

# Ejosat

Sayı/Issue: 19

Ağustos/August 2020

AVRUPA BİLİM & TEKNOLOJİ DERGİSİ  
EUROPEAN JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

## Dergi Sahibi

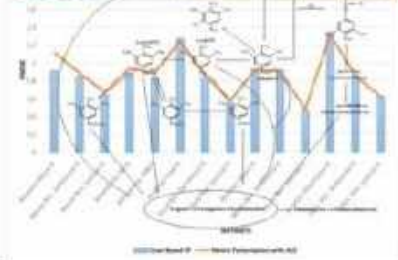
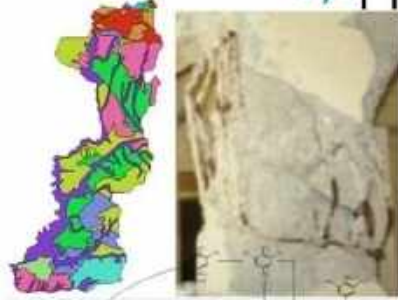
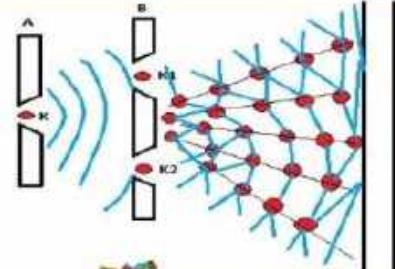
Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ  
Yıldız Teknik Üniversitesi

## Editörler

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ  
Yıldız Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Hüseyin TOROS  
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Ahmet DOĞAN  
Yıldız Teknik Üniversitesi



Başta TR Dizin olmak üzere, Index Copernicus, CiteFactor, International Innovative Journal Impact Factor, Eurasian Scientific Journal Index, SJIFactor, DRJI, Scientific Indexing Services ve Google Scholar gibi indekslerde taranmaktadır.

**TRDİZİN**



INDEX COPERNICUS  
INTERNATIONAL

Google Scholar

CiteFactor

Dergi Sekreteri ve İletişim Bilgileri  
Abdulkadir ŞAHİNER

E-posta: [ejosat@outlook.com](mailto:ejosat@outlook.com)

Web Adresi: [www.ejosat.com.tr](http://www.ejosat.com.tr)

EJOSAT dergisi hakemli bir dergi olup, senede Mart, Ağustos ve Aralık aylarında olmak üzere 3 kez yayımlanmaktadır.

[www.ejosat.com](http://www.ejosat.com)

ISSN: 2148 - 2683

# AVRUPA BİLİM & TEKNOLOJİ DERGİSİ

EUROPEN JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

## AĞUSTOS 2020 (19. SAYI) İÇİNDEKİLER LİSTESİ

- Metalografik İncelemelerle Ray Yüzeyindeki Soyulmaların Nedeninin Araştırılması / 1-18  
Dr. Alper UĞUR, Dr. Öğretim Üyesi Kemal DAVUT, Rasim BACACI
- Piyasada Satılan Ticari Propolis Örneklerinin Biyoaktif Bileşenlerinin Belirlenmesi / 19-31  
Osman SAĞDIÇ, Doç. Dr. Salih KARASU, Doktora Hamza GOKTAS
- Ekşi Hamur Fermentasyonu ile Üretilmiş Kek Hamurunun Laktik Asit Bakterileri Çeşitliliği / 32-42  
Yüksek Lisans Merve KAHRAMAN, Muhammet ARICI
- Determination of Energy Balance in Pumpkin Seed (Cucurbita pepo L.) Production / 43-47  
Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN, Doç. Dr. Osman GÖKDOĞAN
- A Study of CO<sub>2</sub> Adsorption Behaviour and Kinetics on KIT-6 / 48-55  
Doç. Dr. Müge SARI YILMAZ
- Sinyalize Bir Kavşakta Oluşan Trafik Akımının Kuyruk Teorisi ile Performansının İncelenmesi / 56-65  
Doktora Fatih GÜNEŞ, Dr. Öğretim Üyesi Selim BAYRAKLI, Prof. Dr. Abdül Halim ZAIM
- Importance of Solid Waste Management on Composting, Problems and Proposed Solutions: The Case of Turkey / 66-71  
Dr. Öğr. Üyesi Gokhan ERGUVEN, Doç. Dr. Gürdal KANAT
- Kaderine Terk Edilmiş Bir Köy Olarak Lübbey Köyü Peyzaj Özelliklerinin İncelenmesi / 72-83  
Dr. Öğr. Üyesi Betül TÜLEK, Halil Serhan SANER
- Finite Element Modelling of a Nanoscale Semiconductor Device to Develop Multiple Bit per Cell Media / 84-91  
Dr. Öğr. Üyesi İbrahim ÇINAR
- Güneş Kolektörlü ve Elektrikli Şofbenli Bir Akıllı Evin Talep Cevabı Programı Kapsamında Enerji Yönetimi / 92-104  
Semanur SANCAR, Ayşe ERENOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi İbrahim ŞENGÖR, Ozan ERDİNÇ
- Traction Motors and Motor Drivers Used in Electric Vehicles / 105-111  
Dr. Öğr. Üyesi Hayrettin GÖKOZAN
- Use of Gephi Applied Network Analysis for Selection Criteria of Refrigeration System Components / 112-118  
Dr. Öğr. Üyesi Bayram KILIÇ, Emre ARABACI
- Atık Isı Geri Kazanım Sistemleri ve Isıl Verim Parametrelerinin Deneysel İncelenmesi / 127-137  
Dr. Öğr. Üyesi Gamze KARANFİL, Doç. Dr. Selmin Ener RUŞEN, Şeyma Nur POYRAZ, Mustafa CAN
- Motorlu Araç Yangınları Üzerine Bir İnceleme / 119-126  
Doç. Dr. Zehra YILDIZ, Ercan KÖSE
- Sulama kanalları üzerine inşa edilen hidroelektrik santrallerin işletilmesi üzerine bir çalışma / 138-144  
Prof. Dr. Cengiz KOÇ
- Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Hız Kontrolünü Gerçekleştirmek İçin PID/PD Kontrolcü Tasarımı ve Performans İncelemesi / 145-155  
Dr. Öğr. Üyesi Abdülsamed TABAK
- Rhodosporidium toruloides Y27012 mayasından lipit ve karotenoidlerin biyoteknolojik yolla üretimi / 156-164  
Fuat ALAKRAA, Dr. Ayşe SAYGÜN, Prof. Dr. Neşe ŞAHİN YEŞİLÇUBUK
- İşgörenlerin Demografik Özelliklerinin Örgütsel İklim Algısına Etkisinin İstatistik Analizi: Süreyya Paşa Göğüs Hastalıkları Hastanesi Örneği / 165-175  
Doç. Dr. Cemil ÖRGEV, Prof. Dr. Bayram TOPAL, Dr. Öğr. Üyesi Hasan ŞAHİN
- Physicochemical and Sensory Quality Properties of Yellow Hawthorn Fruit (Crataegus tanacetifolia) Vinegar Produced by Traditional Fermentation Method / 176-181  
Doç. Dr. Oktay TOMAR, Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR, Dr. Öğr. Üyesi Gökhan AKARCA, Doktora Hülya VATANSEVER
- Bir Havalimanı Otoparkına Kurulabilecek Fotovoltaik Üretim Sisteminin Tasarımı ve Enerji Analizi / 182-188

- Dr. Öğr. Üyesi Sıtkı GÜNER, Yüksek Lisans Abdurrahman MUHARREMOĞLU  
The Effects of Salicylic Acid Applications on miRNA Expression in Wheat Varieties Under Drought Stress / 189-195
- Dr. Öğretim Üyesi Ebru DERELLİ TÜFEKÇİ, Doç. Dr. Behçet İNAL  
Diversity in Protein Characteristics of Some Wheat Varieties / 196-200
- Dr. Öğr. Üyesi Seda YALÇIN, Öğretim Görevlisi Besim MADEN  
Plazma Ark Kaynağıyla Birleştirilen AISI 410S Ferritik Paslanmaz Çeliğin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Isıl İşlemin Etkisi / 201-212
- Doç. Dr. Ceyhun KÖSE, Doktora Ceyhun TOPAL  
An Application of Deep Neural Network for Classification of Wheat Seeds / 213-220
- Dr. Öğr. Üyesi Ayşe ELDEM  
Mikroalgal Biyoyakıt Araştırmaları için Laboratuvar Ölçekli Fotobiyoreaktör Otomasyonu / 221-226
- Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Recai DURGUT, Fuat ÖZBAY  
Üç Boyutlu T1 Ağırlıklı Manyetik Rezonans Görüntülerinde Ön İşleme Yöntemleri / 227-240
- Dr. Öğr. Üyesi Muhammet Üsâme ÖZİÇ, Seral ÖZŞEN  
Atıkların Değerlendirmesi: Fındık (*Corylus avellana* L.) ve Antep Fıstığı (*Pistacia vera* L.) İç Zarlarından Elde Edilen Fenolikçe Zengin Ekstraktlara Lipozomal Taşıma Sistemlerinin Uygulanabilirliği / 241-246
- Dr. Mine ÖZGÜVEN, Bahar BEYDE, Beraat ÖZÇELİK  
Nano SiO<sub>2</sub> Katkılı Çimento Harçlarının Mekanik Özelliklerine Yüksek Sıcaklığın Etkisi / 247-253
- Öğretim Görevlisi Cuma KARA  
Gıda Endüstrisinde Elektrolize Su Kullanımı / 254-262
- Dr. Aslı AKSOY  
Korelasyon Temelli Özellik Seçimi, Genetik Arama ve Rastgele Ormanlar Tekniklerine Dayanan Yeni Bir Rahim Ağzı Kanseri Teşhis Yöntemi / 263-271
- Dr. Öğr. Üyesi Can EYÜPOĞLU  
Ön lisans Öğrencilerinin Okul İklimi Algılarının Belirlenmesi / 272-281
- Dr. Öğr. Üyesi Erdoğan ÖZDEMİR, Dr. Öğretim Görevlisi Selden ÇEPNİ, Dr. Öğr. Üyesi Levent İNCEDERE  
Yapay Sinir Ağları ve Üstel Düzleştirme Yöntemi ile Türkiye'deki CO<sub>2</sub> Emisyonunun Zaman Serisi ile Tahmini / 282-289
- Dr. Öğr. Üyesi Erkan ÖZHAN  
Pamuklu Tekstil Mamullerine Güç Tutuşurluk Özelliğinin Kazandırılması İçin Alternatif Kimyasalların Araştırılması / 290-296
- Doktora Numan HARİMDAR, Doç. Dr. Feyza AKARSLAN  
Glucagon-like peptide-2 May Assist to Protect against Valproic Acid Induced Hepatic Injury in Rats / 297-302
- Dr. Öğr. Üyesi Ozlem OZTOPUZ, Doç. Dr. Hakan AYLANÇ, Doç. Dr. Müşerref Hilal ŞEHİTOĞLU, Dr. Öğr. Üyesi Hakan TÜRKÖN, Dr. Öğr. Üyesi Fatih BATTAL, Doktora Ufuk DEMİR  
Investigation of the Current and Voltage Waveforms for a TiO<sub>2</sub>-based Memristor with MATLAB / 303-311
- Dr. Niloufar RAJABİYOUN  
Hasadı Yapılan Tarımsal Ürünlerin Türkiye Muhasebe Standartları ve Türkiye Vergi Mevzuatına Göre Muhasebeleştirilmesi: Örnek Uygulama / 312-322
- Dr. Öğr. Üyesi Ali ANTEPLİ  
Türkiye de İthalat İhracat İle Enflasyon Arasında Nedensellik Analizi / 323-333
- Dr. Öğr. Üyesi Alper GEDİK  
Investigation of Air Quality in Terms of Microbiological Density in Some Regions of the European Side of Istanbul Province / 334-343
- Dr. Öğr. Üyesi Hürrem BAYHAN, Yüksek Lisans Sümeyye AYDIN, Dr. Öğr. Üyesi Gokhan ERGUVEN, Dr. Bahar İKİZOĞLU  
Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Yarı Kurak İklim Koşullarında (*T. Aestivum* L.) Kalite Özellikleri İle Verim ve Verim Unsurlarının İncelenmesi / 344-353
- Dr. Öğr. Üyesi Arzu MUTLU, Doktora Timuçin TAŞ  
What Java Developers have talked about? An empirical study on Stack Overflow / 354-365
- Yüksek Lisans Ahmet Samet ŞAHİN, Dr. Öğretim Üyesi Nilgün GÜLER BAYAZIT  
Metabarkodlama yaklaşımıyla Tuz Gölü, Türkiye mikroorganizmalarının belirlenmesi için bir pilot çalışma / 366-374

Dr. Sibel KUCUKYILDIRIM CELİK, Hasan ÜNAL

Çatı Üzeri Doğu-Batı Yönelimli Optimizerli Güneş Enerji Sisteminin Güney Yönelimli Sisteme Göre Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi / 375-385

Yüksek Lisans Savaş ALKAN, Dr. Öğretim Görevlisi Yavuz ATEŞ

Bean Common Mosaic Virus and Bean Common Mosaic Necrosis Virus Infections in Bean Production Areas in The Lakes Region of Turkey / 386-392

Doç. Dr. Handan ÇULAL KILIÇ, Yüksek Lisans Hesna KÖK, Necla YARDIMCI

Hakkâri İlinde Gıda Olarak Tüketilen Yabani Bitki ve Yabancı Ot Türlerinin Güncel Durumu / 393-409

Öğretim Görevlisi Mesut SIRRI, Yüksek Lisans Gülten SIRRI

Parkinson Hastalığının Derecesi ile Yürüyüş Değişkenliği Arasındaki İlişkinin Bulanık Tekrarlılık Grafğine Göre Araştırılması / 410-419

Dr. İsmail CANTÜRK

Kestirimci Bakım İçin Döner Mekanizma Bozulma Eğrisinin Tanımlanması / 420-428

Öğretim Görevlisi Oğuz BEKTAŞ

Physicochemical and Sensory Quality Properties of Vinegar Produced by Traditional Method from Persian Mazafati Date (Phoenix dactylifera L.) / 429-434

Dr. Öğr. Üyesi Gökhan AKARCA, Doç. Dr. Oktay TOMAR, Prof. Dr. Abdullah ÇAĞLAR, Doktora Ömer İSTEK

Filamentous Fungi Associated with the Golot Cheese of the Rize-Ardesen Highlands in Turkey / 435-441

Dr. Öğr. Üyesi Banu METİN

Putrescine in Herbicide Stress Protection: Modulate the Genomic Instability and DNA Methylation Changes in Wheat / 442-448

Dr. Esra ARSLAN

'Kalender' Yonca (Medicago sativa L.) Çeşidinin In vitro Çoğaltımı Üzerine Farklı Besin Ortamları, Sitokinler ve Eksplant Tiplerinin Etkisi / 449-459

Dr. Fatma BAHAR, Dr. Öğr. Üyesi Meltem BAYRAKTAR, Prof. Dr. Aynur GÜREL

İnşaat Projelerinde Zaman Maliyet Ödünleşim Problemi: Örnek Olay Analizi / 460-465

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Nurettin UĞURAL

Bio-Inspired Pilot Design Approach based on Genetic Algorithm for OFDM-IDMA Scheme / 466-474

Prof. Dr. Necmi TAŞPINAR, Arş. Gör. Şakir ŞİMŞİR

Gaziantep Bölgesi İçin Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminde Kurulacak Panellerin Optimum Eğim Açılarının Belirlenmesi / 475-483

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin YAĞLI, Dr. Öğretim Üyesi Yıldız KOÇ

Using Sustainable Materials to Treat Free Shrinkage of Clay / 484-496

Dr. Öğretim Üyesi Abdullah EKİNCİ

Gerçek Zamanlı Yüz Tanıma Tabanlı Personel Kontrol ve Takip Sistemi Tasarımı / 497-504

Uğur MAMAK, Arş. Gör. Mehmet Zeki KONYAR, Dr. Öğr. Üyesi Serdar SOLAK, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa Hikmet UÇAR

Derbent İlçesi (Konya) Topraklarının Özellikleri ve Sorunları Üzerine Bir Değerlendirme / 505-514

Doç. Dr. Recep BOZYİĞİT

Stability Analysis of Neutral-Type Hopfield Neural Networks with Discrete Delays / 515-523

Dr. Öğr. Üyesi Özlem FAYDASIÇOK

Betonda Bazalt Agreganın Kullanımı ve Özellikleri / 524-532

Doç. Dr. Ayhan ORHAN, Doç. Dr. Namık AK, Doç. Dr. Ahmet ERENŞOY, Nurettin ÇEK

Blokzincir Teknolojisinin Sağlık Bilgi Sistemlerinde Kullanımı / 533-538

Dr. Mehmet AYDAR, Salih ÇETİN

The Effect Of Online Shopping Services On Customer Satisfaction: The Mediation Role Of Return Management / 539-548

Dr. Öğr. Üyesi Resul ÖZTÜRK, Dr. Öğr. Üyesi Abdullah Oktay DÜNDAR

Design, Modeling and Implementation of Multi-Function Protective Relay with Digital Logic Algorithm / 549-565

Dr. Öğretim Üyesi Javad RAHEBİ, Muhanned Mahmood Shakir AL-SHALAH

Improving the Quality of Camel Milk Soft Cheese Using Milky Component (BMR) and Sweet Potato Powder / 566-577



Amal Megahed ELNEMR, Mohamed Ali AHMED, Hatem Helmy Omar ARAFAT, Sherif OSMAN  
Difference of Simultaneous Integrated Boost Technique after Breast Conserving Surgery / 578-587

Dr. Öğretim Üyesi Yonca YAHŞI ÇELEN, Uzm. Dr. H. Orhan KIZILKAYA  
Bilişsel Radyolarda Beklenti Maksimizasyonu ile Gauss Karışım Modelleri Kestirimi / 588-595

Dr. Öğr. Üyesi Fatih Yavuz ILGIN  
Tunceli Uzunçayır Barajı Mansap Tarafında Su Kalitesinin Araştırılması ve İzlenmesi / 596-605

Doç. Dr. Emine Işıl ARSLAN TOPAL  
The Mediation Role of Environmental Performance in the Effects of Green Supply Chain Management Practices on Business Performance / 606-613

Dr. Öğr. Üyesi Emel GELMEZ  
İşe Angaje Olma ve Algılanan İçsellik Statüsü İlişkisinde Çalışan Sesliliğinin Aracı Rolü / 614-622

Dr. Öğr. Üyesi Mehtap ÖZTÜRK  
Seri, Bant Üretimin Mobilya Tasarım - Üretim Sürecine Etkisi Ve Modüler Mobilya / 623-632

Dr. Öğr. Üyesi Yaprak ÖZEL, Berna KAYACAN  
Microstructure and Chemical Analysis of Vehicle Brake Wear Particle Emissions / 633-642

Dr. Öğr. Üyesi Bekir GÜNEY, Dr. Öğr. Üyesi Ali ÖZ  
Comparison of SSD and Faster R-CNN Algorithms to Detect the Airports with Data Set Which Obtained From Unmanned Aerial Vehicles and Satellite Images / 643-658

Yüksek Lisans Muhammed Taha ZEREN, Dr. Sabahattin Kerem AYTULUN, Doktora Yasin KIRELLİ  
Analysis of behaviors and attitudes of bread consumption in Turkey: Case of the province of Adana / 659-667

Şinasi AKDEMİR, Fersin KESKİN, Hazer ÜNAL, Yann Emmanuel MIASSI  
Atık Kevların Beton Yol Kaplamalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması / 668-678

Mustafa TUNÇEL, Dr. Öğr. Üyesi Osman Ünsal BAYRAK, Öğretim Görevlisi Fatih İrfan BAŞ, Halim Ferit BAYATA  
VoIP Şebekesindeki Ses Kalitesinin Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi / 679-690

Doktora Selçuk METE  
Tutumlu Bilgi Sistemleri Üzerine Bir İnceleme / 691-702

Dr. Öğretim Üyesi Dilek ÖZDEMİR GÜNGÖR  
Dilovası Hava Kalitesinin Ulusal Mevzuata Göre Değerlendirilmesi / 703-714

Doktora Merve YILMAZ, Hande EMANET BEBA, Umur DİNÇ, Zeynep Feriha ÜNAL, Hüseyin TOROS, Zübeyde ÖZTÜRK  
Basra Petrol Sahasındaki Atık Toprak-Yağ Karışımının Doğal Radyonüklid İçeriği ve Radyolojik Tehlike Seviyeleri / 715-721

Prof. Dr. İskender AKKURT, Dr. Öğr. Üyesi Kadir GÜNOĞLU, Hadi AL-BAIDHANI  
Protein – Protein Etkileşimi Tespit Yöntemleri, Veri Tabanları ve Veri Güvenilirliği / 722-733

Öğretim Görevlisi Volkan ALTUNTAŞ, Doç. Dr. Murat GÖK  
Fotovoltaik Sistemlerde Değişken Yük ve Güneş Işınımı Altında Sinirsel-Bulanık Denetleyici ile Maksimum Güç Noktası Takibi / 734-745

Öğretim Görevlisi Ahmet GANI, Dr. Öğr. Üyesi Hakan AÇIKGÖZ, Prof. Dr. Mustafa ŞEKKELİ  
Vitamin C ve Hastalıklar Üzerine Etkisi / 746-756

Arş. Gör. Halime UĞUR, Uzman Sümeyye EKER, Dr. Öğr. Üyesi Jale ÇATAK, Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YAMAN  
The Effects of Soaking and Autoclaving on Chemical and Nutritional Composition of The Horse Chestnut (Aesculus indica) Seed / 757-762

Prof. Dr. Yusuf KONCA, Dr. Öğr. Üyesi Selma BÜYÜKKILIÇ BEYZİ  
Contiki İşletim Sisteminde Cooja Simulatörü Kullanılarak Örnek Bir Nesnelerin İnterneti Uygulaması / 763-769

Yüksek Lisans İbrahim KARATAŞ, Dr. Öğr. Üyesi Selim BAYRAKLI  
Kapalı Basketbol Salonunun Parlıtısının Geliştirilen Yapay Sinir Ağları Temelli Yazılım ile Ölçülmesi / 770-777

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet KAYAKUŞ, Doç. Dr. İsmail Serkan ÜNCÜ  
Mersin'de Bulunan Hazır Yemek Firmalarının Mutfak Hijyeni Koşullarının Değerlendirilmesi / 778-785

Öznur ÖZGEL, Doç. Dr. Zehra YILDIZ

Radiation Interaction Parameters Calculation of Mass Stopping Power and Projected Range for the Concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound in the energy range 0.015-10 MeV / 786-795

Dr. Öğr. Üyesi Miraç KAMIŞLIOĞLU

Bakır ve Çinko Uygulamasının Karbuğdayın (*Fagopyrum Esculentum Moench.*) Bazı Ekofizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi / 796-802

Dr. Öğr. Üyesi Sema LEBLEBİCİ

Lentinula edodes Ekstraktının Sıçan Karaciğer Dokusu Üzerine İnflamatuar ve Apoptotik Etkisinin Değerlendirilmesi / 803-808

Dr. Öğr. Üyesi Özlem COŞKUN, Dr. Öğr. Üyesi Ozlem OZTOPUZ, Dr. Öğr. Üyesi Başak BÜYÜK

Periyodik Eğrilikli İçi Boş Lif İçeren Elastik Ortamda Gerilme Dağılımı / 809-820

Doç. Dr. Reşat KÖŞKER, Öğretim Görevlisi İsmail GÜLTEN

Zivzik Narı Çekirdek Yağının Yağ Asidi Kompozisyonun Belirlenmesi / 821-826

Öğretim Görevlisi Şule Azime YENİÇERİ, Erdogan KÜÇÜKÖNER

Covid-19 Salgınına Yönelik Zaman Serisi Verileri ile Prophet Model Kullanarak Makine Öğrenmesi Temelli Vaka Tahminlemesi / 827-835

Dr. Öğretim Üyesi Onur SEVLİ, Dr. Öğretim Üyesi Vesile Gül BAŞER GÜLSOY

Application of CCME WQI to assess surface water quality under Turkish national legislations / 836-842

Dr. Asude ÇAVUŞ, Prof. Dr. Fazıl ŞEN

İncir (*Ficus carica*) Odunun Kimyasal, Fiziksel ve Morfolojik Özellikleri / 843-849

Dr. Öğretim Üyesi Zehra ODABAŞ-SERİN, Yüksek Lisans Meltem KILIÇ

Leed Sertifikasyon Sistemi Bağlamında Sürdürülebilir Kentleşme Projesi: Atatürk Orman Çiftliği Örneği / 850-857

Doç. Dr. İlknur AKINER, Dr. Öğretim Üyesi Muhammed Ernur AKINER

Paket Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Sulama Suyu Olarak Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi / 858-865

Prof. Dr. Fatma Olcay TOPAÇ, Öznur ÖNEN

Yarı Uzay Üzerinde İki Katlı Yerel Eğrilikli Levha ile Bir Örten Levhadan Oluşan Sistemde Normal Gerilmeler Hakkında / 866-872

Dr. Öğr. Üyesi Ramazan TEKERCİOĞLU

AlB2 Borür Takviyeli Alüminyum Matrisli Kompozitlerin Abrasif Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi Üzerine Deneysel Bir Çalışma / 873-880

Yüksek Lisans Erman İNCİ, Ömer SAVAŞ

Seralarda İş Sağlığı ve Güvenliği: Siirt İli Örneği / 881-890

Doç. Burak SALTUK, Prof. Dr. Atılğan ATILGAN

Analysis of Bending Moment-Curvature and the Damage Limits of Reinforced Concrete Circular Columns / 891-903

Prof. Dr. Bahadır YÜKSEL, Doktora Saeid FOROUGHİ

Geniş İç Açıklıklardaki Yüksek Düzeyli Doğal Aydınlatma Sorununa Parametrik bir Çözümleme: İZÜ Kütüphanesi İç Mekân Gölgeleme Enstalasyonu / 904-915

Dr. Erdem KÖYMEN

An Educational Kit to Promote Teaching of Photovoltaic Systems / 916-922

Dr. Öğretim Üyesi Ali ERDUMAN, Erşan Ömer YÜZER, Ali DURUSU, Fikret YILDIZ

Sign2Text: Konvolüsyonel Sinir Ağları Kullanarak Türk İşaret Dili Tanıma / 923-934

Doktora Özer ÇELİK, Doç. Dr. Alper ODABAS

Acil Durum Toplanma Alanlarının AHP Yöntemi ile Değerlendirilmesi / 935-945

Yüksek Lisans Berru İzel GÖKGÖZ, Doç. Dr. Zeynep Yeşim İLERİSOY, Asena SOYLUK

Farklı Mıknatıs Yapıları ve Farklı Mıknatıs Malzemeleri Kullanımının Küresel Motorun Tasarımına Etkisi / 946-959

Yüksek Lisans Umut Yusuf GÜNDOĞAR, Dr. Öğr. Üyesi Sibel ZORLU PARTAL



# Metalografik İncelemelerle Ray Yüzeyindeki Soyulmaların Nedeninin Araştırılması

Alper Uğur<sup>1\*</sup>, Kemal Davut<sup>2,3</sup>, Rasim Bacacı<sup>4</sup>

<sup>1</sup> RAYSİMAŞ (Raylı Sistemler Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş.), Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8310-8839)

<sup>2</sup> Atılım Üniversitesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9860-881X)

<sup>3</sup> Atılım Üniversitesi, Metal Şekillendirme Mükemmeliyet Merkez, Ankara, Türkiye

<sup>4</sup> BURULAŞ (Bursa Ulaşım Toplu Taşıım İşletmeciliği Turizm San. ve Tic. A.Ş.), Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8588-4946)

(İlk Geliş Tarihi 14 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.703669)

**ATIF/REFERENCE:** Uğur, A., Davut, K. & Bacacı, R. (2020). Metalografik İncelemelerle Ray Yüzeyindeki Soyulmaların Nedeninin Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 1-18.

## Öz

Demiryolları yolcu ve yük taşımacılığında dünya genelinde giderek artarak kullanılmaktadır. Bu artan trafik aynı zamanda tren raylarında kusurların daha çabuk ve daha sık görülmesine neden olmaktadır. Bu çalışmada Bursa ilinde kullanılan ve hızlı aşınarak parça kopmaları problemi yaşanan ray setleri incelenmiştir. R260 kalite çelikten imal edilen rayların özellikle kurp bölgesinde problem daha çok görülmektedir. Karşılaştırma yapılabilmesi için daha az sorun yaşanan düz hat bölgesinden alınan raylar da incelenmiştir. Problem yaşanan ray parçalarının yüzeyleri incelendikten sonra ray profilinin mantar bölgesi, yanak (gauge ve field corner) yüzeylerinden numuneler çıkarılarak metalografik inceleme için hazırlanmıştır. Hazırlanan numunelerin mikroyapıları optik mikroskop ve taramalı elektron mikroskobu (SEM) altında incelenmiş, ayrıca Vickers mikro-sertlik testleri yapılmıştır. Taramalı elektron mikroskobuna bağlı enerji dağılımlı X-ışınları spektrometresi (EDS) kullanılarak numuneler üzerinde mikro-kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Makro-kimyasal analizler için optik emisyon spektrometresi (OES) kullanılmıştır. Ray kesitlerine makro-dağlama yapılarak genel yapı (makro-yapı) kontrol edilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda ray kesitlerinin %100 perlitten oluştuğu, öte yandan yük altında olan yanak bölgesinde ise aşırı deformasyon nedeniyle perlit yapısının bozulduğu gözlemlenmiştir. Perlitik yapı aşırı deformasyon etkisiyle mikron altı büyüklüklerde ferrit ve sementite dönüşerek lifli bir yapı halini almıştır. Deformasyon sonucu pekleşen bu yapı çatlak başlangıcına neden olmuştur. Aynı zamanda yapıda bulunan metal dışı kalıntılar (inklüzyon) çatlakların ray içine doğru ilerlemesini kolaylaştırmış ve sonrasında parça kopmalarına neden olmuştur. Çatlakların etrafında demir-oksit partiküllerine rastlanmıştır. Bu durum çatlakların, aniden ilerlemediğini, zaman içinde kullanıma ve atmosfer koşullarına bağlı olarak ilerlediğini göstermektedir. Ray malzemelerinin kimyasal kompozisyonları ve sertlik değerleri R260 kalite için izin verilen aralık içinde bulunmuştur. Teker teması olan bölgeler aşırı plastik deformasyon nedeniyle pekleşmiş ve sertlik değerleri diğer bölgelere göre yüksek çıkmıştır. Yapılan incelemeler sonucunda raylarda aşınma, soyulma ve parça kopması probleminin yuvarlanma temas yorulması (Rolling contract fatigue- RCF) nedeniyle oluştuğu ve çelik yapısında tespit edilen çok sayıda metal dışı kalıntının (inklüzyon) da RCF sırasında oluşan çatlakların ilerlemesini kolaylaştırdığı ve de soyulmalara (shelling) neden olduğu sonucuna varılmıştır. Problemin oluşumunun geciktirilmesi veya önlenmesi için kurb gibi kritik yerlerde daha yüksek dayanımlı rayların kullanılması, kullanılan ray çeliklerinde uluslararası standartlara uygun olarak inklüzyon kontrolü yapılması, teker ve rayların yağlanma ve bakım stratejilerinin gözden geçilmesi, teker-ray temas karakteristiklerinin iyileştirilmesine yönelik çalışmalar yapılması önerilmektedir. Son öneriye yönelik çalışmalar hat ve seyirle ilgili teknik sınırların araç özelliklerine bağlı olarak çıkartılarak sürdürülebilir bir model geliştirilmesini içermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Ray kusurları, Metalografik inceleme, İçyapı, Yuvarlanma temas yorulması, Soyulma.

\* Sorumlu Yazar: RAYSİMAŞ (Raylı Sistemler Mühendislik ve Müşavirlik A.Ş.), Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8310-8839, [augur@anadolu.edu.tr](mailto:augur@anadolu.edu.tr)

# Investigation of Caused by Shelling defects on Rail Surface via Metallographic Examination

## Abstract

Railways are increasingly used for passenger and freight transportation worldwide. This increased traffic causes more quick and frequent formation of defects on train tracks. In this study, rail sets used in Bursa province, that had been reported to experience rapid wear and scaling, were examined. The rail sets were manufactured from R260 steel and the problem occurs more frequently on curves. For comparison, rail sets from straight lines were also examined. After visual examination, specimens from gauge and field corner regions were taken and prepared for metallographic examination. The microstructure of the specimens was examined under optical and scanning electron (SEM) microscopes. Moreover, Vickers micro-hardness tests were also performed. Micro-chemical analyses were performed using an energy dispersive X-ray spectroscopy (EDS) system attached to the SEM. For macro-chemical analysis, an optical emission spectrometer (OES) was used. The cross section of the rails was macro-etched for macro-examination. The results show that the microstructure of the rails is composed of 100% pearlite. On the other hand, the pearlitic structure degenerates at parts of the rail which are under loading. Due to severe plastic deformation, the pearlitic structure changes into a fiber-like structure composed of sub-micron ferrite and cementite. Those degenerated pearlitic regions have higher hardness due to strain hardening and cause crack initiation. Those cracks can then grow into inner sections of the rail easily due to the presence of non-metallic inclusions in the microstructure. Iron oxide particles were found in the vicinity of cracks; which indicate that cracks do not grow rapidly, they rather grow in time according to usage and atmospheric conditions. The examinations revealed that the wear, cracks and scaling problems were formed due to rolling contact fatigue (RCF). The presence of inclusions enhanced the growth of RCF-cracks and later cause "shelling". In order to delay or prevent this problem, using higher strength rails at critical locations such as curves, controlling and rating the non-metallic inclusions in accordance with the international standards, checking the lubrication and maintenance strategies of rails and wheels, working on optimization of rail-wheel contact characteristics are recommended. The last recommendation involves developing a sustainable model by identifying technical limitations of the line and cruise depending on vehicle characteristics.

**Keywords:** Rail defects, Metallographic examination, Microstructure, Rolling contact fatigue (RCF), Shelling.

## 1. Giriş

Yolcu ve yük taşımacılığında güvenli, hızlı ve uygun maliyetli olarak demiryolu yatırımları ekonominin itici gücü olarak dünya çapında artarak gelişme göstermektedir [1]. Küresel talep ve demiryolu ağlarının kullanımındaki artış, toplam yük/yolcu kapasitesinin artması ile aks ağırlıklarında ve tren hızlarında artışı beraberinde getirmektedir [2, 3]. Bu da kaçınılmaz olarak ray bileşenlerinin ömründe azalmaya ve ray bakım maliyetlerinde artışa yol açmaktadır [4-6]. Artan ray tekerlek temas döngüleri, aşınma ve yorgunluk kusurlarının daha hızlı ve daha sık görülmesi ile servis ömrünün azalması tren işletilmesinde riski arttıran önemli bir faktördür [7-9]. Tekerek ray arası temas gerilmeleri, kalıntı gerilmelerin etkisi altında, düşey gerilme, eksen bükülmesi veya termal gerilme oluşturabilir ve ray kusurlarının meydana gelmesini, geliştirebilir. Tekerek ve ray geometrisinden etkilenen bu kuvvetler aşınma özelliklerine ve çelik raylara bağlıdır [10-12]. Sürdürülebilir olarak demiryolu hatlarının gelişimi ve güvenliğinin sağlanması kullanılan bileşenlerin yorulma [13, 14] ömürlerinin aktif bir şekilde denetlenmesini önemli hale getirmiştir. Yaşam/servis ömrü belirlenirken hattın en önemli bileşeni olan ray ömrü esas alınmaktadır [15]. Malzeme dayanıklılığı, sağlamlılığı dört ana faktörden etkilenir; yükleme, tasarım, imalat ve malzeme seçimi, bu faktörlerin entegrasyonu, bileşenin/bileşenlerin yorulma mukavemetini etkiler [16]. Demiryolu standartları çerçevesinde sayısal ölçme ve değerlendirme yöntemleri ile hat ve komponentlerin periyodik olarak uygunluğunun kontrolü olası problemlerin giderilmesi yönünde hayati önem taşımaktadır. Farklı yaklaşımlarla raylardaki bozunma; ray yapısı (Ray yapısal parametreleri arasında balast tipi, ped sertliği ve ray tipi bulunur), hat geometrisi (Hat geometrik parametreleri traverslar arası mesafe, drenaj şartları ve hat kalitesi endeksleridir), ve trafik parametreleri (tonaj, tren hızı, aks yükleri, yük çevrimleri), ray altyapısı (balast ve ray alt katmanları yerleşimi), ray üstyapısı, ray geometrisi incelenebilmektedir [17].

Ray-tekerlek temas gerilmeleri; düşey yük, enine ve boyuna sürünme kuvvetleri, ray yüksekliği boyunca yük kaynaklı sıkıştırma ve boşaltma nedenli uzunlamasına kalıntı gerilmeleridir. Temas bölgesindeki gerilmeler malzeme mikro yapısında istenmeyen kusurların doğmasına sebep olmaktadır [18].

Malzeme bünyesinde gerilim kaynaklı değişimlerin tane yapısında değişimler oluşturması ve malzeme dayanımına etkisi çeşitli metalografik inceleme ve mikro-kimyasal analizlerinin yapılması ile tayin edilebilmektedir [19]. Güvenli sürüş açısından demiryolu ray hata nedenlerinin belirlenmesi tahribatsız muayene yöntemleri ile yapılabilmektedir [20]. Maliyetli olsa da hızlı ve doğruluk oranı yüksek bir biçimde ray çatlak tipleri görüntü işleme tabanlı ve diğer yöntemlerle tespit edilebilmektedir [21, 22].

Demiryolu uygulamalarında yaygın olarak ana-yapısı perlit olan ray çelikleri kullanılmaktadır [15, 23]. Yuvarlanma temas yorulmasına (RCF), kabuklanma ve soyulma problemlerine demiryolu endüstrisinde yaygın olan rastlanılmaktadır. Tekerekler ve raylar arasındaki yuvarlanma temasından tekrarlanan yüklerin uygulanması, malzemenin en üst katmanında ciddi plastik deformasyona [24] neden olur, bu da sonunda yorgunluk hasarı bir sınırı aştığında çatlak oluşumuna yol açar [25]. RCF ve aşınma arasında optimum çözümlerin bulunmasında ray teker malzemelerinin mikroyapı kararlılığının sağlanması çatlakların önlenmesi için önemlidir [26-28].

Bu çalışmada Bursa ilinde kullanılan R260 kalite ray çeliklerinde meydana gelen soyulma ve kopmaların kök nedenini tespit etmek üzere yapılan metalografik inceleme, kimyasal analiz ve sertlik testleri sonuçları sunulmuştur. Kurp çapı 250m veya daha küçük olan ve düz hat (aliyman) bölgelerinden alınan ray numunelerin kusurları Uluslararası Demiryolları Birliği (UIC) 712 R kodlu ray kusurları [29], tahribatsız ray muayeneleri manueli [30], ray kusurları el kitabı [31] ve sertlik değerleri EN 13674-1'e göre tespit edilmiştir. Kullanılan malzemenin uygunluğu kimyasal kompozisyon ve sertlik yönünden incelenmiş, kısa sürede aşınma ve kopma probleminin kök nedeninin belirlenerek, problemin çözümüne yönelik yapılması gerekenler belirlenmiştir.

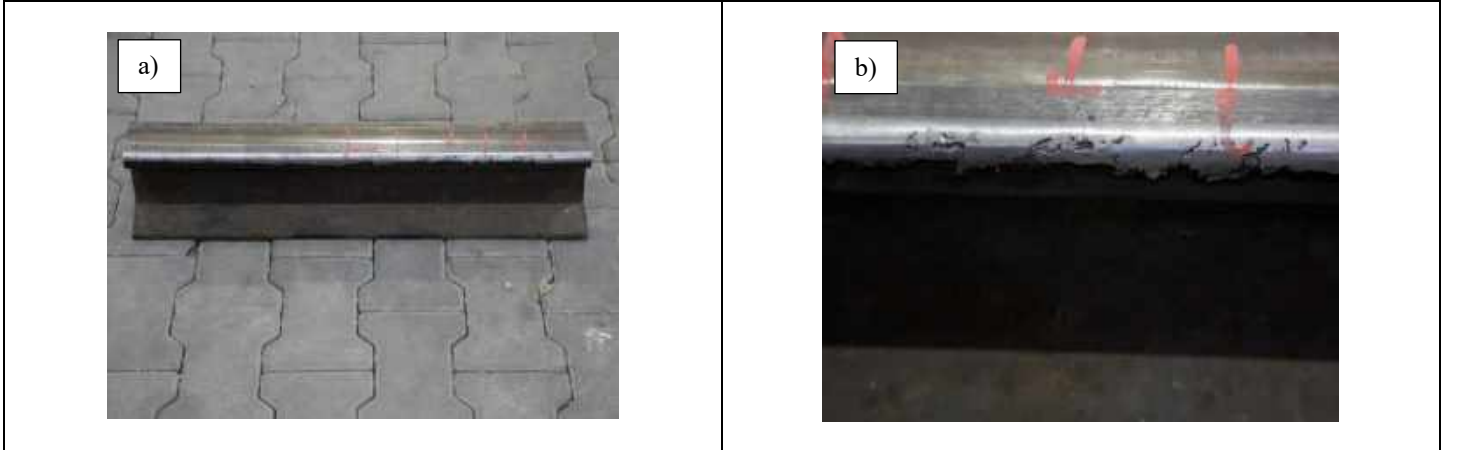
**Tablo 1.** Hafif raylı sistem (HRS) araç teknik özellikleri

HRS Araçları Teknik Verilerinin Karşılaştırılması	A	B	C
Aracın kuplaj üzerinden uzunluğu (mm)	27.770	28.140	28.000
Araç genişliği (mm)	2.650	2.650	2.650
Araç yüksekliği (Çatı ekipmanları dahil) (mm)	3.800	3.750	3.800
Yüksüz araç ağırlığı, maks. (Ton)	40,04	39,0	41,0
Yüklü araç ağırlığı (Ton)	59,09	61,0	62
İzin verilen dingil ağırlığı, maks. 3/3 yüklü iken (Ton)	9,98	12,0	10,8
Motor çekiş gücü (kW)	4x140	4x125	4x140
Hızlanma ivmesi (2/3 yükte 35 km/sa'e kadar) (m/s <sup>2</sup> )	1,2	1,3	1,2
Frenleme ivmesi (80 km/h'ten) (m/s <sup>2</sup> )	1,3/1,22	1,4/1,3	1,3
Acil frenleme ivmesi (2/3 yükte) (m/s <sup>2</sup> )	3,22/2,75	3,4/2,9	2,8
Dingil açıklığı (mm)	1.900	1.900	2.100
Tekerlek genişliği(mm)	135	135	135
Minimum yatay kurp yarıçapı (m)	Depoda 50 cari hatta 110		
Asgari içbükey / dışbükey yarıçapı (m)	>500	>500	>300

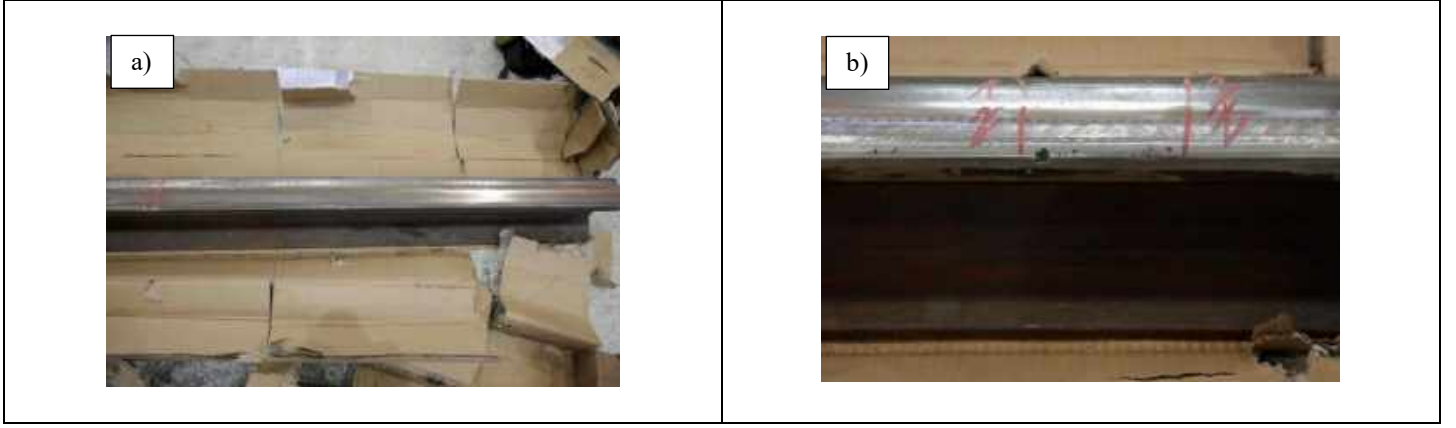
## 2. Malzeme, Ön Bilgiler ve Deneysel Çalışmalar

### 2.1. Malzeme ve Ön Bilgiler

Teslim edilen ray parçaları ve aşınma problemi gözlemlenen kurp bölgesinin görüntüleri Şekil 1'de ve düz hat bölgesinin görüntüleri Şekil 2'de verilmiştir. Problem hakkındaki ön bilgiler; kullanımı sırasında beklenenden kısa sürede aşınarak üzerinden parçaların kopmaya başladığı ray parçaları R260 kalite çelikten imal edilmiştir. Aşınma ve parça kopma problemi kurplarda ve ray kesitinin mantar bölgesinin yanak yüzeylerinde, özellikle tekerin temas ettiği diğer raya bakan yanak yüzeyinde ağırlıklı olarak gerçekleştiği gözlemlenmiştir. Aşınmanın ağırlıklı gözlemlendiği bölgeler Şekil 3'de ayrıca gösterilmiştir. Raylar üzerinde seyahat eden vagon setlerinin teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Problem artan hat trafiği ve daha ağır olan C-tipi vagon setlerinin devreye alınması ile birlikte daha sık gözlemlenmeye başlamıştır. Problem nedeniyle önce sürüş konforu düşmekte ve problemin (aşınmanın) ilerlemesi nedeniyle raylar beklenenden daha kısa sürede taşlama (grinding) işlemine alınmakta ve sonrasında da kullanılamaz hale gelerek komple değişimi yapılmaktadır.

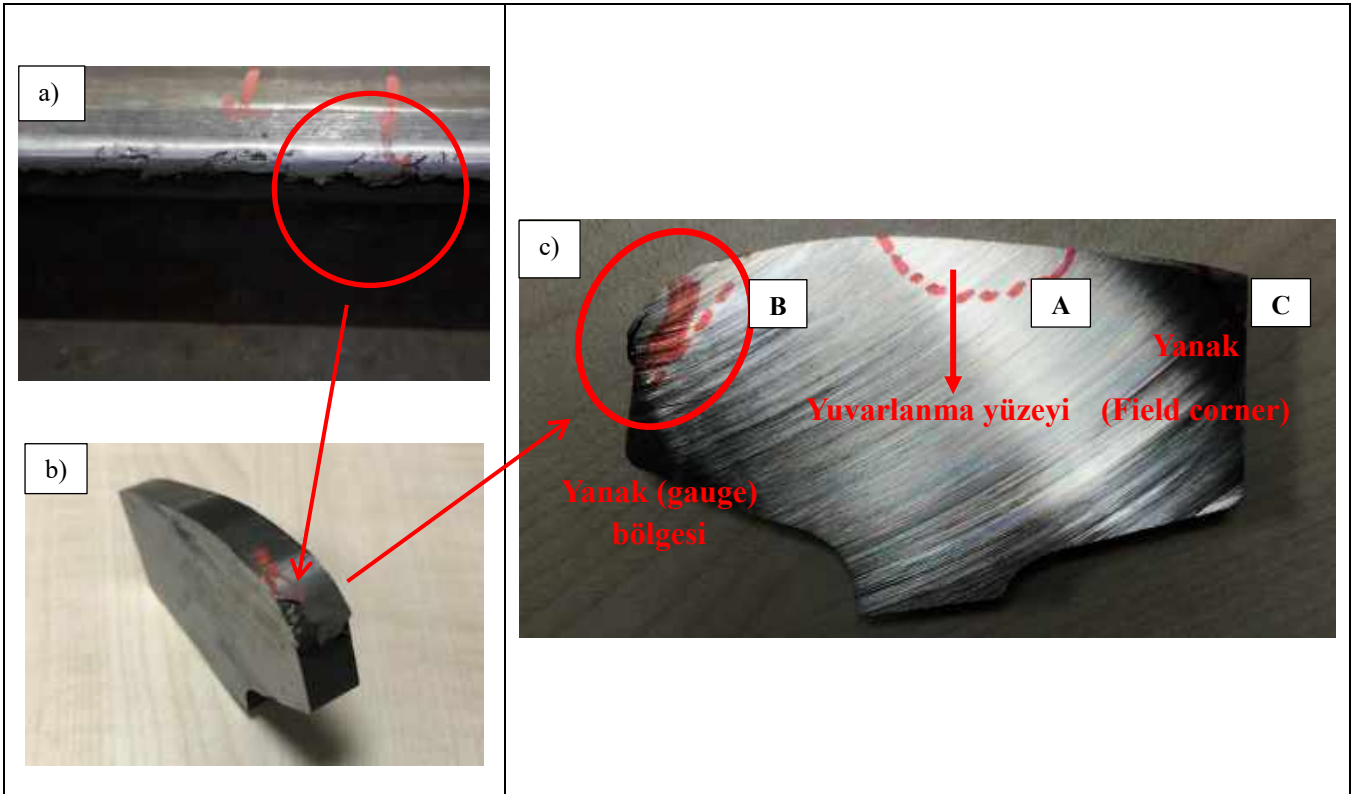


**Şekil 1.** Kurp bölgesi a) Aşınan ve Parça Kopan Ray parçası, b) Mantar bölgesi yanak (gauge) yüzeyinde aşınma detayı



Şekil 2. Düz hat bölgesi a) Aşınan ve parça kopan ray parçası, b) Mantar bölgesi daha az aşınan yuvarlanma bölgesi detayı

Metalografik inceleme için numune çıkarılan bölgeler Şekil 3'te verilmiştir. Diğer bir gösterimle ray tekerlek arası temas bölgeleri; A: Yuvarlanma yüzeyi, B: Yanak (gauge) bölgesi, C: Yanak (field corner) şeklinde tanımlanmıştır [9]. Karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla ray kesitinin mantar bölgesi üzerinde yer alan yuvarlanma yüzeyinden ve teker teması olmayan diğer yanak yüzeyinden de numuneler çıkarılmıştır.



Şekil 3. Metalografik inceleme için numune çıkarılan bölgeler a) Enine kesit alınan ray bölgesi (yanak- gauge bölgesi) b) Mantar bölgesi ve aşınma detayı, c) Ray mantar bölgesi kesiti üzerinde metalografik inceleme için numune çıkarılan bölgeler

## 2.2. Deneysel Çalışmalar

Deneysel çalışmalara normalden (eskisinden) daha hızlı aşındığı belirtilen aşınan ve parça kopan ray parçalarının aşınma yüzeyleri gözle ön inceleme yapılarak başlanmıştır. Her iki yanak ve yuvarlanma yolu üzerinden parçalar çıkarılarak metalografik inceleme yapılmış ve sertlik testleri gerçekleştirilmiştir. Ray enine kesitinde %5 Nital (5 cc nitrik asit ve 95 cc saf su) solüsyonuyla makro-dağlanmış ve kesit genel yapısına bakılarak makro-inceleme gerçekleştirildi. Sonrasında mikro yapı incelemeleri, mikro- (SEM-EDS) ve makro-kimyasal (optik emisyon spektrometresi) analizler, ve sertlik testleri gerçekleştirilmiştir.

### 2.2.1. Mikroyapı İncelemesi

Metalografik inceleme için Şekil 3'de belirtilen bölgelerden alınan numuneler SiC zımpara kâğıdı ile kaba ve ince zımparalamadan (320 ve 500 grit) geçirildikten sonra elmas parlatma solüsyonları ile 3 aşamalı parlatma (9 µm 3µm-1µm basamakları) yapılmıştır. Zımparalama ve parlatmalar Struers Tegamin-25 cihazı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Parlatılan yüzeyler %2 Nital (2 cc Nitrik asit ve 98 cc etanol) ve pikral (4 gr pikrik asit ve 100 cc etanol) solüsyonları kullanılarak dağlanmıştır. Takip edilen numune hazırlama prosedürü ASTM E3 standardına uygun yapılmıştır. Metalografik inceleme için hazırlanan numune yüzeyleri Nikon Eclipse LV 150



optik mikroskop ve Clemex Vision PE® görüntü analiz sistemi kullanılarak incelenmiştir. Numune yüzeyleri aydınlık alan aydınlatması altında 50x, 100x, 200x, 500x ve 1000x büyütmelerde incelenmiş ve “temsili” bölgelerinden içyapı görüntüleri alınmıştır. Zeiss Merlin taramalı elektron mikroskobu (SEM) kullanılarak numunelerin içyapıları daha yüksek çözünürlükte ve yüksek büyütmelerde incelenmiştir. SEM incelemeleri sırasında 15 kV ivmelendirme voltajı altında 500x ile 7500x büyütme aralığında ikincil elektron ve geri saçılan elektron dedektörleri kullanılarak içyapı görüntüleri alınmıştır.

### 2.2.2. SEM-EDS ile Mikro-Kimyasal Analiz

Metalografik inceleme için hazırlanan numuneler üzerinde SEM’e bağlı EDAX Pegasus EDS sistemi yardımıyla mikro-kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir. Spektrumlar 15 kV ivmelendirme voltajı altında, 6,0 nA demet akımı kullanılarak dedektörün canlı kaldığı 19 s boyunca toplanmıştır. X-ışınları 7,68 µs sinyal işleme süresi kullanılarak sayılmıştır.

### 2.2.3. Makro-Kimyasal Analiz

Taşlanmış numune yüzeylerine Bruker Tasman Q4 optik emisyon spektrometresi ile toplam 10 yakım yapılarak genel kimyasal kompozisyonları tespit edilmiştir.

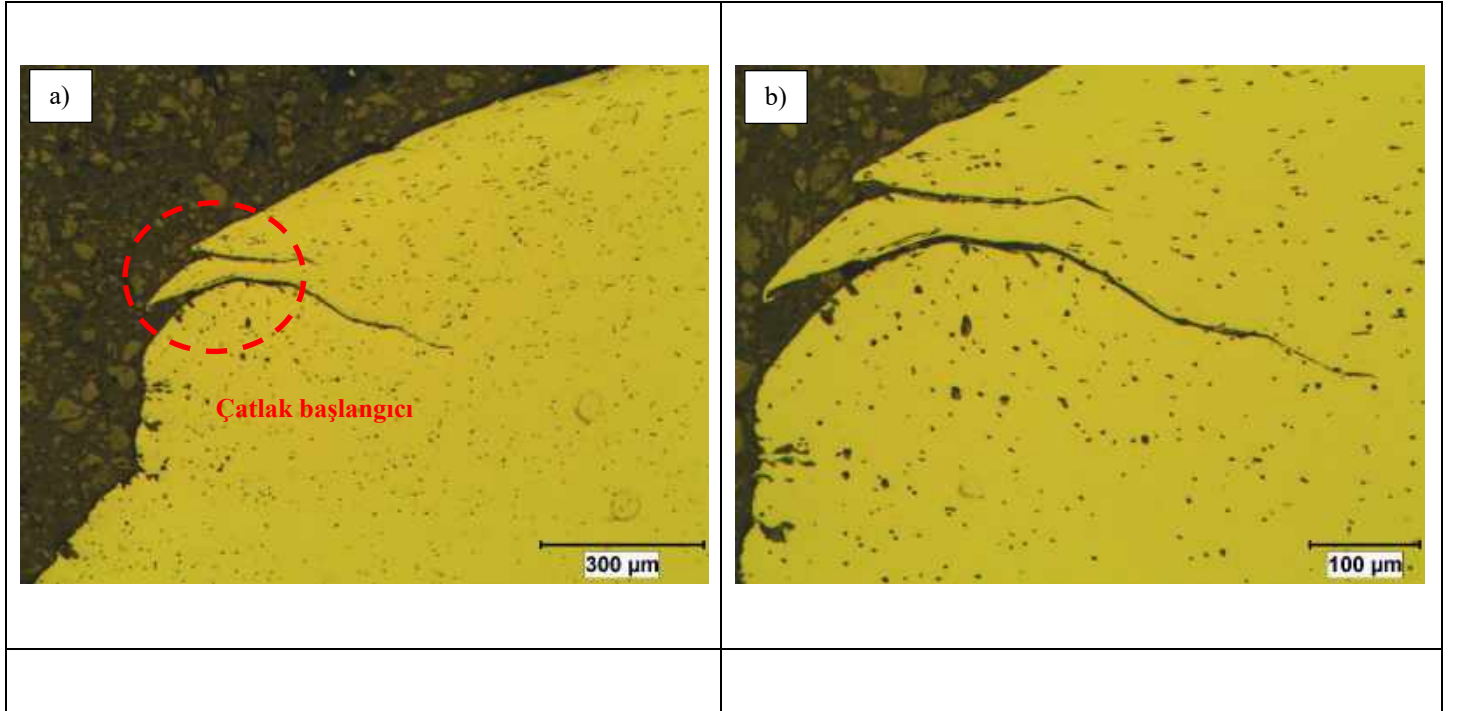
### 2.2.4. Sertlik Testleri

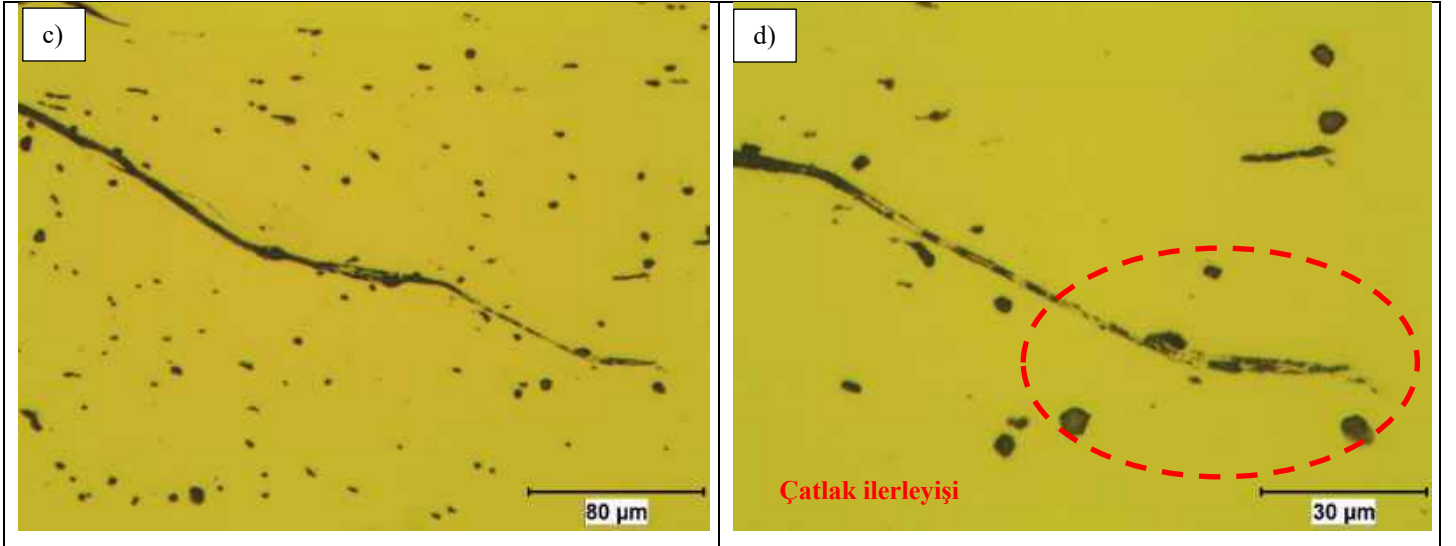
Tüm numunelerin yüzeylerine Zwick ZHV-10 cihazı kullanılarak 200 gr yükü Vickers ucun (indentör) 25 mm/dak hızda batırılmasıyla oluşturulan izin 40x büyütme yapan bir objektif lens yardımıyla görüntülenip ölçülmesiyle sertlik testi yapılmıştır. Metalografik inceleme için hazırlanan numune yüzeyleri üzerinde rastgele seçilen, numune başına 10 farklı bölgeden alınan sertlik değerlerinin ortalaması alınarak her numune için Vickers sertlik değerleri HV 0,2 cinsinden belirlenmiş ve ASTM E140’a göre Brinell cinsine çevrilmiştir.

## 3. Sonuçlar

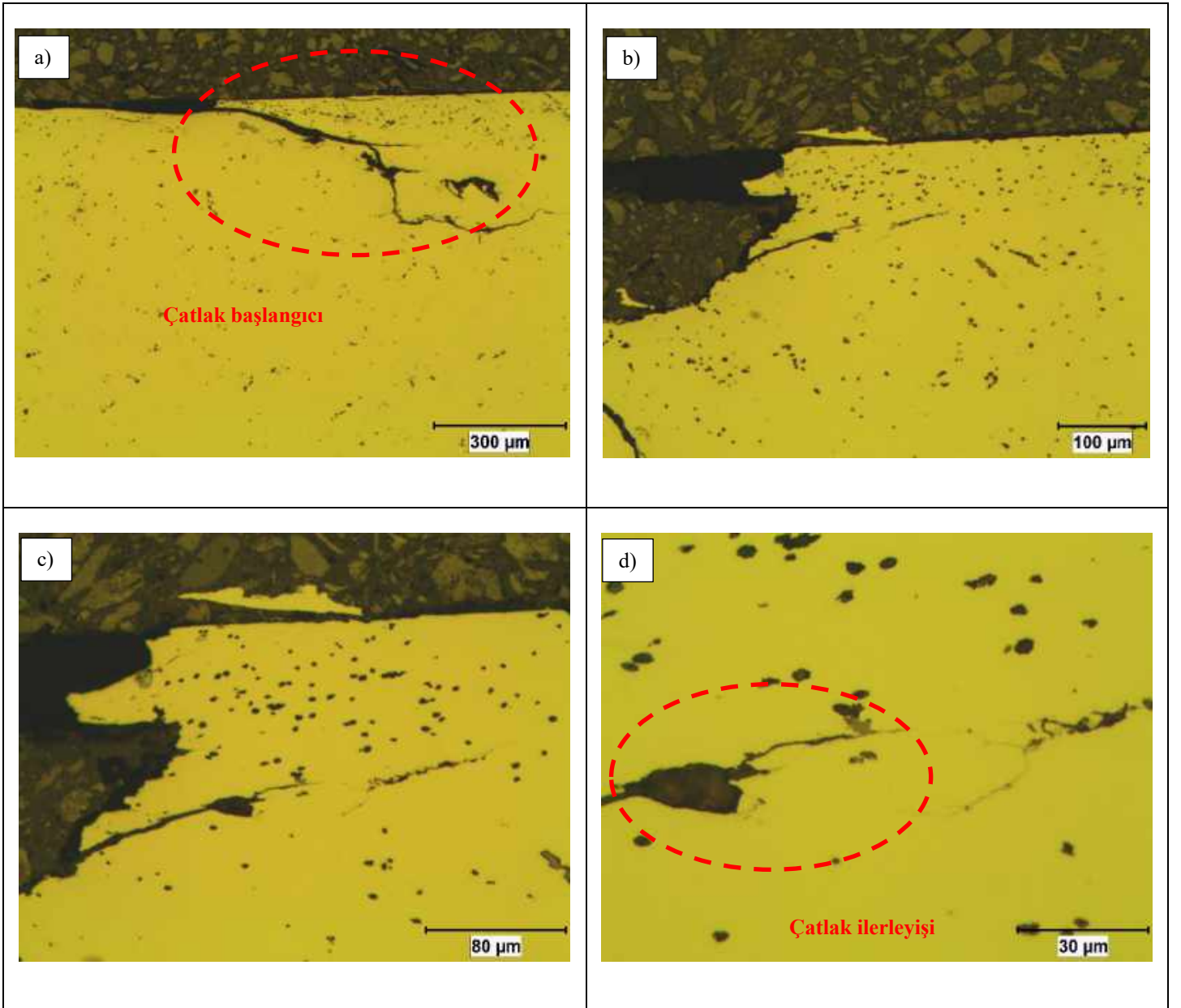
### 3.1. Optik Mikroskop Görüntüleri (Parlatılmış numune)

Raydan çıkarılan numunelerin parlatılmış haldeki içyapı görüntüleri (Şekil 4-6), numunelerde bazı metal dışı kalıntılar (inklüzyon) gri ve siyah noktalar şeklinde görülmektedir. Bu inklüzyonların büyük çoğunluğu 10 mikron altı boyutlardadır ve sayıca fazla inklüzyon vardır. Bu inklüzyonlar aşırı deformasyon nedeniyle oluşan çatlakların ray kesiti içine ilerlemesini kolaylaştırmaktadırlar.



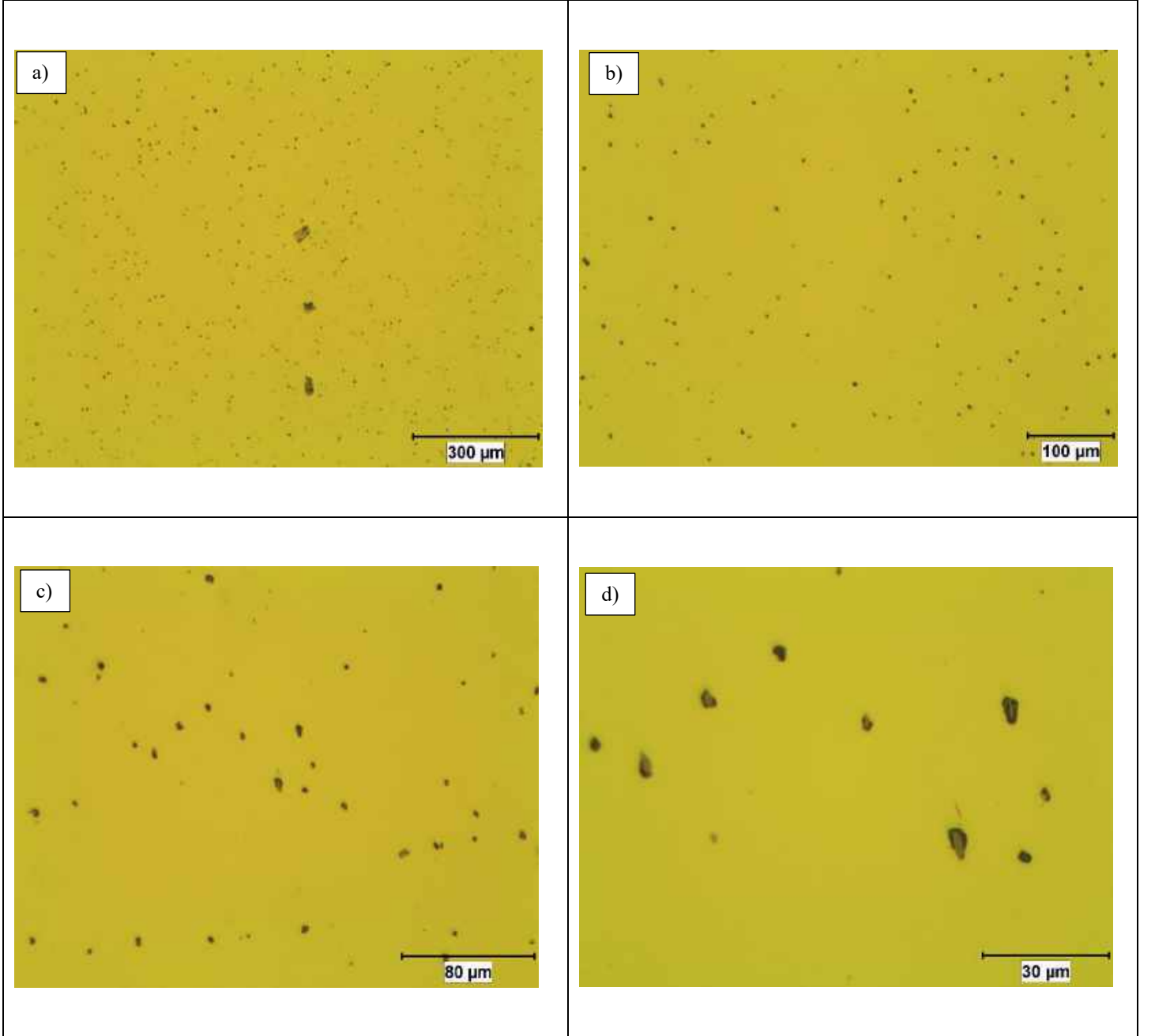


Şekil 4. Yanak-gauge bölgesi optik mikroskop (aydınlık alan) görüntüleri (parlatılmış numune) a) 50x büyütme, b) 100x büyütme, c) 200x büyütme, d) 500x büyütme



Şekil 5. Yuvarlanma yüzeyi bölgesi optik mikroskop (aydınlık alan) görüntüleri (parlatılmış numune) a) 50x büyütme b) 100x büyütme, c) 200x büyütme, d) 500x büyütme





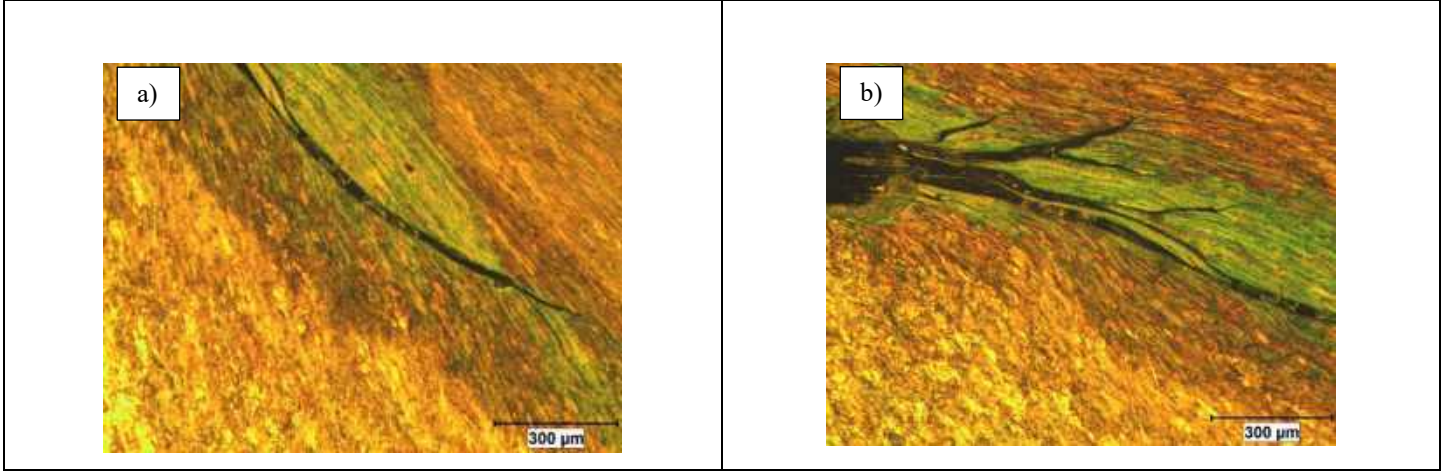
Şekil 6. Yanak (field corner) bölgesi optik mikroskop (aydınlık alan) görüntüleri (parlatılmış numune) a) 50x büyütme, b) 100x büyütme, c) 200x büyütme, d) 500x büyütme

### 3.2. Optik Mikroskop Görüntüleri (Dağlanmış numune)

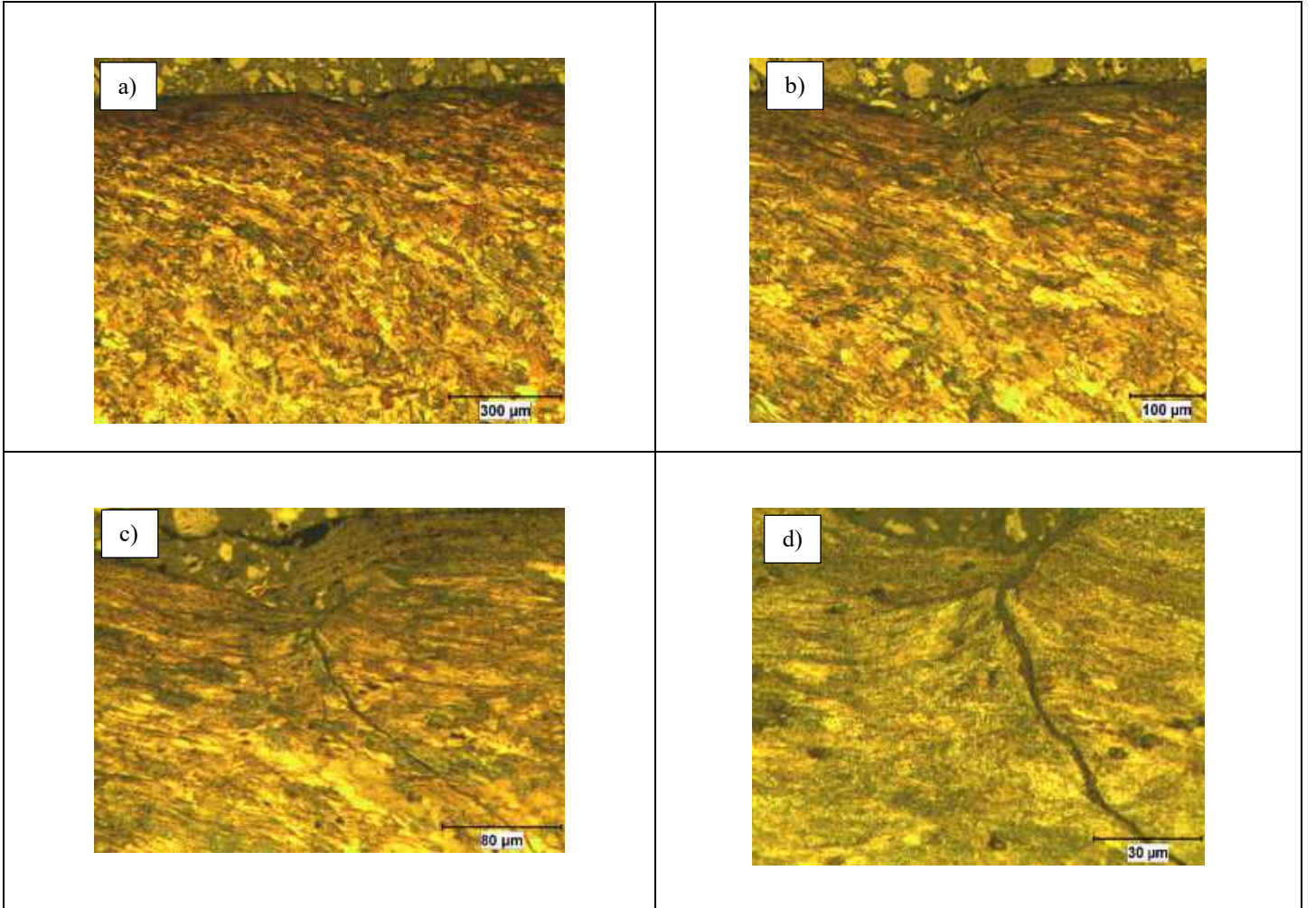
Raydan çıkarılan numunelerin dağlanmış haldeki içyapı görüntüleri Şekil 7-9'da verilmiştir. Yapılan metalografik inceleme sonucunda ray parçalarının ana-yapısının neredeyse %100 perlit olduğu gözlemlenmiştir. Teker temasının ve buna bağlı olarak aşınmanın asgari düzeyde olduğu yanak (field corner) bölgesinde yapı tamamen ince lamel yapıda perlitten oluşmaktadır (Şekil 9).

Demiryolu hatlarında uygulamada, ferrit-perlit çelikleri, yüksek mukavemetleri nedeniyle ve mükemmel aşınma direnci ile birlikte kullanılmaktadır. Perlitik çeliğin hasar toleransı davranışı birçok çalışmada bir eleştiri noktası olmuştur. Perlitik çelik beynitik ray çeliği ile karşılaştırıldığında, yorulma çatlak büyümesine direnç daha düşük iken, kırılma tokluğunda düşüktür. Perlitik çeliğin düşük kırılma tokluğu, gevrek kırılma yüzeyinin özellikleri ile ilişkilidir. Yorulma çatlak ilerleme davranışı perlitik yapı içindeki ara katman boşlukları ve inklüzyon kaynaklıdır [12, 15].

Rayların mantar bölgesi üzerinde yer alan yuvarlanma yolu bölgesinde de yanak-gauge bölgesine benzer şekilde aşırı deforme olarak bozulmaya başlamış perlitik yapı gözlemlenmiştir (Şekil 7-8). Bu bölgede de çatlaklar oluşup iç kısımlara doğru ilerlemiştir. Öte yandan yanak-gauge bölgesinden farklı olarak temel yüklerin basma tipi olması ve çatlakların malzeme içine doğru ilerliyor olması yanak yüzeyindeki kadar kritik aşınmaları ve parça kopmalarını ciddi oranda azaltmıştır. Aşınma gözlemlenmeyen diğer yanak bölgesinin mikroyapısı Şekil 9'da verilmiştir. Bu bölgede ince lamelli perlitik yapı gözlemlenmektedir. Bu bölgede yapı deforme olmamış ve bozulmaya uğramamıştır.

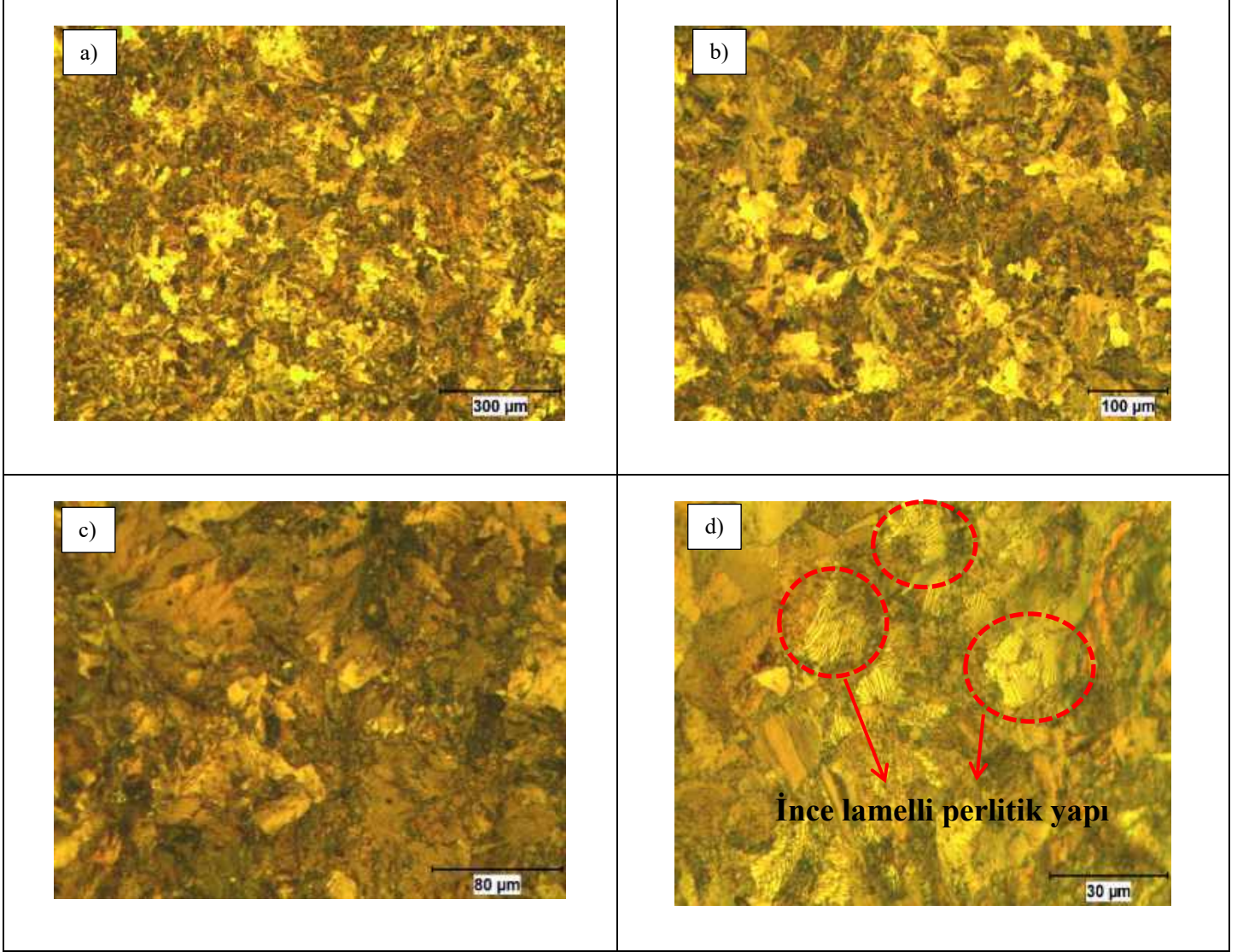


Şekil 7. Yanak (gauge) bölgesi optik mikroskop (aydınlık alan) görüntüleri (dağlanmış numune) a), b) 50x büyütme



Şekil 8. Yuvarlanma yolu bölgesi optik mikroskop (aydınlık alan) görüntüleri (dağlanmış numune) a) 50x büyütme, b) 100x büyütme, c) 200x büyütme, d) 500x büyütme





Şekil 9. Yanak (field corner) bölgesi optik mikroskop (aydınlık alan) görüntüleri (dağlanmış numune) a) 50x büyütme, b) 100x büyütme, c) 200x büyütme, d) 500x büyütme

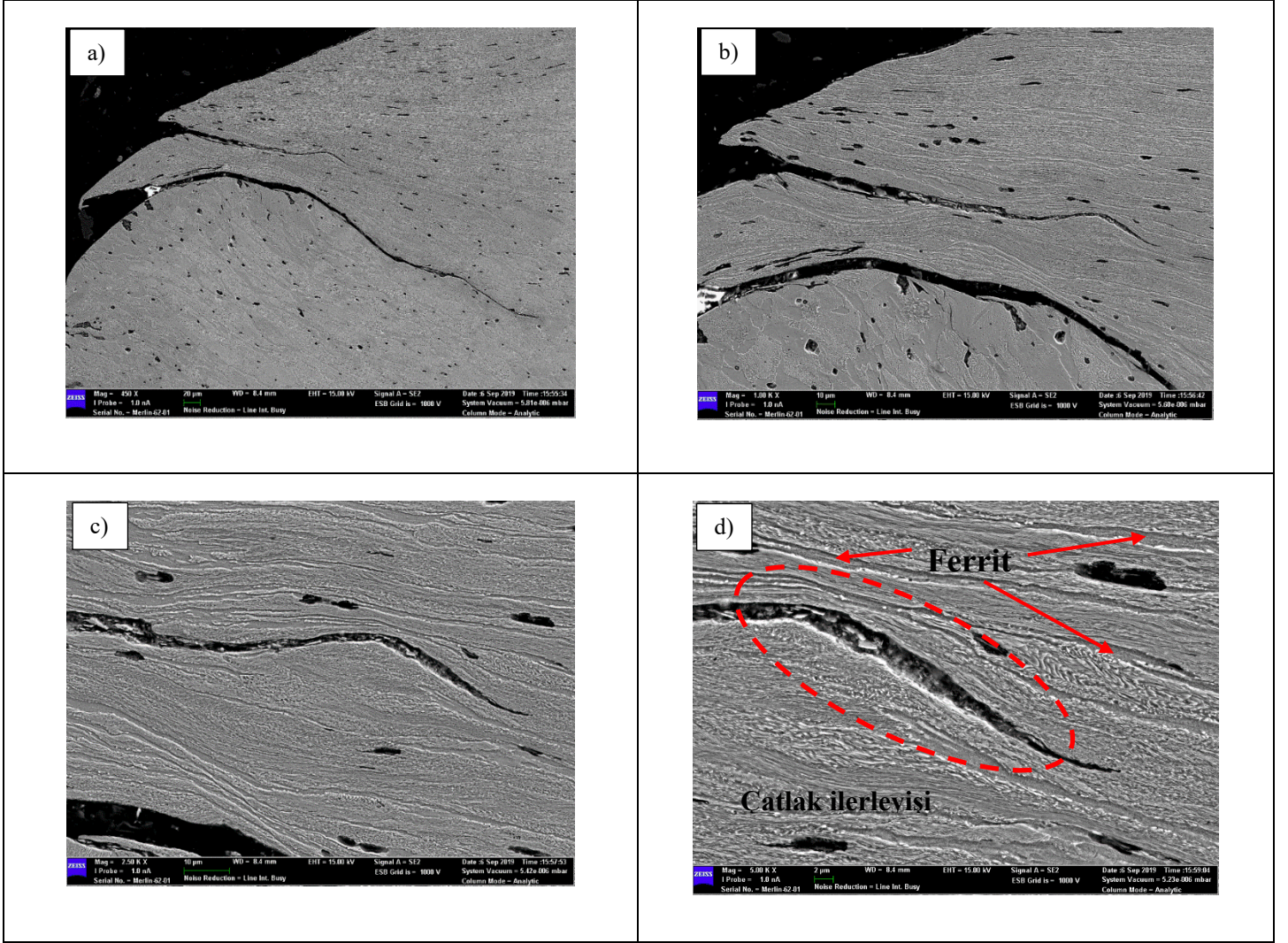
### 3.3. Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) İncelemeleri

Özellikle kurplarda teker temasının arttığı, yanak-gauge bölgesinde ise aşınma olan yerlerde aşırı deforme olmuş, lamel yapının bozulması mikron-altı büyüklükte ferrit ve sementit dönüştüğü gözlemlenmiştir (Şekil 10). Şekil 10.b, c, d'de görülen lifli katmanlar ferrit bölgelerini dışındaki beyaz noktalar ise sementit bölgelerini göstermektedir. Aşırı deforme olan yapıda çatlaklar oluşmuş ve daha az deforme olan bölgeyle aşırı deforme olan bölge arasında malzeme içlerine doğru ilerlemiştir. Ray tekerlek arayüz el kitabında akışkanın (örneğin yağmur suyu) mevcut çatlak bölgesine girmesi ile çatlak üzerindeki yük hareketleri değişimi ile çatlakın ilerlediği belirtilmiştir [9, 32]. Çatlak ilerledikten sonra malzeme yüzeyinden parça kopmalarına da neden olmuştur. Bu noktada tekerle ray kesiti teması neticesinde yanak-gauge bölgesinde oluşan kesme tipi gerilimler de parça kopmalarını kolaylaştırmıştır.

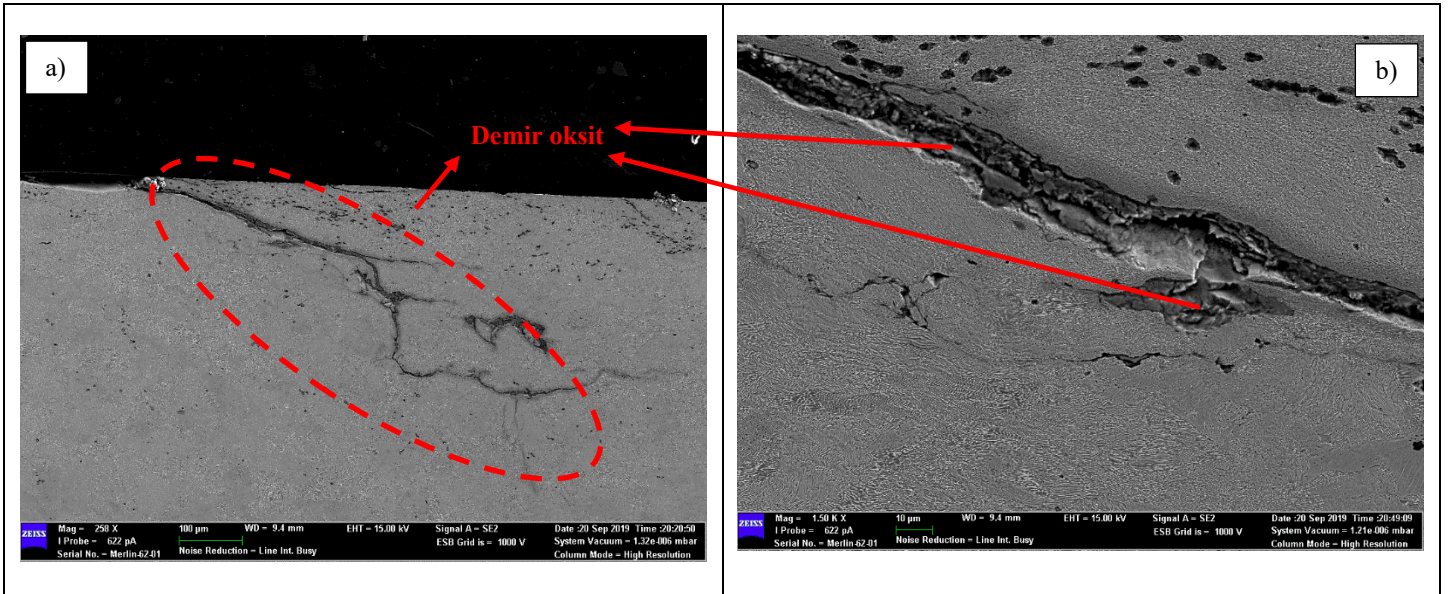
Rayların mantar bölgesi üzerinde yer alan yuvarlanma yolu bölgesinde de yanak-gauge bölgesine benzer şekilde aşırı deforme olarak bozulmaya başlamış perlitik yapı gözlemlenmiştir (Şekil 10-11). Bu bölgede de çatlaklar oluşup iç kısımlara doğru ilerlemiştir. Öte yandan yanak-gauge bölgesinden farklı olarak temel yüklerin basma tipi olması ve çatlakların malzeme içine doğru ilerliyor olması yanak yüzeyindeki kadar kritik aşınmaları ve parça kopmalarını ciddi oranda azaltmıştır.

Yuvarlanma yolu bölgesinde gözlemlenen çatlakların üzerinde SEM-EDS sistemi ile yapılan noktasal mikro-kimyasal analizlerde (Şekil 11) demir oksit (FeO) bulunmuştur. Bu durum çatlakların aniden değil, zaman içinde kullanıma ve atmosfer koşullarına bağlı olarak ilerlediğini ve çatlak ilerleyene kadar, çatlak yüzeylerinin oksitlendiğini göstermektedir.





Şekil 10. Yanak-gauge bölgesi SEM görüntüleri (ikincil elektron dedektörü) a) 450x büyütme, b) 1000x büyütme, c) 2500x büyütme, d) 5000x büyütme

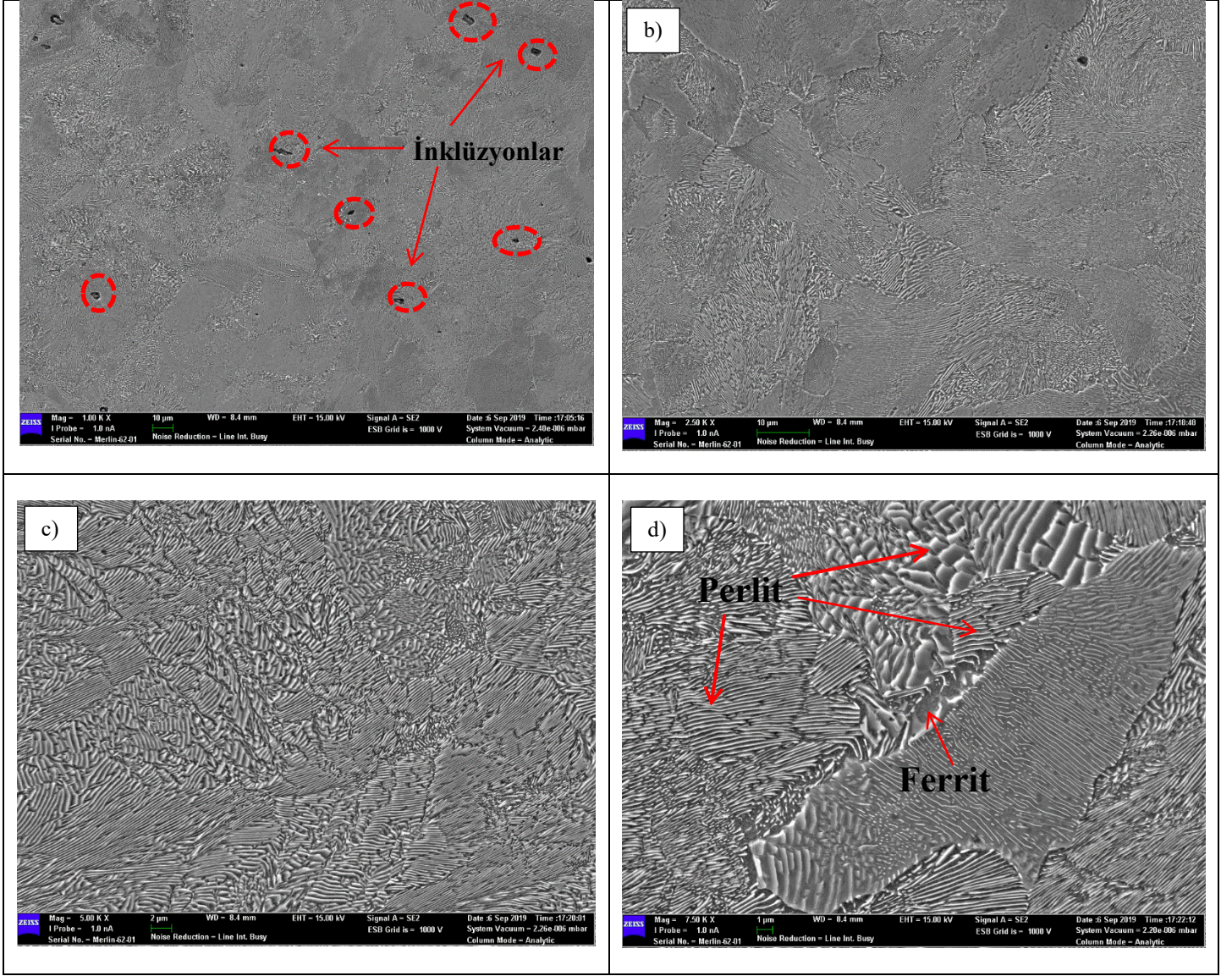


Şekil 11. Yuvarlanma yolu bölgesi SEM görüntüleri (ikincil elektron dedektörü) a) 250x, b) 1500x büyütme

Yanak (field corner) bölgesindeki ince lamel yapının detayları daha yüksek büyütme Şekil 12’teki SEM fotoğraflarında gözükmektedir. Eser miktarda ötektoid öncesi dönüşüm sırasında oluşan ferrit bölgeleri de mevcuttur.

--	--

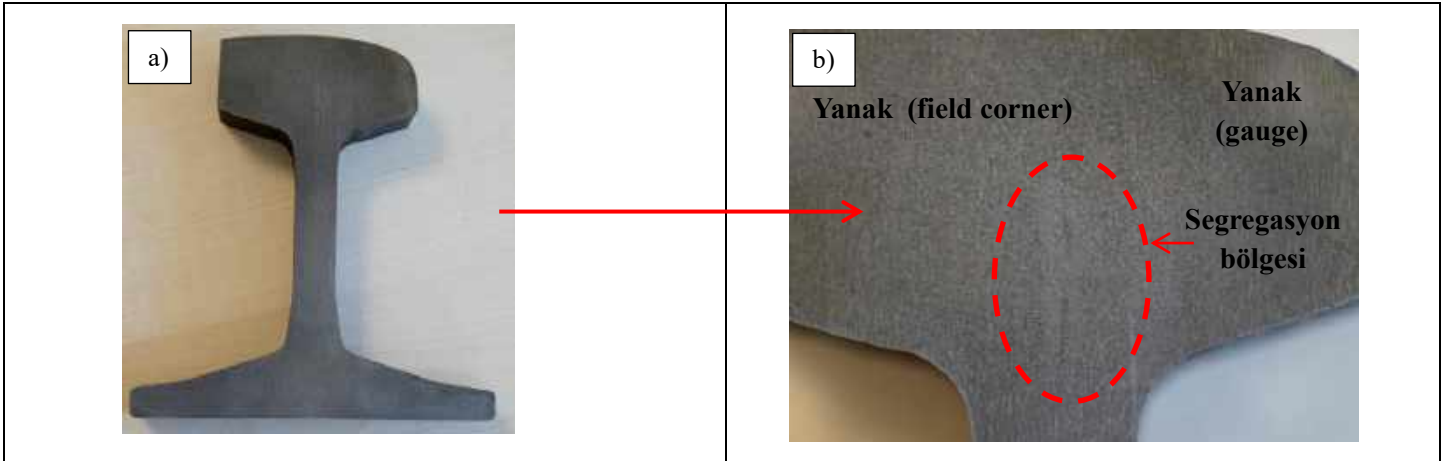




Şekil 12. Yanak (field corner) bölgesi SEM görüntüleri (ikincil elektron dedektörü) a) 250x büyütme b) 1500x büyütme, c) 2500x büyütme, d) 5000x büyütme

### 3.4. Ray Enine (Transverse) Kesitinde Makro İnceleme Sonuçları

Teslim edilen ray parçalarının enine (transverse) kesitinde makro-dağlama yapılmış ve bu sonuçlara göre Şekil 13’de mantar ile gövde bölgeleri arası geçiş yerinde “merkez segregasyon” bölgesi gözlemlenmiştir [33].



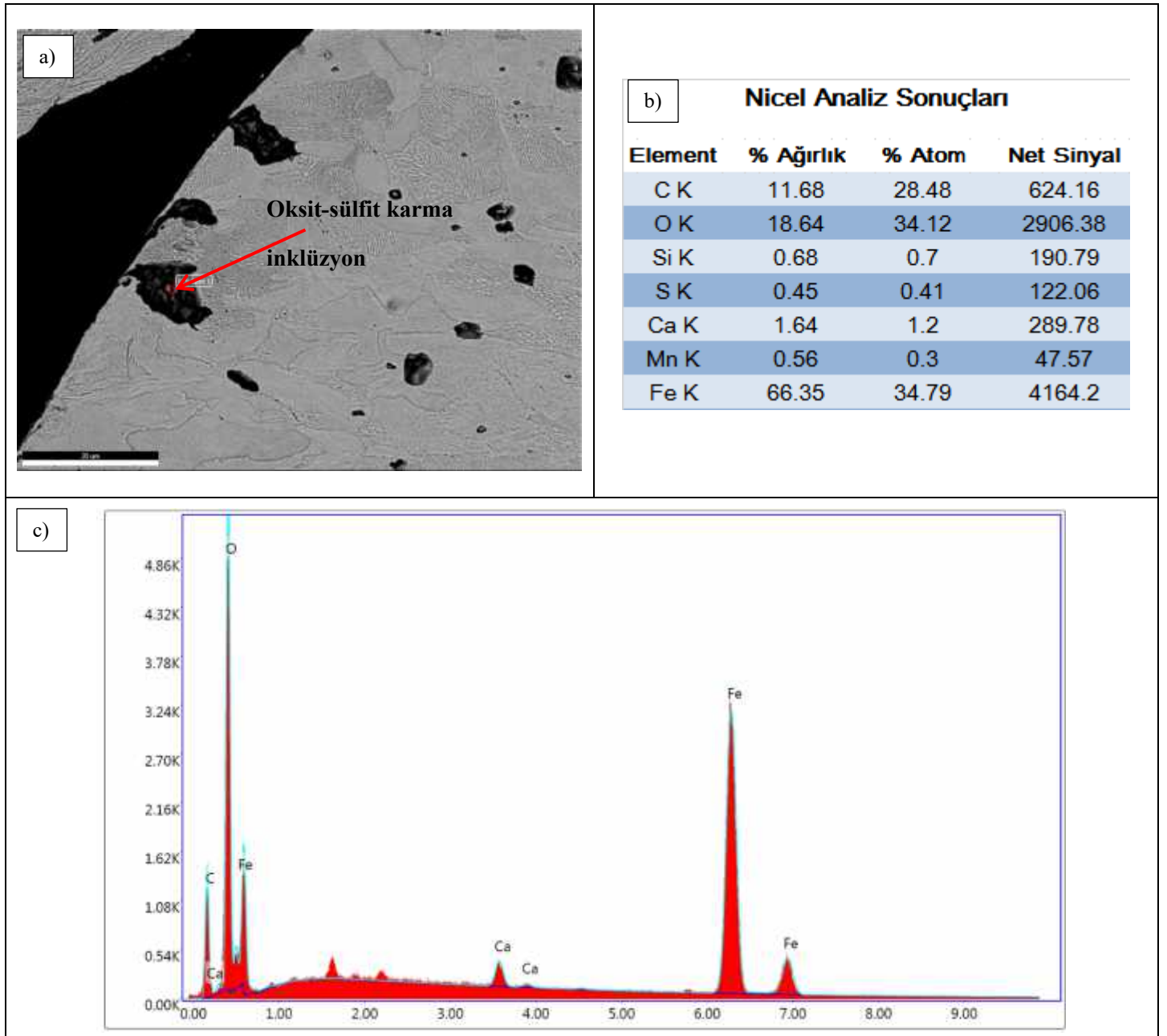
Şekil 13. Makro-inceleme yapılan enine (transverse) ray kesiti Mantar ile gövde bölgeleri arası geçiş yerinde gözlemlenen “merkez segregasyon”



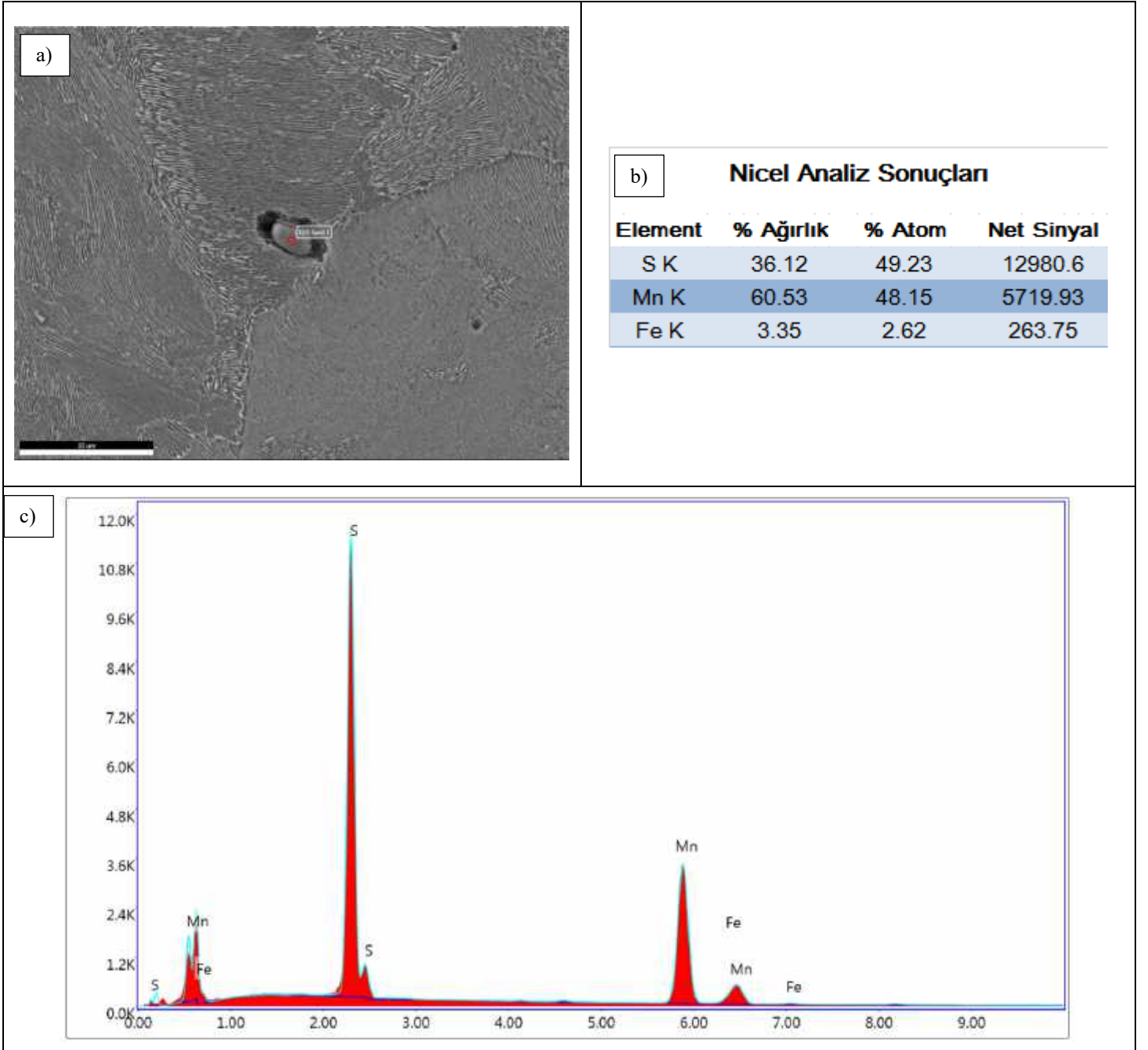
### 3.5. SEM-EDS ile Mikro-Kimyasal Analiz Sonuçları

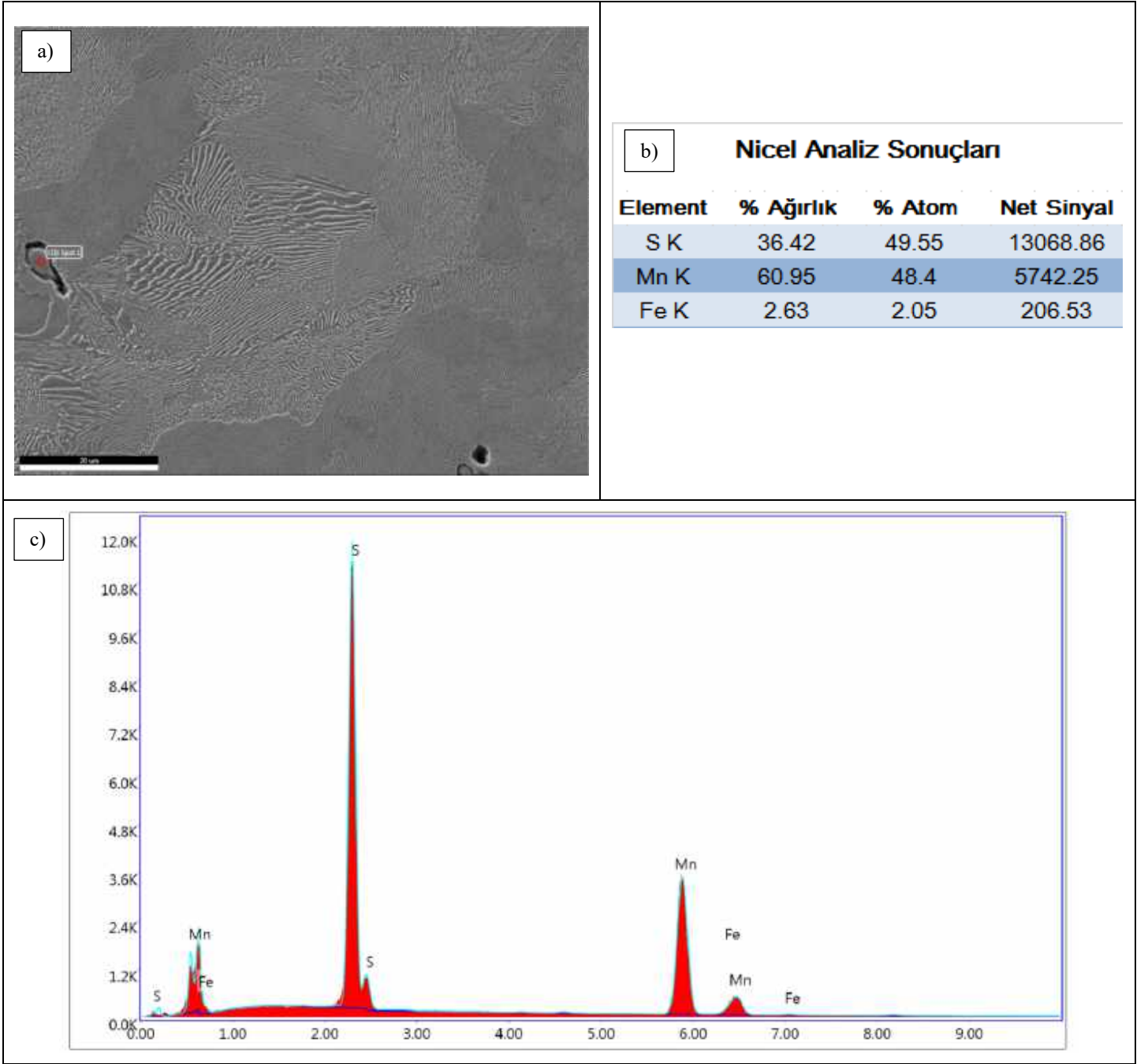
SEM-EDS sistemiyle yapılan mikro-kimyasal analizler inklüzyonların ve oksit-sülfid (MnS) karışımı Şekil 14 veya sadece MnS (Sülfid) Şekil 15 ve 16 olduğunu göstermektedir. Nicel analiz sonuçlarına göre Şekil 15-16’ da gözlemlenen inklüzyonların kimyasal orantılı (stokiyometrik) olarak MnS bileşiği olduğu ve bu inklüzyonların çelik yapımı sırasında oluşarak yapı içinde kaldığı belirlenmiştir. Alınan SEM görüntülerinde bu inklüzyonların yapı içindeki dağılımı homojen bir şekilde olduğu görülmüştür. Inklüzyonlar çelik yapımı sırasında (sıvı çelik içinde çeşitli tepkimeler sonucu ve katılaşma sırasında) veya sıvı çeliğin fırın, pota ve döküm haznesi tuğlaları ile mekanik ya da kimyasal etkileşimi sonucu oluşabilirler. Mevcut çelikte oluşan inklüzyonlar “iç kökenli kalıntı” olarak adlandırılan birinci gruptaki kalıntılardır. Inklüzyonlar normal şartlarda içyapıda bulunması istenmez; ancak günümüz teknolojisinde bu kalıntılar sıfıra indirgenememektedir. Inklüzyonlar çeliklerin akma dayancı, kopma dayancı, süneklik, tokluk ve yorulma ömrü gibi mekaniksel özelliklerini olumsuz etkiler. Bu nedenle çelik yapısında mümkün olduğunca az sayıda, tüm yüzeye homojen ve eşit miktarda dağılmış olarak bulunmaları istenmektedir. Yanak-gauge bölgesinde çatlak altında da (Şekil 14) demir oksit partiküllerine rastlanmıştır. Bu durum çatlakların aniden değil, zaman içinde kullanıma ve atmosfer koşullarına bağlı olarak ilerlediğini ve çatlak ilerleyene kadar, çatlak yüzeylerinin oksitlendiğini göstermektedir.

Segregasyon MnS gibi bazı elementlerin katılaşma sırasında homojen dağılmaması sonucu oluşmaktadır. Bu heterojenlik malzeme özelliklerinde de değişimlere yol açmaktadır. Raylarda özellikle gövde kısmında belirgin bir segregasyon görülmemesi istenmektedir. Yapılacak inceleme ve kullanılan kabul kriterleri değişkenlik göstermekle birlikte, mevcut rayları durumu ise “sınırdan” kabul edilebilir seviyededir [33].



Şekil 14. SEM-EDS ile mikro-kimyasal analiz, Yanak-gauge bölgesi aşınma yüzeyi yakını oksit partikülü a) Geri saçılan elektron görüntüsü ve analiz alınan partikül, b) Nicel analiz sonuçları c) EDS spektrumu





Şekil 16. SEM-EDS ile mikro-kimyasal analiz, Yanak-gauge bölgesi aşınma yüzeyi yakını oksit partikülü, a) Geri saçılan elektron görüntüsü ve analiz alınan partikül, b) Nicel analiz sonuçları, c) EDS spektrumu

### 3.6. Makro-Kimyasal Analiz Sonuçları

Ray parçalarının genel kimyasal kompozisyonları optik emisyon spektrometresi (OES) ile belirlenmiş ve Tablo 2’de verilmiştir. İlk etapta OES cihazının demir-çelik alaşımları için genel programı (Fe-Global) kullanılarak 5 yakının ortalaması alınmıştır. Fe-global programı genel kompozisyonu belirlemek için uygun olsa da karbon, krom, fosfor ve kükürt gibi elementlerin belirlenmesinde hassasiyeti düşüktür. Sonrasında mevcut raylara da en uygun olan düşük alaşımlı çelik programı kullanılarak ikinci bir 5 yakınlık ölçüm gerçekleştirilmiştir. Ayrıca R260 kalite rayların standart kompozisyon aralığı da yine aynı tabloda belirtilmiştir. Yüzde karbon (%C) değerleri alt sınıra yakın olmakla birlikte ölçüm sonuçları mevcut rayların R260 kalite için izin verilen kompozisyon aralığında olduğunu göstermektedir.

### 3.7. Sertlik Ölçüm Sonuçları

Metalografik inceleme için hazırlanan ray enine kesit plakaları üzerinde yapılan sertlik ölçüm sonuçları Tablo 3’de gösterilmiştir. Sertlik değerleri EN 13674-1 standardına göre B, F ve H bölgelerinden alınmıştır. Vickers mikro-sertlik ölçümleri (HV 0,2) ASTM E140 standardında verilen tablolar yardımıyla “Brinell (HBW) sertlik değerlerine çevrilmiştir (Tablo 4).

R260 kalite rayların kullanılmamış halde 260 – 300 HBW sertlik aralığında olmaları beklenmektedir. Tüm bölgelerin sertlik değerleri eşik değer olan 260 HBW’nin üzerinde ölçülmüştür. Yuvarlanma yolu bölgesinin aşırı plastik deformasyona uğramayan



yerlerinde ve teker temasının çok az olduğu yanak (field corner) bölgelerinde 268 – 284 HBW arası sertlik değerleri bulunmuştur. Bu değerler R260'ın izin verilen sertlik aralığı içinde yer almaktadır. Öte yandan, yanak-gauge bölgesinde ise aşırı deformasyonun etkisiyle malzeme pekleşmeye uğramıştır. 341 HV (323 HBW) değeri ile B bölgesi (yanak-gauge) en sert bölgedir. Bu bölgede, kullanım öncesi gerek içyapı gerekse sertlik değerleri tahminen diğer yanak bölgesine benzerdi. Ancak kullanım sırasında aşırı deformasyon nedeniyle içyapıdaki değişiklikler malzemeyi pekleştirmiştir ve sertlikte artışa neden olmuştur [34].

Tablo 2. Kimyasal Kompozisyon -ölçüm değerleri ve R260 standart aralığı- % ağırlık cinsinden

Kullanılan Metot	C	Si	Mn	P	S	Açıklama
Fe-Global	0,672	0,179	1,018	<0,005	<0,150	OES cihazının demir alaşımları için genel programıdır; %P, %S, %C değerlerini hassasiyeti düşüktür.
Fe-LowAlloy	0,683	0,683	0,236	1,027	<0,0005	OES cihazının düşük alaşımlı çelikler için özel programıdır, %P, %S, %C ve alaşım elementlerini daha hassas ve doğru olarak belirlenmesini sağlar.
R260 Standart Kompozisyonu	0,620 0,800	0,150 0,580	0,700 1,200	<0,025	<0,008	[9, 35]'e göre standart kompozisyon aralığı

Tablo 3. Vickers sertlik testleri sonuçları ( $d_h$ : Vickers izin yatay yönde uzunluğu,  $d_v$ : Vickers izin dikey yönde uzunluğu,  $d_{ort}$ : Vickers izin yatay ve dikey yönlerde ölçülen uzunluklarının ortalaması)

Bölge	Test No	$d_h$ (µm)	$d_v$ (µm)	$d_{ort}$ (µm)	HV 0,2	Ortalama	Standart Sapma	%95 Güven Aralığı	Bağlı Doğruluk (%)	Sertlik Değeri (HV 0,2)
Yanak-gauge	1	34,3	32,97	33,6	328	341,4	11,13	13,81	4,05	341,4 +- 13,81
	2	32,54	32,97	32,8	346					
	3	31,66	32,97	32,3	355					
	4	32,98	33,85	33,4	332					
	5	33,42	32,09	32,8	346					
Yuvarlanma Yolu	1	37,82	36,92	37,4	266	283,4	10,67	13,24	4,67	283,4 +- 13,24
	2	34,74	36,49	35,6	292					
	3	35,62	36,92	36,3	282					
	4	36,06	35,17	35,6	292					
	5	36,94	35,17	36,1	285					
Yanak (field corner)	1	36,94	35,17	36,1	285	299,2	8,47	10,51	3,51	299,2 +- 10,51
	2	34,3	35,61	35	304					
	3	34,74	34,73	34,7	307					
	4	35,62	34,73	35,2	300					
	5	35,62	34,73	35,2	300					

Tablo 4. Vickers sertliklerin (HV 0,2) ASTM E140 standardına göre Brinell Sertlik Değeri (HBW) denkleri

Vickers (HV 0.2)	Brinell (HBW)
341	323
299	284
283	268

#### 4. Tartışma ve Sonuçlar

Bu çalışmada Bursa ilinde kullanılan R260 kalite ray çeliklerinde meydana gelen soyulma ve kopmaların kök nedenini tespit etmek üzere numuneler üzerinden metalografik inceleme, kimyasal analiz ve sertlik testleri yapılmıştır.

Yapıdaki inklüzyonların varlığı ve dağılımı parlatılmış numunelerin optik mikroskop altında, çelik ana yapısını oluşturan faz ve faz karışımları ise dağlanmış numunelerin optik mikroskop ve SEM altında incelenmesi ile belirlenmiştir. SEM-EDS analizleri ile yapıda gözlemlenen inklüzyon partiküllerinin kimyasal kompozisyonları belirlenmiştir.

Bu incelemeler sonucunda yapıda 10 mikron ve altı boyutlarda çok sayıda metal dışı kalıntılar (inklüzyon) gri ve siyah noktalar şeklinde tespit edilmiştir. Bu inklüzyonlar aşırı deformasyon nedeniyle oluşan çatlakların ray kesiti içine ilerlemesini kolaylaştırmaktadırlar.

Özellikle kurplarda teker temasının arttığı, yanak-gauge bölgesinde ise aşınma olan yerlerde aşırı deforme olmuş, lamel yapının bozularak mikron-altı büyüklükte ferrit ve sementit dönüştüğü gözlemlenmiştir. Aşırı deforme olan yapıda çatlaklar oluşmuş ve daha az deforme olan bölgeyle aşırı deforme olan bölge arasında malzeme içlerine doğru ilerlemiştir. Çatlak ilerledikten sonra malzeme yüzeyinden parça kopmalarına da neden olmuştur. Bu noktada tekerle ray kesiti teması neticesinde yanak-gauge bölgesinde oluşan kesme tipi gerilmeler de parça kopmalarını kolaylaştırmıştır.

Yapılan SEM inceleme sonucunda ray parçalarının ana-yapısının neredeyse %100 perlit olduğu gözlemlenmiştir. Rayların mantar bölgesi üzerinde yer alan yuvarlanma yolu bölgesinde de yanak-gauge bölgesine benzer şekilde aşırı deforme olarak bozulmaya başlamış perlitik yapı gözlemlenmiştir. Bu bölgede de çatlaklar oluşup iç kısımlara doğru ilerlemiştir. Öte yandan yanak-gauge bölgesinden farklı olarak temel yüklerin basma tipi olması ve çatlakların malzeme içine doğru ilerliyor olması yanak yüzeyindeki kadar kritik aşınmaları ve parça kopmalarını ciddi oranda azaltmıştır.

Ray Enine (Transverse) Kesitinde Makro İnceleme Sonuçları raylarda segregasyon olduğunu göstermekle birlikte mevcut rayları durumu uluslararası standartlara göre "sınırdan" kabul edilebilir olduğu değerlendirilmiştir.

SEM-EDS ile Mikro-Kimyasal Analiz Sonuçlarına göre; çatlak etrafında ve Yuvarlanma yolu bölgesinde demir oksit partiküllerine rastlanmıştır. Bu durum çatlakların aniden değil, zaman içinde kullanıma ve atmosfer koşullarına bağlı olarak ilerlediğini ve çatlak ilerleyene kadar, çatlakın yüzeylerinin oksitlendiğini göstermektedir.

Makro-Kimyasal Analiz Sonuçları mevcut rayların R260 kalite için izin verilen kompozisyon aralığında olduğunu göstermektedir.

Tüm bölgelerin sertlik değerleri eşik değer olan 260 HBW'nin üzerinde ölçülmüştür. Ray teker teması olan bölgelerde sertliğin daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Aşırı plastik deformasyon etkisi ile pekleşme nedeniyle malzeme sertliği artmıştır.

Özetle mevcut rayların matris fazları, makro kimyasal kompozisyon ve sertlik değerleri açısından izin verilen aralıkta olduğu sonucuna varılmıştır. Öte yandan yapıda gözlemlenen çok sayıda inklüzyonun çatlak ilerlemesini kolaylaştırdığı ve kopmaları hızlandırdığı sonucuna varılmıştır.

Ray teker arası temas bölgelerindeki gerilmeler açısından mevcut raylarda gözlemlenen kusur, hataları oluşturması en muhtemel gerilme tipi ray üzerinde seyir halinde olan HRS seti yüklü araç ağırlığının neden olduğu düşey ve kesme gerilmeler olduğu düşünülmektedir. Dingil yüklerinin artması ile temas yüzeyinde oluşan kesme tipi gerilimin şiddeti artmaktadır. Çekiş katsayısı (traction coefficient, ratio of tangential to normal forces) T/N değerine bağlı olarak soyulmaların yüzeyde mi yüzey altından mı başlayacağını belirlenebilmektedir. Genel olarak 0,2'ye kadar olan T/N değerleri en yüksek kesme gerilmelerinin ray-teker temas yüzeyinin biraz altında oluşmasına, yani soyulmaları başlatacak çatlakların yüzey yerine yüzey altından başlamasına sebep olmaktadır. Dingil yüklerinin artması normal yükleri artırarak T/N oranının düşmesine ve soyulma başlangıcını oluşturacak yüzey-altı çatlak başlangıçlarına neden olmaktadır.

UIC 712 R'de ray kusurları/hataları görüldüğü ray sonunda (1), ray sonu harici diğer bölgeler (2), rayın hasar görmesinden kaynaklanan arızalar (3), kaynak ve yüzey yenileme kusurları (4), ana başlıklarına göre, örnek olarak ray mantarında oluşan yatay çatlaklar 112, 212, yuvarlanma yüzeyinin kabuklanması 2221, ray mantarında oluşan kılcal çatlak 2223, ray mantarında oluşan düşey aşınmalar 2204, alüminotermis kaynak kesitinde oluşan yatay çatlak 422 şeklinde UIC kodları ile sınıflandırılmaktadır.

Yapılan incelemeler sonucunda incelenen rayların yanak-gauge ve yuvarlanma yolu bölgelerinde yuvarlanma değme yorulması (RCF – Rolling contact fatigue) kaynaklı aşınma ve parça kopmaları olduğu sonucuna varılmıştır. Bu yorulma tip ray üzerinde birden farklı tipte hata oluşturabilmektedir. Temel olarak ray-teker ara yüzünde aşırı miktarda kesme tipi gerilmelerin (shear stress) varlığı bu RCF tipi yorulmaya neden olmaktadır. Mevcut numunelerde RCF'nin bir alt-grubu olan "kabuk soyma" (shelling) gözlemlenmiştir (Şekil 2,3) Bu soyulmalar genellikle yanak-gauge köşe bölgesinin 2 ile 8 mm altında başlar ve çoğunlukla kurplarda üstte kalan raylarda gözlemlenir. Kabuk soyma ray-hattı boyunca düzenli olarak gözlemlenmez ve başlangıçlarında yanak-gauge bölgesinde siyah noktalar şeklinde kendini gösterir. Ray yüzeyine 10 ile 30 derece açı yaparak iç bölgelere doğru büyürler. Çatlakların büyümesi raylardan kabuk soyma şeklinde parça kopmasına veya rayın enine kesiti boyunca çatlak ilerlemesine ve fark edilemezse rayın kopmasına neden olabilir. Çeliğin yapısındaki metal dışı kalıntılar vb. süreksizlikler de çatlak başlangıcına neden olabilir; mevcut çatlakın ilerlemesini hızlandırabilir.

Yuvarlanma değme yorulması nedeniyle oluşmaya başlatan kabuk soyma hataları ray-teker ara yüzünde mevcut ray malzemesinin limitlerinin üzerinde kesme gerilmeleri oluşması nedeniyle başlar. Kesme tipi gerilmeleri etkileyen faktörler teker çapları (küçük tekerler daha yüksek gerilmelere neden olur), teker-ray ara yüzündeki temas bölgesinin yarıçapı [36], nominal, dinamik ve darbe tipi teker yükleri, hat geometrisi, araç (vagon takımı) karakteristikleri ve çekiş gücü olarak sıralanabilir [37, 38].

Bu sonuçlar ve değerlendirme neticesinde, çatlakları önleyici faaliyetler kapsamında aşağıdaki maddeler önerilmektedir.

Kurp gibi kritik bölgelerde daha yüksek dayanımlı (350 HT) rayların kullanılması; bu sayede izin verilen kesme tipi gerilim limitlerinin artırılması ve benzer şekilde mantarı sertleştirilmiş rayların kullanımı raylarda aşınmayı ve plastik deformasyonu azaltacaktır [39-42].

Kullanılan ray çeliklerin inklüzyon miktarı ve büyüklüğü açısından temiz olması, mevcut çeliğe göre daha temiz çeliklerin kullanılması önerilmektedir. Çeliklerde inklüzyon miktarı kontrolü ASTM E45, DIN 50602 veya EN10247 gibi standartlara göre gerçekleştirilmeli ve alım şartnamesinde belirtilmelidir [43, 44].

Teker ve/veya rayların yağlanma (lubrication) prosedürleri iyileştirilebilir. Bu iyileştirmeler aynı zamanda ray tekerlek kırılma ve aşınmalarının önlenmesini ve yakıt tasarrufu sağlamaktadır [40].

RCF tipi hataların ilerlemesini kontrol edebilmek adına işletmenin belirlediği Tablo 5’de belirtilen taşlama bakım periyotlarında yapılan ray bakım işlemleri uygulanmaktadır. Tablodaki değerler her işletmenin kendi hatlarının taşıdığı yıllık trafik miktarına ve kurbun çapına göre değişkenlik göstermektedir. Ray malzemesi harcanmasına neden olan taşlama işlemlerinin genel paso alma yerine (0,05 - 0,1 mm) RCF-tipi aşınmayla başlayan ve kenarların soyulmasına neden olan çatlakların ilerleme hızını azaltmak adına özellikle kritik lokasyonlardaki çatlak kontrollerinin daha sık yapılarak taşlama işleminin yapılması, raya gelen yüklerle çatlakların derine ilerlemesini azaltacaktır. RCF tipi kusurların görülen bölgelerde girdap akımları (eddy-current) yöntemi ile ölçüm yapan cihaz ile çatlak boyutlarının tespit edilerek ölçülen çatlak derinliğinden +0,1 mm güven payı da üzerine konularak kılcal çatlak (head check) taşlaması yapılmalıdır. Bu önleyici taşlama işlemiyle yüzeyden genellikle 0,2-0,5 mm aralığında malzeme kaldırılması tavsiye edilmektedir. Taşlama sonrasında yanak (gague) bölgesinde çıplak gözle görünür çatlak kalmamış olması önemlidir. Bu sayede çatlakların malzeme içine ilerleyerek parça kopmalarının önüne geçilebilmektedir [9, 45].

Rayın yüzeyinde bulunan çatlaklıkların, girdap akımları yöntemi ile ölçüm yapan cihazlar ile ölçüm yapılarak çatlak derinliğinin 0,3 mm’yi geçtiği bölgelerde frezeleme (milling) aracı ile ray yüzeyinden sorunlu malzemenin kaldırılması işlemi taşlama işlemine göre daha etkili olmaktadır. Tek seferde alınan paso frezelemede (en düşük 0,25-0,3 mm) taşlamaya (en düşük 0,01 mm) göre daha fazladır. Taşlama makinası ile artan talaş kaldırma miktarı (taşlamanın son aşaması da dahil), ray malzemesinin yapısal değişikliğinin bir işareti olan bir renk şeridi oluşturur. Ray mantarının yapısı artan sıcaklık nedeniyle değişir ve mevcut korumasını kaldırır. Mevcut kılcal çatlaklar daha hızlı büyümeye devam edebilir. Bu yüzden çatlak ölçüm sonuçlarından hareket edilerek bu bölgelerde frezeleme yapılması tavsiye edilmektedir.

Tablo 5. İşletmenin belirlediği kurp yarıçapına göre koruyucu bakım taşlama periyotları

R: Kurp yarıçapı (m)	Koruyucu bakım taşlama periyodu (ay)
R<150	2
150< R<300	4,5
300< R< 500	8

Teker-ray temas karakteristiklerinin iyileştirilmesi yapılabilir. Bu iyileştirmeler teker-ray temas gerilimlerini ve yanaklardaki kesme tipi gerilimleri azaltmayı hedeflemelidir. Kurpların dönüş açısı, dış-tarafın yüksekliği, teker geometrisi ve ölçüsel toleranslar gözden geçirilmelidir [10, 46]. Bu iyileştirmeler aynı zamanda işletmenin özellikle R<400 kurplarında iç rayda oluşan ondülasyon probleminin de önüne geçecektir. İşletmede ondülasyon ölçümü (dalga boyları ve derinlikleri) kontrolleri yapılarak derinlik 0,2 mm üstüne çıkılmadan taşlama işlemi yapılmaktadır.

Özellikle son önerilen maddenin gerçekleştirilebilmesi için R125 - dever 100, R150 - 150 dever kurp bölgelerinde belirlenen sabit araç hızlarında (35, 40, 50 km/s) farklı araç setlerinin raya binen yüklerin dağılımının hesaplanması, dinamik davranış ölçümlerinin yapılması gerekmektedir. Ayrıca; tüm sistem elemanlarının modelinin çıkartılarak simülasyon programında eşik değerlerin tanımlanması ve olası trafik ve sefer yüklerinin artması ile gelecek yatırımların planlanması ve hat güzergahlarının ve seyir ile ilgili teknik sınırların hat ve araç özelliklerine bağlı çıkartılması sürdürülebilir bir model geliştirilmesi planlanmalıdır.

## Kaynakça

- [1] A. Uğur, “Demiryolu Sektöründe Dünya Gelişme Beklentileri ve Türkiye’nin Durumunun Araştırılması”, Alphanumeric Journal, vol. 7 (2), 369-398, 2019.
- [2] J. Xu, L. J. Butler, & M. Z. Elshafie, “Experimental and numerical investigation of the performance of self-sensing concrete sleepers”, Structural Health Monitoring, vol. 19, no. 1, 66-85, 2020.
- [3] J. Jiang, Z. Chen, W. Zhai, T. Zhang, & Y. Li, “Vibration characteristics of railway locomotive induced by gear tooth root crack fault under transient conditions”, Engineering Failure Analysis, vol. 108, 104285, 2020.
- [4] L. Ferreira, & M. H. Murray, “Modelling rail track deterioration and maintenance: current practices and future needs”, Transport Reviews, vol. 17, no. 3, 207-221, 1997.
- [5] J.-A. Zakeri, M. Fathali, & N. B. R, “Effects of Rail Cant on Wheel-Rail Contact Forces in Slab Tracks”, International Journal of Mechanics and Applications, vol. 1(1), 12-21, 2011.
- [6] H. Jiang, & L. Gao, “Optimizing the Rail Profile for High-Speed Railways Based on Artificial Neural Network and Genetic Algorithm Coupled Method”, Sustainability, vol. 12, no. 2, 658, 2020.
- [7] C. He, J. Liu, W. Wang, & Q. Liu, “The Tribo-Fatigue Damage Transition and Mapping for Wheel Material under Rolling-Sliding Contact Condition”, Materials, vol. 12, no. 24, 4138, 2019.
- [8] R. Chen, C. Hu, J. Xu, P. Wang, J. Chen, & Y. Gao, “An Innovative and Efficient Method for Reverse Design of Wheel-Rail Profiles”, Applied Sciences, vol. 8, no. 2, 239, 2018.
- [9] R. Lewis, & U. Olofsson, "Wheel-rail interface handbook", India, USA: Woodhead Publishing Limited and CRC Press LLC, 2009.
- [10] D. F. Cannon, K. O. Edel, S. L. Grassie, & K. Sawley, “Rail defects: an overview”, Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, vol. 26, no. 10, 865-886, 2003.
- [11] U. Zerbst, R. Lundén, K. O. Edel, & R. A. Smith, “Introduction to the damage tolerance behaviour of railway rails – a review”, Engineering Fracture Mechanics, vol. 76, no. 17, 2563-2601, 2009.
- [12] D. Masoudi Nejad, K. Farhangdoost, & M. Shariati, “Microstructural analysis and fatigue fracture behavior of rail steel”, Mechanics of Advanced Materials and Structures, vol. 27, no. 2, 152-164, 2020.

- [13]D. Mansouri, P. Sendur, & G. G. Yapici, "Fatigue characteristics of continuous welded rails and the effect of residual stress on fatigue-ratchetting interaction", *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 1-8, 2018.
- [14]P. Gurubaran, M. Afendi, M. A. Nur Fareisha, M. S. Abdul Majid, I. Haftirman, & M. T. A. Rahman, "Fatigue life investigation of UIC 54 rail profile for high speed rail", *Journal of Physics: Conference Series*, vol. 908, 012026, 2017.
- [15]V. Arli, *Demiryolu Mühendisliği*, İstanbul: Marmara Kırtasiye ve Yayıncılık, 2015.
- [16]M. Jimenez-Martinez, "Manufacturing effects on fatigue strength", *Engineering Failure Analysis*, vol. 108, 104339, 2020.
- [17]J. Sadeghi, & H. Askarinejad, "Influences of Track Structure, Geometry and Traffic Parameters on Railway Deterioration", *International Journal of Engineering*, vol. 20, no. 3, 292-300, 2007.
- [18]A. K. Wilson, M., *TMS 226 RailCorp Engineering Manual - Track Rail Defects Handbook*, RailCorp Network, 1-83, 2012.
- [19]Z. Li, D. Yi, C. Tan, & B. Wang, "Investigation of the stress corrosion cracking behavior in annealed 5083 aluminum alloy sheets with different texture types", *Journal of Alloys and Compounds*, vol. 817, 152690, 2020.
- [20]F. Wu, Q. Li, S. Li, & T. Wu, "Train rail defect classification detection and its parameters learning method", *Measurement*, vol. 151, 107246, 2020.
- [21]C. Taştımur, Karaköse. M, & Akın, E, " A comparison study of rail fault detection methods in the literature", in *International Conference on Advances and Innovations in Engineering*, 987-992, 2017.
- [22]A. D. Sara.Teidj, Abdellatif. Khamlichi, "Detection of Damage in Rail Head by using Safe Method", *Transactions on Machine Learning and Artificial Intelligence*, vol. 5, no. 4, 2017.
- [23]A. R. Khan, Y. Shengfu, & H. Wang, "Influence of Heat Input and Preheating on Microstructure and Mechanical Properties of Coarse Grain Heat-Affected Zone of Metal Arc Gas-Welded Pearlitic Rail Steel", *Journal of Materials Engineering and Performance*, vol. 28, no. 12, 7676-7686, 2019.
- [24]S. Khoddam, A. H. Shamdani, P. Mutton, R. Ravitharan, J. H. Beynon, & A. Kapoor, "A new test to study the cyclic hardening behaviour of a range of high strength rail materials", *Wear*, vol. 313, no. 1, 43-52, 2014.
- [25]C. Jessop, J. Ahlström, C. Persson, & Y. Zhang, "Damage evolution around white etching layer during uniaxial loading", *Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures*, vol. 43, no. 1, 201-208, 2020.
- [26]M. Aquib Anis, J. P. Srivastava, N. R. Duhan, & P. K. Sarkar, "Rolling contact fatigue and wear in rail steels: An overview", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, vol. 377, 012098, 2018.
- [27]M. Hiensch, & M. Steenbergen, "Rolling Contact Fatigue on premium rail grades: Damage function development from field data", *Wear*, vol. 394-395, 187-194, 2018.
- [28]S. R. Lewis, S. Fretwell-Smith, P. S. Goodwin, L. Smith, R. Lewis, M. Aslam, D. I. Fletcher, K. Murray, & R. Lambert, "Improving rail wear and RCF performance using laser cladding", *Wear*, vol. 366-367, 268-278, 2016.
- [29]UIC-712 R, "Rail defects", *International Union of Railways (UIC)*, UIC, Paris, Fransa, 2002.
- [30]Australian Rail Track Corporation Ltd., "Manual for non-destructive testing of rail", *ARTC*, Avustralya, 2009.
- [31]Australian Rail Track Corporation Ltd., "Some Rail Defects, their Characteristics, Causes and Control", *Rail Defects Handbook*, RC 2400, *ARTC*, Avustralya, 2006.
- [32]T. Kato, H. Kato, & T. Makino, "Effect of elevated temperature on shelling property of railway wheel steel", *Wear*, vol. 366-367, 359-367, 2016.
- [33]UIC-860 R, "Technical specification for the supply rail", *International Union of Railways (UIC)*, UIC, Paris, Fransa, 2008.
- [34]D. Benoît, B. Salima, and R. Marion, "Multiscale characterization of head check initiation on rails under rolling contact fatigue: Mechanical and microstructure analysis", *Wear*, vol. 366-367, 383-391, 2016.
- [35]A. E. L. P. R. S. Sections, "Grooved Rails for Tramways Technical Manual", *ArcelorMittal Commercial RPS*, Lüksemburg, 2018.
- [36]J. Xu, P. Wang, L. Wang, & R. Chen, "Effects of profile wear on wheel-rail contact conditions and dynamic interaction of vehicle and turnout", *Advances in mechanical Engineering*, 8(1), 1-14, 2016.
- [37]J. Ahlstrom, B. Karlsson, "Microstructural evaluation and interpretation of the mechanically and thermally affected zone under railway wheel flats", *Wear*, vol. 232, 1-14, 1999.
- [38]G. G. Knupp, W. H. Chidley, J. L. Giove, H. H. Martman, G. F. Morris, C. W. Taylor, "A Review of the Manufacture, Processing, and Use of Rail Steels in North America", *A Report of AISI Technical Subcommittee on Rails and Accessories In Rail Steels*, - Developments, Processing, and Use. *ASTM International*, 1978.
- [39]R. K. Steele, "Rail: Its behaviour and Relationship to Total System" *Wear*, 2nd Heavy Haul Railways Conf. Proc. Colorado, 115-165, 1982.
- [40]H. Muster, H. Schmedders, K. Wick, & H. Pradier, "Rail rolling contact fatigue. The performance of naturally hard and head-hardened rails in track", *Wear*, vol. 191, 54-64, 1996.
- [41]M. Tomičić-Torlaković, "Guidelines for the rail grade selection", *Metallurgija*, 53(4), 717-720, 2014.
- [42]P. J. Bolton, P. Clayton, I. J. McEwen, "Wear of Rail and Tyre Steels under Rolling/Sliding Conditions", *ASLE Transactions*, Vol. 25, No. 1, 17-24, 1982.
- [43]A. Melander, "A finite element study of short cracks with different inclusion types under rolling contact fatigue load", *International Journal of Fatigue*, 19(1), 13-24, 1997.
- [44]Y. Neishi, T. Makino, N. Matsui, H. Matsumoto, M., Higashida & H. Ambai, "Influence of the inclusion shape on the rolling contact fatigue life of carburized steels", *Metallurgical and Materials Transactions A*, 44(5), 2131-2140, 2013.
- [45]P.A. Cuervo, J. F. Santa, A. Toro. "Correlations between wear mechanisms and rail grinding operations in a commercial railroad", *Tribology International*, 82, 265-273, 2015.
- [46]D. F., Cannon, H. Pradier, "Rail rolling contact fatigue", *Research by the European Rail Research Institute*, *International Journal of Fatigue*, 10(19), 722, 1997.





# Piyasada Satılan Ticari Propolis Örneklerinin Biyoaktif Bileşenlerinin Belirlenmesi

Osman Sağdıç<sup>1</sup>, Salih Karasu<sup>2\*</sup>, Hamza Gökteş<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2063-1462)

<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0421-6103)

<sup>3</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9802-9378)

(İlk Geliş Tarihi 16 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.734204)

**ATIF/REFERENCE:** Sağdıç, O., Karasu, S. & Gökteş, H. (2020). Piyasada Satılan Ticari Propolis Örneklerinin Biyoaktif Bileşenlerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 19-31.

## Öz

Tüketicilerin gıda ve içerikleri hakkında daha bilinçli hale gelmesi, sağlık faydası olan fonksiyonel gıdaları tercih etmeleri nedeniyle gıda ürünlerinin biyoaktif bileşenlerinin incelenmesi önemli hale gelmiştir. Yapılan bilimsel çalışmalarla içerdiği biyoaktif maddeler nedeniyle birçok sağlık faydası tespit edilen propolis, tüketiciler tarafından takviye edici gıda olarak tercih edilen ürünler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. Ancak ülkemizde Helal gıda kapsamında alkol kullanılmadan farklı çözgen ekstraksiyonlarıyla üretilmiş propolis yaygın olması ve bunun yanında alkol ekstraksiyonu ile üretilmiş propolis bulunması, marketlerde satılan propolis biyoaktif özelliğinin çeşitlilik göstermesine neden olmaktadır. Bu durum standardizasyonu da engellemektedir. Bu çalışmanın amacı; ülkemizde marketlerde satılan ticari propolis örneklerinin biyoaktif bileşenlerinin belirlenmesi ve sonuçların karşılaştırmalı olarak ortaya konulmasıdır. Bu kapsamda, yerli ve yabancı markalardan toplam 14 farklı ticari propolis örneği temin edilmiştir. Farklı çözücü maddeler (alkol, su, propilen glikol vb.) içeren, damlalıklı şişe ve tek kullanımlık saşe ambalajdaki bu propolis örneklerinde toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarı ile fenolik bileşen kompozisyonu analizi yapılmıştır. Toplam fenolik madde miktarı spektrofotometrik yöntemle, fenolik bileşen kompozisyonu ve toplam flavonoid madde miktarı ise kromatografik metotla LC-MS-MS cihazında tespit edilmiştir. Toplam 43 farklı fenolik madde taraması yapılmıştır. Ürünlerin etiket üstünde beyan edilen propolis oranları farklı olduğu için toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları her birinde %50 propolis içermesi durumuna göre hesaplanmış ve karşılaştırma yapılmıştır. En yüksek toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarı su bazlı olarak beyan edilen tek kullanımlık saşe üründe tespit edilmiştir. Yine su bazlı olarak beyan edilen tek kullanımlık saşe üründe, analiz edilen 43 farklı fenolik bileşenden, 42 tanesi tespit edilerek fenolik madde çeşitliliği bakımından da en üst sırada yer almıştır. Öte yandan iki farklı su bazlı propolis örneklerinde flavonoid madde tespit edilememiştir. Tespit edilen bu farklılıkların, kullanılan çözücünün yanı sıra bu çözücüye uygun ekstraksiyon metodunun kullanılması ve kullanılan hammaddenin niteliği ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle raftaki propolis ürünlerinin tercihi sırasında örneğin içerdiği propolis oranı ve çözücü maddenin yanısıra biyoaktif madde içeriğinin de biliniyor olması gerekmektedir. Bu anlamda, tüketicilerin satın alacakları ürünlerin içerdiği biyoaktif madde miktarı bilgisine ulaşabilmesi önem taşımaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Propolis ürünleri, biyoaktif bileşen, fenolikler, flavonoid madde

## Determination of Bioactive Components of Commercial Propolis Samples Sold in the Market

### Abstract

Consumers has become more conscious about their food and ingredients and they began to prefer foods that have health benefits. Hence, examination of bioactive compounds of food products has become important. Propolis, which is a bee product known to have many health benefits due to the bioactive substances it contains, has become a very popular food supplement. However, in our

\* Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0421-6103, [skarasu@yildiz.edu.tr](mailto:skarasu@yildiz.edu.tr)

country, propolis produced with different solvent extractions without the use of alcohol within the scope of Halal food, as well as the presence of propolis produced with alcohol extraction cause the bioactive feature of propolis sold in the markets to vary. This situation also prevents standardization. In this study; it is aimed to determine the bioactive components of commercial propolis samples and show the results comparatively. A total of 14 different commercial propolis products were obtained from domestic and foreign brands. They contained different solvents (such as alcohol, water, propylene glycol) and were packaged in dropper bottles and disposable sachets. Total phenolic content, total flavonoid content and phenolic profile analysis were performed for each sample. Total phenolic content was determined by spectrophotometric method, phenolic profile and total amount of flavonoid substance were determined by chromatographic method at LC-MS-MS. A total of 43 different phenolic substance were analysed. Since the propolis content of the products declared on the labels were different, the total phenolic content and the total flavonoid content were calculated based on the fact that they contained 50% propolis. It was found that, the water based propolis product in the disposable sachet had the highest amount of the total phenolic and total flavonoid content. At the same time, 42 of the 43 phenolic components analyzed, were detected at this product hence it was ranked at the top in terms of the variety of phenolic components. On the other hand, any flavonoid component could be detected in the other two water based propolis products. These differences could be related to the extraction solvent and method and/or the quality of the raw material. For this reason, consumers need to know the propolis content and the solvent type in the product as well as the amount of bioactive components. At this point, it becomes important for the consumers to be able to access the information about the amount of the bioactive components of product they will buy.

**Keywords:** Propolis products, bioactive compounds, phenolics, flavonoids.

## 1. Giriş

Propolis; işçi arıların otsu ve odunsu bitkilerin kabuk, dal, filiz, tomurcuk, salgı maddeleri gibi çeşitli kısımlarından topladıkları reçine içeren bileşenleri, salgıladıkları enzimlerle muamele ederek biraz bal mumu ilavesiyle oluşturdukları bir arı ürünüdür (Duman, 2010).

Son yıllarda, tüketiciler gıda ve içerikleri hakkında daha bilinçli hale gelmiştir. Sağlık faydaları nedeniyle doğal ve besleyici gıdaların kullanımına büyük ilgi duyulmaktadır (Belščak ve ark., 2009). Bu nedenle, gıda ürünlerinin biyoaktif bileşenlerini incelemek çok önemli hale gelmiştir.

Propolis, antimikrobiyal, antioksidan, antiinflamatuvar, immünomodülatör, antitümör, antikanser, antiülser, hepatoprotektif, kardiyoprotektif ve nöroprotektif aktivite gibi geniş bir biyolojik ve farmakolojik özelliklere sahip bir arı ürünüdür. Propolisin bu sağlık özellikleri içerdiği polifenoller, fenolik aldehytlar, seskiterpen -kinonlar, kumarinler, amino asitler, steroidler ve inorganik bileşikler gibi bileşenlere bağlanmaktadır (Farooqui & A. Farooqui, 2012).

Propolis, 300'den fazla bileşik içeren kompleks bir kimyasal yapıya sahiptir (Ahangari ve ark., 2018). Temel olarak reçine (~%50), balmumu (~%30), esansiyel ve aromatik yağlar (~%10), polen (~%5) ve amino asit, mineral, şeker, terpenler, fenolik maddeler gibi farklı bileşenler (~%5) içermektedir (Burdock, 1998; Toreti ve ark., 2013; Huang ve ark., 2014; Bogdanov, 2017; Ahangari ve ark., 2018; Anjum ve ark., 2019). Flavonoidler, fenolik asitler, tanenler, stilbenler, kurkuminoidler, kumarinler ve kininler propolisin biyolojik etkilerine katkıda bulunan fenolik bileşiklerdir. Propoliste bulunan flavonoidler; flavonlar, flavonoller, flavanonlar, flavanonoller, kalkonlar, dihidro-kalkonlar, izoflavonlar, izodihidroflavonlar, flavanlar, izoflavanlar ve neoflavonoidler olarak sınıflandırılmaktadır. Terpenoidler ise; propolisin karakteristik reçine kokusundan sorumlu olan ve propolisin farmakolojik etkilerine katkıda bulunan uçucu maddelerdir (Uzel ve ark., 2005; Toreti ve ark., 2013; Huang ve ark., 2014; Ahangari ve ark., 2018).

Propolisin bileşimi temel olarak elde edildiği botanik kaynağa bağlıdır. Propolisin elde edildiği bitkisel kaynaklar şu şekilde sıralanabilir: *Pinus nigra*, *Populus* spp., *Xanthorrhoea* spp., *Araucaria* spp., *Baccharis* spp., *Pinus italica*, *Clusia* spp., *Delchampia* spp., *Betula* spp., *Acer* spp., *Aesculus hippocastanum*, *Acacia* spp., *Alnus* spp., *Ambrossia deltoidea*, *Cistus* spp., *Plumeria acuminata*, *Plumeria acutifolia*, *Plumeria euramericana*, *Clusia minör* (Burdock, 1998; Anonim, 2020). Öte yandan, propolisin toplandığı iklim, sezon ve bölge de propolisin kimyasal yapısına etki eden diğer parametrelerdir (Uzel ve ark., 2005). Örneğin; tropikal bölgelerdeki propolislerde lignanlar oldukça baskın iken; Avrupa, Asya ve Amerika'da caffeic acid fenetil ester (CAPE) baskın şekilde görülmektedir. 3,5-diprenil-4-hidroksisinnamik asit ve artepilin C ise Brezilya yeşil propolisinin karakteristik bileşenleridir (Cornara ve ark., 2017).

Propolis kovandan alındığı haliyle tüketilemez. İlk aşamada propolisin ham halinde bulunan balmumu ve yabancı maddelerin uzaklaştırılması ve daha sonra ekstraksiyon işlemi yapılması gerekmektedir (Galeotti ve ark., 2018). Bu aşamada, kullanılan ekstraksiyon yöntemi büyük bir önem taşımaktadır çünkü son ürünün biyoaktif bileşenlerinin miktarı ve kalitesi uygulanan ekstraksiyon metodundan doğrudan etkilenmektedir. Propolisin ekstraksiyonunda genel olarak maserasyon yöntemi kullanılmakta olup çözücü olarak ise %70'lik etanol çözeltisi kullanılmaktadır. Son zamanlarda, ultrasonik destekli ekstraksiyon, mikrodalga destekli ekstraksiyon, süperkritik ekstraksiyon gibi daha etkili ekstraksiyon yöntemleri geliştirilmiştir (Trusheva ve ark., 2007; Devequi-Nunes ve ark., 2018). Öte yandan, alkolün yarattığı olumsuz sonuçlar (son üründe yarattığı duyuşsal problemler, kozmetik ve farmasötik ürünlerde kullanımının kısıtlı olması, çocuklarda ve hamilelerde kullanılmaması) alkolsüz ekstraksiyon yöntemlerinin geliştirilmesine yol açmıştır (Kubiliene ve ark., 2015; Petkov ve ark., 2018; Bakkaloğlu & Arıcı, 2019). Bu nedenle, piyasada çözücü olarak etil alkol veya son üründe taşıyıcı olarak su, mono propilen glikol, gliserin, zeytinyağı, polietilen glikol içeren farklı propolis ürünleri görülmeye başlanmıştır. Fakat ekstraksiyonda ve/veya taşıyıcı olarak kullanılan mono propilen glikol gibi alkol türevi maddelerin de yetişkin ve çocuklarda merkezi sinir sistemi, böbrek, karaciğer, solunum ve kalp fonksiyonları üzerinde olumsuz

etkileri olduğuna dair çalışmalar bulunmaktadır (Martin & Finberg, 1970; Arulanantham & Genel, 1978; Cate & Hedrick, 1980; Glasgow ve ark., 1983; O'Donnell ve ark., 2000; Zar ve ark., 2007; Lim ve ark., 2014). Öte yandan propolisteki bioaktif bileşenlerin konvansiyonel ekstraksiyon metotları kullanıldığında yağda ve suda çözünürlüğünün çok düşük olduğu bilinmektedir (Kubiliene ve ark., 2015). Ancak son yıllarda suyun çözücü özelliği geliştirilerek uygulanan yeni ekstraksiyon metotları ile su ile ekstrakte edilen ve son üründe alkol ve türevleri içermeyen, propolis ve sudan oluşan propolis ürünleri elde edilmektedir.

Piyasada farklı çözücü/taşıyıcı içeren, farklı üretim teknolojisi ve ambalaj tipleri ile üretilen farklı formatlarda (tek kullanımlık, damlalıklı, sprey vs) propolis ürünleri bulunmaktadır. Bu kadar farklı çeşitte ürün bulunması, tüketicilerin aklında hangilerinin daha etkili olduğuna dair sorular ortaya çıkarmaktadır. Daha önce yapılan çalışmalara bakıldığında ticari ürünleri bu anlamda inceleyen çok fazla çalışma bulunmadığı ayrıca yapılan çalışmalarda bakılan fenolik madde sayısının çok kısıtlı olduğu görülmüştür. Tüm bu nedenlerden dolayı bu çalışmada; yurt içi ve yurt dışından temin edilen farklı markalardaki ticari propolis ürünlerinin biyoaktif bileşenlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu doğrultuda ürünlerin toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarlarının tespit edilmesi, 43 farklı fenolik madde analizi yapılarak fenolik bileşen kompozisyonlarının ortaya konulması ve sonuçların karşılaştırmalı olarak incelenmesi hedeflenmektedir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Propolis Örnekleri

Bu çalışmada, Kore (1 adet), Brezilya (2 adet) ve Türkiye (9 adet) olmak üzere 3 ülkeden toplam 14 adet propolis ekstraktı raflardan satın alınarak incelenmiştir. Ürünlerin etiketlerinde beyan edilen bilgiler ve ambalaj şekilleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Ticari Propolis Örneklerinin Kodları ve Özellikleri (Table 1. Code Number and Characteristic of Propolis Samples)

Ürün	Etiket Beyanı	Ambalaj Şekli
P1	Su bazlı propolis ekstresi (Alkol içermediği beyan edilmiştir.)	Damlalıklı şişe
P2	Propolis sıvı ekstraktı (farmasötik gliserin ve su içerdiği beyan edilmiştir.)	Damlalıklı şişe
P3	Alkolsüz suda çözünür propolis	Damlalıklı şişe
P4	Alkolde ekstrakte edilmiş yeşil propolis	Damlalıklı şişe
P5	Su bazlı propolis	Damlalıklı şişe
P6	Organik su bazlı propolis	Damlalıklı şişe
P7	Propolis sıvı ekstraktı (Propolisin suda çözündürülmesiyle elde edildiği beyan edilmiştir.)	Damlalıklı şişe
P8	Su bazlı propolis	Damlalıklı şişe
P9	Organik su bazlı propolis	Damlalıklı şişe
P10	Suda çözünebilir propolis (Propolisin su ve glikol çözeltisi ile ekstrakte edildiği beyan edilmiştir.)	Damlalıklı şişe
P11	Propolis damla (Propolisin su ve etanol çözeltisi ile ekstrakte edildiği beyan edilmiştir.)	Damlalıklı şişe
P12	Propolis damla (Propolisin su ve etanol çözeltisi ile ekstrakte edildiği beyan edilmiştir.)	Damlalıklı şişe
P13	Su bazlı propolis (Propolisin, Ar-Ge çalışması sonucu geliştirilen metod kullanılarak, su ile ekstrakte edildiği beyan edilmiştir)	Tek kullanımlık saşe
P14	Su bazlı propolis (Propolisin, Ar-Ge çalışması sonucu geliştirilen metod kullanılarak, su ile ekstrakte edildiği beyan edilmiştir.)	Tek kullanımlık saşe

### 2.2. Kimyasallar

Ultra saf su, Sodyum karbonat (Merck 106392), Folin Ciocalteu Reaktif (FCR) (Merck 109001), Etil alkol (Merck 100983), Formik asit (Sigma Aldrich 251364), Gallic asit (Sigma Aldrich 147915), Homogentisic asit (Sigma Aldrich 168688), Protocatechuic asit (Sigma Aldrich 37580), (+)-Catechin Hydrate (Sigma Aldrich C1251), 4-OH Benzoic asit (Sigma Aldrich 242381), Gentisic asit (Sigma Aldrich 149357), Chlorogenic asit (Sigma Aldrich C3878), Vanilic asit (Sigma Aldrich H36001), Caffeic asit (Sigma Aldrich C0625), (-) Epi-Catechin (Sigma Aldrich 855235), P-Coumaric asit (Sigma Aldrich C9008), (+/-)Taxifolin Hydrate (Sigma Aldrich T4512), Trans-Ferulic asit (Sigma Aldrich 128708), 3,4-Dimethoxy Benzaldehyde (Sigma Aldrich 143758), M-Coumaric asit (Sigma Aldrich 92649), 2-OH Cinnamic asit (Sigma Aldrich H22809), Resveratrol (Sigma Aldrich R5010), 3,4-Dimethoxy Cinnamic asit (Sigma Aldrich D133809), Cinnamic asit (Sigma Aldrich 133760), (+/-) Naringenin (Sigma Aldrich N5893), Quercetin (Sigma Aldrich Q4951), Hesperetin (Sigma Aldrich W431300), Genistein (Sigma Aldrich G6649), Kaempferol (Sigma Aldrich 60010), Apigenin (Sigma Aldrich 10798), Pinocembrin (Sigma Aldrich P5239), Chrysin (Sigma Aldrich C80105), Myricetin (Sigma Aldrich 70050), Galangin (Sigma Aldrich 48291), Syringic asit (Sigma Aldrich S6881), Rutin Hydrate (Sigma Aldrich R5143), CAPE – Caffeic acid phenethyl ester (Sigma Aldrich C8221), Isorhamnetin (Sigma Aldrich 17794), Luteolin (Sigma Aldrich L9283), Pinobanksin (Sigma Aldrich 68530), Rosmarinic acid (Sigma Aldrich R4033), Ellagic acid (Sigma Aldrich E5220), Methyl Syringat (Sigma Aldrich S409448), Epi-Gallo-Catechin (Sigma Aldrich 08108), Phenyllactic asit (Alfa Aesar L09854), Phloroglucinol (Sigma Aldrich 79330), Shikimic asit (Alfa Aesar L04848), Syringic asit (Sigma Aldrich S6881), Trans-Cinnamaldehyde Sigma Aldrich C80687), Metanol (J.T. Baker 8402), Etil Asetat (Merck 100868), NaCl (Merck 106404).

### 2.3. Toplam Fenolik Madde Miktarının Belirlenmesi

Propolis numunelerinde spektrofotometrik yöntemle toplam fenolik madde miktarı belirlenmiştir (Popova ve ark., 2007; Bayram ve ark., 2019; Aybastır, 2020). Etanol, glikol veya su fazındaki sıvı propolis ekstraktları tahmini konsantrasyon değerine seyreltme yapılarak analiz edilmiştir. Genelde başlangıç için 1:100 veya 1:50 oranında kendi fazındaki çözeltisi ile seyreltmeler yapılmıştır. Eğer seyreltme sonrası elde edilen çözelti bulanık ise 0,45 µm lik filtreden geçirildikten sonra analize alınmıştır.

Propoliste toplam fenolik maddelerin ölçümü için 25 µL çözelti alınmış ve üzerine Folin Ciocalteu çözeltisi (konsantre haliyle kullanılmıştır) ve sodyum karbonat çözeltisi (%20, w/v) ve ultra saf su eklenerek 1 saat karanlıkta oda sıcaklığında inkübasyona bırakılmıştır. Kalibrasyon grafiği için farklı konsantrasyonlarda (Blank, 200, 400, 800, 1600 ve 2000 mg GAE/L) gallic acid çözeltileri kullanılmıştır. Bir saat sonunda sonuçlar spektrofotometrede 760 nm'de kalibrasyon eğrisine karşı mg GAE/L olarak okunmuştur (GAE=Galik Asit Eşdeğeri). Sonuçlar aşağıdaki gibi seyreltme miktarına göre konsantrasyon değeri mg GAE/L cinsinden raporlanmıştır:

$$\text{Numunedeki TPC (mg GAE/L)} = \text{konsantrasyon (mg GAE/L)} \times \text{seyreltme miktarı}$$

### 2.4. Toplam Flavonoid Madde Miktarının Belirlenmesi

Kromatografik yöntemle fenolik bileşenlerin kompozisyonu tek tek belirlendikten sonra tespit edilen flavonoid maddelerin (apigenin, chrisin, galangin, genistein, hesperetin, isorhamnetin, kaempferol, luteolin, myristin, naringenin, pinobanksin, pinocembrin, quercetin, rutin, taxifolin) miktarları toplanarak toplam flavonoid madde miktarı belirlenmiştir.

### 2.5. Propolis Örneklerinin Fenolik Bileşiklerin Belirlenmesi

Propolis numunelerinin fenolik bileşenlerinin kompozisyonu kromatografik yöntemle belirlenmiştir (Escriche & Juan-Borrás, 2018). Propolis örneklerinden tahmini konsantrasyon değerine göre belirli bir hacimde veya kütlede örnek alınmıştır. LC-MS-MS için genellikle ilk seyreltme 1:1000 olacak şekilde ayarlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre seyreltme miktarı azaltılarak veya artırılarak analiz tekrar edilmiştir. Bunun için numunelerden 100 µL veya numune yoğun bir sıvı ise 0,100 g tartılarak alınmıştır. Üzerine 10 mL çözücü eklenip, ultrasonik banyoda çözülmüştür. Çözülen örnek 0,45 µm şırınga ucu filtre ile filtrelenmiştir. Filtre edilen örnekten 100 µL bir vialde alınmış, 400 µL metanol ve 500 µL USS eklenmiş ve LC-MS/MS cihazına verilmiştir.

Tüm standartlardan 2000 mg/L olacak şekilde metanolde stok standart hazırlanmıştır. Propolislerdeki fenolik bileşen seviyelerine göre, her bir fenolik bileşen için 50-1000µg/L aralığında standart serilerini içeren standart karışımları hazırlanmıştır. Standartlara ait LS-MS-MS kromatogramları Şekil 1'de verilmiştir.

Propoliste fenolik bileşen kompozisyonu Waters marka, Xevo TQD MS model LC-MS-MS cihazında yapılmıştır. CORTECS T3 Waters (1,6 µm 2,1 x 150 mm) kolon ile 30°C kolon sıcaklığında, %0,01 Asetik asit içeren ultra saf su (Mobil Faz A) ve 80:20 Asetonitril:Metanol (Mobil faz B) mobil fazları ile 0,25 µL/dk akış hızında enjeksiyon yapılmıştır. Gradient, %98 mobil faz A, %2 mobil faz B ile başlayıp, 35. dakikada %45 mobil faz A, %55 mobil faz B'ye geçilmiştir, 37. dakikaya kadar %5 mobil faz A, %95 mobil faz B olarak devam edilmiştir. Hemen sonrasında mobil fazlar başlangıç durumuna alınarak, 40. dakikada gradient sonlandırılmıştır. MS parametreleri şu şekildedir; kapileri voltaj 2kV, desolvasyon sıcaklığı 450 °C, desolvasyon akışı 850 L/Sa, Kone gaz akışı 50 L/sa, collision gaz akışı 0,17 mL/dk.





Şekil 1. Fenolik Bileşik Standartlarına Ait Kromatogramlar (Fig 1. Chromatograms of Phenolic Compound Standards)

- a) Rutin Hydrate, Rosmarinic acid, Chlorogenic acid, Myricetin, Isorhamnetin, Gallo-Catechin, Epi-Gallo-Catechin, Hesperetin,
- b) Ellagic acid, Quercetin, (+)-Catechin Hydrate, Epi-Catechin, Luteolin, Kaempferol, CAPE – Caffeic acid phenethyl ester, Pinobanksin,
- c) Naringenin, Galangin, Genistein, Apigenin, Pinocembrin, Chrysin, Resveratrol, Methyl Syringate,
- d) 3,4-Dimethoxy Cinnamic acid, Syringic acid, Quinic acid, Trans-Ferulic acid, Caffeic acid, Shikimic acid, Gallic acid, Homogentisic acid,
- e) Vanilic acid, Phenyllactic acid, m-Coumaric acid, o-Coumaric acid, p-Coumaric acid, Protocatechuic acid, 2-OH Cinnamic acid, 4-OH Benzoic acid

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

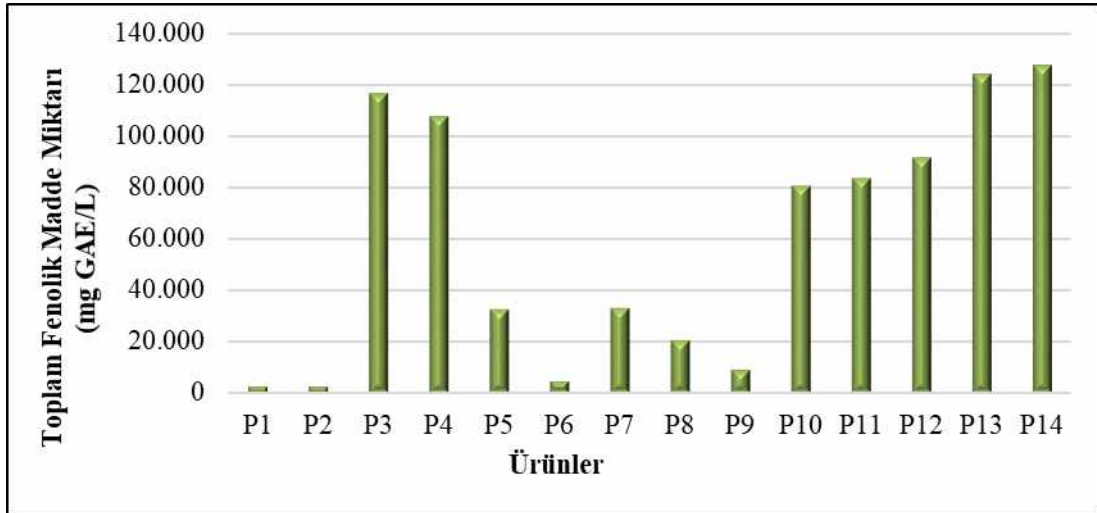
#### 3.1. Propolis Örneklerinin Toplam Fenolik ve Toplam Flavonoid Madde Miktarları

Ürünlerin toplam fenolik (Şekil 2) ve toplam flavonoid madde (Şekil 3) miktarları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Propolis Örneklerinin Toplam Fenolik (mg GAE/L) ve Toplam Flavonoid (mg/L) Madde Miktarları (Table 2. Total Phenolic (mg GAE/L) and Flavonoid Content (mg/L) of Propolis Samples)

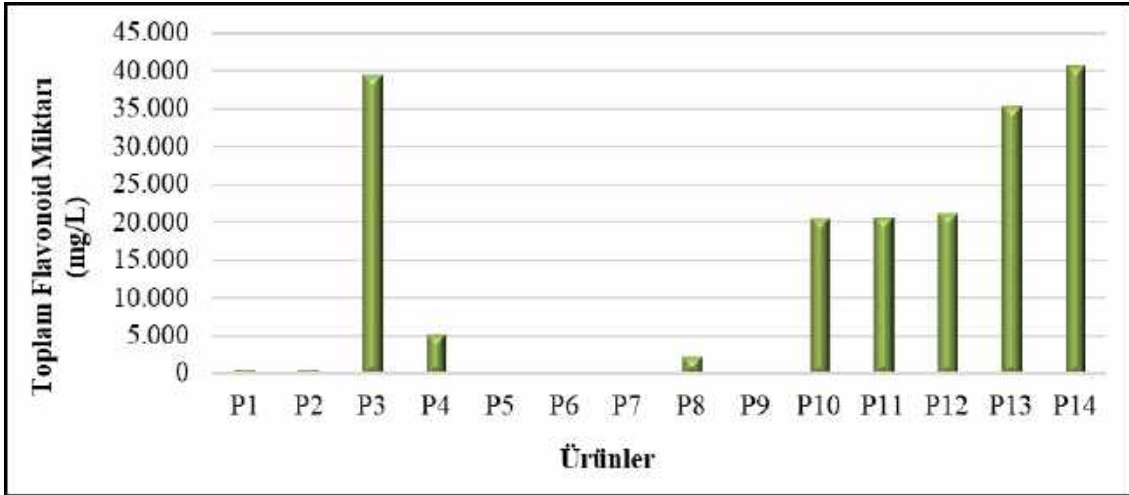
Ürün	Toplam Fenolik Madde Miktarı (mg GAE/L)*	Toplam Flavonoid Madde Miktarı (mg/L)*
P1	2431	691
P2	2575	679
P3	116360	39437
P4	107339	5355
P5	32490	343
P6	4610	-
P7	33087	104
P8	20433	2327
P9	8900	-
P10	80467	20520
P11	83715	20740
P12	91550	21173
P13	124137	35292
P14	127318	40516

\*Ürünlerin etiket üstünde beyan edilen propolis oranları farklı olduğu için toplam fenolik ve flavonoid madde miktarları her birinde %50 propolis içermesi durumuna göre hesaplanmıştır.  
-: tespit edilemedi.



Şekil 2. Propolis Örneklerinin Toplam Fenolik Madde Miktarları (Fig 2. Total Phenolic Content of Propolis Samples)

Şekil 2’de görüldüğü üzere ticari propolis ürünlerinin toplam fenolik madde miktarları farklılık göstermektedir. En yüksek toplam fenolik madde içeriği; özel metot ile su kullanılarak ekstrakte edildiği beyan edilen P14 (127318 mg GAE/L) ve P13 (124137 mg GAE/L) ’de görülürken bunları sırasıyla suda çözünür P3 örneği (116360 mg GAE/L) ve etanolde ekstrakte edilmiş yeşil propolis olarak beyan edilen P4 (107339 mg GAE/L) ürünleri takip etmektedir. En düşük toplam fenolik madde içeriği ise su bazlı P1 (2431 mg GAE/L) ve P6 (4610 mg GAE/L) ürünleri ile su ve gliserol bazlı P2 (2575 mg GAE/L) ürünlerinde tespit edilmiştir.



Şekil 3. Propolis Örneklerinin Toplam Flavonoid Madde Miktarları (Fig 3. Total Flavonoid Content of Propolis Samples)

Şekil 3'te ticari propolis ürünlerinin toplam flavonoid madde miktarları arasındaki farklılık görülebilmektedir. En yüksek toplam flavonoid madde miktarı; su bazlı tek kullanımlık saşe ürün olan P14'de (40516 mg/L) görülürken bunu sırasıyla su çözünür P3 örneği (39437 mg/L) ve su bazlı tek kullanımlık saşe ürün P13 (35292 mg/L) ürünleri takip etmektedir. Su bazlı P6 ve P9 ürünlerinde ise flavonoid madde belirlenememiştir.

### 3.2. Propolis Örneklerinin Fenolik Bileşiklerinin Kompozisyonları

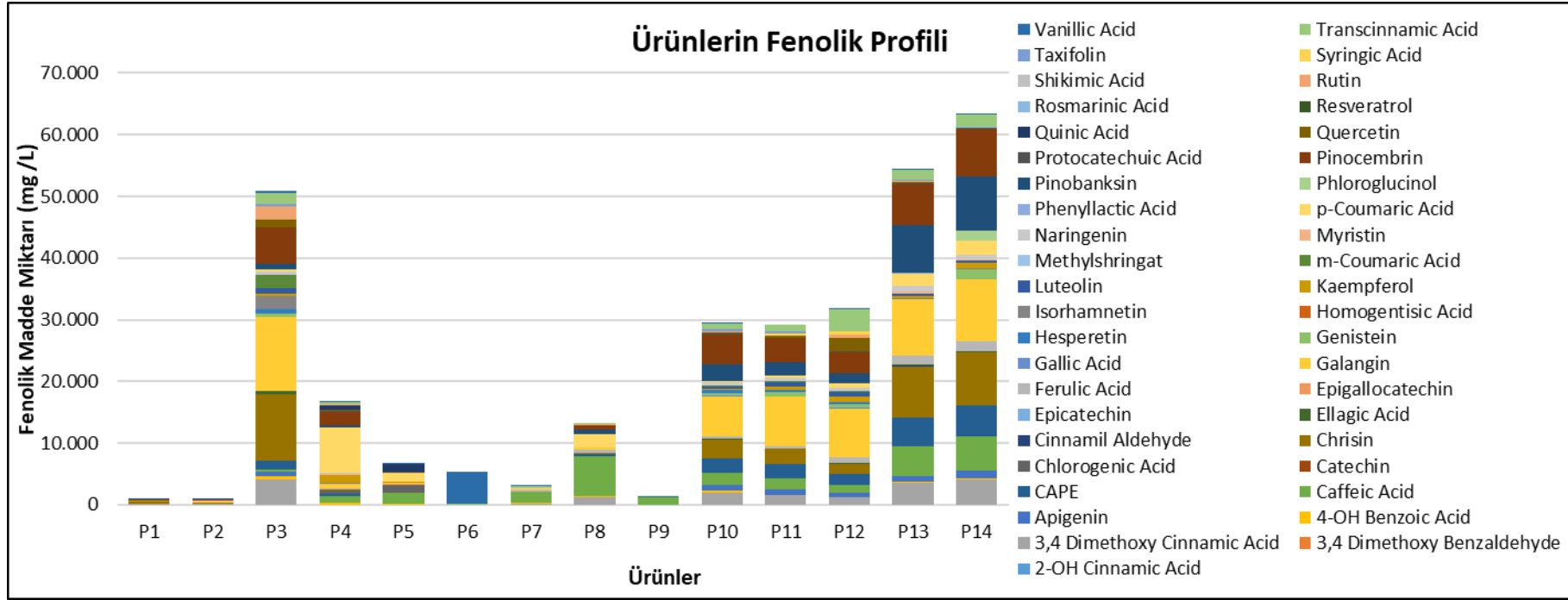
Ürünlerin ayrıntılı fenolik kompozisyonları Tablo 3 ve Şekil 4'te gösterilmektedir.

Tablo 3. Propolis Örneklerinin Fenolik Bileşiklerinin Kompozisyonu (mg/L)\* (Table 3. Composition of Phenolic Compounds of Propolis Samples (mg / L) \*)

Fenolik Bileşik	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14
<b>Flavonoidler</b>														
Apigenin	27	14	835	42	-	-	-	18	-	1023	944	737	976	1209
Chrsin	317	220	10760	119	60	-	1	304	-	3007	2427	1610	8303	8516
Galangin	130	243	11987	650	105	-	36	373	-	6420	8100	7902	9158	10038
Genistein	5	1	598	-	-	-	-	-	-	507	593	656	78	1682
Hesperetin	1	1	679	-	-	-	-	-	-	407	401	352	23	26
Isorhamnetin	-	-	2221	70	5	-	-	15	-	-	-	-	92	145
Kaempferol	4	-	215	1292	59	-	17	1	-	317	568	884	360	918
Luteolin	4	5	874	62	30	-	5	22	-	193	652	732	372	360
Myristin	12	12	-	42	2	-	28	-	-	-	-	-	295	153
Naringenin	-	2	545	305	-	-	-	82	-	527	402	477	959	748
Pinobanksin	-	33	927	244	-	-	-	723	-	2683	2075	1754	7708	8778
Pinocembrin	181	136	5986	2170	12	-	-	705	-	4813	3921	3392	6651	7822
Quercetin	4	4	1147	230	30	-	-	38	-	205	455	2105	131	48
Rutin	4	8	2164	104	34	-	18	15	-	168	-	571	135	60
Taxifolin	1	1	503	24	8	-	-	30	-	250	204	-	49	12
<b>Fenolik asitler/Diğer</b>														
2-OH Cinnamic Acid	1	1	-	2	-	-	7	-	-	-	-	-	18	10
3,4 Dimethoxy Benzaldehyde	1	1	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	10	3
3,4 Dimethoxy Cinnamic Acid	62	73	4167	4	4	-	227	1250	-	2010	1619	1196	3566	4133
4-OH Benzoic Acid	28	9	401	260	85	-	65	93	-	253	-	81	134	150
Caffeic Acid	-	-	326	1157	1868	-	1768	6474	1153	1877	1685	1158	4846	5589
Caffeic Acid Phenethyl Ester (CAPE)	11	7	1474	217	40	-	17	328	-	2403	2357	1909	4526	5054
Catechin	3	3	-	24	19	-	8	1	-	-	-	-	48	20
Chlorogenic Acid	-	-	-	575	1139	-	1	-	-	-	-	-	46	17
Cinnamaldehyde	-	-	-	-	-	-	15	-	-	-	-	-	94	22
Ellagic Acid	-	-	503	50	38	-	-	-	-	220	-	160	127	125
Epicatechin	3	3	-	25	19	-	10	-	-	-	-	-	33	-
Epigallocatechin	5	5	-	55	102	-	9	-	-	-	-	-	75	18
Ferulic Acid	3	3	-	207	91	-	163	388	-	343	489	883	1290	1561
Phenylactic Acid	17	16	-	19	-	-	4	-	-	-	-	-	96	72
Phloroglucinol	-	-	-	-	51	-	49	24	-	-	-	-	36	1518
Gallic Acid	-	-	-	2	5	-	-	2	-	92	-	30	1	5
Homogentisic Acid	-	-	-	54	50	-	1	-	-	-	-	-	31	6
Protocatechuic Acid	-	3	-	235	100	-	38	66	-	145	-	126	111	134
Quinic Acid	-	-	-	660	1167	-	15	-	-	-	-	-	78	18
Resveratrol	-	-	-	18	15	-	13	-	-	42	-	86	32	12
Rosmarinic Acid	6	6	-	56	-	-	-	-	-	-	-	-	49	54
Shikimic Acid	-	-	-	20	-	-	-	-	-	-	-	-	-	17
Syringic Acid	-	-	-	30	23	-	5	-	47	40	359	474	35	8
m-Coumaric Acid	1	1	2268	7	1	-	7	-	-	190	293	236	17	8
Methylshringat	-	-	-	14	11	-	10	-	-	-	-	-	77	33
p-Coumaric Acid	6	3	250	7315	1457	-	331	2058	-	327	502	617	1951	2247
Transcinnamic Acid	46	37	1659	212	39	220	127	177	-	853	1.126	3532	1730	1831
Vanillic Acid	27	8	433	24	20	5064	41	-	36	109	-	84	45	53
<b>Toplam flavonoid madde miktarı (mg/L)</b>	<b>691</b>	<b>679</b>	<b>39437</b>	<b>5355</b>	<b>343</b>	<b>-</b>	<b>104</b>	<b>2327</b>	<b>0</b>	<b>20520</b>	<b>20740</b>	<b>21173</b>	<b>35292</b>	<b>40516</b>
<b>Toplam fenolik madde miktarı (mg/L)</b>	<b>911</b>	<b>857</b>	<b>50916</b>	<b>16602</b>	<b>6685</b>	<b>5284</b>	<b>3033</b>	<b>13188</b>	<b>1236</b>	<b>29423</b>	<b>29169</b>	<b>31743</b>	<b>54395</b>	<b>63234</b>

\*Ürünlerin etiket üstünde beyan edilen propolis oranları farklı olduğu için toplam fenolik madde içerikleri her birinde %50 propolis içermesi durumuna göre hesaplanmıştır.

-: tespit edilemedi.



Şekil 4. Propolis Örneklerinin Fenolik Bileşen Kompozisyonları (Fig 4. Composition of Phenolic Compounds of Propolis Samples)



Su bazlı damlalık şişe ambalajdaki propolis ürünü P1 örneğinin toplam fenolik madde miktarı 2431 mg GAE/L ve toplam flavonoid miktarı 691 mg/L olarak saptanmıştır. Fenolik madde profiline bakıldığında en fazla chrisin flavonoidini içerdiği (317 mg/L) görülmektedir; isorhamnetin, naringenin, pinobanksin, caffeic acid, chlorogenic acid, cinnamaldehyde, ellagic acid, phloroglucinol, gallic acid, homogentisic acid, protocatechuic acid, quinic acid, resveratrol, shikimic acid, syringic acid ve methylshringat tespit edilememiştir.

Su bazlı damlalık şişe ambalajdaki propolis ürünü P2 örneğinin; toplam fenolik madde miktarı 2575 mg GAE/L ve toplam flavonoid miktarı 679 mg/L olarak saptanmıştır. Fenolik profiline bakıldığında en fazla galangin (243 mg/L) ve chrisin (220 mg/L) içerdiği görülmektedir. Öte yandan P1 örneğine benzer şekilde isorhamnetin, kaempferol, caffeic acid, chlorogenic acid, cinnamaldehyde, ellagic acid, phloroglucinol, gallic acid, homogentisic acid, quinic acid, resveratrol, shikimic acid, syringic acid, methylshringat tespit edilememiştir.

Yüksek fenolik madde içeriğine sahip ürünlerden biri olan alkolsüz suda çözünür damlalık şişe ambalajdaki P3 örneğinin analiz sonuçlarına bakıldığında; toplam fenolik madde miktarı 116360 mg GAE/L, toplam flavonoid madde miktarı 39437 mg/L olarak saptanmıştır. Fenolik madde profili incelendiğinde; yüksek oranda galangin (11987 mg/L), chrisin (10760 mg/L), pinocembrin (5986 mg/L) içerdiği ve bunları 3,4 dimethoxy cinnamic acid (4167 mg/L), m-coumaric acid (2268 mg/L), isorhamnetin (2221 mg/L), rutin (2164 mg/L), transcinnamic acid (1659 mg/L), CAPE (1474 mg/L) ve quercetin (1147 mg/L)'in izlediği görülmektedir. Myristin, 2-OH cinnamic acid, 3,4 dimethoxy benzaldehyde, catechin, chlorogenic acid, cinnamaldehyde, epicatechin, epigallocatechin, ferulic acid, phenyllactic acid, phloroglucinol, gallic acid, homogentisic acid, protocatechuic acid, quinic acid, resveratrol, rosmarinic acid, shikimic acid, syringic acid, methylshringat belirlenmemiştir.

Etanolde ekstrakte edilmiş yeşil propolis olarak beyan edilen damlalık şişe ambalajdaki P4 örneğinin; toplam fenolik madde miktarı 107339 mg GAE/L, toplam flavonoid miktarı 5355 mg/L olarak belirlenmiştir. Fenolik madde profiline bakıldığında; p-coumaric acid (7315 mg/L), pinocembrin (2170 mg/L), kaempferol (1292 mg/L) ve caffeic acid (1157 mg/L) yüksek oranda içerdiği fenolik maddelerdir. Bununla birlikte genistein, hesperetin, cinnamaldehyde ve phloroglucinol tespit edilememiştir.

Su bazlı damlalık şişedeki propolis örneği P5'te; toplam fenolik madde miktarı 32490 mg GAE/L, toplam flavonoid miktarı 343 mg/L olarak saptanmıştır. Yüksek oranda içerdiği fenolik maddeler; caffeic acid (1868 mg/L), p-coumaric acid (1457 mg/L), quinic acid (1167 mg/L) ve chlorogenic acid (1139 mg/L)'dir. Apigenin, genistein, hesperetin, naringenin, pinobanksin, 2-OH cinnamic acid, 3,4 dimethoxy benzaldehyde, cinnamaldehyde, phenyllactic acid, rosmarinic acid, shikimic acid ise belirlenmemiştir.

Organik su bazlı propolis olarak beyan edilen damlalık şişe ambalajdaki P6 örneğinin analiz sonuçları; toplam fenolik madde miktarı 4610 mg GAE/L olarak belirlenmiş, ancak flavonoid madde tespit edilememiştir. Üründe, analiz edilen fenolik maddeler arasından sadece vanillic acid (5064 mg/L) ve transcinnamic acid (220 mg/L) saptanmıştır.

Suda ekstrakte edildiği beyan edilen damlalık şişe ambalajdaki propolis örneği P7'de toplam fenolik madde miktarı 33087 mg GAE/L, toplam flavonoid miktarı 104 mg/L olarak belirlenmiştir. Yüksek oranda içerdiği fenolik madde ise; caffeic acid (1768 mg/L)'dir. Apigenin, genistein, hesperetin, isorhamnetin, naringenin, pinobanksin, pinocembrin, quercetin ve taxifolin flavonoidleri ile 3,4 dimethoxy benzaldehyde, ellagic acid, gallic acid, rosmarinic acid, shikimic acid gibi fenolik maddeler tespit edilememiştir.

Su bazlı damlalık şişe içerisindeki P8 örneğinde; toplam fenolik madde miktarı 20433 mg GAE/L, toplam flavonoid miktarı 2327 mg/L olarak tespit edilmiştir. Caffeic acid (6474 mg/L), p-coumaric acid (2058 mg/L) ve 3,4 dimethoxy cinnamic acid (1250 mg/L) yüksek oranda içerdiği fenolik maddelerdir. Genistein, hesperetin, myristin, 2-OH cinnamic acid, 3,4 dimethoxy benzaldehyde, chlorogenic acid, cinnamaldehyde, ellagic acid, epicatechin, epigallocatechin, phenyllactic acid, homogentisic acid, quinic acid, resveratrol, rosmarinic acid, shikimic acid, syringic acid, m-coumaric acid, methylshringat ise tespit edilememiştir.

Organik su bazlı damlalık şişedeki P9 örneğinde toplam fenolik madde miktarı 8900 mg GAE/L olarak belirlenmiştir. Toplam flavonoid miktarına bakıldığında ise; analiz edilen flavonoid maddelerden hiçbirinin saptanamadığı görülmektedir. Bu anlamda organik su bazlı P6 ürününe benzerlik göstermektedir. Tespit edilebilen fenolik maddeler caffeic acid (1153 mg/L), syringic acid (47 mg/L) ve vanillic acid (36 mg/L)'dir.

Su ve glikol ile ekstrakte edildiği beyan edilen damlalık şişedeki P10 örneğinde toplam fenolik madde miktarı 80467 mg GAE/L, toplam flavonoid miktarı 20520 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yüksek miktarda içerdiği fenolik maddeler; galangin (6420 mg/L), pinocembrin (4813 mg/L), chrisin (3007 mg/L), pinobanksin (2683 mg/L), CAPE (2403 mg/L), 3,4 dimethoxy cinnamic acid (2010 mg/L), caffeic acid (1877 mg/L), apigenin (1023 mg/L)'dir. Öte yandan isorhamnetin, myristin, 2-OH cinnamic acid, 3,4 dimethoxy benzaldehyde, catechin, chlorogenic acid, cinnamaldehyde, epicatechin, epigallocatechin, phenyllactic acid, phloroglucinol, homogentisic acid, quinic acid, rosmarinic acid, shikimic acid ve methylshringat saptanmamıştır.

Su ve etanol ile ekstrakte edildiği beyan edilen damlalık şişedeki P11 örneğinde toplam fenolik madde miktarı 83715 mg GAE/L, toplam flavonoid miktarı 20740 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yüksek oranda içerdiği fenolik maddeler; galangin (8100 mg/L), pinocembrin (3921 mg/L), CAPE (2357 mg/L), chrisin (2427 mg/L), pinobanksin (2075 mg/L), caffeic acid (1685 mg/L), 3,4 dimethoxy cinnamic acid (1619 mg/L), transcinnamic acid (1126 mg/L)'dir. Isorhamnetin, myristin, taxifolin, 2-OH cinnamic acid,

3,4 dimethoxy benzaldehyde, 4-OH benzoic acid, catechin, chlorogenic acid, cinnamaldehyde, ellagic acid, epicatechin, epigallocatechin, phenyllactic acid, phloroglucinol, gallic acid, homogentisic acid, protocatechuic acid, quinic acid, resveratrol, rosmarinic acid, shikimic acid, methylshringat ve vanillic acid tespit edilememiştir.

Su ve etanol ile ekstrakte edildiği beyan edilen damlalık şişedeki P12 örneğinde toplam fenolik madde miktarı 91550 mg GAE/L, toplam flavonoid miktarı 21173 mg/L olarak belirlenmiştir. Galangin (7902 mg/L), transcinnamic acid (3532 mg/L), pinocembrin (3392 mg/L), quercetin (2105 mg/L), CAPE (1909 mg/L), pinobanksin (1754 mg/L), chrisin (1610 mg/L), 3,4 dimethoxy cinnamic acid (1196 mg/L), caffeic acid (1158 mg/L) yüksek oranda içerdiği fenolik maddelerdir. P11 örneğine benzer şekilde; isorhamnetin, myristin, taxifolin, 2-OH cinnamic acid, 3,4 dimethoxy benzaldehyde, catechin, chlorogenic acid, cinnamaldehyde, epicatechin, epigallocatechin, phenyllactic acid, phloroglucinol, homogentisic acid, quinic acid, rosmarinic acid, shikimic acid ve methylshringat tespit edilememiştir.

Özel metot ile su kullanılarak ekstrakte edildiği beyan edilen tek kullanımlık saşe ambalajdaki P13 örneğinin toplam fenolik madde miktarı 124137 mg GAE/L, toplam flavonoid miktarı 35292 mg/L olarak tespit edilmiştir. Yüksek oranda içerdiği fenolik maddeler; galangin (9158 mg/L), chrisin (8303 mg/L), pinobanksin (7708 mg/L), pinocembrin (6651 mg/L), caffeic acid (4846 mg/L), CAPE (4526 mg/L), 3,4 dimethoxy cinnamic acid (3566 mg/L), p-coumaric acid (1951 mg/L), transcinnamic acid (1730 mg/L) ve ferulic acid (1290 mg/L)'dir. Analiz edilen fenolik maddelerden sadece shikimic acid tespit edilememiştir.

Özel metot ile su kullanılarak ekstrakte edildiği beyan edilen tek kullanımlık saşe ambalajdaki P14 örneğinin toplam fenolik madde miktarı 127318 mg GAE/L, toplam flavonoid miktarı 40516 mg/L olarak tespit edilmiştir. P13 örneğine benzer şekilde yüksek oranda içerdiği fenolik maddeler; galangin (10038 mg/L), pinobanksin (8778 mg/L), chrisin (8516 mg/L), pinocembrin (7822 mg/L), caffeic acid (5589 mg/L), CAPE (5054 mg/L), 3,4 dimethoxy cinnamic acid (4133 mg/L), p-coumaric acid (2247 mg/L), transcinnamic acid (1831 mg/L), genistein (1682 mg/L), ferulic acid (1561 mg/L), phloroglucinol (1518 mg/L), apigenin (1209 mg/L)'dir. Analiz edilen fenolik maddelerden sadece epicatechin tespit edilememiştir.

Veriler genel olarak değerlendirildiğinde; en yüksek fenolik madde içeriğine sahip P14 ve P13 ürünlerinde fenolik madde çeşitliliğinin de fazla olduğu görülmektedir. P13 örneğinde shikimic acid dışındaki, P14 örneğinde pinobanksin, pinocembrin, caffeic acid, CAPE, ferulic acid, p-coumaric acid (Ristivojevic ve ark., 2015) ile 3,4 dimethoxy cinnamic acid ve transcinnamic acid gibi diğer fenolik maddeler her iki üründe de yüksek oranda tespit edilmiştir. Propolis ekstraksiyonunda en çok tercih edilen çözücü olan etanol bazlı P11 ve P12 örneklerinde ise birçok fenolik madde tespit edilememiştir. Bu durum kullanılan hammaddenin özelliğinden veya ekstraksiyon yönteminden kaynaklanabilir. P3, P10, P11 ve P12 örneklerinde, P13 ve P14 örneklerine benzer şekilde poplar propolisinin karakteristik bileşenleri (galangin, chrisin, pinobanksin, pinocembrin, caffeic acid, CAPE) nispeten yüksek oranda tespit edilmiştir. Su bazlı P6 ve P9 ürünlerinin ise fenolik madde çeşitliliği açısından çok fakir olduğu görülmektedir. P6 örneğinde sadece transcinnamic acid ve vanillic acid tespit edilirken, P9'da caffeic acid, syringic acid ve vanillic acid belirlenmiştir. Bununla birlikte ikisinde de flavonoid madde tespit edilememiştir. Sadece birkaç fenolik asit ekstrakte edilebilmesi ve flavonoid madde tespit edilememesi, kullanılan sulu ekstraksiyon yönteminin etkili olmamasından kaynaklanabilir. Toplam fenolik madde içeriği yüksek ürünlerden biri olan su bazlı P3 örneğinde ise çoğunlukla flavonoidler bulunurken birçok fenolik asitin ve flavanollerin bulunmadığı görülmektedir. Literatüre bakıldığında; flavonoidlerin genel olarak suda çözündüğü belirtilmektedir (Hazer ve ark., 2017). Öte yandan çözünebilir fenolik asitlerin genellikle metanol, aseton, su veya bunların belli oranlarda ve sıcaklıklardaki karışımlarından oluşan çözücüler ile bağlı fenolik asitlerin ise asit, alkali veya hem asit hem alkali hidrolizine tabi tutularak ekstrakte edilebildiği belirtilmektedir (Tuncel & Yılmaz, 2010). Bu nedenle P3 örneğindeki bu durum kullanılan ekstraksiyon yöntemine bağlı olarak su ile bazı fenolik maddelerin ekstrakte edilemediğine bağlanabilir. Toplam fenolik madde içerikleri düşük olan su bazlı P1, P2, P5 ve P7 örneklerinde aynı şekilde flavonoid miktarlarının düşük ve fenolik madde çeşitliliğinin az olduğu görülmektedir. Bu durum hammadde ve ekstraksiyon metodu kaynaklı olabilir.

Yapılan bir çalışmada piyasadaki etanolik propolis ekstraktları temin edilerek flavonoid miktarları ve antimikrobiyal aktiviteleri saptanmıştır. 10 numunede yapılan çalışmada toplam flavonoid madde miktarı bizim çalışmamızdaki sonuçlara benzer şekilde farklılık göstermektedir. Ürün etiketlerinde beyan edilen propolis miktarları %7 ile %25 arasında değişmekle birlikte toplam flavonoid madde miktarlarına bakıldığında en düşük toplam flavonoid değeri %0.78 (%10 propolis içeren ürün); en yüksek toplam flavonoid değeri ise %18.92 (%25 propolis içeren ürün) şeklinde tespit edilmiştir (Kosalec ve ark., 2005). Başka bir çalışmada; 100 mL suda 10 g propolis ve 100 mL %70'lik etanolde 10 g propolis 5 saat oda sıcaklığında çalkalanarak ekstrakte edilmiş ve toplam fenolik madde miktarları tespit edilmiştir. Su ile ekstraksiyon sonucu elde edilen numunede 1.6±0.4 mg GAE/ml; %70'lik etanol ile ekstraksiyon sonucu elde edilen numunede 12.7±1.2 mg GAE/mL toplam fenolik madde saptanmıştır (Kubiliene ve ark., 2015). Sonuçlar %50 propolis içermesi durumuna göre hesaplandığında suda ekstrakte edilen ürünün toplam fenolik madde miktarı (8000 mg GAE/L) su bazlı P9 örneğinin toplam fenolik madde miktarına (8900 mg GAE/L) yakın olduğu fakat su bazlı P3, P5, P7, P13 ve P14 örneklerinden oldukça düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca su bazlı P6 ve P9 örnekleri dışında çalışmamızda incelenen tüm su bazlı propolislerde görülen galangin flavonoidi bu çalışmada su ile ekstrakte edilen numunede tespit edilememiştir. Yine %50 propolis içermesi durumuna göre hesaplandığında; %70'lik etanol ile ekstraksiyon sonucu elde edilen numunedeki toplam fenolik madde miktarının (63500 mg GAE/L) alkol bazlı P4, P11 ve P12 örneklerinden düşük olduğu görülmektedir. Bu durum kullanılan hammadde kaynaklı veya ekstraksiyon yöntemi ve koşulları ile ilgili olabilir. Diğer bir çalışmada farklı çözücülerde (su, etanol, propilen glikol) farklı oranlarda (%2.5, %5 ve %10) propolisler kullanılarak farklı süre ve sıcaklıklarda ekstrakte edilen propolislerin toplam fenolik madde miktarları belirlenmiştir. Sonuç olarak en yüksek toplam fenolik madde; %10 propolis ile yapılan ekstraksiyonlarda elde edilmiştir. Çözücü olarak en etkilisinin etanol (171.4±2.54 FAE mg/g) sonrasında ise propilen glikol (115.4±2.20 FAE mg/g) olduğu

görülmüş; su ile ekstraksiyonda ise çok düşük etken madde geçişi ( $19.6 \pm 0.93$  FAE mg/g) olduğu tespit edilmiştir. Çözücü olarak propilen glikol kullanılması durumunda karıştırma süresi ve sıcaklığının fenolik maddelerin ekstraksiyonunda etkili olduğu; optimum sıcaklığın  $60^\circ\text{C}$ , sürenin ise 2 saat olduğu görülmüştür (Ramanuskien ve ark., 2013). Bu çalışmaya benzer başka bir çalışmada propolis numuneleri su, farklı oranlarda etanol:su (%25, %50, %75, %90) çözeltileri ve etanol ile ultrasonik yöntemle ekstrakte edilmiş ve sonrasında numunelerde toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarları tespit edilmiştir. Sonuçlara bakıldığında en düşük fenolik ve flavonoid madde miktarı su ile ekstrakte edilen numunelerde (sırasıyla  $6.68 \pm 0.01$  mg GAE/g ve  $4.07 \pm 0.01$  mg RE/g) görülürken en yüksek fenolik ve flavonoid madde miktarı %75 etanol:su çözeltisi ile ekstrakte edilen numunelerde (sırasıyla  $164.20 \pm 0.07$  mg GAE/g ve  $282.83 \pm 0.26$  mg RE/g) tespit edilmiştir (Sun ve ark., 2015). Bizim çalışmamıza baktığımızda bazı su bazlı örneklerde çok düşük miktarda fenolik madde tespit edilirken bazılarında (P13 ve P14) ise alkol bazlı örneklerden daha yüksek oranda fenolik madde tespit edildiği görülmüştür.

## 4. Sonuç

Ticari propolis örnekleri incelendiğinde farklı oranlarda propolis içerdiği ve içeriklerinde alkol, su veya propilen glikol gibi alkol türevi maddelerin beyan edildiği görülmektedir. Ambalaj türü olarak damlalıklı şişe ve tek kullanımlık saşe kullanılmaktadır.

Piyasadan temin edilen örneklerde toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarları ile fenolik bileşen kompozisyonları tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde ticari propolis ürünlerinin biyoaktif madde miktarları ve çeşitliliği arasında farklılıklar olduğu açıkça görülmektedir. Daha önce yapılan çalışmalar incelendiğinde; konvansiyonel ekstraksiyon yöntemleri kullanılarak elde edilen su bazlı örneklerde biyoaktif madde içeriğinin alkol bazlı örneklere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun aksine, bizim çalışmamızda en yüksek toplam fenolik ve toplam flavonoid madde miktarı ile fenolik bileşen kompozisyonu özel metot ile su kullanılarak ekstrakte edilmiş tek kullanımlık saşe üründe tespit edilmiştir. Öte yandan su bazlı olarak beyan edilen bazı ürünlerde hem fenolik madde miktarının düşük hem de kompozisyonunun sınırlı olduğu görülmektedir. Tespit edilen bu farklılıkların kullanılan ekstraksiyon metodu ve hammaddenin niteliği ile ilgili olduğu düşünülmektedir.

Piyasadaki propolis örneklerinin içerdiği propolis oranı ve Helal gıda kapsamında çözücü madde türü tüketiciler için tercih sebebi olmaktadır. Fakat çalışma sonuçlarından da görüldüğü üzere propolis örneklerinde biyoaktif madde içeriği çözücüye göre kesin bir şekilde belirlenememektedir. Burada önemli olan kullanılan çözücüye uygun ekstraksiyon yönteminin ve kaliteli hammaddenin kullanılmasıdır. Bu anlamda, tüketicilerin satın alacakları ürünlerin içerdiği biyoaktif madde miktarı bilgisine ulaşabilmesi önem taşımaktadır.

## Kaynakça

- Ahangari, Z., Naseri, M., & Vatandoost, F. (2018). Propolis: chemical composition and its applications in endodontics. *Iranian Endodontic Journal*, 13(3), 285-292.
- Anjum, S.I., Ullah, A., Khan, K.A., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., Bashir, M.A., Tahir, M., Ansari, M.J., Ghramh, H.A., Adgaba, N., & Dash, C.K. (2018). Composition and functional properties of propolis (bee glue): a review. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 26(7), 1695-1703.
- Anonim. <http://www.tab.org.tr/propolis> Erişim tarihi: 13.04.2020
- Arulanantham, K., & Genel, M. (1978). Central nervous system toxicity associated with ingestion of propylene glycol. *Journal of Pediatrics*, 93(3), 515-516.
- Aybastier, Ö. (2020). Farklı formlardaki *ginkgo biloba*'nın antioksidan özelliklerinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 206-212.
- Bakkaloğlu, Z., & Arıcı, M. (2019). Farklı çözücülerle propolis ekstraksiyonunun toplam fenolik içeriği, antioksidan kapasite ve antimikrobiyal aktivite üzerine etkileri. *Akademik Gıda*, 17(4), 538-545.
- Bayram, Y., Torlak, Y., & Sağdıç, O. (2019). Üvez meyvesinin antioksidan aktivitesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 16, 933-939.
- Belščak, A., Komes, D., Horžić, D., Ganić, K.K., & Karlović, D. (2009). Comparative study of commercially available cocoa products in terms of their bioactive composition. *Food Research International*, 42, 707-716.
- Bogdanov, S. (2017). Propolis: origin, production, composition. *The Propolis Book*, Chapter 1. Online: <http://www.bee-hexagon.net> Erişim Tarihi 12.04.2020.
- Burdock, G.A. (1998). Review of the biological properties and toxicity of bee propolis (propolis). *Food and Chemical Toxicology*, 36(4), 347-363.
- Cate, J.C., & Hedrick, R. (1980). Propylene glycol intoxication and lactic acidosis. *New England Journal of Medicine*, 303, 1237.
- Cornara, L., Biagi, M., Xiao, J., & Burlando, B. (2017). Therapeutic properties of bioactive compounds from different honeybee products. *Frontiers Pharmacology*, 8, Article 412.
- Devequi-Nunes, D., Machado, B.A., Barreto, G.D., Silva, J.R., Silva, D.F., Rocha, J.L., Brandão, H.N., Borges, V.M., & Umsza-Guez, M.A. (2018). Chemical characterization and biological activity of six different extracts of propolis through conventional methods and supercritical extraction. *PloS One*, 13(12), e0207676.
- Duman, S. (2010). Çanakkale (Türkiye) ilinde toplanan propolis örneklerinin antimikrobiyal aktiviteleri üzerine çalışmalar. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Escrive, I., & Juan-Borrás, M. (2018). Standardizing the analysis of phenolic profile in propolis. *Food Research International*, 106, 834-841.



- Farooqui, T., & Farooqui, A. (2012). Beneficial effects of propolis on human health and neurological diseases. *Frontiers in Bioscience (Elite edition)*, 4, 779-793.
- Galeotti, F., Maccari, F., Fachini, A., & Volpi, N. (2018). Chemical composition and antioxidant activity of propolis prepared in different forms and in different solvents useful for finished products. *Foods*, 7 (41), 1-10.
- Glascow, A.M., Boeckx, R.L., Miller, M.K., MacDonald, M.G., August, G.P., & Goodman, S.I. (1983). Hyperosmolality in small infants due to propylene glycol. *Pediatrics*, 72, 353-355.
- Hazer, Y., Çölgeçen, H., & Uyar, G. (2017). Briyofitlerden elde edilen fenolik bileşikler. *Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi*, 7(1), 333-340.
- Huang, S., Zhang, C., Wang, K., Li, G., & Hu, F. (2014). Recent advances in the chemical composition of propolis. *Molecules*, 19, 19610-19632.
- Kosalec, I., Pepeljnjak, S., Bakmaz, M., & Vladimir-Knežević, S. (2005). Flavonoid analysis and antimicrobial activity of commercially available propolis products. *Acta Pharm.*, 55(4), 423-430.
- Kubilienė, L., Laugaliene, V., Pavilonis, A., Maruška, A., Majiene, D., Barcauskaitė, K., Kubilius, R., Kasparavičienė, G., & Savickas, A. (2015). Alternative preparation of propolis extracts: comparison of their composition and biological activities. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 15 (156), 1-7.
- Lim, T.Y., Poole, R.L., & Pageler, N.M. (2014). Propylene glycol toxicity in children. *Journal of Pediatric Pharmacology and Therapeutics*, 19(4), 277-282.
- Martin, G., & Finberg, L. (1970). Propylene glycol: a potentially toxic vehicle in liquid dosage form. *Journal of Pediatrics*, 77(5), 877-878.
- O'Donnell, J., Mertl, S.L., & Kelly, W.N. (2000). Propylene glycol toxicity in a pediatric patient: the dangers of diluents. *Journal of Pharmacy Practice*, 13(3), 214-224.
- Petkov, H.H., Trusheva, B., Popova, M., & Bankova, V. (2018). Application of natural deep eutectic solvents for green extraction of bioactive compounds from poplar propolis: a preliminary study. *Journal of Apitherapy and Nature*, 1(3), 76-76.
- Popova, M.P., Bankova, V.S., Bogdanov, S., Tsvetkova, I., Naydenski, C., Marcuzzan, G.L., & Sabatini, A. (2011). Chemical characteristics of poplar type propolis of different geographic origin. *Apidologie*, 38, 306-311.
- Ramanauskienė, K., Inkenienė, A., Petrikaite, V., & Briedis, V. (2013). Total phenolic content and antimicrobial activity of different lithuanian propolis solutions. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Article ID 842985.
- Ristivojevic, P., Trifkovic, J., Andrić, F., & Milojković-Opsenica, D. (2015). Poplar-type propolis: Chemical composition, botanical origin and biological activity. *Natural Product Communications*, 10(11), 1869-1876.
- Sun, C., Wu, Z., Wang, Z., & Zhang, H. (2015). Effect of ethanol/water solvents on phenolic profiles and antioxidant properties of beijing propolis extracts. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, Article ID 595393.
- Toreti, V.C., Sato, H.H., Pastore, G.M., & Park, Y.K. (2013). Recent progress of propolis for its biological and chemical compositions and its botanical origin. *Evidence-based Complementary and Alternative Medicine*, 2013, 107-118.
- Trusheva, B., Trunkova, D., & Bankova, V. (2007). Different extraction methods of biologically active components from propolis: a preliminary study. *Chemistry Central Journal*, 1(13), 1-4.
- Tuncel, N.B., & Yılmaz, N. (2010). Kaz Dağları'ndan toplanan bazı bitkilerin fenolik asit kompozisyonlarının yüksek performanslı sıvı kromatografisi ile belirlenmesi. *Akademik Gıda*, 8(3), 18-23.
- Uzel, A., Sorkun, K., Onçağ, O., Çoğulu, D., Gençay, O., & Salih, B. (2005). Chemical compositions and antimicrobial activities of four different Anatolian propolis samples. *Microbiological Research*, 160(2), 189-95.
- Zar, T., Graeber, C., & Perazellat, M.A. (2007). Recognition, treatment and prevention of propylene glycol toxicity. *Seminar in Dialysis*, 20(3), 217-219.



# Ekşi Hamur Fermentasyonu ile Üretilmiş Kek Hamurunun Laktik Asit Bakterileri Çeşitliliği

Merve Kahraman<sup>1,2\*</sup>, Muhammet Arıcı<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Şölen Çikolata Gıda San. ve Tic. A.Ş., İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3699-4524)

<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya - Metalürji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4126-200X)

(İlk Geliş Tarihi 15 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.732009)

**ATIF/REFERENCE:** Kahraman, M., & Arıcı, M. (2020). Ekşi Hamur Fermentasyonu ile Üretilmiş Kek Hamurunun Laktik Asit Bakterileri Çeşitliliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 32-42.

## Öz

Bu çalışmada Tip I ekşi hamur ile üretilmiş kek hamurunun laktik asit bakteri (LAB) çeşitliliği belirlenmiş ve izole edilen LAB türlerinin teknolojik özellikleri incelenmiştir. Bu amaçla, 1:1 oranında un ve su karıştırılarak 25-27 °C' de, %80-90 bağıl nemde 24 saat fermentasyona bırakılmıştır. Ekşi hamurun sahip olduğu özellikleri elde edebilmek için fermente hamur tekrar beslenerek fermentasyona bırakılmıştır. %10, %15 ve %20 oranlarında tip I ekşi hamur içeren 3 farklı kek formülasyonu oluşturulmuştur. Tip I ekşi hamur ve formülasyonda yer alan diğer bileşenler karıştırılarak elde edilen hamurlar 30-35°C' de, %80-90 bağıl nemde 4-6 saat fermentasyona bırakılmıştır. Elde edilen kek hamurlarından 18 laktik asit bakterisi türü izole edilmiştir. 16S Ribozomal RNA (rRNA) Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR-PCR) ile tür tanımlaması yapılmış ve *Leuconostoc*, *Pediococcus* ve *Lactobacillus* cinslerine ait türler tanımlanmıştır. Tanımlanan LAB türlerinin asit üretim yeteneği, farklı pH değerlerinde gelişme, farklı tuz konsantrasyonlarında gelişme ve *Escherichia coli*, *Salmonella* Typhimurium, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*'a karşı antibakteriyel aktivitesi belirlenmiştir. İzole edilen LAB türlerinin 24 saat sonunda 0,459-1,089 g/100 mL; 48 saat sonunda 0,585-1,890 g/100 mL laktik asit ürettiği belirlenmiştir. Farklı pH değerlerinde gelişme yetenekleri incelenen LAB izolatlarının pH 2'de zayıf gelişme gösterdiği ve *Pediococcus* cinsi örneklerden bazılarının gelişme göstermediği; pH 9,6'da bir tane *Pediococcus* cinsi bakteri hariç diğer LAB türlerinin iyi gelişme gösterdiği tespit edilmiştir. LAB izolatları %9 tuz konsantrasyonunda en zayıf gelişmeyi gösterirken; %6 tuz konsantrasyonunda en iyi gelişmeyi *Pediococcus* cinsi örnekler göstermiştir. LAB izolatları en çok *Salmonella* Typhimurium'a karşı antibakteriyel etki göstermiştir. En büyük zon çapı 9 mm ile *Salmonella* Typhimurium'a karşı oluşturulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ekşi hamur, kek, laktik asit bakterileri

## Biodiversity of Lactic Acid Bacteria in Cake Dough Produced by Sourdough Fermentation

### Abstract

In this study, the lactic acid bacteria (LAB) variety of cake dough produced with Type I sourdough was determined and the technological properties of the isolated LAB species were investigated. For this purpose, flour and water were mixed in a 1: 1 ratio and fermented at 25-27°C with 80-90% relative humidity for 24 hours. In order to obtain the properties of sourdough, the dough was fed again and left for fermentation. Three different cake formulations were prepared, containing 10%, 15% and 20% of type I sourdough. The dough obtained by mixing type I sourdough and the other ingredients in the formulation were left to fermentation at 30-35°C, 80-90% relative humidity for 4-6 hours. 18 lactic acid bacteria types are isolated from the cake doughs. Species identification was made with 16S Ribosomal RNA (rRNA) Polymerase Chain Reaction (PCR) and *Leuconostoc*, *Pediococcus*, *Bacillus* and *Lactobacillus* strains were identified. Acid production ability of LAB species, development at different pH values, development at different salt concentrations and antibacterial activity against *Escherichia coli*, *Salmonella* Typhimurium, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus* were determined. It was determined that the isolated LAB species produced 0.459-1.089 g/100 mL and

\* Sorumlu Yazar: Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya -Metalürji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-3699-4524, [merve.kahraman@solen.com.tr](mailto:merve.kahraman@solen.com.tr)

0.585-1.890 g/100 mL lactic acid after 48 hours. It was determined that LAB isolates, whose growth abilities at different pH values were examined, grew poorly at pH 2 and some of the *Pediococcus* species did not grow. It was determined that other LAB species showed good growth except for one *Pediococcus* isolate at pH 9.6. LAB isolates showed the least growth at 9% salt concentration. Samples of the genus *Pediococcus* showed the best growth at a 6% salt concentration. The greatest antibacterial activity of the LAB isolates were determined to be on *Salmonella* Typhimurium. The largest zone diameter of 9 mm was created against *Salmonella* Typhimurium.

**Keywords:** Sourdough, cake, lactic acid bacteria

## 1. Giriş

Ekşi hamur; bünyesinde laktik asit bakterileri ve mayaları bulunduran hamur kütlesi olarak tanımlanmaktadır. İçerdiği LAB ve maya sayısı sırası ile 6- 9 log kob / g ve 5- 8 log kob / g arasında değişiklik gösteren ekşi hamurun pH'sı yaklaşık 4 civarındadır (Minervini ve ark., 2013). M.Ö. 1800'lü yıllarda eski Mısır'da, hamurun kendi haline bırakılması ile tesadüfen bulunduğu düşünülmektedir. Çeşitli aşamalardan geçerek ekşi hamur yöntemi olarak günümüze kadar gelmiştir ve mayalama yöntemi olarak kullanılmaktadır (Elgün ve Ertugay, 2002; Çağlıyan, 2008).

Ekşi hamur elde edilme yöntemlerine göre Tip I, Tip II ve Tip III olarak sınıflandırılır. Tip I ekşi hamur geleneksel yöntemlerle üretilen ve günlük besleme gerektiren hamur tipidir. Belli oranlarda un ve suyun kontrollü koşullarda fermentasyona bırakılması ile elde edilir. Fermentasyon genellikle 20-30°C (oda sıcaklığı) aralığında gerçekleşir (Chavan ve Chavan, 2011; Meroth ve ark., 2003; Garofalo ve ark., 2008; Bocker ve ark., 1995). Tip II ve Tip III ekşi hamurlarda ise fermentasyonu başlatmak için adapte olmuş suşların bulunduğu kültürler kullanılır. Bu tip ekşi hamurlar çeşitli LAB ve mayaların un ve su karışımına eklenmesi ve kontrollü koşullarda fermentasyona bırakılması ile elde edilmektedir. Tip II ekşi hamur sıvı formdadır ve endüstriyel üretimlerde kullanımı daha kolay olduğu ve standart ürün üretimi sağlanabildiği için tercih edilmektedir. Tip III ekşi hamur ise ekşitilmiş hamurun kurutulması ile hazırlanmaktadır. Bu ekşi hamur tipi fırıncılık ürünlerinde aroma verici ve asitlendirici olarak kullanılmaktadır. Ayrıca Tip I ekşi hamurdan farklı olarak Tip II ve Tip III ekşi hamura kabartma ajanı olarak *Saccharomyces cerevisiae* ilave edilmesi gerekmektedir (Decock ve Cappelle, 2005; De Vuyst ve Neysens, 2005; Kitahara ve ark., 2005; Corsetti ve Settanni, 2007).

Unlu mamüller sektöründe önemli bir yere sahip olan ekşi hamur, fırıncılık teknolojisinde ekmek, tatlı fırıncılık ürünleri, kraker, atıştırılabilir ürünler, pizza gibi ürünlerin üretilmesinde endüstriyel mayalara alternatif olarak kullanılmaktadır (Hansen ve Schieberle, 2005). Buğday unundan elde edilen ekşi hamur; 200'den fazla, farklı ekşi ekmek türü (INSOR, 2000) dahil olmak üzere İtalyan fırıncılık ürünlerinin %30'undan fazlasında kullanılır (Ottogalli ve ark., 1996). Ekmek üretimi haricinde, Tip I ekşi hamur kullanılarak geleneksel yöntemlerle pişirilmiş ve genellikle dini bayramlarda tüketilen bazı tatlı fırıncılık ürünlerinin de olduğu görülmüştür (Foschino ve ark. 1999; Vernocchi ve ark. 2004). Bu ürünlerin çoğu bölgeseldir; fakat Panettone, Pandoro ve Colomba gibi çeşitleri ulusal statü kazanmıştır. Endüstriyel tesislerde üretilerek İtalya başta olmak üzere dünyanın pek çok yerine dağılmışlardır. Kökeni Milano'ya uzanan Panettone, ekşi hamur ile hazırlanan kek hamuruna meyve şekerlemesi ve kuru üzüm ilavesi ile hazırlanır. 19. Yüzyılda popüleritesi artarak Kuzey İtalya'ya, daha sonra göçmenler ile Kuzey ve Güney Amerika'ya taşınmıştır. Noel zamanı bu ülkelerde, Panettone pişirmek veya hazır olarak satılan keklerden alarak aileleri ile tüketmek bir gelenek haline gelmiştir. Zamanla çikolata parçaları, kakaolu, krema dolgululu çeşitleri üretilmiştir. Veronese tatlısı olarak bilinen Pandoro, Panettone'ye benzer şekilde fakat daha zengin tereyağı ve yumurta kullanılarak üretilmektedir. İçerdiği yüksek miktarda yumurtadan dolayı "altın ekmek" olarak da isimlendirilmektedir. Panettone ile arasındaki bir diğer fark ise hamur hazırlanırken kuru meyve ve şekerleme ilave edilmemesi, sade şekilde pişirilmesidir. Kekler 8 köşeli yıldız şeklinde kek kalıbında pişirilir ve bu kekin kendine has özelliğini oluşturmaktadır. Bu iki ünlü İtalyan Noel tatlısına benzeyen Colomba, İtalya'nın geleneksel Paskalya kekidir. "Colomba" İtalyancada güvercin anlamına gelmektedir ve kek pişirilirken güvercin şeklinde kek kalıpları kullanılır. Panettone'ye benzer şekilde kek hamuru un, yumurta, şeker, ekşi hamur ve tereyağı kullanılarak yapılır. Panettone'nin aksine meyve kabuğu şekerlemesi ve kuru üzüm kullanılmaz. Hazırlanan hamurlara güvercin şekli verilir ve pişirilmeden önce üzerlerine inci şekeri ve badem koyulur (Garofalo ve ark., 2008).

Dünya'da, özellikle İtalya'da, yüzlerce farklı türde geleneksel ekşi hamur mevcuttur. Kullanılan unun türü, orijini ve saklama koşulları, diğer malzemelerin mikrobiyotası, hijyen koşulları, uygulanan teknoloji ve fermentasyon işlemlerinde farklılıklar gözlenir. Bu farklılıklar sonucunda ekşi hamur, metabolik olarak aktif olan, un ve su eklenmesi ile yeniden etkinleştirilebilen çeşitli LAB türleri ve mayalar için önemli bir kaynaktır (De Vuyst ve Vancannet, 2007; Katina, 2005). Fermente gıda uygulamalarının çoğunda laktik asit bakterilerinin homofermentatif türleri kullanılmasına rağmen ekşi hamur fermentasyonunda heterofermentatif LAB türleri etkin role sahiptir. Homofermentatif laktik asit bakterileri glikoliz (homolaktik fermentasyon) ile glukozdan başlayarak laktik asit üretirken, heterofermentatif laktik asit bakterileri laktik asitin yanında CO<sub>2</sub>, asetik asit ve/veya etanol üretir (Corsetti ve Settanni, 2007). Zorunlu ve fakültatif heterofermentatif ve zorunlu homofermentatif türlerden oluşan ekşi hamur laktobasilleri tip I, tip II, tip III ekşi hamurlar ve tip 0 hamur ile ilişkilidir. Spontan şekilde gelişen Tip I ekşi hamurun mikrobiyotası başta kullanılan hammaddeler olmak üzere hijyenik koşullar, ortam ve depolama sıcaklığı, pH, fermentasyon süresi gibi parametrelere göre değişiklik göstermektedir. Ticari starter kültürlerin kullanıldığı Tip II ve Tip III ekşi hamurlarda ise starter kültürler baskın mikrobiyatayı oluşturmaktadır. Spontan şekilde gelişmeler mikrobiyota hakimiyeti göstermez (Katina, 2005; Liang ve ark., 2016; Stolz, 2003) Fermentasyonu ekmek mayası ile sağlanan tip 0 hamur ekşi hamur teknolojisi ile üretilmemektedir (Corsetti ve Settanni, 2007). Şimdiye kadar yapılan araştırmalarla, ekşi hamurdan izole edilmiş laktik asit bakterilerinin 50'ye yakın farklı türü tespit edilmiştir. *Leuconostoc* (genellikle *Leuconostoc mesenteroides*), *Weissella*, *Pediococcus* (genellikle *Pediococcus pentosaceus*), *Lactococcus*, *Enterococcus* ve *Streptococcus* cinslerine ait türler ekşi hamurdan izole edilse de en sık gözlenen bakteriler *Lactobacillus* suşlarıdır. *Lactobacillus sanfranciscensis*, *Lb. brevis*, *Lb. pontis*, *Lb. plantarum* ve *Lb. reuteri* ekşi hamurlardan en sık izole edilen laktobasillerdir (De Vuyst ve Neysens, 2005; Corsetti ve Settanni, 2007).

Yöresel ekşi hamurların sahip olduğu mikrobiyotaların belirlenmesi için çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Gobbetti (1998), İtalyada yetişen buğdaylardan elde edilen ekşi hamurda *Lb. sanfranciscensis* / *Lb. plantarum* birliğinin var olduğunu bildirmiştir. Rusya'da elde edilen ekşi hamurlar incelendiğinde genellikle *Lb. brevis* ve *Lb. plantarum*'un *Lb. fermentum* ile ilişkili olduğu bulunmuştur (Kazanskaya ve ark.,1983). *Lactobacillus zymae* hem Belçika hem de Yunan ekşi hamurundan izole edilmiştir. Coğrafi yayılım gösterdiği gözlenmesine rağmen suş sayısı her durumda tek bir izolatla sınırlandırılmıştır (De Vuyst ve ark. 2002; Vancanneyt ve ark., 2005). Türkiye'nin Doğu Karadeniz bölgesinden geleneksel Türk ekşi hamurlarına yapılan analizler sonucunda toplam 249 Laktik Asit Bakteri (LAB) izolatu bulunmuştur. Bu izolatların genotipik karakterizasyonu, 11 farklı türe ait 47 ayrı LAB suşunun varlığını ortaya çıkarmıştır: *Lb. plantarum*, *Lb. paraplanctarum*, *Lb. curvatus*, *Lb. rossiae*, *Lb. sanfranciscensis*, *Lb. brevis*, *Lb. paralimentarius*, *Weissella paramesenteroides*, *Leuconostoc mesenteroides*, *Leu. pseudomesenteroides* ve *Weissella cibaria*. Ekşi hamur LAB mikrobiyotasının, örnek kökenine, toplama periyoduna ve heterofermentatif LAB baskınlığına bağlı olarak farklılık gösterdiği gözlenmiştir (Dertli ve ark., 2016).

Geleneksel tatlı fırıncılık ürünlerini hazırlamak için kullanılan ekşi hamurlarda gelişen mikrobiyota, kültüre bağlı teknikler kullanılarak araştırılmıştır. Galli ve Ottogalli (1973), Panettone'de yaptığı inceleme ile *Lb. brevis* ve *Torulopsis holmii* izolatlarını tanımlayarak ilk mikrobik karakterizasyonunu gerçekleştirmiştir. Ayrıca, Galli ve ark. (1988) Panettone ve tatlı çörek için kullanılan ekşi hamurlardan, *Starmarella bombicola* ve *Saccharomyces exiguus*'a ek olarak *Lb. sanfranciscensis*, *Lb. brevis* ve *Leu. mesenteroides*'i izole etmişlerdir.

Bu çalışmada, Tip I ekşi hamur ile üretilmiş kek hamurundaki LAB çeşitliliği incelenmiş ve bu LAB türlerinin asit üretim yetenekleri ve hızları, farklı pH değerlerinde gelişme ve farklı tuz konsantrasyonlarında gelişme yetenekleri ile antibakteriyel aktiviteleri belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Yapılan çalışmada ürün formülasyonlarında un, su, yumurta, süt, şeker, fruktoz şurubu, yağlar, kabartıcı, aroma verici, tuz ve kuru meyve çeşitleri kullanılmış ve bu hammaddeler Şölen Çikolata Gıda San. ve Tic. A.Ş. tarafından sağlanmıştır.

### 2.1. Ekşi Hamur Fermentasyonu ile Kek Hamuru Üretimi

Ekşi hamur fermentasyonu ile üretilmiş kek hamurunda kullanılan Tip I ekşi hamur eldesi için 1:1 oranında un ve su karıştırılarak fermentasyon kabiniinde (Wiesheu GmbH, Almanya) 25-27°C'de, %80-90 bağıl nemde 24 saat fermentasyona bırakılmıştır. Ekşi hamurun sahip olduğu özellikleri elde edebilmek için fermentasyon sonunda elde edilen hamur; 1:1 oranında un ve su ile tekrar beslenmiş ve aynı koşullarda 24 saat fermentasyona bırakılmıştır.

Ekşi hamur fermentasyonu ile üretilmiş kek hamurlarının elde edilmesi için farklı oranlarda (%10, %15, %20) tip I ekşi hamur içeren 3 farklı kek formülasyonu oluşturulmuştur. Ekşi hamur ve formülasyonda yer alan diğer bileşenler karıştırılarak elde edilen hamurlar fermentasyon kabiniinde 30-35°C' de, %80-90 bağıl nemde 4-6 saat fermentasyona bırakılmıştır.

### 2.2. Laktik Asit Bakterisi (LAB) İzolasyonu

Fermentasyon sonunda farklı oranlarda (%10, %15, %20) ekşi hamur içeren kek hamurlarından laktik asit bakterilerinin izolasyonu için 10<sup>7</sup> ar gram örnek tartılmış ve üzerlerine 90 mL steril peptonlu su ilave edilen örnekler homojenize edilmiştir. Bu şekilde 10<sup>-1</sup>'lik dilüsyonlar elde edilmiş ve 10<sup>-8</sup>'e kadar dilüsyonlar hazırlanmıştır. Hazırlanan dilüsyonlardan MRS (Merck, Almanya) agara yayma yöntemi ile ekim yapılmış ve besiyerleri 37°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda gelişen LAB'dan 18 tane farklı koloni seçilmiş ve tek koloniye düşürme yöntemi ile MRS (Merck, Almanya) agara ekim yapılarak 37°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır.

### 2.3. LAB Türlerinin Tanımlanması

DNA ekstraksiyonunu gerçekleştirmek için Fenol-Kloroform Ekstraksiyon yöntemi kullanılmıştır. İzole edilen laktik asit bakterileri tek koloniye düşürme yöntemi kullanılarak MRS (Merck, Almanya) agara ekilmiş ve 37°C'de 48 saat inkübasyona bırakılarak aktifleştirilmiştir. Aktif bakterilerden tek koloni alınarak 1 mL MRS (Merck) broth içeren mikrosantrifüj tüpüne ekim yapılmış ve 37°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. Gelişme sonrası mikrosantrifüj tüpleri 10 dakika 8000 rpm hızda santrifüj edilmiştir. Sıvı kısım uzaklaştırılarak elde edilen peletlere 450 µL TE (Tris-EDTA) tamponundan ilave edilerek karıştırılmıştır. Karışımlara %10'luk 50 µL SDS (sodyum dodesil sülfat) ve 2,5 µL proteinaz K ilave edilmiştir. Elde edilen karışımlar iyice karıştırılmış ve 37°C'de 1 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda karışımlara fenol-kloroform karışımından 0,5 mL ilave edilmiş, aşağı ve yukarı yönlü çevrilerek iyice karışmaları sağlanmış ve oda sıcaklığında 5 dk inkübe edilmiştir. Bekletilen karışımlar 4°C'de 10 dakika 8000 rpm hızda santrifüj edilmiştir. Süpernatant benzeri yüksek viskoziteli jel ve şeffaf kısım pipet ucu ile toplanmış ve yeni bir mikrosantrifüj tüpüne alınmıştır. İşlem fenol-kloroform karışımı ile bir kez daha tekrarlanmış ve süpernatantlar toplanarak yeni mikrosantrifüj tüplerine alınmış, 5M Sodyum Asetat'dan 50 µL içeriğe ilave edilmiş ve hafifçe karıştırılmıştır. İzopropanoldan 1 mL ilave edilerek çöken DNA'nın beyaz iplikleri görünene kadar aşağı ve yukarı yönlü çevrilerek hafifçe karıştırılmıştır. İçerik 10 dakika 5000 rpm hızda santrifüj edilmiştir. İşlem sonrası süpernatant kısım uzaklaştırılarak 0,5 mL %70'lik etanol ilave edildikten sonra 10 dakika 5000 rpm hızda santrifüj edilen karışım 37°C'de 5-10 dk kurutulmuş ve 100 µL ultra saf su ilave edilerek karıştırılmıştır.

İzole edilen LAB türlerinin tanımlanması için 16S Ribozomal RNA (rRNA) Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PZR-PCR) kurulmuştur. Primer olarak AMP-F ve AMP-R seçilmiştir. 18 DNA örneği için de Tablo 1a'da belirtilen bileşenler, belirlenen e-ISSN: 2148-2683



miktarlarda kullanılarak 25 µL'lik karışımlar elde edilmiştir. Elde edilen karışımlara belirtilen parametrelerde (Tablo 1b) termal döngü programı uygulanmıştır. DNA'lara agaroz jel elektroforez yöntemi uygulamak için 0,5 X TBE (Tris-Borat-EDTA) kullanılarak %1'lik agaroz jel hazırlanmış ve TBE (Tris-Borat-EDTA) dolu tanka yerleştirilmiştir. Jelde bulunan kuyucuklara 1 µL bromfenol mavisi ile boyanmış 4 µL DNA örneği koyulmuştur. Boş kalan kuyulara pozitif, negatif ve markır koyulduktan sonra yürütme işlemi gerçekleştirilmiştir. Yürütme işlemi sonrasında jel etidyum bromür ile boyanarak görüntülenmiştir. Alınan bant görüntüsü ve DNA örnekleri; sekans analizi için dış laboratuvara (Medsantek, İstanbul, Türkiye) gönderilmiştir. Filogenetik ağaç, PAUP sürüm 4.0 beta 10 kullanılarak 2000 önyükleme kopyaları ile komşu birleştirme mesafe yöntemi (neighbor-joining distance method) kullanılarak kümelendirilmiştir.

Tablo 1a. PZR karışımları

PZR Bileşenleri*	Miktar
Buffer	2,5 µL
dNTPs	2 µL
Primer 1	0,5 µL
Primer 2	0,5 µL
Taq polimeraz	0,0625 µL
DNA	0,5 µL
Ultra Saf Su	18,9375 µL
<b>TOPLAM</b>	<b>25 µL</b>

\*Vivantis, Malezya

Tablo 1b. PZR parametreleri

Basamak	Döngü Sayısı	Sıcaklık	Süre
1	1	95°C	2 dk.
2	25	95°C	30 sn
		55°C	20 sn
		72°C	30 sn
3	1	72°C	5 dk.

## 2.4. LAB İzolatlarının Asit Üretim Yeteneklerinin ve Hızlarının Belirlenmesi

Tip I ekşi hamur fermentasyonu ile üretilmiş kek hamurlarından izole edilen LAB türleri MRS (Merck) sıvı besiyerinde 37°C'de 48 saat aktifleştirilmiş, 10 mL steril MRS sıvı besiyerine aktif kültürlerden %1 oranında 2 paralelli olarak aşılama yapılmış ve 37°C'de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyonun 24. ve 48. saatinde, 0,01 N NaOH (Merck) çözeltisi ve %1'lik fenolftalein indikatörü kullanılarak titrasyon asitliği tayini ile oluşan asit miktarı belirlenmiştir. Titrasyon asitliği aşağıdaki formül kullanılarak % laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (Bulut, 2003).

$$\% \text{Asitlik} = [(V_x F_x E)/m] \times 100$$

V: Titrasyonda harcanan NaOH miktarı (mL)

F: Titrasyonda kullanılan bazın normalitesi

E: 1 mL NaOH'ın eşdeğeri asit miktarı (g)

Laktik asit için E: 0,09 g

m: Örnek miktarı (mL)

## 2.5. LAB İzolatlarının Farklı pH Değerlerinde Gelişme Yeteneklerinin Belirlenmesi

Tip I ekşi hamur fermentasyonu ile üretilmiş kek hamurlarından izole edilen LAB türleri MRS (Merck) sıvı besiyerinde 37°C'de 48 saat aktifleştirilmiştir. 2N NaOH (Merck) ve 2N HCl (Merck) kullanılarak pH değerleri 2, 4 ve 9,6 olarak ayarlanan 5 mL'lik MRS sıvı besiyerlerine aktif kültürlerden %1 oranında 2 paralelli olarak ekim yapılmış ve 37°C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır. Gelişme miktarını belirlemek için yayma yöntemi kullanılarak MRS (Merck) agara ekim yapılmış; 37°C'de 48 saat inkübasyon sonunda gelişen koloni sayıları sayılmıştır.

## 2.6. LAB İzolatlarının Farklı Tuz Konsantrasyonlarında Gelişme Yeteneklerinin Belirlenmesi

Tip I ekşi hamur fermentasyonu ile üretilmiş kek hamurlarından izole edilen LAB türleri MRS (Merck) sıvı besiyerinde 37°C'de 48 saat aktifleştirilmiştir. NaCl eklenerek hazırlanan %0, %3, %6, %9 tuz konsantrasyonlarına sahip 5 mL'lik MRS sıvı besiyerlerine aktif kültürlerden %1 oranında 2 paralelli ekim yapılmış ve 37°C'de 7 gün inkübasyona bırakılmıştır. Gelişme miktarını belirlemek için yayma yöntemi kullanılarak MRS (Merck) agara ekim yapılmış; 37°C'de 48 saat inkübasyon sonunda gelişen koloni sayıları sayılmıştır.

## 2.7. Antibakteriyel Aktivitenin Belirlenmesi

Laktik asit bakterilerinin antibakteriyel aktivitesinin belirlenmesi için agar kuyu difüzyon yöntemi kullanılmıştır.

İndikatör mikroorganizma olarak seçilen *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella Typhimurium* ATCC 0402, *Bacillus cereus* RSKK 963, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923 tek koloniye düşürme yöntemi ile Nutrient Agar (Merck) besiyerinde 37°C'de 24 saat aktifleştirilmiştir. Aktifleşen kültürlerden tek koloni alınarak 5 mL'lik Nutrient Broth (Merck) bulunan tüplere ekim yapılmış ve 37°C'de 5 saat inkübasyona bırakılmıştır. İzole edilen laktik asit bakteri türleri 37°C'de 48 saat aktifleştirilmiştir. Aktif kültürlerden

tek koloni alınarak 1 mL'lik MRS (Merck) broth içeren ependorflara ekim yapılmış ve 37°C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda ependorflar santrifüj edilmiştir. İndikatör mikroorganizmaların geliştiği tüpler vortekslenmiş, kontrol ve örnekler için bölümlere ayrılmış Nutrient Agar besiyeri içeren petrilere yayma yöntemi kullanılarak ekim yapılmıştır. Belirlenen bölümlere 4 milimetrelük kuyular açılmıştır. Kontrol olarak belirlenen kuyulara 10 µL steril saf su, örnekler için hazırlanan kuyulara elde edilen süpernatantlardan 10 µL eklenmiştir. Petrilere 37°C'de 48 saat gelişmeye bırakılmıştır. Gelişme sonrası kuyuların çevresinde oluşan berrak zon çapı ölçülmüştür.

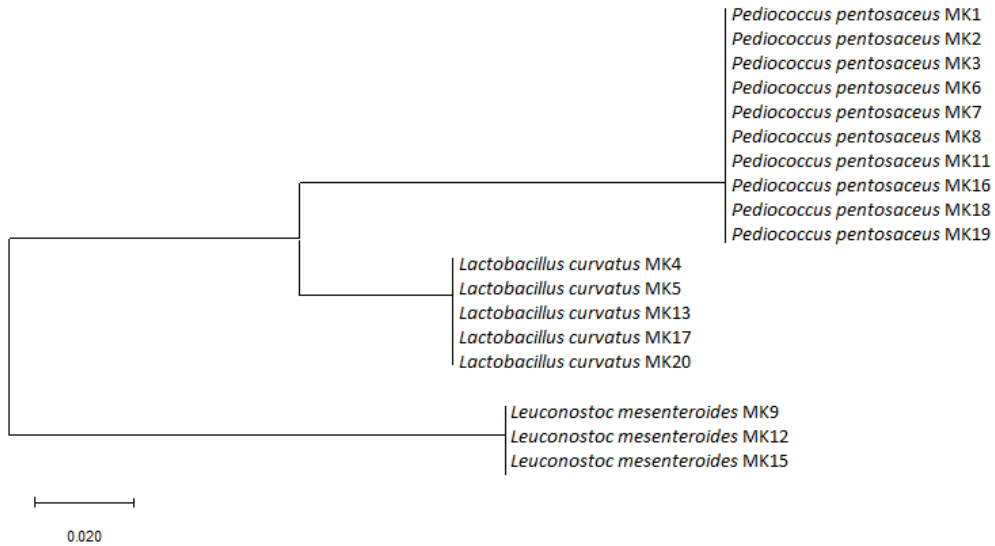
## 2.8. İstatistiksel Analiz

Elde edilen verilerin analizi ve değerlendirilmesi için JMP 6.0 programı kullanılmıştır. Veriler ortalama±standart sapma şeklinde ifade edilmiştir. Değerlendirilen parametrelere iki yönlü varyans analizi yapılmış ve örnekler arasındaki farklılıklar  $\alpha=0,05$  önem düzeyinde LS Means Student's t testi kullanılarak harflendirilmiştir.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Bakteri Türlerinin Tanımlanması

Sekans analizi sonucunda 10 adet *Pediococcus pentosaceus* (MK1, MK2, MK3, MK6, MK7, MK8, MK11, MK16, MK18, MK19), 5 adet *Lactobacillus curvatus* (MK4, MK5, MK13, MK17, MK20) ve 3 adet *Leuconostoc mesenteroides* (MK9, MK12, MK15) tanımlanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Filogenetik ağaç

### 3.2. LAB İzolatlarının Asit Üretim Yetenekleri ve Hızları

İzole edilen LAB türlerinin asit üretim miktarları 24 ve 48 saat inkübasyon süreleri sonunda laktik asit cinsinden hesaplanmıştır (Tablo 2). 24 saat sonunda *Lactobacillus curvatus* (MK4) izolatının en az asit üretim miktarına sahip olduğu gözlenirken ( $0,459\pm0,01$  g/100 mL), *Pediococcus pentosaceus* (MK16) izolatının en fazla asit üretim miktarına sahip olduğu tespit edilmiştir ( $1,089\pm0,01$  g/100 mL). 48 saat sonunda yapılan analiz sonucunda *Lactobacillus curvatus* (MK4) izolatının en az asit üretim miktarına sahip olduğu tespit edilirken ( $0,585\pm0,05$  g/100 mL), *Lactobacillus curvatus* (MK5) izolatının en fazla asit üretim miktarına sahip olduğu gözlenmiştir ( $1,809\pm0,03$  g/100 mL).

**Tablo 2.** Tip I ekşi hamur fermentasyonu ile üretilmiş kek hamurlarından izole edilen LAB türlerinin asit üretimi (g/100 mL)

LAB Örnekleri	24. saat	48. saat
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK1	0,756±0,05 <sup>EFa</sup>	0,810±0,02 <sup>Ga</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK2	0,666±0,00 <sup>GHa</sup>	0,792±0,04 <sup>Ga</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK3	0,612±0,00 <sup>Hb</sup>	0,720±0,02 <sup>GHa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK4	0,459±0,01 <sup>Ja</sup>	0,585±0,05 <sup>Ha</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK5	0,702±0,02 <sup>FGb</sup>	1,809±0,03 <sup>Aa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK6	0,711±0,01 <sup>EFGb</sup>	0,846±0,00 <sup>Ga</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK7	0,666±0,02 <sup>GHa</sup>	1,584±0,22 <sup>Ba</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK8	0,774±0,02 <sup>Eb</sup>	1,260±0,02 <sup>CDa</sup>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MK9	1,026±0,02 <sup>ABCa</sup>	1,233±0,05 <sup>CDa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK11	0,999±0,05 <sup>BCb</sup>	1,242±0,00 <sup>CDa</sup>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MK12	1,062±0,02 <sup>ABa</sup>	1,296±0,02 <sup>Cb</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK13	0,864±0,02 <sup>Db</sup>	1,026±0,02 <sup>EFa</sup>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MK15	0,702±0,02 <sup>FGb</sup>	0,864±0,00 <sup>FGa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK16	1,089±0,01 <sup>Ab</sup>	1,323±0,03 <sup>Ca</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK17	0,549±0,01 <sup>lb</sup>	1,125±0,01 <sup>DEa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK18	0,963±0,01 <sup>Cb</sup>	1,341±0,03 <sup>Ca</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK19	1,044±0,02 <sup>ABb</sup>	1,296±0,00 <sup>Ca</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK20	1,044±0,02 <sup>ABb</sup>	1,287±0,03 <sup>CDa</sup>

Farklı büyük harfler aynı saatte LAB türleri arasındaki önemli farklılığı göstermektedir. Farklı küçük harfler aynı LAB türlerinde farklı saatler arasındaki önemli farklılığı göstermektedir ( $p < 0,05$ ).

Arslankoz (2011) tarafından turşulardan izole edilen *Pediococcus pentosaceus* türlerinin 24 saat inkübasyon sonunda 0,06-0,44 g/100 mL ürettiği bildirilmiştir. Bulut (2003) tarafından peynirlerden izole edilen *Lactobacillus* türlerinin 0,6247 g/100 mL laktik asit ürettiği belirtilmiştir. Herreros ve ark. (2003) tarafından İspanyol keçi peynirinden izole edilen *Leu. mesenteroides* türlerinin 24 saat sonunda 0,22-0,26 g/100 mL, *Lb. plantarum* türlerinin 24 saat sonunda 0,19-0,21 g/100 mL, *Lb. brevis* türlerinin 24 saat sonunda 0,19-0,23 g/100 mL, *L. casei* türleri tarafından 24 saat sonunda 0,18-0,22 g/100 mL laktik asit ürettiği belirtilmiştir.

Yapılan bu çalışmada 24 saat inkübasyon sonunda *Lactobacillus* türlerinin 1,044-0,459 g/100 mL laktik asit ürettiği belirlenmiş ve Bulut (2003)'ün sonucunun elde edilen sonuçlar aralığında olduğu gözlenmiştir. *Pediococcus pentosaceus* (MK1, MK2, MK3, MK6, MK7, MK8, MK11, MK16, MK18, MK19) izolatlarının 0,612-1,089 g/100 mL asit ürettiği belirlenerek Arslankoz (2011)'ün sonuçlarına göre daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. *Leu. mesenteroides* (MK9, MK12, MK15) izolatlarının 24 saat sonunda ürettiği asit miktarının, Herreros ve ark. (2003) tarafından belirlenen değerlerden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

### 3.3. LAB İzolatlarının Farklı pH Değerlerinde Gelişme Yetenekleri

İzole edilen LAB türlerinin pH 2, 4 ve 9,6 değerlerinde gelişme yetenekleri incelenmiştir. MK8 ve MK19 kodlu *Pediococcus pentosaceus* izolatlarının pH 2'de gelişme göstermediği, diğer LAB izolatlarının zayıf gelişme gösterdiği görülmüştür. pH 4'te en iyi gelişmeyi *Pediococcus pentosaceus* (MK6)'nın gösterirken (7,86±0,54 log kob/g), diğer bakteri türlerinin değişken gelişme gösterdikleri tespit edilmiştir. pH 9,6'da *Pediococcus pentosaceus* (MK8) izolatı zayıf gelişme gösterirken (2,15±0,15 log kob/g), diğer bakteri izolatlarının iyi gelişme gösterdiği görülmüştür (Tablo 3).

**Tablo 3.** Tip I ekşi hamur fermentasyonu ile üretilmiş kek hamurlarından izole edilen LAB türlerinin farklı pH değerlerinde gelişme sayısı (log kob/g)

LAB Örnekleri	pH 2	pH 4	pH 9,6
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK1	7,67±0,51 <sup>Aab</sup>	5,89±0,71 <sup>CDEFGb</sup>	9,75±0,29 <sup>Aa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK2	3,77±0,02 <sup>CDc</sup>	6,41±0,01 <sup>ABCDEb</sup>	7,48±0,00 <sup>BCDa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK3	3,77±0,54 <sup>CDb</sup>	7,54±0,06 <sup>ABa</sup>	6,35±0,13 <sup>Da</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK4	4,47±0,07 <sup>Aa</sup>	5,52±0,48 <sup>DEFGa</sup>	7,50±1,20 <sup>BCDa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK5	5,16±0,04 <sup>Ba</sup>	4,62±0,08 <sup>FGHa</sup>	7,94±1,76 <sup>ABCDa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK6	1,67±0,18 <sup>Fc</sup>	7,86±0,54 <sup>Ab</sup>	9,95±0,25 <sup>Aa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK7	4,43±0,31 <sup>BCb</sup>	4,78±0,00 <sup>EFGb</sup>	9,44±0,13 <sup>ABa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK8	0,00±0,00 <sup>Gc</sup>	6,35±0,05 <sup>ABCDEa</sup>	2,15±0,15 <sup>Eb</sup>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MK9	7,36±0,12 <sup>Aa</sup>	6,78±1,70 <sup>ABCDa</sup>	9,06±0,06 <sup>ABCa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK11	4,39±0,01 <sup>BCc</sup>	7,43±0,02 <sup>ABCb</sup>	9,10±0,10 <sup>ABa</sup>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MK12	4,28±0,43 <sup>BCa</sup>	5,92±0,52 <sup>BCDEFa</sup>	7,40±1,90 <sup>CDa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK13	2,75±0,02 <sup>Ec</sup>	6,42±0,01 <sup>ABCDb</sup>	8,35±0,09 <sup>ABCa</sup>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MK15	1,00±0,00 <sup>Fc</sup>	4,27±0,49 <sup>GHb</sup>	8,16±0,08 <sup>ABCDa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK16	3,25±0,65 <sup>DEc</sup>	5,36±0,18 <sup>DEFGb</sup>	9,31±0,03 <sup>ABa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK17	3,80±0,05 <sup>CDb</sup>	4,56±0,14 <sup>EFb</sup>	8,79±0,55 <sup>ABCa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK18	1,54±0,54 <sup>Fc</sup>	5,85±0,55 <sup>CDEFGb</sup>	9,27±0,09 <sup>ABa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK19	0,00±0,00 <sup>Gc</sup>	4,65±0,80 <sup>FGb</sup>	9,22±0,09 <sup>ABa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK20	2,60±0,30 <sup>Eb</sup>	3,00±0,00 <sup>Hb</sup>	8,91±0,11 <sup>ABCa</sup>

Farklı büyük harfler aynı pH'da LAB türleri arasındaki önemli farklılığı göstermektedir. Farklı küçük harfler aynı LAB türlerinde farklı pH'lar arasındaki önemli farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Tangüler (2010) tarafından şalgam suyundan izole edilen *Lactobacillus*, *Pediococcus*, *Leuconostoc* cinslerinin pH 4,4' de gelişme gösterdiği fakat pH 9,6'da hiçbir bakterinin gelişme göstermediği belirtilmiştir. Yapılan başka bir çalışmada (Kıran, 2006) hazır gıdalardan izole edilen ve çeşitli kültür koleksiyonlarından alınmış laktik asit bakterilerinin hiçbirisinin pH 2 ve pH 3 değerlerinde gelişme göstermediği tespit edilmiştir. pH 4, pH 5 ve pH 6 değerlerinde hepsi gelişme göstermiştir. pH 9,6 değerinde *Pediococcus pentosaceus* türlerinin bir kısmının geliştiği bazılarının zayıf gelişme gösterdiği tespit edilirken; *Lb. plantarum*, *Lb. brevis* ve *Lb. fermentum* türlerinin geliştiği, *Leuconostoc* türlerinin zayıf gelişme gösterdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada da pH 9,6 değerinde *Pediococcus pentosaceus* (MK1, MK2, MK3, MK6, MK7, MK11, MK16, MK18, MK19) izolatlarının iyi gelişme gösterdiği, bir *Pediococcus pentosaceus* (MK8) izolatının zayıf gelişme gösterdiği tespit edilmiştir.

### 3.4. LAB İzolatlarının Farklı Tuz Konsantrasyonlarında Gelişme Yetenekleri

İzole edilen LAB türlerinin %0, %3, %6, %9 tuz konsantrasyonlarında gelişme yetenekleri incelenmiş, %3 tuz konsantrasyonunda en iyi gelişmeyi *Lactobacillus curvatus* (MK13) izolatının gösterdiği (7,33±0,02 log kob/g), en az gelişmeyi *Lactobacillus curvatus* (MK5) izolatının gösterdiği (3,71±0,01 log kob/g) tespit edilmiştir. %6 tuz konsantrasyonunda en iyi *Pediococcus pentosaceus* (MK2) (7,00±0,00 log kob/g) ve *Lactobacillus curvatus* (MK17) (6,85±0,62 log kob/g) izolatları gelişme gösterirken; %9 tuz konsantrasyonunda en iyi gelişmeyi *Lactobacillus curvatus* (MK17) izolatının gösterdiği (7,62±0,21 log kob/g) görülmüştür. %9 tuz konsantrasyonunda En zayıf gelişmeyi ise *Lactobacillus curvatus* (MK20) izolatının gösterdiği tespit edilmiştir (2,88±0,12 log kob/g) (Tablo 4).



Tablo 4. Tip I ekşi hamur fermentasyonu ile üretilmiş kek hamurlarından izole edilen LAB türlerinin farklı NaCl değerlerinde gelişme sayısı (log kob/g)

LAB Örnekleri	%0 NaCl	%3 NaCl	%6 NaCl	%9 NaCl
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK1	5,06±0,06 <sup>CDEFa</sup>	4,63±0,03 <sup>DEb</sup>	4,15±0,15 <sup>BCDc</sup>	5,00±0,00 <sup>EFa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK2	5,65±0,35 <sup>ABCDEab</sup>	4,69±0,69 <sup>DEb</sup>	7,00±0,00 <sup>Aa</sup>	6,41±0,22 <sup>BCa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK3	6,01±0,32 <sup>ABCDEa</sup>	4,95±0,05 <sup>CDEa</sup>	5,80±0,65 <sup>ABCa</sup>	6,26±0,96 <sup>BCa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK4	5,52±0,07 <sup>ABCDEab</sup>	4,64±0,18 <sup>DEb</sup>	5,40±1,03 <sup>ABCDb</sup>	6,46±0,69 <sup>BCa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK5	3,75±0,15 <sup>Fb</sup>	3,71±0,01 <sup>Eb</sup>	3,43±0,11 <sup>CDb</sup>	4,97±0,27 <sup>EFa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK6	4,73±0,12 <sup>DEFb</sup>	6,31±0,35 <sup>ABCab</sup>	6,00±0,70 <sup>ABab</sup>	6,42±0,17 <sup>BCa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK7	6,69±0,21 <sup>ABCa</sup>	6,65±0,35 <sup>ABa</sup>	5,72±0,02 <sup>ABCb</sup>	5,15±0,15 <sup>DEFb</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK8	7,04±0,04 <sup>Aa</sup>	5,95±0,35 <sup>ABCDb</sup>	4,87±0,17 <sup>ABCDc</sup>	4,85±0,15 <sup>EFc</sup>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MK9	6,34±1,86 <sup>ABCDa</sup>	6,95±0,05 <sup>ABa</sup>	6,06±2,64 <sup>ABa</sup>	7,06±0,36 <sup>ABa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK11	5,00±0,00 <sup>CDEFa</sup>	5,59±1,31 <sup>BCDa</sup>	3,18±0,80 <sup>Da</sup>	4,69±0,02 <sup>Fa</sup>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MK12	5,19±0,19 <sup>BCDEFa</sup>	5,15±0,15 <sup>CDa</sup>	5,26±0,78 <sup>ABCDa</sup>	4,50±0,50 <sup>Fa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK13	3,75±1,45 <sup>Fa</sup>	7,33±0,02 <sup>Aa</sup>	4,86±1,62 <sup>ABCDa</sup>	4,26±0,04 <sup>FGa</sup>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MK15	6,72±0,15 <sup>ABCab</sup>	6,93±0,47 <sup>ABa</sup>	5,93±0,03 <sup>ABb</sup>	4,62±0,12 <sup>Fc</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK16	6,84±0,06 <sup>ABa</sup>	4,65±0,05 <sup>DEc</sup>	5,87±0,27 <sup>ABCb</sup>	3,24±0,24 <sup>GHd</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK17	7,11±0,33 <sup>Aa</sup>	5,97±0,43 <sup>ABCDa</sup>	6,85±0,62 <sup>Aa</sup>	7,62±0,21 <sup>Aa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK18	4,48±0,00 <sup>EFa</sup>	4,93±0,92 <sup>CEa</sup>	5,89±0,15 <sup>ABCa</sup>	5,81±0,01 <sup>CDEa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK19	6,45±0,15 <sup>ABCDa</sup>	5,15±0,15 <sup>CDb</sup>	6,74±0,26 <sup>Aa</sup>	6,03±0,18 <sup>BCDa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK20	5,04±0,04 <sup>CDEFa</sup>	4,65±0,05 <sup>DEb</sup>	4,23±0,06 <sup>BCDc</sup>	2,88±0,12 <sup>Hd</sup>

Farklı büyük harfler aynı NaCl oranında LAB türleri arasındaki önemli farklılığı göstermektedir. Farklı küçük harfler aynı LAB türlerinde farklı NaCl oranları arasındaki önemli farklılığı göstermektedir. (p<0,05)

Yapılan bir çalışmada (Kıran, 2006) hazır gıdalardan izole edilen ve çeşitli kültür koleksiyonlarından alınmış laktik asit bakterilerinin %4 tuz konsantrasyonunda tümünün gelişme gösterdiği, %6,5 tuz konsantrasyonunda 5 tanesi hariç diğer bakterilerin gelişme gösterdiği, %12 tuz konsantrasyonunda 4 tanesinin zayıf gelişme gösterdiği diğerlerinin gelişmediği, %18 tuz konsantrasyonunda ise hiçbirisinin gelişme göstermediği belirtilmiştir. Bulut (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, %6,5 tuz konsantrasyonunda 9 tane *Lactobacillus* türünün gelişme gösterdiği belirtilmiştir. Arslankoz (2011) tarafından turşulardan izole edilen tüm bakterilerin %3 tuz konsantrasyonunda gelişme gösterdiği, %3 ve %6,5 tuz en konsantrasyonunda iyi gelişmenin *Lb. plantarum* 'a ait olduğu; %10 tuz konsantrasyonunda en iyi *P. ethanolidurans* ve *Lb. plantarum* türlerinin gösterdiği bildirilmiştir.

### 3.5. LAB İzolatlarının Antibakteriyel Aktiviteleri

İzole edilen LAB türlerinin indikatör mikroorganizma olarak seçilen *Escherichia coli* ATCC 25922, *Salmonella* Typhimurium ATCC 0402, *Bacillus cereus* RSKK 963, *Staphylococcus aureus* ATCC 25923'a karşı oluşturduğu zon çapları Tablo 5'te gösterilmiştir. Beş (5) mm'den küçük zon çapına sahip LAB türlerinin antibakteriyel aktiviteye sahip olmadığı kabul edilmiştir. İzole edilen LAB türlerinin seçilen 4 indikatör ve patojen bakteri üzerinde antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu fakat *Salmonella* Typhimurium'a karşı oluşturdukları zon çaplarının diğer indikatör mikroorganizmalara karşı oluşturduklarından daha büyük olduğu görülmüştür. *Escherichia coli* ATCC 25922'a karşı en büyük zon çapını *Lactobacillus curvatus* (MK17) izolatı oluştururken (8±0,00 mm), *Salmonella* Typhimurium ATCC 0402 'a karşı en büyük zon çapını *Lactobacillus curvatus* (MK4) izolatı oluşturmuştur (9±0,00 mm). LAB izolatlarının *Bacillus cereus* RSKK 963 ve *Staphylococcus aureus* ATCC 25923'a karşı oluşturdukları zon çapları değişkenlik göstermektedir.

**Tablo 5.** Tip I ekşi hamur fermentasyonu ile üretilmiş kek hamurlarından izole edilen LAB türlerinin farklı mikroorganizmalar üzerindeki antibakteriyel aktivitesi sonucu oluşan zon çapları (mm)

LAB Örnekleri	<i>Escherichia coli</i> ATCC 25922	<i>Bacillus cereus</i> RSKK 963	<i>Staphylococcus aureus</i> ATCC 25923	<i>Salmonella</i> <i>Typhimurium</i> ATCC 0402
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK1	6,5±0,05 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>Aa</sup>	5,5±0,05 <sup>Ca</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK2	6,0±0,00 <sup>ABa</sup>	5,5±0,05 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>Aa</sup>	7,0±0,10 <sup>ABCa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK3	5,5±0,05 <sup>Ba</sup>	6,0±0,00 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>Aa</sup>	7,0±0,10 <sup>ABCa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK4	6,5±0,05 <sup>ABab</sup>	7,0±0,10 <sup>Aab</sup>	6,0±0,00 <sup>Ab</sup>	9,0±0,10 <sup>Aa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK5	5,5±0,05 <sup>Ba</sup>	6,0±0,00 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>Aa</sup>	6,0±0,00 <sup>BCa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK6	7,0±0,10 <sup>ABab</sup>	6,0±0,00 <sup>ABb</sup>	6,0±0,00 <sup>Ab</sup>	8,0±0,00 <sup>ABa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK7	7,0±0,10 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>Aa</sup>	7,0±0,10 <sup>ABCa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK8	7,0±0,10 <sup>ABa</sup>	5,0±0,00 <sup>Ba</sup>	6,0±0,00 <sup>Aa</sup>	7,0±0,10 <sup>ABCa</sup>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MK9	7,0±0,10 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>ABab</sup>	5,0±0,00 <sup>Bb</sup>	6,0±0,00 <sup>BCab</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK11	7,0±0,10 <sup>ABab</sup>	6,0±0,00 <sup>ABb</sup>	6,0±0,00 <sup>Ab</sup>	8,0±0,00 <sup>ABa</sup>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MK12	5,5±0,05 <sup>Ba</sup>	7,0±0,10 <sup>Aa</sup>	5,5±0,05 <sup>ABa</sup>	7,0±0,10 <sup>ABCa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK13	6,0±0,00 <sup>ABa</sup>	7,0±0,10 <sup>Aa</sup>	5,5±0,05 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>BCa</sup>
<i>Leuconostoc mesenteroides</i> MK15	7,0±0,10 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>ABa</sup>	5,5±0,05 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>BCa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK16	5,5±0,05 <sup>Ba</sup>	7,0±0,10 <sup>Aa</sup>	5,0±0,00 <sup>Ba</sup>	7,0±0,10 <sup>ABCa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK17	8,0±0,00 <sup>Aa</sup>	6,0±0,00 <sup>ABc</sup>	5,0±0,00 <sup>Bd</sup>	6,0±0,00 <sup>BCb</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK18	7,0±0,10 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>ABa</sup>	6,0±0,00 <sup>Aa</sup>	7,0±0,10 <sup>ABCa</sup>
<i>Pediococcus pentosaceus</i> MK19	6,0±0,00 <sup>ABa</sup>	5,5±0,05 <sup>ABab</sup>	5,0±0,00 <sup>Bb</sup>	6,0±0,00 <sup>BCa</sup>
<i>Lactobacillus curvatus</i> MK20	7,0±0,10 <sup>ABab</sup>	7,0±0,10 <sup>Aab</sup>	5,0±0,00 <sup>Bb</sup>	8,0±0,00 <sup>ABa</sup>

Farklı büyük harfler aynı mikroorganizmada LAB türleri arasındaki önemli farklılığı göstermektedir. Farklı küçük harfler aynı LAB türlerinde farklı mikroorganizmalar arasındaki önemli farklılığı göstermektedir (p<0,05).

Erdoğan ve ark. (2002) yaptıkları bir çalışmada fermente sucuklardan 4 adet *P. pentosaceus* türü izole etmiş ve *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Micrococcus luteus*, *Mycobacterium smegmatus*, *Staphylococcus aureus*, *Yersinia enterocolitica* üzerine antimikrobiyal etkilerini araştırmıştır. İzole edilen suşlardan sadece birinin *Staphylococcus aureus*'a karşı 10 mm'lik zon oluşturduğunu bildirmiştir. Bu çalışmada *Pediococcus pentosaceus* türlerinin 4 indikatör mikroorganizmaya karşı 5,0-8,0 mm büyüklüğünde zon oluşturduğu belirlenmiştir. Bir diğer çalışmada (Arslankoz, 2011) turşulardan izole edilen *Pediococcus* izolatlarının *Listeria innocua*, *E. coli* ve *Salmonella* sp.'a karşı 10 mm ve 10 mm'den büyük zonlar oluşturduğu *B. cereus*, *Lb. brevis*'e karşı 10 mm'den küçük zonlar oluşturduğu bildirilmiştir.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada Tip I ekşi hamur ile elde edilmiş kek hamurunun laktik asit bakterisi (LAB) çeşitliliği belirlenmiş ve izole edilen LAB türlerinin teknolojik özellikleri incelenmiştir. Bu maksatla, farklı oranlarda (%10, %15 ve %20) Tip I ekşi hamur kullanılarak üç farklı formülasyonda kek hamuru elde edilmiş ve 30-35°C' de, %80-90 bağıl nemde 4-6 saat fermentasyona bırakılmıştır. Fermente kek hamurlarından laktik asit bakterileri izole edilip (farklı morfolojiye sahip kolonilerden) 16S rRNA tekniği ile tür bazında tanımlama yapılmıştır.

İzolasyonu yapılan LAB'lerin *Pediococcus*, *Lactobacillus* ve *Leuconostoc* cinslerine ait türler oldukları belirlenmiştir. Toplam 18 adet izolatın 10'u *Pediococcus pentosaceus*, 5'i *Lactobacillus curvatus* ve 3'ü *Leuconostoc mesenteroides* olarak tanımlanmışlardır.

Tanımlanan LAB türlerinin asit üretim yeteneği, farklı pH değerlerinde gelişme, farklı tuz konsantrasyonlarında gelişme ve *Escherichia coli*, *Salmonella Typhimurium*, *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*'a karşı antibakteriyel aktivitesi belirlenmiştir.

İzolatların çoğunun pH 2 'de zayıf gelişme gösterdiği ve *Pediococcus* izolatlarının bazılarının gelişme göstermediği; pH 9,6'da ise bir *Pediococcus pentosaceus* izolatı hariç diğer LAB izolatlarının iyi gelişme gösterdiği tespit edilmiştir. LAB izolatları %9 tuz konsantrasyonunda en zayıf gelişmeyi gösterirken; %6 tuz konsantrasyonunda en iyi gelişmeyi *Pediococcus pentosaceus* izolatları göstermiştir. LAB izolatlarının en yüksek antibakteriyel etkiyi *Salmonella Typhimurium*'a karşı gösterdikleri tespit edilmiştir.

Ekmek üretimi için üretilen ekşi hamurlarda daha çok, özellikle *Lb. plantarum*, *Lb. fermentum* ve *Lb. brevis* gibi *Lactobacillus* cinsine ait türler baskın türler olarak tespit edilirken, kek ekşi hamurunda *Pediococcus pentosaceus* türünün öne çıktığı belirlenmiştir.

## 5. Teşekkür

Bu çalışma Şölen Çikolata Gıda San. ve Tic. A.Ş.'nin TÜBİTAK TEYDEB tarafından desteklenen 3180282 nolu projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

## Kaynakça

- Arslankoz, N. (2011). Ankara Çubuk yöresi turşularından izole edilen laktik asit bakterilerinin bazı teknolojik ve fonksiyonel özelliklerinin belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 71 sayfa.
- Bocker, G., Stolz, P. & Hammes, W. P. (1995). Neue Erkenntnisse zum Ökosystem Sauerteig und zur Physiologie des Sauerteig-typischen Stammes *Lactobacillus sanfrancisco* und *Lactobacillus pontis*. Getreide Mehl und Brot, 49, 370–74.
- Bulut, Ç. (2003). Isolation and molecular characterization of lactic acid bacteria from cheese. İzmir Teknoloji Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 102 sayfa.
- Chavan, R.S. & Chavan, S.R. (2011). "Sourdough technology-A traditional way for wholesome foods: A review". *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 10, 169–182.
- Corsetti, A. & Settanni, L. (2007). Lactobacilli in sourdough fermentation. *Food Research International*, 40, 539-558.
- Çağlıyan, B. İ. (2008). İzmir piyasasında satılan bazı ekmeğin çeşitlerinin nitelikleri ve yapım teknikleri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. 133 sayfa.
- Decock, P. & Cappelle, S. (2005). Bread technology and sourdough technology. *Trends in Food Science & Technology*, 16, 113-120.
- Dertli, E., Mercan E., Arıcı, M., Yılmaz, M.T. & Sağdıç, O. (2016). Characterisation of lactic acid bacteria from Turkish sourdough and determination of their exopolysaccharide (EPS) production characteristics. *LWT- Food Science and Technology*, 71, 116-124.
- De Vuyst, L., Schrijvers, V., Paramithiotis, S., Hoste, B., Vancanneyt, M., Swings, J., Kalantzopoulos, G., Tsakalidou, E. & Messens, W. (2002). The biodiversity of lactic acid bacteria in Greek traditional wheat sourdoughs is reflected in both composition and metabolite formation. *Appl. Environ. Microbiol.* 68, 6059–6069.
- De Vuyst, L. & Neysens, P. (2005). The sourdough microflora: biodiversity and metabolic interactions. *Trends Food Science Technology*, 16, 43–56.
- De Vuyst, L. & Vancanneyt, M. (2007). Biodiversity and identification of sourdough lactic acid bacteria, *Food Microbiology*, 24,120–127.
- Elgün, A. & Ertugay, Z. (2002). *Tahıl İşleme Teknolojisi*, Erzurum: Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Erdoğan, Ö.T., Çetin, Ö. & Ergün, Ö. (2002). Fermente sucuklardan izole edilen *Pediococcus pentosaceus* suşlarının bazı metabolik ve antimikrobiyel aktiviteleri üzerine çalışmalar. *İ.Ü. Veteriner Fakültesi Dergisi*, 28, 249-254.
- Foschino, R., Terranno, R., Mora, D. & Galli, A. (1999). Microbial characterization of sourdoughs for sweet baked products. *Italian Journal of Food Science*, 11, 19–28.
- Galli, A. & Ottogalli, G. (1973). Aspetti della microflora degli impasti per panettone. *Annali di Microbiologia e Enzimologia*, 23, 39–49.
- Galli A., Franzetti L. & Fortina M.G. (1988). Isolation and identification of sourdough microflora. *Microbiologie-Aliments-Nutrition*, 6, 345–351.
- Garofalo, C., Silvestri, G., Aquilanti, L. & Clementi, F. (2008). PCR-DGGE analysis of lactic acid bacteria and yeast Dynamics during the production processes of three varieties of Panettone. *Journal of Applied Microbiology*, 105, 243-254.
- Gobbetti, M. (1998). The sourdough microflora: interactions of lactic acid bacteria and yeasts. *Trends in Food Science and Technology*, 9, 267–274.
- Hansen, A. & Schieberle, P. (2005). Generation of aroma compounds during sourdough fermentation: applied and fundamental aspects. *Trends in Food Science and Technology*, 16, 85–94.
- Herreros, M.A., Fresno, J.M., González -Prieto, M.J. & Tornadijo, M.E. (2003). Technological characterization of lactic acid bacteria isolated from Armada cheese (spanish goat's milk cheese). *International Dairy Journal*, 13, 469-479.
- Istituto Nazionale di Sociologia Rurale (INSOR) (2000). Atlante dei prodotti tipici: il pane. In: F. Angeli (Ed.), Roma, Agra RAI-ERI.
- Katina, K. (2005). Sourdough: A tool for the improved flavour, texture and shelf-life of wheat bread. VTT Publications 569.
- Kazanskaya, L. N., Afanasyeva, O. V., & Patt, V. A. (1983). Microflora of rye sourdoughs and some specific features of its accumulation in bread baking plants of the USSR. In J. Holas, & F. Kratochvil, *Developments in food science. Progress in cereal chemistry and technology*, 5B, 759–763. London: Elsevier
- Kıran, F. (2006). Hücre duvarı protein profilleri ve pilazmid içeriklerine göre laktik asit bakterilerinin moleküler tanısı. Ankara Üniversitesi Yüksek Lisans Tezi. 130 sayfa.

- Kitahara, M., Sakata, S. & Benno, Y. (2005). Biodiversity of *Lactobacillus sanfranciscensis* isolated from five sourdoughs. *Letters in Applied Microbiology*, 40, 353-357.
- Liang, C. Sarabani, Z. & Berenjian, A. (2016). An overview on the health benefits and production of fermented functional foods. *Journal of Advanced Medical Sciences and Applied Technologies (JAMSAT)*, 2 (2), 224-233.
- Meroth, C. B., Walter, J., Hertel, C., Brandt, M. J. & Hammes, W. P. (2003). Monitoring the bacterial population dynamics in sourdough fermentation processes by using PCR-denaturing gradient gel electrophoresis. *Applied and Environmental Microbiology*, 69, 475-482.
- Minervini, F., De Angelis, M., Di Cagno R. & Gobbetti, M. (2014). Ecological parameters influencing microbial diversity and stability of traditional sourdough. *International Journal of Food Microbiology*, 171, 136-146.
- Ottogalli, G., Galli, A. & Foschino, R. (1996). Italian bakery products obtained with sour dough: characterization of the typical microflora. *Advances in Food Science*, 18, 131-144.
- Stolz, P. (2003). Biological fundamentals of yeast and *Lactobacilli* fermentation in bread dough. In: *Handbook of Dough Fermentations*, K. Kulp and K. Lorenz (Eds.), Marcel Dekker, New York, 23-43.
- Tangüler, H. (2010). Şalgam suyu üretiminde etkili olan laktik asit bakterilerinin belirlenmesi ve şalgam suyu üretim tekniğinin geliştirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi. 367 sayfa.
- Vancanneyt, M., Neysens, P., Dewachter, M., Engelbeen, K., Snauwaert, C., Cleenwerck, I., Van der Meulen, R., Hoste, B., Tsakalidou, E., De Vuyst, L. & Swings, J., (2005). *Lactobacillus acidifarinae* sp. nov. and *Lactobacillus zymae* sp. nov., from wheat sourdoughs. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 55, 615-620.
- Vernocchi, P., Valmorri, S., Gatto, V., Torriani, S., Gianotti, A., Suzzi, G., Guerzoni, M.E. & Gardini, F. (2004). A survey on yeast microbiota associated with an Italian traditional sweet-leavened baked good fermentation. *Food Research International*, 37, 469-476.





# Determination of Energy Balance in Pumpkin Seed (*Cucurbita pepo* L.) Production

Mehmet Fırat Baran<sup>1\*</sup>, Osman Gökdoğan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Siirt University, Agriculture Faculty, Biosystem Engineering Department, Siirt, Turkey (ORCID: 0000-0002-7657-1227)

<sup>2</sup> Isparta University of Applied Sciences, Agriculture Faculty, Agricultural Machinery and Technologies Engineering Department, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4933-7144)

(First received 07 April 2020 and in final form 23 May 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.715740)

**ATIF/REFERENCE:** Baran, M. F., & Gökdoğan, O. (2020). Determination of Energy Balance in Pumpkin Seed (*Cucurbita pepo* L.) Production. *European Journal of Science and Technology*, (19), 43-47.

## Abstract

In this study was purposed to define an energy balance of pumpkin seed production in Kavaklı town of Kırklareli province in Turkey. In order to define the energy balance of pumpkin seed production in dry conditions, trials and measurement were applied in pumpkin seed farm in the Kavaklı town of Kırklareli province. Human labour energy, machinery energy, diesel fuel energy, chemical fertilizers energy and seed energy were computed as energy inputs. The pumpkin seeds were computed as output energy. The energy input and output were computed as 10022.42 MJ ha<sup>-1</sup> and as 9611.25 MJ ha<sup>-1</sup> in pumpkin seed production. Energy inputs consist respectively for chemical fertilizers energy by 5266.50 MJ ha<sup>-1</sup> (52.55%), diesel fuel energy by 3375.78 MJ ha<sup>-1</sup> (33.68%), machinery energy by 805.46 MJ ha<sup>-1</sup> (8.04%), human labour energy by 429.04 MJ ha<sup>-1</sup> (4.28%) and seed energy by 145.63 MJ ha<sup>-1</sup> (1.45%). Energy efficiency, specific energy, energy productivity and net energy in pumpkin seed production were computed respectively as 0.96, 12.15 MJ kg<sup>-1</sup>, 0.08 kg MJ<sup>-1</sup> and (-) 411.17 MJ ha<sup>-1</sup>. 94.27% of total energy inputs in the production of pumpkin seed consisted of non-renewable energy input.

**Keywords:** Energy balance, Energy productivity, Pumpkin seed, Kavaklı, Kırklareli

## Çerezlik Kabak Üretiminin Enerji Bilançosunun Belirlenmesi

### Öz

Bu çalışmada, Türkiye'nin Kırklareli ilinin Kavaklı beldesinde çerezlik kabak üretiminin enerji bilançosunun belirlenmesi amaçlanmıştır. Kuru şartlarda çerezlik kabak üretiminin enerji bilançosunu belirlemek için Kırklareli ilinin Kavaklı beldesinde bir çerezlik kabak işletmesinde denemeler ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Enerji girdileri olarak insan işgücü enerjisi, makine enerjisi, dizel yakıt enerjisi, kimyasal gübre enerjisi ve tohum enerjisi hesaplanmıştır. Çıktı enerjisi olarak çerezlik kabak ürünü hesaplanmıştır. Çerezlik kabak üretiminde enerji girdisi ve çıktısı 10022.42 MJ ha<sup>-1</sup> ve 9611.25 MJ ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Enerji girdileri sırasıyla; 5266.50 MJ ha<sup>-1</sup> (%52.55) ile kimyasal gübre enerjisi, 3375.78 MJ ha<sup>-1</sup> (%33.68) ile dizel yakıt enerjisi, 805.46 MJ ha<sup>-1</sup> (%8.04) ile makine enerjisi, 429.04 MJ ha<sup>-1</sup> (%4.28) ile insan işgücü enerjisi ve 145.63 MJ ha<sup>-1</sup> (%1.45) ile tohum enerjisinden oluşmuştur. Çerezlik kabak üretiminde enerji etkinliği, spesifik enerji, enerji verimliliği ve net enerji sırasıyla; 0.96, 12.15 MJ kg<sup>-1</sup>, 0.08 kg MJ<sup>-1</sup> ve (-) 411.17 MJ ha<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Çerezlik kabak üretiminde toplam enerji girdilerinin %94.27'si yenilenemez enerji girdisinden oluşmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji bilançosu, Enerji verimliliği, Çerezlik kabak, Kavaklı, Kırklareli

\* Corresponding Author: Siirt University, Agriculture Faculty, Biosystem Engineering Department, Siirt, Turkey (ORCID: 0000-0002-7657-1227)  
[mfb197272@gmail.com](mailto:mfb197272@gmail.com)

## 1. Introduction

Pumpkin (*Cucurbita maxima*) belongs to the cucurbitaceae family, which covers cucumber, melon and squash (Robinson and Decker-Walters, 1997; Teppner, 2000; Azarpour et al., 2013). Pumpkin seed has very intensive oil and protein rate and it is used as a medicinal plant for products such as pumpkinol, prostacenz and prostalog that wereshowed good results for therapies of minor disorders of the prostate gland and the urinary vesica. Pumpkin plants are hardy creepers or soil surface runners, but able to swarm where there are supports. The fruits are various in shape, colour and sizes. They are monoecious and can be bred from pure lines. The pumpkin orange flesh is used for human consumption such as soup, purees, jams, and pies throughout the world (Alfaz, 2004; Azarpour et al., 2013).

The relationship between agriculture and energy is very close. Agriculture is an energy user and energy supplier itself in the form of bio-energy (Alam et al., 2005; Azarpour et al., 2013). Energy usage in agriculture was improved in response to rising populations, limited supply of cultivable land and desire for an rising standard of living. In all societies, these factors were heartened an rise in energy inputs to maximum yields, minimum labor-intensive practices or both (Alam et al., 2005; Azarpour et al., 2013). Effectual energy usage in agriculture is one of the states for consistent agricultural production, since it maintains financial savings, fossil resources preservation and air pollution decreasing (Uhlin, 1998; Azarpour et al., 2013).

Energy balance was analyzed in some researches on pumpkin seed (Azarpour et al., 2013; Sağlam and Çetin, 2018), soybean (Mandal et al., 2002), mustard (Mandal et al., 2002), wheat-maize (Mani et al., 2007), potato (Mohammadi et al., 2008), cucumber (Mohammadi and Omid, 2009), canola (Mousavi-Avval et al., 2011), lentil (Mirzae et al., 2011), maize (Karaağaç et al., 2011), sesame (Ibrahim, 2011), barley (Azizi and Heidari et al., 2013), tobacco (Loghmanpour-zarini and Abedi-firouzjaee, 2013), rice (Yadav et al., 2013), grape (Baran et al. 2017), citrus (Yılmaz ve Aydın, 2020), tomato (Saltuk et al., 2019), chickpea (Karaağaç et al. 2019), groundnut (Baran et al., 2019, Saltuk, 2019), etc. The definition of the energy balance of pumpkin seed is the aim of this study.

## 2. Material and Method

Kırklareli province is located between 41° 44'-42° 00' north latitude and 26° 53'-41° 44' east meridians. The land size of Kırklareli province is 6555 km<sup>2</sup> (Anonymous, 2014). The study was performed on test fields that has 600 square meters in 15 decares, located in Kavaklı region of Kırklareli province (Figure 1).



Figure 1. The location of study area (Baran at al, 2015)

It was used randomized complete-block design with three replicates in this study. While computing energy input-output, the researches performed on defining the coefficients of energy equivalents of inputs-outputs were used. Pumpkin seed input-output values were defined and the computations were given in Table 2. Koçtürk and Engindeniz (2009) reported that; “The input energy can also be classified into direct, indirect, renewable and non-renewable forms (Mandal et al., 2002; Singh et al., 2003)”. Energy efficiency computations in pumpkin seed production were given in Table 3. Types of energy inputs for pumpkin seed production were given in Table 4.

Total fuel consumption of each parcel was computed as l ha<sup>-1</sup>. Full tank method was used to measure the amount of fuel (Göktürk, 1999; El Saleh, 2000; Sonmete, 2006). Labor yield of each parcel (ha h<sup>-1</sup>) was computed by proportion the total time computed for in area of the trial to the area amount. Experiments in parcel were measured with using the effective labour time ( $t_{ef}$ ) (Özcan, 1986; Güzel, 1986; Sonmete, 2006). The time spent during agricultural operations in the parcel was measured with the aid of chronometer (Sonmete, 2006). Energy equivalents of input-output used in agricultural production were given in Table 1. Energy ratio, specific energy and net energy were computed with using the following formulas (Mandal et al., 2002; Mohammadi et al., 2008; Mohammadi et al., 2010).

$$\text{Energy efficiency} = \text{Energy output (MJ ha}^{-1}\text{)} / \text{Energy input (MJ ha}^{-1}\text{)} \quad (1)$$

$$\text{Energy productivity} = \text{Product output (kg ha}^{-1}\text{)} / \text{Energy input (MJ ha}^{-1}\text{)} \quad (2)$$

$$\text{Specific energy} = \text{Energy input (MJ ha}^{-1}\text{)} / \text{Product output (kg ha}^{-1}\text{)} \quad (3)$$

$$\text{Net energy} = \text{Energy output (MJ ha}^{-1}\text{)} - \text{Energy input (MJ ha}^{-1}\text{)} \quad (4)$$

Table 1. Energy equivalents of inputs and outputs in pumpkin seed production

Inputs	Unit	Energy equivalent (MJ unit <sup>-1</sup> )	References
Human labour	h	1.96	Mani et al., 2007; Karaağaç et al., 2011
Machinery	h	64.80	Singh, 2002; Kızılaslan, 2009
Chemical fertilizers			
Nitrogen	kg	60.60	Singh, 2002
Phosphorous	kg	11.10	Singh, 2002
Diesel fuel	l	56.31	Singh, 2002; Demircan et al., 2006
Seed	kg	11.65	Azarpour et al., 2013; Sağlam and Çetin, 2018
Output	Unit	Energy equivalent (MJ unit <sup>-1</sup> )	References
Yield (Seed)	kg	11.65	Azarpour et al., 2013; Sağlam and Çetin, 2018

### 3. Results and Discussion

In the farm producing pumpkin seed, an average of 825 kg ha<sup>-1</sup> pumpkin seed was yielded during the 2017-2018 production season. The energy balance in pumpkin seed production was given in Table 2. According to Table 2, energy inputs in pumpkin seed production were computed as 10022.42 MJ ha<sup>-1</sup>, energy output was computed as 9611.25 MJ ha<sup>-1</sup>. Energy inputs consist of chemical fertilizers energy by 5266.50 MJ ha<sup>-1</sup> (52.55%), diesel fuel energy by 3375.78 MJ ha<sup>-1</sup> (33.68%), machinery energy by 805.46 MJ ha<sup>-1</sup> (8.04%), human labour energy by 429.04 MJ ha<sup>-1</sup> (4.28%) and seed energy by 145.63 MJ ha<sup>-1</sup> (1.45%), respectively.

Similarly, in previous researches; Azarpour et al. (2013) computed that the fertilizer application energy had the biggest share by 80.49% (pumpkin seed), Mohammadi and Omid (2010) computed that the fertilizer application energy had the biggest share by 40.17% (cucumber), Abbas (2011) computed that the fertilizer application energy had the biggest share by 36.30% (canola), Karaağaç et al. (2011) computed that the fertilizer application energy had the biggest share by 58.21% (wheat), Baran (2017) computed that the fertilizer application energy had the biggest share by 52.79% (vetch) etc.

Table2. Energy balance in pumpkin seed production

Inputs	Unit (br)	Energy equivalent (MJ br <sup>-1</sup> )	Input used per hectare (br ha <sup>-1</sup> )	Energy value (MJ ha <sup>-1</sup> )	Ratio (%)
Human labour	h	1.96	218.90	429.04	4.28
Machinery	h	64.80	12.43	805.46	8.04
Chemical fertilizers				5266.50	52.55
Nitrogen	kg	60.60	75	4545	45.35
Phosphorous	kg	11.10	65	721.50	7.20
Diesel fuel	l	56.31	59.95	3375.78	33.68
Seed	kg	11.65	12.50	145.63	1.45
Total				10022.42	100.00
Outputs	Unit (br)	Energy equivalent (MJ br <sup>-1</sup> )	Yield per hectare (br ha <sup>-1</sup> )	Energy value (MJ ha <sup>-1</sup> )	Ratio (%)
Yield (Seed)	kg	11.65	825	9611.25	100.00
Total				9611.25	100.00

Energy efficiency, specific energy, energy productivity and net energy in pumpkin seed production were computed as 0.96, 12.15 MJ kg<sup>-1</sup>, 0.08 kg MJ<sup>-1</sup> and (-) 411.17 MJ ha<sup>-1</sup>, respectively (Table 3). In previous researches; Sağlam and Çetin (2018) computed energy efficiency as 1.005 (pumpkin seed), Azarpour et al. (2013) computed energy efficiency as 0.16 (pumpkin seed), Mandal et al. (2002) computed energy efficiency as 1.10 (soybean), Mandal et al. (2002) computed energy efficiency as 1.98 (mustard), Mohammadi et al. (2008) computed energy efficiency as 1.25 (potato) etc.

Table3. Energy computations in pumpkin seed production

Computations	Unit	Values
Energy efficiency		0.96
Specific energy	MJ kg <sup>-1</sup>	12.15
Energy productivity	kg MJ <sup>-1</sup>	0.08
Net energy (-)	MJ ha <sup>-1</sup>	411.17

The consumed total energy input in pumpkin production was classified as 37.96% direct, 62.04% indirect, 5.73% renewable and 94.27% non-renewable (Table 4). Similarly, in previous researches; Azarpour et al. (2013) computed renewable energy ratio of 5.68% (pumpkin seed), Mohammadi et al. (2008) computed renewable energy ratio of 25.73% (potato), Mohammadi and Omid (2010) computed renewable energy ratio of 6.85% (cucumber), Abbas (2011) computed renewable energy ratio of 1.20% (canola), Loghmanpour-zarini and Abedi-firouzjaee (2013) computed renewable energy ratio of 16.55% (tobacco), etc.

Table 4. Types of energy inputs for pumpkin seed production

Type of energy	Energy input (MJ ha <sup>-1</sup> )	Ratio (%)
Direct energy <sup>a</sup>	3804.83	37.96
Indirect energy <sup>b</sup>	6217.59	62.04
Total	10022.42	100.00
Renewable energy <sup>c</sup>	574.67	5.73
Non-renewable energy <sup>d</sup>	9447.75	94.27
Total	10022.42	100.00

<sup>a</sup> Includes human labour and diesel fuel

<sup>b</sup> Includes seed, chemical fertilizers and machinery

<sup>c</sup> Includes human labour and seed

<sup>d</sup> Includes diesel fuel, chemical fertilizers and machinery

## 4. Conclusions and Recommendations

The study was explained with these summarized conclusions:

Pumpkin seed production consumed a total energy of 10022.42 MJ ha<sup>-1</sup>, which was the highest due to chemical fertilizers (52.55%). The energy input of diesel fuel (33.68%) and machinery (8.04%) were the second and third share within the total energy inputs.

Energy efficiency, energy productivity, specific energy and net energy were determined as 0.96, 0.08 kg MJ<sup>-1</sup>, 12.15 MJ kg<sup>-1</sup> and (-) 411.17 MJ ha<sup>-1</sup>.

The renewable and non-renewable energy inputs were 5.73% and 94.27% of the total energy input.

Decreasing chemical fertilizers consumption is important for energy efficiency management. Thus, farm fertilizers using may be decreased.

In this study, the energy efficiency of pumpkin seed production in the Kırklareli province was determined. According to the evaluated results, pumpkin seed production is not an economic production in terms of energy usage (0.96).

## 5. Acknowledge

This study was submitted as oral abstract in ISPEC Conference (International Conference on Agriculture and Rural Development-II) 26-29 September 2019, Kiev, Ukraine.

## References

- Abbas, D. (2011). Energy use efficiency and economic analysis of canola production in three different areas in Iran. *Journal of Agricultural and Biological Science*, 6(11), 54-61.
- Alam, M. S., Alam, M. R., Islam, K. K. (2005). Energy flow in Agriculture: Bangladesh. *American Journal of Environmental Sciences*. 1(3), 213-220.
- Alfaz, M. A. (2004). Chemical composition and oil characteristics of pumpkin (*Cucurbita maxima*) seed kernels. Food and Agriculture Sciences Research Center. *The Research Center of the Faculty of Agriculture-King Saud University*, 129, 5-18.
- Anonymous. (2014). Kırklareli Special Provincial Administration. <http://www.kirklareliilozelidairesi.gov.tr/CografikOzellikler.aspx>, Available date: 18 April 2014.
- Azarpour, E., Mehr, A. S., Moraditochae, M., Reza, H. (2013). Evaluation greenhouse gases and energy of pumpkin production in north of Iran. *International Journal of Biosciences*, 3(8), 182-190.
- Azizi, A., Heidari, S. (2013). A comparative study on energy balance and economical indices in irrigated and dry land barley production systems. *International Journal of Environment Science and Technology*, 10(5), 1019-1028.
- Baran, M. F., Gökdoğan, O., Bağdatlı, C., Bellitürk, K.. (2015). Energy balance of rice production in Turkey: A case study for Kırklareli province, *Econicon Open Access Agriculture*, 1(4), 167-173.
- Baran, M. F. (2017). Energy and economic analysis of vetch production in Turkey: A case study from Thrace region. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(3), 1967-1973.
- Baran, M. F., Lüle, F., Gökdoğan, O. (2017). Energy input-output analysis of organic grape production: A case study from Adiyaman province. *Erwerbs-Obstbau*, 59, 275-279.



- Baran M.F, Karaağaç, H. A, Bolat, A, Çil A., Çil, A.N. (2018). Yerfıstığı üretiminde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi (Adana ili örneği). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 103-111.
- Demircan, V., Ekinci, K., Keener, H. M., Akbolat, D., Ekinci, Ç. (2006). Energy and economic analysis of sweet cherry production in Turkey: A case study from Isparta province. *Energy Conversion and Management*, 47, 1761-1769.
- El Saleh, Y. (2000). Suriye ve Türkiye’de mercimek ve nohut hasadında mekanizasyon olanaklarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yayımlanmamış), Adana.
- Göktürk, B. (1999). Kuru soğanın hasada yönelik bazı özelliklerinin saptanması, kazıcı bıçaklı tip hasat makinesinin geliştirilmesi ve diğer hasat yöntemleri ile karşılaştırılması üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yayımlanmamış), Tekirdağ.
- Güzel, E. (1986). Çukurova Bölgesinde yerfıstığının sökülme ve harmanlanmasının mekanizasyonu ve bitkinin mekanizasyona yönelik özelliklerinin saptanması üzerine bir araştırma. *Türkiye Ziraî Donatım Kurumu Mesleki Yayınları*, Yayın No: 47, Ankara.
- Ibrahim, H.Y. (2011). Energy inputs and crop yield relationship for sesame production in North Central Nigeria. *Journal of Agricultural Technology*, 7(4), 907-914.
- Karaağaç, M. A., Aykanat, S., Cakır, B., Eren, Ö., Turgut, M. M., Barut, Z.B., Öztürk, H. H. (2011). Energy balance of wheat and maize crops production in Hacıali Undertaking. *11th International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture Congress*, 388-391.
- Karaağaç, H. A, Baran M. F, Mart, D., Bolat, A., Eren, Ö. (2019). Nohut üretiminde enerji kullanım etkinliği ve sera gazı (GHG) emisyonunun belirlenmesi (Adana ili örneği). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 41-50.
- Kızılaslan, H. (2009). Input-output energy analysis of cherries production in Tokat Province of Turkey. *Applied Energy*. 86, 1354-1358.
- Loghmanpour-zarini, R., Abedi-firouzjaee, R.(2013). Energy and water use indexes for Tobacco production under different irrigation systems in Iran. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, pp: 5-12/1332-1339.
- Koçtürk, O. M., Engindeniz, S. (2009). Energy and cost analysis of sultana grape growing: a case study of Manisa, west Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 4(10), 938-943
- Mandal, K.G., Saha, K.P., Ghosh, P.K., Hati, K.M., Bandyopadhyay, K.K. (2002). Bioenergy and economic analysis of soybean based crop production systems in Central India. *Biomass and Bioenergy*, 23, 337-345.
- Mani, I., Kumar, P., Panwar J.S., Kant, K. (2007). Variation in energy consumption in production of wheat-maize with varying altitudes in Hill Regions of Himachal Pradesh, India. *Energy*, 32, 2336-2339.
- Mirzaee, E., Omid, M., Asakereh, A., Safaieenejad, M. and Dalvand M. J. (2011). 11th Energy efficiency in organic lentil production in Lorestan Province of Iran. *International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture Congress*, 21-23 September, Istanbul, Turkey, 383-387.
- Mohammadi, A., Tabatabaeefar, A., Shahin, S., Rafiee, S., Keyhani, A. (2008). Energy use and economical analysis of potato production in Iran a case study: Ardabil Province. *Energy Conversion Management*, 49, 3566-3570.
- Mohammadi, A., Omid, M. (2010). Economical analysis and relation between energy inputs and yield of greenhouse cucumber production in Iran. *Applied Energy*, 87, 191-196.
- Mohammadi, A., Rafiee, S., Mohtasebi, S. S., Rafiee, H. (2010). Energy inputs-yield relationship and cost analysis of kiwifruit production in Iran. *Renewable Energy*, 35, 1071-1075.
- Mousavi-Avval, S., H., Rafiee, S., Jafari, A., Mohammadi, A. (2011). Energy flow modeling and sensitivity analysis of inputs for canola production in Iran. *Journal of Cleaner Production*, 19(2011), 1464-1470.
- Özcan, M. T. (1986). Mercimek hasat ve harman yöntemlerinin iş verimi, kalitesi, enerji tüketimi ve maliyet yönünden karşılaştırılması ve uygun bir hasat makinası geliştirilmesi üzerine araştırmalar. *Türkiye Ziraî Donatım Kurumu Yayınları*, Yayın No: 46, Ankara.
- Robinson, R. W., Decker-Walters, D. S. (1997). "What are Cucurbits". In Cucurbits, R. W. Robinson & D. S. Decker-Walters, *CAB International*, New York. pp: 1-22.
- Teppner, H. (2000). Cucurbita pepo (cucurbitaceae)-history, seed coat types, thin coated seeds and their genetics. *Phyton*, 40, 1-42.
- Sağlam, C., Çetin, B. (2018). A research on determination of energy efficiency in pumpkin seed production. *IV. International Vocational and Technical Sciences Congress*, 2070-2076.
- Saltuk, B. (2019). Energy efficiency of greenhouse tomato production in Turkey: A case of Siirt province. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(8), 6352-6357.
- Saltuk, B. (2019). Determination of energy efficiency in after groundnut production (Osmaniye Case). *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(4A), 3476-3482
- Singh, J.M. (2002). On farm energy use pattern in different cropping systems in Haryana, India. International Institute of Management University of Flensburg, Sustainable Energy Systems and Management. Master of Science. Germany.
- Singh, H., Mishra, D., Nahar, N. M., Ranjan, M. (2003). Energy use pattern in production agriculture of a typical village in Arid Zone India (Part II). *Energy Conversion and Management*, 44, 1053-1067.
- Sonmete, M. H. (2006). Fasulyenin hasat-harman mekanizasyonu ve geliştirme olanakları. Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü* (Yayımlanmamış), Konya.
- Uhlen, H. (1998). Why energy productivity is increasing: an I-O analysis of Swedish agriculture. *Agricultural Systems*, 56(4), 443-465.
- Yadav, S. N., Chandra, R., Khura, T. K., Chauhan, N. S. (2013). Energy input-output analysis and mechanization status for cultivation of rice and maize crops in Sikkim. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 15(3), 108-116.
- Yılmaz, H., Aydın, B. (2020). Comparative input-output energy analysis of citrus production in Turkey: Case of Adana province. *Erwerbs-Obstbau*, 62, 29-36.



# A Study of CO<sub>2</sub> Adsorption Behaviour and Kinetics on KIT-6

Müge Sarı Yılmaz<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0441-7586)

(First received 23 March 2020 and in final form 23 May 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.707874)

**ATIF/REFERENCE:** Sarı Yılmaz, M. (2020). A Study of CO<sub>2</sub> Adsorption Behaviour and Kinetics on KIT-6. *European Journal of Science and Technology*, (19), 48-55.

## Abstract

KIT-6 mesoporous silica has been used in catalysis, nano containers, adsorption and drug delivery applications due to its original three dimensional channel network. Typically, KIT-6 is prepared from triblock copolymers as the template directing agents under acidic conditions. In this article, KIT-6 was successfully synthesized via partitioned cooperative self-assembly method. The synthesized sample was characterized using X-ray diffraction (XRD), thermogravimetry/differential thermal analysis (TG/DTA) and N<sub>2</sub> adsorption/desorption. The characterization methods demonstrated that the synthesized sample is ordered KIT-6 mesoporous silica with a high surface area (605.93 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>), pore volume (0.58 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>), and good thermal stability. The CO<sub>2</sub> adsorption studies of the sample were performed at different temperatures (25, 75 and 100°C). The maximum adsorption capacity (0.65 mmol g<sup>-1</sup>) was observed at 25°C adsorption temperature. In addition, it was determined that the adsorption capacity of KIT-6 decreases with increasing adsorption temperature. This study also presents the investigation of the CO<sub>2</sub> adsorption kinetics on KIT-6 using the first order and the second order models. The kinetic data for the CO<sub>2</sub> adsorption on the sample conformed to the second order model. The activation energy (E<sub>a</sub>) was calculated as 18.75 kJ mol<sup>-1</sup> from Arrhenius plot for CO<sub>2</sub> adsorption on KIT-6 mesoporous silica. Moreover, the regenerability and cyclic stability of KIT-6 mesoporous silica was determined using TG/DTA analysis. From the analysis results, it was clearly seen that the ordered mesoporous silica has perfect cyclic stability of 94% after 4 adsorption/desorption cycle, which implies that the synthesized KIT-6 could possibly used as an adsorbent in the CO<sub>2</sub> adsorption.

**Keywords:** KIT-6, CO<sub>2</sub>, Adsorption, Kinetics.

## KIT-6 Üzerinde CO<sub>2</sub> Adsorpsiyon Davranışı ve Kinetiği Üzerine Bir Çalışma

### Öz

KIT-6 mezogözenekli silika özgün üç boyutlu kanal ağı sayesinde kataliz, nano kaplar, adsorpsiyon ve ilaç taşıyıcı uygulamalarında kullanılmıştır. Tipik olarak KIT-6, asidik koşullar altında şablon yönlendirici ajanlar olarak triblok kopolimerlerinden hazırlanır. Bu makalede, KIT-6 bölümlenmiş kooperatif kendi kendine montaj yöntemi ile başarıyla sentezlenmiştir. Sentezlenen numune X-ışınları difraktometresi (XRD), termogravimetri/diferansiyel termal analiz (TG/DTA) ve N<sub>2</sub> adsorpsiyon/desorpsiyon kullanılarak karakterize edilmiştir. Karakterizasyon yöntemleri, sentezlenen numunenin yüksek yüzey alanlı (605.93 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>), gözenek hacimli (0.58 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>) ve iyi termal stabiliteli düzenli KIT-6 mezoporöz silika olduğunu göstermiştir. Numunenin CO<sub>2</sub> adsorpsiyon çalışmaları farklı sıcaklıklarda (25, 75 ve 100°C) gerçekleştirilmiştir. Maksimum adsorpsiyon kapasitesi (0.65 mmol g<sup>-1</sup>) 25°C adsorpsiyon sıcaklığında gözlenmiştir. Ayrıca, adsorpsiyon sıcaklığının artmasıyla KIT-6'nın adsorpsiyon kapasitesinin azaldığı belirlenmiştir. Bu çalışma aynı zamanda birinci ve ikinci derece modelleri kullanarak KIT-6 üzerindeki CO<sub>2</sub> adsorpsiyon kinetiğinin araştırılmasını sunmaktadır. Numune üzerine CO<sub>2</sub> adsorpsiyonu için kinetik veriler, ikinci dereceden modele uymuştur. Aktivasyon enerjisi (E<sub>a</sub>), KIT-6 mezoporöz silika üzerine CO<sub>2</sub> adsorpsiyonu için Arrhenius grafiğinden 18.75 kJ mol<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, KIT-6 mezoporöz silikanın yenilenebilirliği ve döngüsel stabilitesi TG/DTA analizi kullanılarak belirlenmiştir. Analiz sonuçlarından, düzenli mezoporöz silikanın,

\* Corresponding Author: Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0441-7586), [mugesari@yildiz.edu.tr](mailto:mugesari@yildiz.edu.tr)

4 adsorpsiyon/desorpsiyon döngüsünden sonra %94'lük mükemmel döngüsel stabiliteye sahip olduğu açıkça görülmüştür; bu, sentezlenen KIT-6'nın muhtemelen CO<sub>2</sub> adsorpsiyonunda bir adsorban olarak kullanılabilmesine işaret etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** KIT-6, CO<sub>2</sub>, Adsorpsiyon, Kinetik.

## 1. Introduction

Porous materials has a wide usage in engineering applications due to its high heat resistance, low density of mass and thermal conductivity (Liu & Chen, 2014). According to the IUPAC definition, porous materials are classified into microporous, macroporous and mesoporous materials. The mesoporous materials have pores with diameters between 2 and 50 nm (Schneider, 1995). In recent years, the synthesis and applications of mesoporous materials have attracted the attention of many scientists (Zhao et al., 2012).

A huge family of the mesoporous silica materials has been reported so far including MCM-n (Mobil Composition of Matter), SBA-n (Santa Barbara), MSU (Michigan State University material), FSM-n (Folded Shet Materials), and KIT-n (Korean Advanced Institute of Science and Technology). These mesoporous samples possess high specific surface area, large pore volume, high chemical and thermal stabilities (Kruk et al., 2000; Wang, 2009). Ordered mesoporous silica are used as widely in the field of drug delivery (Yilmaz et al., 2016), catalysis (Lin et al., 2018), optics (Liu et al., 2013), photovoltaics (Adams et al., 2006), membranes (Sakamoto et al., 2007), gas sensing (Palaniappan et al., 2006) and adsorption (Yilmaz, 2017; Yilmaz & Karakas, 2018). They have recently attracted considerable attention of scientists as adsorbents with wide range of CO<sub>2</sub> gas adsorption applications.

The increasing amount of CO<sub>2</sub> in atmosphere due to the combustion of fossil fuels is harmful for human health and environment. For this reason, the capturing and separating technologies of CO<sub>2</sub> are very important. Various solid adsorbents such as zeolite (Hudson et al., 2012; Walton et al., 2006), carbon-based materials (An et al., 2011; Jribi et al., 2017), metal-based adsorbents (Bhatta et al., 2015; Shengping et al., 2011), organic-inorganic hybrids (Shanmugam et al., 2012) and amine solutions (Zhao et al., 2011) have been used for the capturing and separating technologies of CO<sub>2</sub>. The main disadvantages of using amine solutions for CO<sub>2</sub> separation on an industrial scale are their high energy requirement for regeneration of amine solutions, being highly corrosive and degradation of absorption solution in the presence of oxygen. (Bello & Idem, 2006; Chakma, 1997; Veawab et al., 1999). A considerable amount of heat is also required to regenerate some zeolite adsorbents (Surlblé et al., 2006). Recently, the mesoporous silica materials are used in the CO<sub>2</sub> adsorption and separation technologies due to their superior properties. However, there are a few studies in the literature about the usage of KIT-6 as an adsorbent in the CO<sub>2</sub> adsorption. KIT-6 possesses three dimensional la3d structure, high specific surface area and pore size adjustable from 4-12 nm depending on the synthesis conditions. Due to these properties, it is suitable to be used as an adsorbent in the CO<sub>2</sub> adsorption technologies. Accordingly, Kishor and Ghoshal studied the usage of 3-aminopropyl triethoxysilane (APTES) modified KIT-6 in CO<sub>2</sub> adsorption. They found that the uptake capacity depend on the accessible adsorption sites (amines) for CO<sub>2</sub> interaction (Kishor & Ghoshal, 2015). Tetraethylenepentamine (TEPA) loaded KIT-6 was synthesized by Liu et al. and applied in CO<sub>2</sub> adsorption. They obtained the highest CO<sub>2</sub> adsorption capacity of 2.9 mmol g<sup>-1</sup> using 50 wt% TEPA loaded KIT-6. (Liu et al., 2010). KIT-6 functionalized with polyethylenimine was prepared for CO<sub>2</sub> separation. It was observed that the CO<sub>2</sub> sorption capacity increased by increasing the temperature (Kishor & Ghoshal, 2016).

In this study, the use of KIT-6 synthesized as an adsorbent in CO<sub>2</sub> adsorption was investigated. CO<sub>2</sub> adsorption capacity of the material was studied at different temperatures using TG/DTA. Also, CO<sub>2</sub> adsorption kinetics of the synthesized sample was carried out by using the first order kinetic model (FOKM) and the second order kinetic model (SOKM).

## 2. Material and Method

Pluronic P123 block copolymer surfactant and concentrated HCl (37 wt%) were supplied from Sigma-Aldrich. Tetraethyl orthosilicate (TEOS; 98 wt%) and 1-butanol (0.81 g cm<sup>-3</sup>) were obtained from Merck.

X-ray diffraction (XRD) data was taken by a PANalytical X'Pert-Pro diffractometer with CuK $\alpha$  radiation in the scanning range of 2 $\theta$ =0.58–3.6°. Thermal stability of the sample was investigated in the Perkin Elmer Pyris Diamond TG/DTA under N<sub>2</sub> flow at a heating rate of 10 °C min<sup>-1</sup>. N<sub>2</sub> physisorption measurement of the sample was carried out at 77 K in Micromeritics ASAP 2020 BET (Brunauer, Emmett, and Teller) equipment. BET surface areas (S<sub>BET</sub>, m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>) were calculated using adsorption data with relative equilibrium pressure ranging from 0.06 <P/Po <0.30. Pore size distribution of the sample was calculated according to Barrett–Joyner–Halenda (BJH) method using desorption data.

### 2.1. Preparation of KIT-6

KIT-6 was synthesized according to the partitioned cooperative self-assembly (PCSA) method as reported previously (W. Wang et al., 2014). Briefly, 4.65 g P123 was thoroughly dissolved in a mixture of distilled water and HCl at 35°C and subsequently, 4.65 g n-butanol was introduced in the homogeneous solution and the mixture stirred for 1 h. Then, the desired amount of TEOS was added slowly in the solution and after a while, the remaining amount of TEOS was dropped into the mixture. The final solution was stirred for one day at 35°C and it was introduced to an autoclave and heated at 100°C for one day. Then, the obtained solution was filtered and the resultant white solid product was dried at 50°C. The obtained material was calcined at 550°C for 4 hours to remove P123.

### 2.2. CO<sub>2</sub> adsorption

CO<sub>2</sub> gas adsorption analysis of the sample was performed in TG/DTA under different temperatures (25, 75 and 100°C). For adsorption process, the sample of mass about 10 mg was taken into an aluminum crucible and heated under a nitrogen from room temperature to 110°C with a heating rate of 10 °C min<sup>-1</sup>. The sample was waited until the moisture in it was removed. Then, it was

cooled to a desired temperature with a cooling rate of  $15\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ . When the desired temperature was reached, it was switched to  $\text{CO}_2$  and kept for 90 min.  $\text{CO}_2$  adsorption capacity of the sample was determined based on the weight increase in the material.

In the adsorption/desorption analysis, the same amount of sample was loaded in the same TG/DTA equipment. Firstly, the material was heated to  $110^{\circ}\text{C}$  under nitrogen with a flow of  $60\text{ ml min}^{-1}$  and it was waited until the moisture content was removed. Then, it was cooled to  $75^{\circ}\text{C}$  with a cooling rate of  $15\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ . The gas was altered to  $\text{CO}_2$  and the sample was waited under  $\text{CO}_2$  atmosphere for 1 h. To desorption process, the gas was switched to nitrogen and the sample was kept at  $75^{\circ}\text{C}$ . This adsorption/desorption analysis was repeated for 4 times. The temperature of the adsorption/desorption cycle was chosen according to previous works (Xu et al., 2003; Son et al., 2008; Zhao et al., 2013).

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Characterization

XRD pattern of the synthesized sample is depicted in the Figure 1. It can be seen from the pattern, the diffraction peaks (211), (220), (420), and (332) corresponding characteristic of KIT-6 ordered mesoporous structure (Wang et al., 2014).

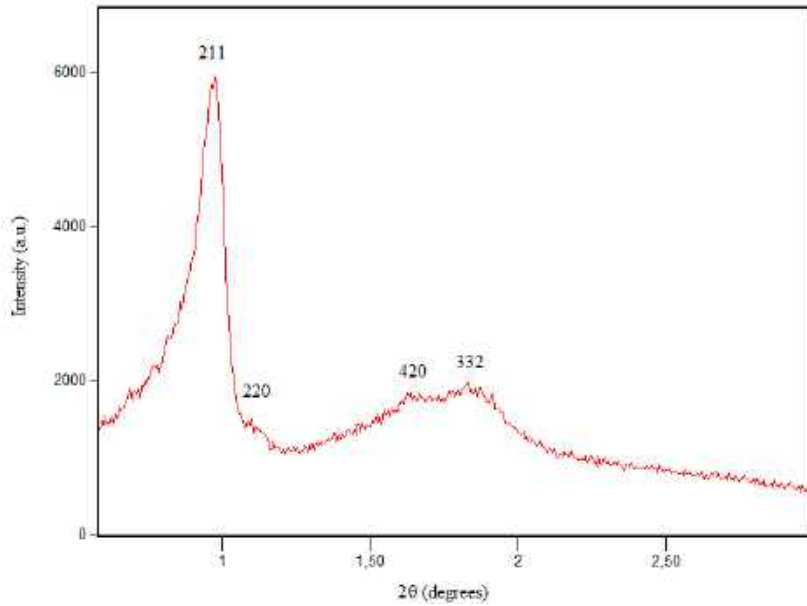


Figure 1. XRD pattern of KIT-6

The thermal behavior of KIT-6 is demonstrated in Figure 2. As it can be observed that a weight loss of 3.5% occurred between  $30^{\circ}\text{C}$  to  $100^{\circ}\text{C}$ , corresponding to removal of moisture. At temperatures above  $100^{\circ}\text{C}$  no weight loss occurred, showing that the synthesized sample has good thermal stability.

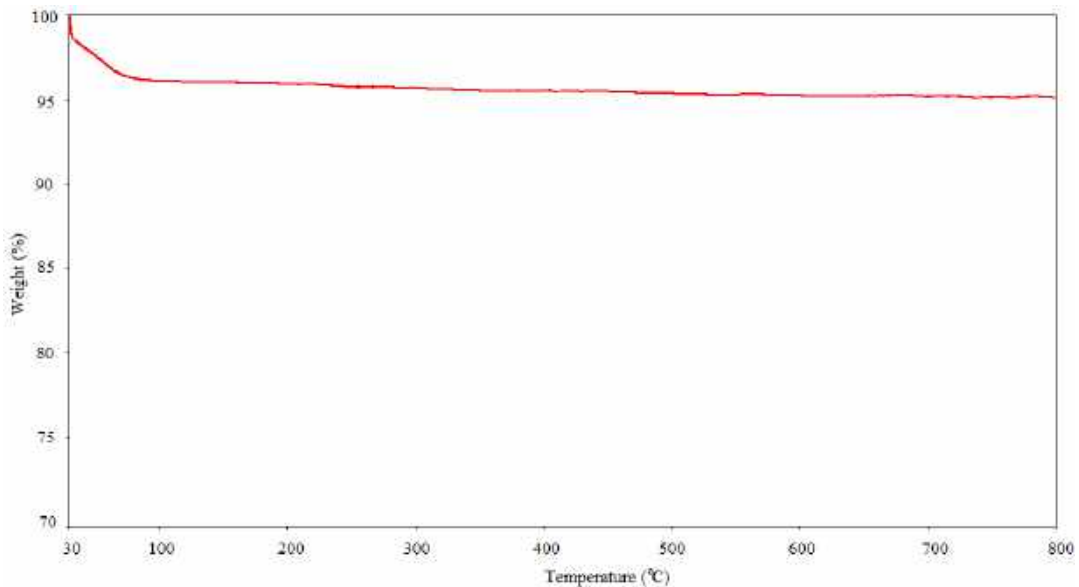


Figure 2. TG curve of KIT-6



Figure 3 illustrates N<sub>2</sub> adsorption/desorption isotherm of KIT-6. It was observed that the quantity of adsorption increased rapidly at P/P<sub>0</sub> between 0.5 and 0.8 as a result of capillary condensation. The isotherm shows the Type IV isotherm which is the characteristic for mesoporous materials and H1 hysteresis loop, indicating that large channel-like mesopores were occurred. The specific surface area, pore volume and pore size of the sample were 605.93 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, 0.58 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup> and 4.37 nm, respectively.

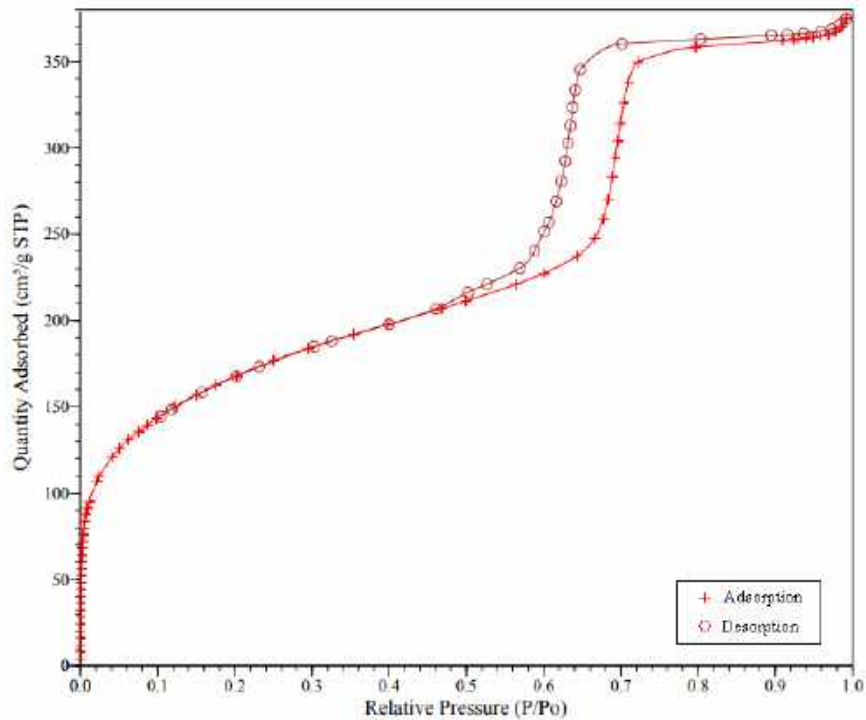


Figure 3. Nitrogen adsorption and desorption isotherms of KIT-6

### 3.1. CO<sub>2</sub> Adsorption Performance of KIT-6

The CO<sub>2</sub> adsorption behavior of KIT-6 mesoporous silica at different temperature was given in Figure 4. It was seen from the figure, adsorption capacity of the sample decreased by increasing of the temperature is a typical physisorption phenomena. The CO<sub>2</sub> uptake capacities of the sample increased rapidly and then it remained constant after 75 minute for all temperatures. The adsorption capacity of the sample was calculated considering the increase in sample mass in the TG curve. The maximum uptake capacity of KIT-6 was found to be 0.65 mmol g<sup>-1</sup> at 25°C.

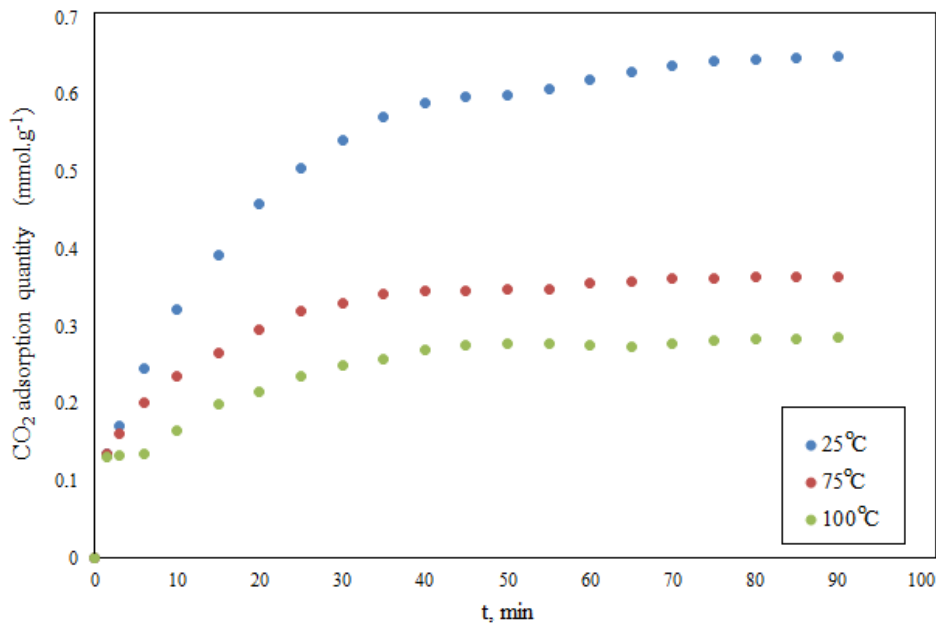


Figure 4. The adsorption capacities of CO<sub>2</sub> on KIT-6 at various temperature

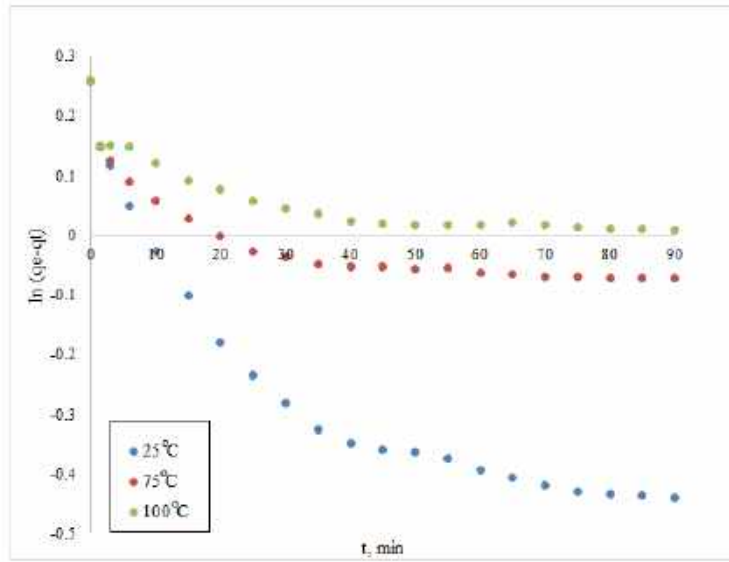
The adsorption kinetics of the sample was investigated by using FOKM and SOKM. The adsorption kinetic models were listed in Table 1. FOKM adsorption rate expression, originally derived by Lagergren, is based on solid phase concentration in the adsorption  
e-ISSN: 2148-2683

processes occurring in solid-liquid phase systems. The resulting FOKM expression is shown in Table 1. In the SOKM, the rate-limiting step is chemical sorption that involves the forces generated by exchange or sharing of valence electrons between the adsorbent and the solute. The SOKM expression is given in the Table 1.

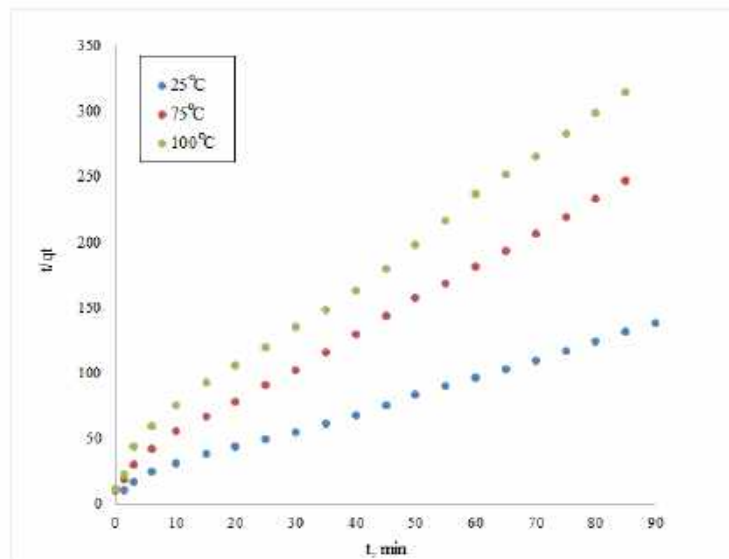
Table 1. Adsorption kinetic models

Model	Equation	Explanations	Ref.
FOKM	$\frac{dq}{dt} = k_f \cdot (q_e - q_t)$	$q_e$ : Amount of adsorbed substance at equilibrium (mmol g <sup>-1</sup> ) $q_t$ : Amount of adsorbed substance at $t$ (mmol g <sup>-1</sup> ) $t$ : Time (min) $k_f$ : The FOKM rate constant (min <sup>-1</sup> )	(Yilmaz & Karakas, 2018)
SOKM	$\frac{dq}{dt} = k_s \cdot (q_e - q_t)^2$	$k_s$ : The SOKM rate constant (g <sup>-1</sup> min <sup>-1</sup> )	(Yilmaz & Karakas, 2018)

The plots of FOKM and SOKM for the CO<sub>2</sub> adsorption on KIT-6 are given in Figure 5 and the calculated kinetic parameters of the kinetic models are listed in Table 2. From the table, it is observed that the correlation coefficient for the SOKM was higher than the FOKM. Also,  $q_e$  value estimated by the SOKM and the  $q_e$  values found experimentally are much closer than the other model. Therefore, it was concluded that the kinetic mechanism of CO<sub>2</sub> adsorption on the synthesized KIT-6 can be better explained by the SOKM.



a)



b)

Figure 5. The kinetic model plots for CO<sub>2</sub> adsorption on KIT-6 a) FOKM and b) SOKM

Table 2. Kinetic model plots for adsorption of CO<sub>2</sub> on KIT-6 a) FOKM and b) SOKM

Model	Parameter	Temperature		
		25°C	75°C	100°C
FOKM	q <sub>e</sub> (exp.)	0.643	0.363	0.283
	q <sub>e</sub>	1.039	1.103	1.151
	k <sub>f</sub>	0.007	0.003	0.002
	R <sup>2</sup>	0.809	0.663	0.697
SOKM	q <sub>e</sub>	0.730	0.386	0.305
	k <sub>s</sub>	0.129	0.507	0.538
	R <sup>2</sup>	0.998	0.999	0.997

The activation energy is an important factor used to determine the reaction rate. This value was found by the Arrhenius method, is written by the following equation:

$$\ln k = -\frac{E_a}{RT} + \ln A \tag{1}$$

where E<sub>a</sub> is activation energy (J mol<sup>-1</sup>), T is the temperature (K), k is the adsorption rate constant, and A is the frequency factor. Since the SOKM is the best method to define CO<sub>2</sub> adsorption on KIT-6, the activation energy of the adsorption process was found using the adsorption rate constants calculated from this kinetic model. Figure 6 shows that the Arrhenius plot obtained from second order k values calculated for the CO<sub>2</sub> adsorption on KIT-6. The activation energy value was calculated as 18.75 kJ mol<sup>-1</sup>. The obtained E<sub>a</sub> value is low due to weak adsorbate–adsorbent interaction and it is in the range of physisorption phenomena (Singh &Kumar, 2016). This result is compatible with the findings obtained from CO<sub>2</sub> adsorption capacity analysis.

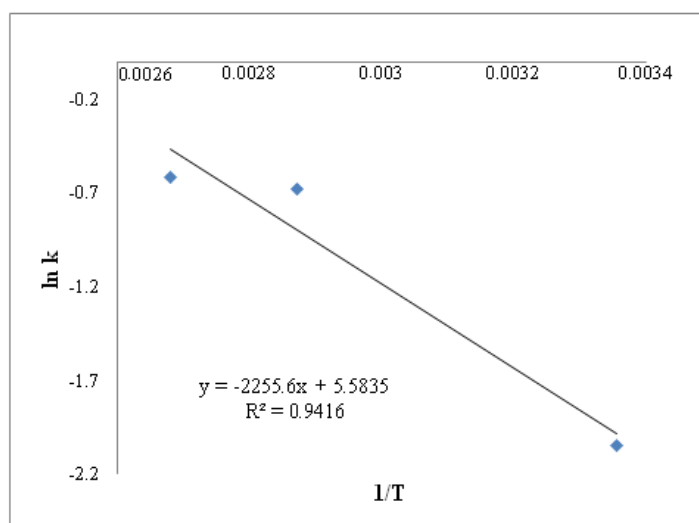


Figure 6. Arrhenius plot for the activation energy of CO<sub>2</sub> adsorption on KIT-6

In order to investigate the regenerability and cyclic stability of KIT-6, multistage CO<sub>2</sub> adsorption–desorption cycles were performed by DTA/TG at 75°C. The adsorption–desorption cycles were repeated four times. The CO<sub>2</sub> uptake capacity of the material is around 0.34 mmol g<sup>-1</sup> for each cycle, demonstrating excellent cyclic stability (Figure 7).

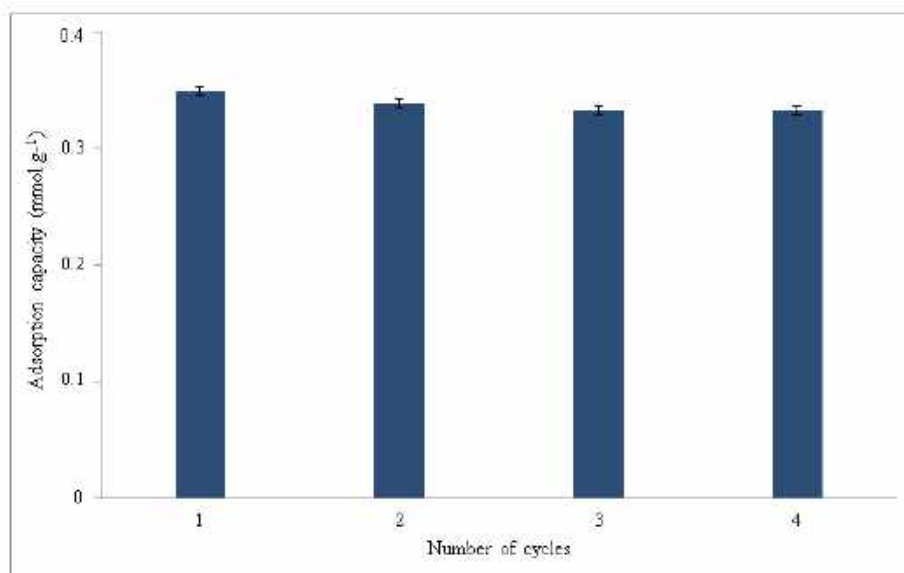


Figure 7. The cyclic adsorption capacity of the material

## 4. Conclusions and Recommendations

This study investigates the synthesis and usage of KIT-6 mesoporous silica as an adsorbent for CO<sub>2</sub> adsorption. The characterization results showed that ordered KIT-6 mesoporous silica was synthesized successfully. The surface area and pore volume of the material were found as 605.93 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup> and 0.58 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>, respectively. The CO<sub>2</sub> adsorption results showed that adsorption capacity of KIT-6 decreased by increasing of the adsorption temperature is a typical physisorption phenomena. Its maximum adsorption capacity reaches 0.65 mmol g<sup>-1</sup> at 25°C adsorption temperature. Also, CO<sub>2</sub> adsorption kinetics of KIT-6 was studied using the FOKM and SOKM. It was found that the SOKM describes the CO<sub>2</sub> adsorption on KIT-6. The E<sub>a</sub> value was found as 18.75 kJ mol<sup>-1</sup> and it is in the range of physisorption. Four adsorption desorption cycles revealed that KIT-6 exhibits excellent regenerability and cyclic stability, which shows that the synthesized KIT-6 mesoporous silica can be considered potential adsorbent for CO<sub>2</sub> adsorption.

## References

- Adams, W. A., Bakker, M. G., & Quickenden, T. I. (2006). Photovoltaic properties of ordered mesoporous silica thin film electrodes encapsulating titanium dioxide particles. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 181(2-3), 166-173.
- An, H., Feng, B., & Su, S. (2011). CO<sub>2</sub> capture by electrothermal swing adsorption with activated carbon fibre materials. *International Journal of Greenhouse Gas Control*, 5(1), 16-25.
- Bello, A., & Idem, R. O. (2006). Comprehensive study of the kinetics of the oxidative degradation of CO<sub>2</sub> loaded and concentrated aqueous monoethanolamine (MEA) with and without sodium metavanadate during CO<sub>2</sub> absorption from flue gases. *Industrial & engineering chemistry research*, 45(8), 2569-2579.
- Bhatta, L. K. G., Subramanyam, S., Chengala, M. D., Olivera, S., & Venkatesh, K. (2015). Progress in hydrotalcite like compounds and metal-based oxides for CO<sub>2</sub> capture: a review. *Journal of Cleaner Production*, 103, 171-196.
- Chakma, A. (1997). CO<sub>2</sub> capture processes—opportunities for improved energy efficiencies. *Energy conversion and management*, 38, S51-S56.
- Hudson, M. R., Queen, W. L., Mason, J. A., Fickel, D. W., Lobo, R. F., & Brown, C. M. (2012). Unconventional, highly selective CO<sub>2</sub> adsorption in zeolite SSZ-13. *Journal of the American Chemical Society*, 134(4), 1970-1973.
- Jribi, S., Miyazaki, T., Saha, B. B., Pal, A., Younes, M. M., Koyama, S., & Maalej, A. (2017). Equilibrium and kinetics of CO<sub>2</sub> adsorption onto activated carbon. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 108, 1941-1946.
- Kishor, R., & Ghoshal, A. K. (2015). APTES grafted ordered mesoporous silica KIT-6 for CO<sub>2</sub> adsorption. *Chemical Engineering Journal*, 262, 882-890.
- Kishor, R., & Ghoshal, A. K. (2016). High molecular weight polyethyleneimine functionalized three dimensional mesoporous silica for regenerable CO<sub>2</sub> separation. *Chemical Engineering Journal*, 300, 236-244.
- Kruk, M., Jaroniec, M., & Sayari, A. (2000). New insights into pore-size expansion of mesoporous silicates using long-chain amines. *Microporous and mesoporous materials*, 35, 545-553.
- Lin, H., Zhong, X., Ciotonea, C., Fan, X., Mao, X., Li, Y., Deng B., Zhang H., & Royer, S. (2018). Efficient degradation of clofibrac acid by electro-enhanced peroxydisulfate activation with Fe-Cu/SBA-15 catalyst. *Applied Catalysis B: Environmental*, 230, 1-10.
- Liu, P., & Chen, G. (2014). Chapter 1—general introduction to porous materials. *Porous Materials*, 1-20.
- Liu, W., Zhu, Z., Deng, K., Li, Z., Zhou, Y., Qiu, H., Gao Y., Che S., & Tang, Z. (2013). Gold nanorod@chiral mesoporous silica core-shell nanoparticles with unique optical properties. *Journal of the American Chemical Society*, 135(26), 9659-9664.
- Liu, Y., Shi, J., Chen, J., Ye, Q., Pan, H., Shao, Z. & Shi, Y. (2010). Dynamic performance of CO<sub>2</sub> adsorption with tetraethylenepentamine-loaded KIT-6. *Microporous and Mesoporous Materials*, 134, 16-21.



- Palaniappan, A., Su, X., & Tay, F. E. (2006). Functionalized mesoporous silica films for gas sensing applications. *Journal of electroceramics*, 16(4), 503-505.
- Sakamoto, Y., Nagata, K., Yogo, K., & Yamada, K. (2007). Preparation and CO<sub>2</sub> separation properties of amine-modified mesoporous silica membranes. *Microporous and mesoporous materials*, 101(1-2), 303-311.
- Schneider, P. (1995). Adsorption isotherms of microporous-mesoporous solids revisited. *Applied Catalysis A: General*, 129(2), 157-165.
- Shanmugam, N., Lee, K. T., Cheng, W. Y., & Lu, S. Y. (2012). Organic-inorganic hybrid polyaspartimide involving polyhedral oligomeric silsesquioxane via Michael addition for CO<sub>2</sub> capture. *Journal of Polymer Science Part A: Polymer Chemistry*, 50(13), 2521-2526.
- Singh, V. K., Kumar, E. A. (2016). Comparative studies on CO<sub>2</sub> adsorption kinetics by solid adsorbents. *Energy Procedia*, 90, 316 – 325.
- Son, W.-J., Choi, J.-S. & Ahn, W.-S. (2008). Adsorptive removal of carbon dioxide using polyethyleneimine-loaded mesoporous silica materials. *Microporous and Mesoporous Materials*, 113, 31-40.
- Surlblé, S., Millange, F., Serre, C., Düren, T., Latroche, M., Bourrelly, S., Llewellyn, P.L., & Férey, G. (2006). Synthesis of MIL-102, a chromium carboxylate metal-organic framework, with gas sorption analysis. *Journal of the American Chemical Society*, 128(46), 14889-14896.
- Veawab, A., Tontiwachwuthikul, P., & Chakma, A. (1999). Corrosion behavior of carbon steel in the CO<sub>2</sub> absorption process using aqueous amine solutions. *Industrial & engineering chemistry research*, 38(10), 3917-3924.
- Walton, K. S., Abney, M. B., & LeVan, M. D. (2006). CO<sub>2</sub> adsorption in Y and X zeolites modified by alkali metal cation exchange. *Microporous and mesoporous materials*, 91(1-3), 78-84.
- Wang, S. (2009). Ordered mesoporous materials for drug delivery. *Microporous and mesoporous materials*, 117(1-2), 1-9.
- Wang, S., Yan, S., Ma, X., & Gong, J. (2011). Recent advances in capture of carbon dioxide using alkali-metal-based oxides. *Energy & Environmental Science*, 4(10), 3805-3819.
- Wang, W., Qi, R., Shan, W., Wang, X., Jia, Q., Zhao, J., Zhang C., & Ru, H. (2014). Synthesis of KIT-6 type mesoporous silicas with tunable pore sizes, wall thickness and particle sizes via the partitioned cooperative self-assembly process. *Microporous and Mesoporous Materials*, 194, 167-173.
- Xu, X., Song, C., Andresen, J.M., Miller, B.G. & Scaroni, A.W. (2003). Preparation and characterization of novel CO<sub>2</sub> “molecular basket” adsorbents based on polymer-modified mesoporous molecular sieve MCM-41, *Microporous and Mesoporous Materials*, 62, 29-45.
- Yilmaz, M. S. (2017). Synthesis of novel amine modified hollow mesoporous silica@ Mg-Al layered double hydroxide composite and its application in CO<sub>2</sub> adsorption. *Microporous and Mesoporous Materials*, 245, 109-117.
- Yilmaz, M. S., & Karakas, S. B. (2018). Low-Cost Synthesis of Organic-Inorganic Hybrid MSU-3 from Gold Mine Waste for CO<sub>2</sub> Adsorption. *Water, Air, & Soil Pollution*, 229(10), 326.
- Yilmaz, M. S., Palantoken, A., & Piskin, S. (2016). Release of flurbiprofen using of SBA-15 mesoporous silica: influence of silica sources and functionalization. *Journal of Non-Crystalline Solids*, 437, 80-86.
- Zhao, A., Samanta, A., Sarkar, P., & Gupta, R. (2013). Carbon dioxide adsorption on amine-impregnated mesoporous SBA-15 sorbents: experimental and kinetics study. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 52, 6480-6491.
- Zhao, B., Sun, Y., Yuan, Y., Gao, J., Wang, S., Zhuo, Y., & Chen, C. (2011). Study on corrosion in CO<sub>2</sub> chemical absorption process using amine solution. *Energy Procedia*, 4, 93-100.
- Zhao, L., Qin, H., Wu, R. a., & Zou, H. (2012). Recent advances of mesoporous materials in sample preparation. *Journal of Chromatography A*, 1228, 193-204.



# Sinyalize Bir Kavşakta Oluşan Trafik Akımının Kuyruk Teorisi ile Performansının İncelenmesi

Fatih Güneş<sup>1</sup>, Selim Bayraklı<sup>2</sup>, Abdul Halim Zaim<sup>3</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4111-195X)

<sup>2</sup> Milli Savunma Üniversitesi, Hava Harp Okulu, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3115-6721)

<sup>3</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0233-064X)

(İlk Geliş Tarihi 31 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.711094)

**ATIF/REFERENCE:** Güneş, F., Bayraklı, S. & Zaim, A. H. (2020). Sinyalize Bir Kavşakta Oluşan Trafik Akımının Kuyruk Teorisi ile Performansının İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 56-65.

## Öz

Yapılan bu araştırmada özellikle şehir merkezlerinde trafik yoğunluğunu azaltma amaçlı konumlandırılan sinyalize kavşakların, çalışma prensipleri ve araç akışını düzenleyici yaklaşımları ele alınmıştır. Araç gecikmeleri, sinyal sürelerinin hesaplama yöntemleri ve performans ölçütlerinin çıkarılması ile ilgili analitik yaklaşımlar incelenmiştir. İstanbul Güngören'de seçilen bir kavşaktan loop algılayıcılar ile elde edilen gerçek veriler kullanılarak performansının ortaya çıkarılması amaçlanmıştır. Seçilen bu kavşaktan elde edilen veriler ile yapılan çalışmada iki haftalık veri üzerinden günün en sık araç akışının olduğu üç zaman dilimi incelenmiştir. Kuyruk teorisi, bekleme hattı problemlerinde sıklıkla başvurulan yöntemlerin başında gelmektedir. Kuyruk teorisi modelleri, kendi içinde sisteme gelen bireylerin veya bizim uygulamamızda araçların, geliş, ayrılış ve servis disiplini gibi karakteristiklerine göre farklı notasyon ve hesaplama yöntemlerine sahip olabilmektedir. Kuyruk modellerinin ihtiyaç duyduğu dağılımlar için genellikle varsayımlar yapılmakta ve trafik mühendisliği araştırmalarında gelen akımın rastgele olduğu varsayılmaktadır. Araştırmada araçların gelişleri poisson, gelişler arası sürenin ise üstel dağılıma uyduğu kabul edilmiştir. Pilot olarak seçilen bu kavşaktaki veriler M/M/1 kuyruk modeli ile incelenmiş ve sinyalize bir kavşaktaki bağlı kolların kuyruk uzunlukları, sistemde geçirilen zaman, araç başı servis süreleri, ortalama bekleme süreleri gibi ölçütler ortaya çıkarılmıştır. Uygulanan senaryoda kavşak bağlantı kollarının her biri bir kuyruk olarak değerlendirilmiş ve hesaplamalarda her kolun performansı ayrı değerlendirilmiştir. Ortaya çıkan sonuçlara göre günün belli saat dilimlerinde sinyalize sistemlerin optimize çalışmadığı ve kuyruk uzunluklarını azaltmada yeterli olmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Günün bu saat dilimlerinde kavşak kollarına tanınan yeşil sürelerin veya kolların çalışma sıralarının iyileştirmeye ihtiyaç duyduğu söylenebilir. Elde edilen kuyruk uzunlukları veya ortalama bir aracın sistemde kaybettiği zaman dikkate alınarak kavşak modellemesi veya süre dağılımları gözden geçirilmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** Sinyalize kavşaklar, Kuyruk Teorisi, Trafik Yoğunluğu, Akıllı ulaşırma sistemleri

## Study of Performance Measures of Traffic Flow at Signalized Intersection with Queueing Theory

### Abstract

In this study, the working principles of the signalized intersections located in the city centers to reduce the traffic density and the approaches to regulate the flow of vehicles are discussed. Analytical approaches related to vehicle delays, calculation methods of signal times and performance criteria were investigated. In the study made with the data obtained from this selected intersection, three time

<sup>1</sup> Sorumlu Yazar: İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4111-195X, [fgunes41@gmail.com](mailto:fgunes41@gmail.com)

periods with the most frequent vehicle flow of the day were examined over two weeks of data. Queue theory is one of the most frequently used methods in waiting line problems. Queue theory models can have different notation and calculation methods according to the characteristics of individuals coming to the system or vehicles in our application such as arrival, departure, and service discipline. Generally, assumptions are made for the distributions required by queuing models and the current arrivals in traffic engineering research are assumed to be random. It is aimed to reveal its performance by using real data obtained with loop sensors from an intersection in Güngören, Istanbul. The data at this intersection chosen as a pilot was analyzed with the M/M/1 queue model and criteria such as the queue lengths of the connected arms at a signalized intersection, the time spent in the system, the service time per vehicle, and the average waiting times were revealed. In the applied scenario, each of the junction link arms was evaluated as a queue and the performance of each arm was evaluated separately in the calculations. According to the results, it is concluded that the signaled systems do not work optimized in certain time zones of the day and are not sufficient in decreasing the tail lengths. In these time zones of the day, it can be said that the green times given to the junction arms or the working order of the arms need improvement.

**Keywords:** Signalized Intersections, Queuing Theory, Analysis of Traffic Density, Intelligent Transportation Systems

## 1. Giriş

Şehir merkezlerinde artan nüfus yoğunluğu beraberinde birçok problemin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu yoğunluk sebebiyle araç kullanıcıları veya toplu taşıma araçları, zaman, yakıt, enerji gibi birçok konuda kayıplar yaşamaktadır. Bu alanda gerek literatürde akademik olarak gerekse de akıllı ulaşırma sistemleri üreten firmalar tarafından birçok çalışma yapılmıştır ve yapılmaya da devam edilmektedir (Cakici, Murat ve Aydın, 2019). Yapılan, bütün çalışmalar bu alandaki yenilikçi yaklaşımların temelini oluşturmuştur. Gelişmekte olan haberleşme sistemleri, kablosuz ağ teknolojileri ve sensör teknolojileri de bu çalışmalara hız kazandırmıştır. Genel olarak yeni nesil algılayıcılar veya kamera sistemleri ile toplanan araç sayısı, cinsi, yoğunluğu gibi parametreler kullanılarak ulaşımda kullanılan sistemlerin iyileştirmesi veya optimizasyonu üzerinde çalışılmaktadır (Zhou, Cao, Zeng ve Wu, 2010). Hatta konu ile ilgili yapılan son çalışmalarda makine öğrenmesi teknikleri ile artık tahminleme, sınıflandırma gibi analizlerin de öne çıktığını görmekteyiz (Yisheng, Duan, Kang, Li ve Wang 2015). Enerji tüketiminden toplu yaşama ulaşırmadan sağlığa kadar birçok alanda bu sorunlar şehir yöneticileri tarafından tartışılmaktadır. Akıllı şehir teknolojileri alanında yapılan araştırma ve geliştirmelerin tamamı bu sorunların çözümüne odaklanmaktadır. Gelişen teknolojiler ile ulaşım anlamında karayollarında sensörlerden, kamera algılayıcılara kadar birçok gelişme uzaktan kontrollü trafik sistemlerinin yaygınlaşmasına katkı sağlamaktadır (Armağan, 2019). Bu bağlamda toplu yaşamı etkileyen çalışmaların başında ulaşırma ve trafik sorunu gelmektedir. Ulaşırma alanındaki araştırmalar, insanların ve taşıtların günlük yaşamdaki akışını optimize etmeyi ve rahatlatmayı amaçlar. Sürekli artan araç ve yolcu sayısı ve mevcut altyapılar tarafından sağlanan kaynakların sınırlı olması, trafiğin akıllıca kontrolünün önemini her geçen gün artırmaktadır. Trafik sıklığı ve yoğunluğunun azaltılmasının çevresel ve ekonomik olarak birçok faydası bulunmaktadır.

Şehir içi trafiği düzenleyici kontrollerin başında sinyalizasyon kavşakları ve trafik ışıkları gelmektedir. Şehir içi trafiğindeki taşıtlar, yetersiz trafik ışığı kontrolü nedeniyle uzun seyahat süreleri yaşayabilmektedirler. Yaşanabilecek bu yoğunluklar birden fazla kavşak veya geçiş güzergahını etkileyebilir. Trafik ışıklarının gelişmiş sensörler ve akıllı optimizasyon algoritmaları kullanılarak optimum kontrolü bu nedenle çok faydalı olabilir. Trafik ışığı sürelerinin optimizasyonu, yol kapasitesini ve trafik akışını artırır ve trafik sıklığını önleyebilir (Çakıcı ve Murat, 2015). Trafik ışığı kontrolü ve optimizasyon problemlerinde şimdiye kadar birçok farklı yaklaşım ele alınmıştır. Bu kapsamda yapılan çalışmaların gecikme problemleri, süre optimizasyonu, kuyruklanma, tahminleme gibi sorunlar üzerinde yoğunlaştığı görülmektedir.

Yapılan bu araştırmada şehir merkezlerinde oluşan trafik yoğunluğu özelinde yapılan analitik yaklaşımlar ele alınmıştır. Özellikle trafiğin en önemli düzenleyicisi olarak kullanılmakta olan sinyalizasyon kavşaklarındaki gecikme ve performans ölçümlerine temel teşkil eden yöntemler incelenmiştir. Çalışmanın ilk kısmında sinyalizasyon kavşaklarının çalışma prensiplerinin anlatılmasının ardından literatürde öne çıkan yöntemler ve son olarak da sinyalizasyon kavşaklarının performansı kuyruk teorisi ile incelenerek bir dizi sonuçlar elde edilmiştir. Sistem ve kuyruk performansı adına önemli birer parametre olarak değerlendirilebilecek kuyruk uzunlukları, ortalama araç bekleme süreleri, sistemde geçirilen zaman, yoğunluk oranları gibi değerler elde edilmiştir.

## 2. Materyal ve Metod

### 2.1. Sinyalizasyon Sistemleri ve Kavşaklar

Trafik ışıkları veya sinyalizasyon sistemleri kavşaklarda daha güvenli performans elde edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Araştırmalar, trafik sinyallerinin düzgün bir şekilde kurulması ve çalıştırılmasının trafik kazalarını azaltabileceğini göstermektedir (Özen, 2020). Bununla birlikte, gereksiz veya uygun olmayan bir şekilde tasarlanmış sinyal süreleri trafik, güvenlik ve mobiliteyi olumsuz yönde etkilemektedir. Yerleşimlerine, tasarımlarına ve zamanlamasına çok dikkat edilmesi gerekir. Bazı durumlarda, çok iyi optimizasyon, araç talebini artırabileceğinden aynı güzergahdaki farklı noktalarda yoğunlukların oluşmasına da sebebiyet verebilir (Caliskanelli, 2010). Bu yüzden çoğu senaryolarda öncelik olarak güvenliğin sağlanması amaçlandığından artan ve değişen talepleri karşılamak için, bir durumdan diğer bir durumdaki iyileşmeyi sağlaması adına vazgeçilmesi veya tekrar değerlendirilmesi gerekebilir (Ilıcalı vd., 2016). Trafik sinyallerinin çalışma yöntemlerinin olası bütün koşullar için incelenmesi oldukça önemlidir. Herhangi bir kavşakta ya da bir akış güzergahında aşağıdaki koşullardan herhangi birisinin oluşması durumunda trafik sinyalizasyon sisteminin gerekliliği ortaya çıkmaktadır (Ayfer, 1977);

- Seyahat gecikmesinin optimizasyonu.
- Kaza sıklığının ve / veya şiddetinin azaltılması.
- Belirli yol kullanıcı tipi veya hareketine (yayalar veya sola dönüş hareketleri gibi) öncelik verilmesi.
- Yeni bir kavşak yaklaşımı veya trafik hacminde artış (yeni bir gelişime bir yaklaşım eklemek gibi).

Trafik sinyalizasyonunun kurulumu, trafik hacmi verileri, çarpışma geçmişi, yol geometrisi ve alan koşullarının analiz edilmesiyle belirlenmektedir. Planlamacılar, tasarımcılar ve trafik mühendisleri, koşulların kurulum için uygun olup olmadığını belirlemek için birlikte çalışır. Bu koşullar her yeni trafik ışığı kurulumunda yaya ve taşıt güvenliği için göz önünde bulundurulmaktadır.

Sinyalize kavşaklardaki trafik ışıkları yol durumuna, taşıt yoğunluğuna veya bağlantı kollarına göre birden fazla çalışma prensibine sahip olabilir. Sinyal çalışma prensipleri önceden zamanlanmış sabit süreli, yarı adaptiv süreli, tam adaptiv, hibrit veya trafığe duyarlı olarak farklı operasyon şekillerine ayrılmaktadır (Harb, Durdu ve Terzioğlu, 2019)

### **2.1.1. Sinyalize Kavşaklarda performans kriterleri**

Sinyalize kavşaklar, karayolları ve şehir içi ulaşım sistemindeki önemli noktalar veya düğümlerdir. Sinyalize bir kavşağı değerlendirmek ya da operasyon kalitesini tanımlamak için belirli bir yöntem önermek oldukça zor bir iştir. Kapasite analizi veya hizmet süresi gibi ölçümler kullanılarak kavşakların yeterlilikleri simülasyon araçları yardımıyla değerlendirilebilmektedir. Burada genelde karakteristik olarak kullanılan en yaygın kriterlerin başında araç başına ortalama gecikme, ortalama kuyruk uzunluğu ve duraksama sayıları gelmektedir. Gecikme, sürücünün deneyimini doğrudan ilişkilendiren ve kavşaktan geçmek için harcanan fazla zamanın ölçüsüdür (Bullock, 2008). Herhangi bir zamandaki kuyruk uzunluğu bilgisi ise, belirli bir kavşağın belli bir kolunda oluşabilecek birikmenin ne zaman boşaltılması gerektiğini belirlemede kritik bir öneme sahiptir. Kavşak hizmet kalitesinin ölçülmesinde kullanılan diğer önemli ölçülerden duraksama sayısı ise çevresel veya hava kalitesi değerlendirme modelleri için değerli bir giriş parametresidir.

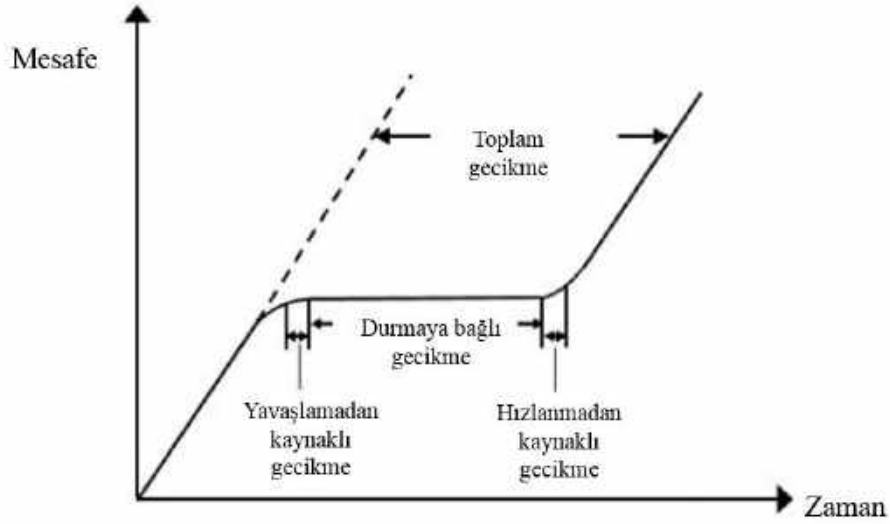
### **2.2. Trafik problemlerinde analitik yaklaşımlar ve gecikme modelleri**

Literatürde trafik problemi üzerine yapılan çalışmaların ağırlıklı olarak araç, sistem gecikmeleri ve kuyruklanma problemleri üzerinde yoğunlaştığı söylenebilir. Gecikme ve kuyruklanma parametreleri kavşak kapasitesi ve hizmet seviyesinin yeterliliğinin sorgulanmasında ve yakıt emisyonu problemlerinin değerlendirilmesinde kullanılan en temel performans ölçütlerindedir. Trafik mühendislerinin ve çevre otoritelerinin üzerinde durduğu en önemli hedef maksimum hizmet seviyesi ve minimum gecikmedir. Gecikme verisi ile ayrıca bir kavşak noktasının farklı kontrol, talep ve çalışma koşullarının performansı da karşılaştırılabilir. Bu nedenle, gecikmenin doğru tahmini çok önemlidir, ancak rastgele trafik akışları ve diğer kontrol edilemeyen faktörler nedeniyle doğru tahmin zor bir problemdir. Gecikme, saha ölçümleri kullanılarak simülasyon ve analitik modellerle tahmin edilebilir. Bu yöntemlerden, analitik tahmin en pratik ve kullanışlıdır. Sinyalize kavşaklarda gecikmenin tahmin edilmesinde, çeşitli trafik koşulları için farklı varsayımlar kullanılarak bir takım analitik modeller önerilmiş ve geliştirilmiştir (Dion, Rakha ve Kang, 2004).

Gecikme tahmininde önerilen stokastik modeller genelde kararlı durum yani kavşağa gelen araçların geliş oranlarının kavşağın hizmet seviyesi oranlarından düşük olduğu durumlar için geçerlidir. Fakat bu modellerin kavşak kapasitesinin doyumluğa ulaşılmış durumları için uygulanması pek mümkün değil. Deterministik modeller ise, aşırı doyum koşullar için gecikmeyi tahmin etmek için daha gerçekçi olmasına karşın trafik akışındaki rasgeleliğin etkisini görmezden gelmektedir. Hem stokastik kararlı durumdaki hem de deterministik gecikme modellerindeki eksikliklerin üstesinden gelmek için zamana bağlı gecikme modelleri geliştirilmiştir. Bu modeller, stokastik kararlı durumu ve deterministik modelleri, koordinat dönüşüm tekniğini kullanarak birleştirilerek daha gerçekçi gecikme modelleri sağlamaktadır (Ağırır, 1998).

Sinyalize bir kavşaktaki gecikme bir aracın trafik ışığı kontrolünde geçerken yaşamış olduğu zaman kaybı ile trafik sinyalinin yokluğunda geçirmiş olduğu zaman kaybının farkı olarak tanımlanmaktadır. Şekil 1'de ayrıca bir aracın yaşadığı toplam gecikmenin yavaşlama gecikmesine, durma gecikmesine ve hızlanma gecikmesine göre ayrılabilirliğini görülmektedir. Ulaştırma ve trafik mühendisleri durma gecikmesini, aracın tamamen hareketsiz durumda geçirdiği zaman ile kavşağa yaklaşma ve kalkış anındaki zamanın toplamı olarak açıklamaktadırlar. Bazı durumlarda durma anındaki gecikmeye aşırı yavaş hızda hareket eden aracın hızı da dahil edilmektedir.





Şekil 1 - Taşıt gecikme diyagramı (Murat ve Cakici, 2017)

Sinyalize kavşaklarda gecikme hesabı için geliştirilen ilk çalışmalar Avustralya (Akcelik), İngiliz (Webster) ve H.C.M. (Highway Capacity Manual) yöntemleridir. (Akgungor, 1999).

### 2.2.1. Webster Modeli

1958'de Webster (webster, 1958) tarafından geliştirilen bu gecikme modeli, sinyalize kavşaklardaki taşıtların gecikmesini inceleyen ilk araştırmalardandır. 1958'de geliştirilen ve İngiliz yöntemi olarak da bilinen Webster denklemi, varış sürelerinin Poisson, servis sürelerinin ise sabit olduğunu varsayarak M/D/1 kuyruk sistemini kullanan ilk gecikme denklemlerinden biridir (Webster, 1958). Ancak servis sürelerinin de rastgele olduğu durumlarda, modelin gerçekçi olmayacağını ileri süren birçok araştırmacı bu modelden yola çıkarak geliştirmelere devam etmişlerdir. Ayrıca, trafik talebi doyumluğa yaklaştıkça tahmini gecikmeler de sonsuza eğilimlidir. Webster modeli ve tanımları şu şekildedir;

$$d = \frac{c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} - 0,65\left(\frac{c}{q^2}\right)^{1/3}x^{(2+5x)} \quad (1)$$

Tanımdaki ifadeler ise;

$\lambda$  = yeşil oranı,

$x$  = doyumluk oranı

$q$  = kavşak kollarındaki akış oranı

$c$  = Devre Süresi

$d$  = Taşıt başı ortalama gecikme

Webster modelindeki ilk terim araçların uniform geliş ve gidiş oranları ile yaşadığı gecikmeyi ifade ederken ikinci terim ise rastgele gelişe sahip taşıtların etkisini açıklamaktadır. Webster modelindeki son kısım ise toplam gecikmenin %5 ile %15'ini ifade eden düzeltme terimidir. Formülasyonu basitleştirmek amacıyla genelde son terim kullanılmamaktadır, modeldeki ilk iki terimin toplamı 0,9 gibi bir oranla çarpılarak daha kısa bir biçimde ifade edilmektedir (Webster, 1958).

Genel ifade en basit haliyle aşağıdaki gibidir;

$$d = \frac{9}{10} \left( \frac{c(1-\lambda)^2}{2(1-\lambda x)} + \frac{x^2}{2q(1-x)} \right) \quad (2)$$

### 2.2.2. Akçelik Gecikme Modeli

Avustralya yöntemi olarak da bilinen Akçelik gecikme modelinde ise kavşak kollarında veya herhangi bir yaklaşım yolu üzerindeki birikme veya kuyruklanma referans alınarak farklı bir gecikme modeli önerilmiştir. Önerilen bu model ilk olarak Avustralya Karayolları araştırma birimi kavşaklarında uygulanmıştır. Bu modelde öncelikle araç sayısı, akım oranı, yeşil süresi gibi parametreler dikkate alınarak kuyruk uzunluğu elde edilmektedir. Önerilen model (Akcelik, 1988) ise şu şekildedir;

$$OD = \begin{cases} \left(\frac{T}{4}\right) \left\{ (x-1) + [(x-1)^2 + 12(x-x_0)/cT]^{1/2} \right\} & \text{eğer } x > x_0 \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases} \quad (3)$$

$$x = \frac{v}{c} \text{ ve } x_0 = 0.67 + sg/600 \quad (4)$$

Tanımdaki ifadeler ise;

$OD$  = ortalama kuyruk uzunluğu (araç sayısı cinsinden),

$T$  = Periyod

$s$  = doygun akım oranı (araç/saniye)

$c$  = kapasite (araç/saat)

$g$  = etkin yeşil süre

$v$  = akım oranı

$x_0$  = doygunluk derecesi

Gecikme için önerilen model ise;

$$W = \frac{q \cdot D \cdot (1-u)^2}{2 \cdot (1-y)} + OD \cdot x \quad (5)$$

Tanımdaki ifadeler ise;

$OD$  = ortalama kuyruk uzunluğu (araç sayısı cinsinden),

$W$  = Gecikme

$OD$  = ortalama kuyruk uzunluğu (araç sayısı cinsinden),

$D$  = Devre süresi

$q$  = Akım (taşıt/sn)

$s$  = doygun akım oranı (araç/saniye)

$g$  = etkin yeşil süre

$u$  =  $g/D$

$y$  =  $q/s$

gösterimleri kullanılarak ifade edilmektedir.

### 2.2.3. HCM 2000 (Highway Capacity Manual) Gecikme Modeli

1985 yılında öne sürülen HCM yöntemi sinyalizasyon sistemleri ile ilgili kapasite ve gecikme modeli öneren ilk analitik çalışmalardan biridir. Daha sonraki yıllarda temel bileşenleri değiştirilmeden farklı koşullar da eklenerek HCM 2000 yöntemi olarak en güncel halini almıştır.

Bu gecikme modeli temelde iki bileşenden oluşmaktadır:

Birinci terim (d1): Trafik geliş ve gidişlerinin, analiz süresi boyunca hem tek bir sinyal döngüsü hem de tüm döngüler boyunca tamamen aynı (Uniform) olduğunu varsayarak, ortalama döngüde araç başına ortalama gecikmeyi tanımlar.

İkinci terim (d2): Gelişlerdeki rastgelelik nedeniyle her bir döngüde oluşan artımlı gecikmeyi tanımlar. Artımlı gecikme, kararlı durum koşullarını varsayar (HCM, 1985).

1985'te öne sürülen yöntemlere ek olarak HCM'nin daha sonraki güncellemelerinde (HCM, 1994, 1997 ve 2000) çeşitli yapısal değişiklikler yapıldı, ancak yöntemin temel yapısı değişmedi. Bu değişiklikler özetle şunları içeriyordu:

Modelde kullanılan Webster'in orijinal artımlı gecikme terimi, Kimber ve Hollis (Kimber ve Hollis, 1979) tarafından daha önce geliştirilen zaman bağımlı koordinat dönüşümlü metodu ile değiştirilmiştir. Daha sonra Fambro ve arkadaşlarının çalışmaları (Fambro

vd., 1996) ile araçların her bir döngüde geliş ve kalkış karakteristiklerinin de modele yansıtılması sağlanmıştır. Model özetle şu şekilde tanımlanmaktadır (HCM, 2000);

$$d = d_1 PF + d_2 + d_3 \quad (6)$$

$$d_1 = \frac{1}{2} \left( \frac{c(1-\frac{g}{c})^2}{\left[ \min(1, X) \left( \frac{g}{c} \right) \right]} \right) \quad (7)$$

$$d_2 = 900T \left[ (X - 1) + ((x - 1)^2 + \frac{8kLX}{cT})^{\frac{1}{2}} \right] \quad (8)$$

Tanımdaki ifadeler ise;

- $d_1$  = uniform gecikme bileşeni
- $c$  = Devre süresi
- $g$  = yeşil süre
- $x$  = doygunluk oranı
- $d_2$  = artımlı gecikme bileşeni
- $T$  = Analiz periyodu
- $k$  = artımlı gecikme sabiti (sabit zamanlı sistemleri için 0,5)
- $l$  = ölçüm düzeltme faktörü
- $c$  = şerit kapasitesi
- $d_3$  = önceki devreden kalma kuyruktan dolayı oluşan gecikme bileşeni
- PF = Sinyal düzeltme faktörü (Progression Factor)

#### 2.2.4. Kuyruk Teorisi (M/M/1) Modeli

Kavşak veya şehir içi trafik akışının ölçülebilmesi veya iyileştirilebilmesinin bir yolu da bir modelleme yoluna başvurmaktır, sadece makul bir eğri üretmeye çalışmak yerine, gerçek kuyruk davranışı modellenmeye çalışılabilir. Kuyruk teorisi bekleme, kuyruklanma, gecikme gibi olayların olduğu birçok problemde başvurulan metodların başında gelmiştir. Trafik problemlerinde ise sinyalize veya sinyalize olmayan birçok kavşak problemde kullanıldığı görülmektedir. Herhangi bir hizmet verme senaryosunda gelen talebin servis sağlama kapasitesini aştığı durumlarda kuyruklanma meydana gelir. Kuyruk teorisi bu bekleme hatlarının matematiksel modellemesi üzerine yapılan çalışmaları içermektedir. Kuyruk teorisi bu tür bekleme hattı problemlerinde birçok alternatif model ile bekleme süresi, ortalama araç sayısı, kuyruk uzunluğu gibi parametrelerin modellenmesini sağlar (Heidemann, 1974).

Kuyruk modellerinin üç temel bileşeni vardır. Bunlar sırasıyla geliş süreci, hizmet süreci ve kuyruk yapısıdır. Bu çalışmada tek bir kavşağın her bir kolunun ayrı modellenmesi düşünüldüğü için standart bir kuyruk yaklaşımı olan M/M/1 modeli kullanılmıştır. Bu modelde gelişler ve ayrılışların dağılımlarının Poisson dağılıma uygun olduğu gelişler arası veya servis sürelerinin üssel olduğu varsayılmaktadır. Denklem 9'da verilen Poisson olasılık yoğunluk denklemi, 0 ile  $t$  zamanı periyodunda  $n$  aracın gelme olasılığını açıklamaktadır. Negatif üssel dağılım ise trafik akımlarının modellenmesinde en çok başvurulan dağılımlardan birisidir. Bu fonksiyon belli bir olasılığın bir zaman aralığında nasıl dağıldığı, bu çalışmada araçların gelişler arası sürelerinin nasıl dağıldığı hakkında bilgi verir. Denklem 10, 0 ile  $t$  arasındaki bir aralıkta hiçbir gelişin gerçekleşmeme olasılığının, kuyruk uzunluğu ile negatif üssel orantısıyla ilişkili olduğunu göstermektedir (Buckley, 1962).

$$P_n(t) = \frac{(\lambda t)^n}{n!} e^{-\lambda t} \quad (9)$$

$$P_0(t) = e^{-\lambda t} \quad (10)$$

Burada verilerin veya servis sürecinin farklılığına göre alternatif kuyruk modelleri önerilebilmektedir. Modelin genel notasyonu (M/M/1):(FIFO/∞/∞) şeklinde gösterilmektedir. M/M/1 modelindeki 1 sayısı ile servis kanalı yani uygulanan senaryoda tek bir trafik lambasının varlığı tanımlanmaktadır. İlk iki terim geliş ve gidişlerin dağılımlarını, FIFO (ilk giren ilk çıkar) servis yapısını, son iki terim ise sonsuz kaynak ve sistem kapasitesini tanımlamaktadır.



Şekil 2 Kuyruk hattı bileşenleri

Bu alandaki uygulamalarda kuyruk modellerinin yaklaşım teknikleri ile farklı kuramlar ilişkilendirilmektedir. Kararlı kuyruk sistemlerine uygulanabilen Little Yasası ise, kuyruk yapısının metrikleriyle (varış oranının kalkış oranından daha büyük olmadığı durumlarda) ilişkilendirilmektedir. Bu teori ile, kararlı bir sistemde kuyruk veya sistemdeki araç sayısı ile araç başı bekleme sürelerinin ilişkili olduğu söylenmektedir. Buna ilişkin modelde kullanılan metrikler ve karşılıkları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1 Kuyruk modeli tanımları

Notasyon	Tanımlar	Formülasyonlar
$n$	Sistemdeki maksimum araç sayısı	
$P_n(t)$	$t$ anında sistemde $n$ müşteri olma olasılığı	
$\lambda$	Birim zamanda gelen ortalama araç sayısı (Geliş oranı)	
$\mu$	Birim zamanda hizmet alan araç sayısı (Hizmet oranı)	
$\rho$	Trafik yoğunluğu	$\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ , $\rho < 1$
$c$	Servis kanal sayısı	
$q$	Servis kullanım oranı	$q = \rho/c$
$w_s$	Sistemde araç başı ortalama bekleme zamanı	$W_s = \frac{1}{\mu - \lambda}$
$w_q$	Kuyrukta araç başı ortalama bekleme zamanı	$W_q = \frac{\lambda}{\mu(\mu - \lambda)}$
$L_s$	Sistemde beklenen araç sayısı	$L_s = \frac{\lambda}{\mu - \lambda}$
$L_q$	Kuyrukta beklenen araç sayısı	$L_q = \frac{\lambda^2}{\mu(\mu - \lambda)}$
$P(W_s > t)$	$t$ anında sistemde $t$ den daha fazla zaman harcama ihtimali	$P(W_s > t) = e^{-(\mu-\lambda)t}$
$P(W_q > t)$	$t$ anında kuyrukta $t$ den daha fazla zaman harcama ihtimali	$P(W_q > t) = \rho \cdot e^{-(\mu-\lambda)t}$ ,

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Modelin uygulanması

Çalışma kapsamında İstanbul ili Güngören ilçesinde Şekil 3’te krokisi verilen kavşak incelenmiştir. Kavşak yaklaşım kollarında ve çıkışlarında bulunan loop ve kamera algılayıcılardan elde edilen sayım verileri İstanbul Büyükşehir Trafik Sinyalizasyon biriminden temin edilmiştir.



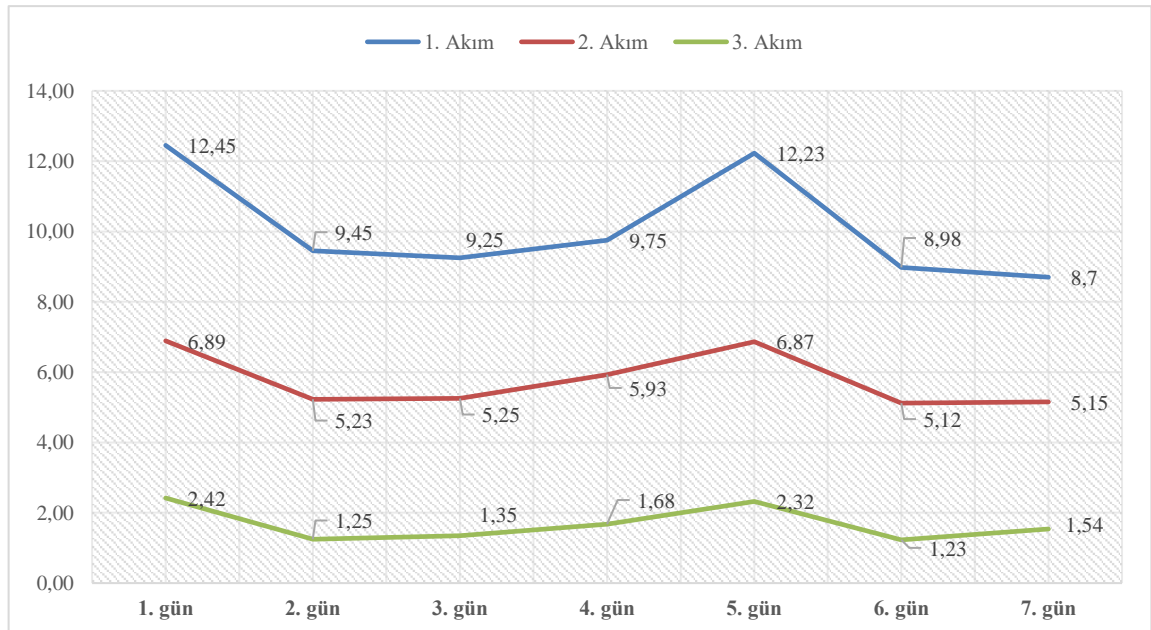


Şekil 3 General Ali Rıza Gürcan Cd üzerindeki kavşak krokisi

Pilot olarak seçilen kavşaktan elde edilen veriler ile yapılan çalışmada iki haftalık veri üzerinden günün en sık araç akışının olduğu üç zaman periyodu incelenmiştir. Sabah 7-10 aralığı, öğle 10-14 aralığı ve akşam 16-20 aralığındaki zaman dilimlerindeki iki haftalık verinin ortalamaları alınarak sistem analiz edilmiştir.

Tablo 2 Günün üç zaman periyodunda kavşak analiz sonuçları

Akım	Zaman periyodu	Geliş Oranı	Hizmet Oranı	Yoğunluk	Sistemdeki araç sayısı	Sistemde geçirilen ortalama zaman (sn)	Kuyrukta geçirilen ortalama zaman (sn)
1. Akım	07:00 - 10:00	7,23	7,32	0,99	80,33	11,11	10,97
2. Akım	07:00 - 10:00	7,03	7,21	0,98	39,06	5,56	5,42
3. Akım	07:00 - 10:00	6,89	7,6	0,91	9,70	1,41	1,28
1. Akım	10:00 - 14:00	6,32	6,65	0,95	19,15	3,03	2,88
2. Akım	10:00 - 14:00	6,27	6,72	0,93	13,93	2,22	2,07
3. Akım	10:00 - 14:00	6,15	6,82	0,90	9,18	1,49	1,35
1. Akım	16:00 - 20:00	7,52	7,58	0,99	125,33	16,67	16,53
2. Akım	16:00 - 20:00	7,45	7,55	0,99	74,50	10,00	9,87
3. Akım	16:00 - 20:00	7,03	7,42	0,95	18,03	2,56	2,43



Şekil 4 Akımların günlere göre kuyruklarda yaşadığı ortalama gecikmeler(saniye)

Gerçek saha verileri üzerinden yapılan bu çalışmada örnek olarak alınan bir kavşağın günün üç yarı zaman diliminde verdiği sonuçlar ortaya çıkarılmıştır. M/M/1 modeli ile uyarlanan araştırmada kavşağın sahip olduğu üç trafik akımının yoğunluk ve araç bekleme gibi parametreleri Tablo 2’de görülmektedir. Şekil 4’te ise bir hafta boyunca her üç akımın ortalama yaşadığı beklemenin sonuçları (saniye) elde edilmiştir. Sonuçlar dikkatle incelendiğinde günün belli saat dilimlerinde akımlar arasında sürelerin düzgün dağılmadığı ve yaklaşım kollarındaki yoğunlukların daha fazla dikkate alınması gerektiği ve kuyrukların buna göre boşaltılması gerektiği görülmektedir. Zira bir kolun kuyruk uzunluğu artarken fazla süre alarak o kolun boşaltılması yerine o anda çok fazla aracın olmadığı bir kol araç olmadan yeşil süre kullanabilmektedir. Örneğin Şekil 4’teki gecikmeler incelendiğinde 3. Akımı kullanan araçlar kuyruklanmadan kaynaklı ortalama 1,2 sn. zaman kaybederken 1. Akımdaki araçlar yaklaşık 9 sn. beklemektedir. Burada özellikle günün 7-10 ve 16-20 zaman periyotlarında 1. Akım gibi öne çıkan yoğun kolların yeşil sürelerinin artırılması gerektiği sonucuna ulaşılmaktadır. Model ışığında elde edilen veriler ile yapılan bu çalışma sonucunda ortaya çıkan kuyruk uzunluğu, ortalama araç bekleme süreleri veya bağlantı kollarının yoğunlukları gibi parametreler, kavşak modellemesi, sinyal veya faz planlaması gibi problemlerde önemli birer girdi olarak değerlendirilebilir.

#### 4. Sonuç

Yapılan bu çalışmada literatürde özellikle üzerinde durulan ve birçok çalışmada referans olarak kabul edilen temel gecikme ve kapasite modelleri derlenmiştir. Bu konuda kuyruklanma problemleri araştırmalarında kullanılan kuyruk teorisi yaklaşımı incelenmiştir. Örnek olarak seçilen bir kavşaktaki akış gerçek saha verileri ile incelenerek kuyruk yaklaşımlarından M/M/1 ile modellenmiştir. Modelin sunmuş olduğu analitik yöntemler aracılığıyla akım yoğunlukları, kuyrukta kaybedilen zaman, araç bazlı kuyruk uzunluğu, sistemde geçirilen zaman gibi bir kavşağın analizi için gerekli olabilecek performans ölçütleri elde edilmiştir. Yapılan incelemelerde araştırma sonuçları ve tartışma bölümü altında görüldüğü üzere bazı kolların trafik ışığı sürelerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Günün belli zaman dilimlerinde bazı akımların yoğun olduğu ve buna dikkat edilirse zaman, yakıt, enerji gibi tasarrufların elde edilebileceği belirtilebilir.

Kuyruk teorisi yaklaşımları bu türden trafik problemleri için analitik tabanlı çözümler sunmaktadır. Burada bu yaklaşımın farklı bileşenleri için daha farklı çalışmalar yapmak mümkündür. Örneğin özellikle varsayım olarak kabul edilen Poisson dağılım modeline uymayan geliş dağılımları ve servis süreleri gibi akımlar farklı dağılımlar ile modellenebilir. Örneğin gelişlerin veya gelişler arası sürelerin istatistiksel dağılım modellerine göre akımın modellemesi M/G/1 ya da G/G/1 gibi modeller ile analiz edilmesi mümkündür. Ayrıca bazı akımlarda gerçek hayatta her zaman servis süreleri geliş oranlarını karşılayamayabilir ve buna bağlı olarak yoğunluğun oluştuğu kollara öncelik verisi atanarak yoğunluk öncelikli kavşak faz modelleri tasarlanabilir. Kararlı durum yani servis sürelerinin gelişleri karşılayamadığı durumlarda bu kollara belli bir doygunluk sınır değeri atanarak bu sınıra yaklaşan akım önceliklendirme ile boşaltılabilir.

#### Teşekkür

Bu araştırma İstanbul Büyükşehir Belediyesi kurumlarından İsbak A.Ş. tarafından veri olarak desteklenmiştir. Çalışmaya destek veren tüm İsbak A.Ş. yetkililerine teşekkür etmek ve en iyi dileklerimizi sunmak istiyoruz.

#### Kaynakça

- Ağırdır, M.L. (1998). *Kuyruk Teorisi Analizi ve Sinyalize Kavşaklarda Yeni Bir Model*. Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 162s, Trabzon,
- Akcelik, Rahmi. (1981). *Traffic Signals: Capacity and Time Analysis*, Australian Road Research Board, Research Report ARR No.123, Nunawading, Australia
- Akcelik, R. (1980). Time –Dependent Expressions for Delay, Stop rate and Queue Length at Traffic Signals. *Australian Road Research Board*. Internal Report AIR, 367-1
- Akcelik, R. (1988). The Highway Capacity Manual delay Formula for Signalized Intersections. *ITE Journal* Vol. 58(3), pp. 23-27.
- Akcelik, R. (1990), Appendix: A Note on the Generalised Delay Model. *Compendium of Technical Papers*, 60th Annual Meeting of Institute of Transportation Engineers, Orlando Florida, pp. 217-219.
- Akgungor, A P, Bullen. (1999). Analytical Delay Models for Signalized Intersections, *Transportation Frontiers for the Next Millennium: 69th Annual Meeting of the Institute of Transportation Engineers* Location: Las Vegas
- Armağan, K. (2019). The New Technological Advances in Highway Pavements: A Review. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 1092-1096
- Ayfer, M. Ö. (1977). Trafik sinyalizasyonu. Bayındırlık Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü. Yayın No: 226, 46-67, Ankara.
- B. Zhou, J. Cao, X. Zeng and H. Wu. (2010). Adaptive Traffic Light Control in Wireless Sensor Network-Based Intelligent Transportation System. *IEEE 72nd Vehicular Technology Conference- Fall*, Ottawa, ON, pp. 1-5, doi: 10.1109/VETEFC.2010.5594435.
- Buckley, D. J. (1962). Road traffic distributions. *Proceedings of the Australian Road Research Board* 1, 1533187.
- Bullock, D. M., J. R. Sturdevant, and C. M. Day. (2008). Signalized Intersection Performance Measures for Operations Decision-Making. *ITE Journal*, Vol. 78(8), pp. 20–23.
- Cakici, Z., Murat. Y. S. (2015). Sinyalize Dönel Kavşakların Performanslarının Farklı Senaryolar Altında İncelenmesi, *11. Ulaştırma Kongresi*, 27-29 Mayıs, İstanbul-Türkiye, 105-116.

- Cakici, Z., Murat, Y. S., Aydin, M. M. (2019). An Empirical Model for the Estimation of Fuel Consumption at Signalized Intersections. *3rd International Conference on Advanced Engineering Technologies*, September 19-21, Bayburt-Turkey, 1000-1010.
- Caliskanelli S.P., *Sinyalizasyon Sistemlerinden ayrılan Araçların Takip Aralığı Dağılımının İncelenmesi*, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Aralık 2010
- Francois Dion a, Hesham Rakha b, Youn-Soo Kang c. (2004). Comparison of delay estimates at under-saturated and over-saturated pre-timed signalized intersections, *Transportation Research Part B* 38, 99–122.
- Fambro, D., N. Roupail P. Sloup, J. Daniel, and J. Li. (1996). *Highway Capacity Manual Revisions of Chapters 9 and 11*, Report No. FHWA-RD-96-088, 204pp.
- Harb, A, Durdu, A, Terzioglu, H. (2019). Kavşak Trafik Sinyalizasyon Kontrolü için Bulanık Mantık Yöntemi ile Gerçek Zamanlı Sistemin Tasarımı ve Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 490-497. DOI: 10.31590/ejosat.638612
- Heidemann, D. (1991). Queue length and waiting time distributions at priority intersections. *Transportation Research-B*, 25, pp 163-174.
- Ilıcalı, M., Toprak, T., Özen, H., Tapkın, S., Öngel, A., Camkesen, N., Kantarcı, M. (2016). *Akıcı-Güvenli Trafik için Akıllı Ulaşım Sistemleri*, Erişim adresi: <https://ww4.ticaret.edu.tr/ulastirma/wp-content/uploads/sites/85/2016/05/AKICI-G%3c%9cVENL%4%b0-TRAF%4%b0K-%c4%b0%3%87%4%b0N-AKILLI-ULA%5%9eIM-S%4%b0STEMLER%4%b0.pdf>
- Kimber, R.M. and E.M. Hollis. (1979). *Traffic Queues and Delays at Road Junctions*. TRRL Laboratory Report 909, Berkshire, England.
- Murat Y. S., Cakici Z., (2017). Sinyalize Kavşaklarda Durma Gecikmesi ve Kontrol Gecikmesi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, *Ulaştırma Kongresi Bildiriler Kitabı*, Volume: 12, At: 13-24
- Özen, M. (2020). Kentsel Kavşaklarda Trafik Kazalarının Sıklığını Etkileyen Faktörlerin İncelenmesi. *Teknik Dergi*, 31 (3). DOI: 10.18400/tekderg.509128
- Transportation Research Board. (1985). *Highway Capacity Manual*, TRB Special Report 209, National Research Council, Washington D.C.
- Traffic Signal Settings, by F.V. Webster. (1958). *Road Research Technical paper No. 39*, Ministry of Transport, Her Majesty's Stationary Office, 1958.
- Transportation Research Board. (1994). *Highway Capacity Manual 1994*, TRB, NRC, Washington, DC.
- Transportation Research Board. (1997). *Highway Capacity Manual 1997*, TRB, NRC, Washington, DC.
- Transportation Research Board. (2000). *Highway Capacity Manual 2000*, TRB, NRC, Washington, DC.
- Webster. (1958). F. V., Traffic Signal Settings, *Road Research Technical Paper No. 39*, Road Research Laboratory, Her Majesty's Stationary Office, Berkshire, England.
- Yisheng Lv, Yanjie Duan, Wenwen Kang, Zhengxi Li, and Fei-Yue Wang. (2015). Traffic Flow Prediction With Big Data: A Deep Learning App, *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 16(2)



# Katı Atık Yönetiminde Kompostlaştırmanın Önemi, Problemler ve Çözüm Önerileri: Türkiye Örneği

Gürdal Kanat<sup>1</sup>, Gökhan Önder Ergüven<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, Environmental Engineering Department, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0003-2600-2912)

<sup>2</sup> Munzur University, Tunceli Vocational School, Department of Chemistry and Chemical Process Technologies, Laboratory Technology Pr, Tunceli, Turkey (ORCID: orcid.org/0000-0003-1573-080X)

(İlk Geliş Tarihi 9 Ocak 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.672413)

**ATIF/REFERENCE:** Kanat, G. & Ergüven, G. Ö. (2020). Importance of Solid Waste Management on Composting, Problems and Proposed Solutions: The Case of Turkey. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 66-71.

## Öz

Organik atıkların yüksek üretim oranları ve bu atıkların açık çöp sahalarına veya sıhhi olmayan depolama alanlarına atılması olumsuz birtakım çevresel, ekonomik ve sosyal sorunlara neden olmaktadır. Kompostlama, organik atıkların yönlendirilmesinde daha temiz teknolojilerden birini temsil eder. Elde edinilen son raporlara göre, Türkiye'de 2018 yılında üretilen belediye atık miktarı 32,2 milyon ton olarak gerçekleşti. Diğer ülkelere benzer şekilde, Türkiye'de belediye atıklarının en uygun ve ekonomik yöntemlerle bertaraf edilmesi planlanmaktadır. Belediye atık yönetimi planlaması yönetmeliklerin amaçlarına dayanmaktadır. Mevcut durumda, Çevre Bakanlığı verilerine göre Türkiye'de 8 adet biyolojik atık işleme tesisi bulunmaktadır. Ayrıca, karışık belediye atıklarının işlendiği 6 mekanik-biyolojik ön arıtma ve geri dönüşüm tesisi bulunmaktadır. Atık yönetim planlarında, 2023 yılında oluşan atıkların %65'i düzenli depolama ve %35'i geri kazanımı hedeflenmiştir. Bu çalışmada, Türkiye ve diğer benzer ülkelerdeki belediye atık yönetimi sorunlarının detayları ve başarı öyküleri incelenmiş ve bunlara ilave olarak sonuçlar tartışılmıştır. Kompostlamanın birçok ülke ve Türkiye'de, bazı sorunlarından dolayı hala yaygın bir yöntem olmadığı görülmektedir. İdari ve teknik faktörler değerlendirildiğinde, atık transferi ile düzenli depolama ve biyogaz geri kazanımı ülkedeki en iyi, en kolay ve ekonomik yöntemdir. Biyolojik ve katı atık yönetimi oldukça önemli bir iştir. Bu proses yönetim sistemi için önemli bir rol oynar. Buna ilave olarak Türkiye'deki ve özellikle İstanbul ilindeki ulusal sıfır atık faaliyetleri ile ilgili yönetim ilk aşamadır ve bu işlemlerin daha iyi sonuç almaları için uzun bir zaman periyoduna ihtiyacı olduğu aşıkardır.

**Anahtar Kelimeler:** Kompostlama, Gelişmekte Olan Ülkeler, Arazi dolumu, Evsel atık, Yönetim

## Importance of Solid Waste Management on Composting, Problems and Proposed Solutions: The Case of Turkey

### Abstract

The high generation rates of organic waste and their open dumpsite in landfills are resulting in some adverse affects related with environment, economy and social life. Composting represents one of cleaner technologies in diverting organic pollutants from landfill. According to the recent statistics, the amount rate of municipal waste generated in Turkey in 2018 was nearly 32.2 tons. Comparable to the other countries waste management systems, it is a fore thought to arrange of municipal wastes in Turkey with the

<sup>1</sup> Corresponding author: Munzur University, Tunceli Vocational School, Department Of Chemistry and Chemical Process Technologies, Laboratory Technology Pr, Tunceli, Turkey, ORCID: 0000-0003-1573-080X, [gokhanondererguven@gmail.com](mailto:gokhanondererguven@gmail.com)



most suitable and economical methods. Municipal waste management technologies and strategies were based on the objectives of the Waste Landfill Regulation and Packaging Wastes Control Regulation. In the recent case, there are 8 biological waste treatment processing facilities in Turkey. Additionally, there are 6 mechanical-biological pre-treatment and recycling process facilities where mixed municipal waste is treated. In the management strategies, the waste formed in 2023 was targeted to 65% landfilled and 35% recovery. In this case study, details of municipal waste problems and achievement scenarios in Turkey and in other similar countries are examined and results are discussed. It is seen that composting is still not a common method in the cities of many countries and Turkey due to some significant problems. When administrative and technical factors are evaluated, waste transferring to landfill and biogas recovery is the best, easiest and economical method in the country. It is understood that biological and solid waste management is a very important work. This process plays a significant role for the management system. Additionally, managements about national zero waste activities in Turkey and especially Istanbul city are still in the first step and this process needs a long time period to have better results.

**Keywords:** Composting, developing countries, landfill, municipal waste, management.

## 1. Introduction

Municipal Solid Waste (MSW) is an unavoidable waste, especially in the big cities, related to population increase, (chaotic) urbanization and socio-economic development. MSW management is a serious problem for local and national authorities. MSW is not only contain high amount of organics but also most heterogeneous kind of refuse. Appropriate waste management is crucial for environmental and human health concerns.

Organics generally includes 40-70% of MSW. Management of the organic fraction of MSW has getting increasing attention. It is also important to separate organic material from the waste stream, by either source separation or centralized mechanical separation, for further treatment, such as composting.

If MSW is disposed improperly, it leads to severe water pollution. MSW can contain not only biological and chemical materials but even some radioactive substances. Moreover, pathogens and heavy metals can leach out and result in water pollution. Composting is an effective method to decompose and treat organic residues such as agricultural waste and sludge (Wang et al., 2017). Additionally, biogas residues could be further treated by composting to stabilize the remaining organic materials and inhibit pathogens that may survive after anaerobic digestion step. Therefore, the resulting compost may be used to fertilize land, thus ensuring that crops receive most of the essential nutrients required for development. At present, extensive research on biogas residues composting is ongoing.

Composting is used to fertilize and amend soil organically and safely, so it must first be non-toxic and then supply nutrients and structure to soil and plants. So, the parameter of maturity is often used to evaluate the stability and safety of compost. Therefore, evaluation the quality of large-scale composting is urgently needed. Composting is often tested using single-factor index such as temperature,  $\text{NH}_4^+ \text{N}$ ,  $\text{NO}_3^- \text{N}$ , nitrification index, cation exchange capacity, and germination (Xiao et al., 2017). While those indexes can describe compost maturity to some extent, the raw materials used for composting are complex, so single-factor index is not comprehensive indicators of compost maturity (Meng et al., 2019).

The Member States of the European Union (EU) have the obligation to implement waste management systems in accordance with the hierarchy of options in the following order of priority: prevention, recycling, reuse, other types of recovery (such as energy), and final disposal (EU, 2008).

In addition, the removal of biodegradable organic matter to the landfill site should be removed gradually. However, despite improved legislation and regulatory systems, public acceptance of new waste disposal and treatment facilities is still very low due to negative impacts on the environment and human health. In this situation, sustainable MSW management requires support through appropriate environmental assessment methods that assess environmental applicability of waste management strategies. The European Commission require greater use of Life Cycle Thought to complete the waste hierarchy.

According to the recent statistic, the amount rate of municipal waste generated in Turkey in 2018 was nearly 32.2 tons. Municipal waste management technologies and strategies in Turkey were based on the objectives of the Waste Landfill Regulation and Packaging Wastes Control Regulation. In the management strategies, the waste formed in 2023 was targeted to 65% landfilled and 35% recovery. In this case study, details of municipal waste problems and achievement scenarios in Turkey and in other similar countries, especially in composting, are examined and results are discussed.

## 2. Material and Method

### 2.1. Methodology

The methodology of the study followed to achieve a case study analysis of selected countries and composting applications and reasons of failure in Turkey. The UK, USA, Japan, and China were selected for the case study given their geographical, socio-economic, waste composition, and waste management profiles.

## 2.2. Biological Solid Waste Management

MSW is mainly composed of kitchen and garden wastes and its composting has been used by some municipalities. MSW composting is seen as a method of directing organic waste materials from landfills to a product that is suitable for agricultural purposes in a relatively low cost way (Laurent et al. 2014). However, the uncertainties of this process are as follows - it is a slow process and separation of solid wastes is difficult. Therefore, this process is not very efficient.

In recent years, compost has been extensively studied for soil remediation and described as the most suitable material for the removal of pollutants. Composting has been proposed as an effective method to minimize landfill impact (Mohee and Soobhany 2014; Mohammadshirazi et al., 2016; Logsdon et al., 2017). Composting is generally done as aerobic biological treatment and results in a biostabilized product. The degree of impact depends on the level of stability achieved. However, during the composting process, some environmental problems, including the formation of malicious or toxic gases and bioerosols may occur and may cause occupational health risks or discomfort to nearby people (Wei et al. 2017; Pearson et al. 2015). Composting is known to have some health problems such as biological and chemical risks, endotoxins, parasitic protozoa or volatile organic compounds (VOCs). These problems, however, are mainly in or around plants. In addition, compost can provide heavy metal concentrations of the waste in soil.

Related to composting, odor attracted great attention due to their significant impact on the life quality. Taiwan Environmental Protection Administration legislated requisite composting and recycling household organic pollutants in 2005 but, bad odors were a problem of the plants. Four composting plants in Taiwan were strained to close due to public disagreements (Houng, 2005).

## 2.2. Waste Management in Some Countries

In some countries, composting rates and food waste management strategies are listed below by help of scientific literature (Wei et al. 2017; Pearson et al. 2015). From 1990 to 2010, approximately 180 mechanical-biological treatment plants were installed in EU to divert biodegraded waste from landfills. MSW composted in EU increased from 8% to 15% from 1999 to 2013. In UK, composting rate increased by mandatory targets for landfill tax from 7 to 84 GBP/ton in 1996 to 2016. In 2000, only 0.8 million tons household waste (3% of total) was composted, but in 2014 it was 4 million tons (19%). Food waste collected separately increased over 20 times from 2006 to 2012, to nearly 350,000 tons. In Spain, capacity was increased by 5 million tons through the installation of 50 new MBT plants. MSW composting rate in China decreased from 10% to less than 2% in the past 15 years and similar trends may exist in other developing countries. In USA, in 1990, 4.2 million tons of MSW (2% of total) was composted but it was increased to 20.6 million (8.4%) in 2005 by encourage yard trimmings compost. MSW composting stagnated in the 10 years after 2005. From 1985 to 1995, landfill tax increased by 177% but in 2013 it was \$50/ton, only 1.58% higher. Therefore, no motivation to recycle/compost. In 2013, yard trimmings was 37, food waste was 37 million tons and only 58% and 5% were composted. In Canada, MSW composting facilities in Guelph, Ontario, and Lunenburg, Nova Scotia have shown landfill diversion rates in excess of 70 and 67%, respectively. Therefore, in developing countries it is essential to identify the barriers that impede waste composting and predict developing trends.

## 2.3. Composting applications and failures in Turkey

In the past years, composting plants were built in a few cities in Turkey. Composting applications and reasons of operation failure in Turkey in the past years are seen in Table 1.

*Table 1. Composting applications and reasons of failure in Turkey.*

City	Problems
Mersin (160 t/h, %50 of city waste, built by a French firm)	-Not considered the local waste characteristics, -No local material market, -Using old technology, no spare parts -No work in rainy weather because the floor is not concrete -Political reasons, personnel change, etc. -In winter, compost cannot pass through the screen
Antalya (50 t/day)	-Very high electricity demand-operating cost -Foreign matter in the compost is also high
Izmir (500 t/day)	- Problems in machines - High operation cost
Marmaris	- Only a few days operation
Giresun (60 t/day)	-Only 5 years, non-continuous operation -Compost is given free of charge -Bad operation, low quality compost -Consumers, farmers were not happy with this compost -Especially odor complaints -No operation due to precipitation in winter conditions -Separated waste is not well marketed -Frequent machine problems -Work of inexperienced technicians

As seen from the Table 1, composting was planned and built in a few cities. Almost all of these plants were planned by the central authority and mainly built by a company, but as seen, there have been many problems related to design and local conditions as well as the operation. As a result, it is seen that the most important problems are engineering problems and the municipalities do not pay enough attention to this issue.

If we evaluate the situation, it is not easy to say that municipalities in Turkey do not have very effective investments, but in fact they have enough success for infrastructure within the cities where public (voters) directly affected. However, there are some, or even many problems in sanitary landfilling of solid waste or operating the composting plants, or even built and operating wastewater treatment plants because those plant are away of the cities and removal of the waste out of the city is a sufficient service duty for the municipalities. The ministry and municipalities cannot show sufficient success in solving these problems and its organization.

In Table 2, composting plants in Turkey and their capacities are given in the report of the Municipality. However, when the data is analyzed, it is seen that composting data in the Environmental Statics of Turkish Statistical Institute and data of the Municipality's report are different. There are inconsistencies between the data of those agencies.

*Table 2. Composting plants in Turkey in recent years (CSB, 2017).*

PROVINCES	Waste capacity tones/year	Amount of transferred tones/year	Amount of composted* tones/year
Izmir	127750	64499	38866
Istanbul	365000	139346	71243
Antalya	54750	71348	32385
Denizli	3000	544	544

In the Table 2, capacity of the facilities is seen as high but actually these values maybe lower. For example, the information about the facility in Istanbul is reported as averagely 20,000 tons/year by the municipality (IBB, 2020).

#### **2.4. Waste Management in Istanbul and Turkey**

Istanbul city has performed improvement in solid waste management in the last decades and do plans for next years (Kanat et al., 2006; Kanat, 2010). For example, sanitary landfill was built after 1994 and will supply 25 years energy production from landfill gas. Municipal solid waste is rising up to 20,000 tons per day. The city can evaluate only %15 of the waste, recycle/recover only %4.5 and landfill of the remaining %85. An incineration facility, capacity with 3,000 tons/day was planned in 2009 and will be operation in 2021. Also, 100 tons/day biomethanization plant is planned to be in operation in 2024. Then, electricity of about 1.5 million people will be supplied and, landfill will be lower to ~%50. Average annual compost production is 19,000 tons/year in a 1,000 ton/day capacity plant. Compost is used in green park areas, but municipality has a sale price of 45 TL/ton (1 US\$ = ~5 TL) in 2018 (ISTAC, 2018).

Ministry of Environment reported that municipal waste generated in Turkey in 2014 was 27.1 million tons (CSB, 2017). Most of the waste, 64%, was disposed of in sanitary landfills and 30% in open dumping areas, while only 6% recycled. Same as in other developing countries, the most appropriate and economical waste management methods are required. MSW in 2018 was 30 million tons but it will increase to 33 million tons in 2023. The Ministry planned to reach to 65% landfill and 35% recovery in 2023. In order to reach this target, amount of separated packaging waste (5.3% in 2014) was planned to increase to 12% in 2023. Biological treatment methods (0.2% in 2014) will be increased to 4%. The target for mechanical-biological pre-treatment (MBP) processes (5.4% in 2014) is 11% while landfilling rate (88.7% in 2014) will be reduced to 65% in 2023 (CSB, 2017).

There are 8 biological waste processing facilities in Turkey. Amasya, Aydin, Balikesir, Canakkale, Denizli and Kutahya provinces have a compost plant (CSB, 2017). Biomethanization plants were built in Kocaeli and Sakarya cities. Furthermore, 6 mechanical-biological pre-treatment and recycling facilities are in operation, 2 compost and bioprocessing plant in Istanbul, and 4 biomethanization plant in Ankara, Adana and Samsun cities.

The Ministry planned to reach to 65% landfill and 35% recovery in 2023. For this purpose; packaging waste, 5.3% separately collected at the source in 2014 will be planned to reach 12% in 2023. Biological methods for municipal waste, which is 0.2% in 2014, will be raised to 4% in 2023. Rate of the MBP processes, 5.4% in 2014, will be increased to 11% in 2023. Landfilling rate of municipal waste, which was 88.7% in 2014, will be reduced to 65% in 2023 (CSB, 2017).

Recently, Ministry of Environment activated a National “Zero waste” plan which will be firstly applied in governmental agencies and later, in shopping malls, hospitals, schools, universities and large workplaces (> 1000 employees) until 2023 (anniversary of Turkish Republic). It is applied in Ministry’s Main Building for 3 months and reported that 45 tons paper, 11 tons plastic, 2.5 tons glass, 1 ton metal and in total approximately 60 tons waste was a gain in the economy. There are only few details about organic material composting. JK6200 compost machine (Sweden) is used to produce 180-200 kg compost from 1000 kg waste in 30 days.

## 2.5. Vermicomposting

Vermicomposting an environmentally-friendly process to transform organic materials into organic manure by earthworms (Nath and Singh 2016). Vermicompost contain nutrient-rich natural organics and has several positive impacts on plant growth (Xiao et al., 2017). The most important aspect of compost produced by earthworms is that it is all organic. There are no harmful chemicals and it does not need to be mixed with anything. Vermicomposting produces a product that is naturally designed to benefit plants in several different ways. The most significant benefit is that the nutrients in earthworm compost are very easily absorbed by the roots of plants. Unlike chemical fertilizers, vermicompost is not easily flushed from the soil because of the worm mucus that it contains. Plants have longer to obtain the nutrients and get the maximum benefit (Nath and Singh 2016).

Chemical fertilizers bombard plants with huge amounts of nutrients that are going to drain by and eventually be washed out of the soil by the rain. The chemicals can get into the aquifers and contaminate drinking water. This can be avoided by using a compost which is lower in nutrient content but which does not get washed out of the soil. The nutrients are held in place and released slowly so that the plants receive what they need over a prolonged period. Using earthworms creates a product that is natural and behaves naturally. The cycle of regularly over-dosing the soil is broken. Plant health is promoted by long-term exposure to nutrients and the soil condition will continue to improve (Xiao et al., 2017).

Vermicomposting is also increasing in Turkey. It is not easy to say that it is correct or not, because there is no technical data but in media news, people say that they have a good amount/sufficient money by vermicomposting (small or larger scale-up to 2-3000 tons/month). Those plants are operated mainly by using organic (agricultural) waste, not mixed municipal waste. The number of vermicomposting companies and also personal activities has increased in recent years in the country to benefit the output of this process.

## 2.6. Recommendations for Waste Management and Composting

Some recommendations for waste management and composting can be done by help of mentioned information. In Table 3, some suggestions are listed for a successful composting It is advised do not or do if it is possible to apply those recommendations. Also in Table 3, some observed problems related to composting activities in Turkey are listed. As seen in the table, there are some common problems in Turkey, similar to other developing countries.

Table 3. Observed problems related to composting activities.

Factors for a successful composting
1. Separated organic collection system is needed,
2. Big plants should not be constructed before getting experience in pilot systems,
3. Automatic installations should be well examined and, if possible, not be preferred in terms of operating and maintenance costs
4. It should not be misunderstood that the compost product is the material that can be used and sold very easily
5. Optimal technology choice should be investigated
6. Very good planning should be done, not believe in magic technologies like enzyme or special bacteria species
7. Market identification is a prerequisite for successful strategies and it is also important for long term operation of composting plant
8. Municipalities should ensure action plans, education and training of the personnel
9. Political will and continuity of the policy is also important for sustainable activities.

Some observed problems related to composting activities in Turkey
1. The Ministry is unable to provide adequate, sufficient coordination
2. The municipalities are inexperienced and irrelevant/uninterested (both in planning and operation phases of the plants)
3. The municipalities, for various reasons, hastily prepared plans, politics, etc. Do not get enough knowledge (or cannot) from the other experienced institutions.
4. There is very little cooperation between the universities and public/private institutions.
5. Composting activities should have support and great involvement from the governmental agencies and private sector.
6. Turkish farmers should be educated for benefits of compost and how to use it as a fertilizer and/or soil conditioner
7. Good cost benefit analyze is a must before deciding to construct composting plants,
8. Those activities have weak economic performance and economic support policy is required for successful results.



### 3. Conclusions

Municipal solid waste is an unavoidable waste, especially in the big cities, with high population increase, urbanization and socio-economic developments. Waste management is a serious problem for local and national authorities. Wastes are not only contain high amount of organics but also most heterogeneous kind of refuse. Appropriate waste management is crucial for environmental system and human health. Solid waste management is a multi-dimensional issue. It involves a large number of different stakeholders, which play a role in shaping the system. Municipal waste management technologies and strategies in Turkey was based on the objectives of the Waste Landfill Regulation and Packaging Wastes Control Regulation. In the recent case, there are some biological waste treatment processing facilities built in Turkey. Additionally, there are some mechanical-biological pre-treatment and recycling process facilities where mixed municipal waste is treated. In the management strategies, the waste formed in 2023 was targeted to 65% landfilled and 35% recovery with some methods.

Composting represents one of cleaner technologies in diverting organic pollutants from landfill. Organics generally includes 40-70% of MSW. Management of the organic fraction of the solid waste has getting increasing attention in recent years. It is also important to separate organic waste by either source separation or centralized mechanical separation for further treatment such as composting. However, it is seen that composting is still not a common method in Turkey, similar to the cities of many countries, due to some reasons. When administrative and technical factors are evaluated, waste transferring to landfill and biogas recovery is currently the best, easiest and economical method in the country. Moreover, National Zero Waste activities in Turkey and Istanbul City are still in the beginning phase and may need long time to have better results.

### References

- CSB, (2017). Ministry of Environment, “Annual Report” webpage available: [webdosya.csb.gov.tr](http://webdosya.csb.gov.tr), April 2018. Ministry of Environment (CSB), webpage available at: <http://sifiratik.csb.gov.tr> [Accessed April 21, 2018].
- EU, 2008. Directive 2008/98/EC of The European Parliament And of The Council on Waste and Repealing Certain Directives. *Official Journal of the European Union*, L312, 3–30.
- Gajalakshmi, S. & Abbasi, S.A. (2002). Effect of the application of water hyacinth compost/vermicompost on the growth and flowering of *Crossandra undulataefolia* and on several vegetables. *Bioresour. Technol.*, 85, 197-199.
- Houng, H. (2005). “Policies and Measures of Waste Disposal and Treatment in Taiwan.” In book: Towards Zero Waste Society. New Management Policies for Solid Waste Disposal in Chinese Taipei. pp: 69-143. Available at: <https://www.pecc.org/resources/infrastructure-1/1246-towards-zero-waste-society> [Accessed May 21, 2019]
- ISTAC, (2018). webpage available at: <http://www.istac.istanbul>, [Accessed Apr 10, 2018].
- IBB (2020). webpage available at: <https://atikyonetimi.ibb.istanbul/hizmetlerimiz/kompost-ce-geri-kazanım-tesisi>, [Accessed Feb 10, 2020].
- Kanat, G., A. Demir, B. Ozkaya, M.S. Bilgili, (2006). “Addressing the operational problems in a composting and recycling plant”, *Waste Management*, 26 (12), 1384–1391.
- Kanat, G. (2010). “Municipal solid-waste management in Istanbul”, *Waste Management*, 30, 1737–1745
- Laurent, A., Bakas, I., Clavreul, J., Bernstad, A., Niero, M., Gentil, E., Hauschild, M.Z. & Christensen, T.H. (2014). Review of LCA studies of solidwaste management systems – part I: lessons learned and perspectives. *Waste Manage.*, 34, 573–588.
- Logsdon S.D., Sauer P.A., Shipitalo M.J. (2017). Compost improves urban soil and water quality. *J. Water Resour. Protect.*, 9, 345-357.
- Meng X., Liu B., Zhang H., Wu J., Yuan X. & Cui Z. (2019). Co-composting of the biogas residues and spent mushroom substrate: Physicochemical properties and maturity assessment. *Bioresour. Technol.*, 276, 281-287
- Mohammadshirazi F., McLaughlin R.A., Heitman J.L. & Brown V.K. (2017). A multi-year study of tillage and amendment effects on compacted soils. *J. Environ. Manag.*, 203, 533-541
- Mohee, R. & Soobhany, N. (2014). Comparison of heavy metals content in compost against vermicompost of organic solid waste: past and present. *Resour Conserv Recycl.*, 92, 206–213.
- Nath, K. & Singh, K. (2016). Analysis of different nutrient status of liquid biofertilizer of different combinations of buffalo dung with gram bran and water hyacinth through vermicomposting by *Eisenia fetida*. *Environ Dev Sustain.*, 18, 645-656.
- Pearson, C., Littlewood, E., Douglas, P., Robertson, S., Gant, T.W. & Hansell, A.L. (2015). Exposures and health outcomes in relation to bioaerosol emissions fromcomposting facilities: a systematic review of occupational and communitystudies. *J. Toxicol. Environ. Health B Crit. Rev.*, 18(1), 43–69.
- TUIK (2020). Environmental Statics, The Turkish Statistical Institute webpage available at: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=119&locale=tr>, [Accessed Feb 10, 2020].
- Wang, T., Wang, S., Zhong, X., Sun, Z., Huang, Y., Tan, L., Tang, Y. & Kid, K.. (2017). Converting digested residue eluted from dry anaerobic digestion of distilled grain waste into value-added fertilizer by aerobic composting. *J. Cleaner Prod.*, 166, 530–536.
- Wei, Y., Li, J., Shi, D., Liu, G., Zhao, Y. & Shimaoka, T. (2017). Environmental challenges impeding the composting of biodegradable municipal solid waste: A critical review. *Resour Conserv Recycl.*, 122, 51–65.
- Xiao R., Awasthi M.K., Li R., Park J., Pensky S.M., Wang Q., Wang, J.J. & Zhang, Z. (2017). Recent developments in biochar utilization as an additive in organic solid waste composting: a review. *Bioresour. Technol.*, 246, 200–213.



# Kaderine Terk Edilmiş Bir Köy Olarak Lübbey Köyü Peyzaj Özelliklerinin İncelenmesi

Betül Tülek<sup>1\*</sup>, Halil Serhan Saner<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Çankırı, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6584-041X)

<sup>2</sup> INFOPLAN Mühendislik Planlama CBS Ltd.Şti., Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2362-5727)

(İlk Geliş Tarihi 27 Şubat 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.712626)

**ATIF/REFERENCE:** Tülek, B., & Saner, H. S. (2020). Kaderine Terk Edilmiş Bir Köy Olarak Lübbey Köyü Peyzaj Özelliklerinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 72-83.

## Öz

Sahip olduğu doğal ve fiziksel karakterler ile tarihi, kültürel ve görsel faktörlerin bir bütünü olarak tanımlanan peyzajın şekillerinden biri olan kültürel peyzajlar, insan ve doğanın bütünlüğü ve kültürel mirasın önemli bir parçasıdır. Dünyada oldukça fazla çeşitliliğe sahip olan kültürel peyzaj alanları insanlığın sosyal gelişiminin, yaratıcılığının ve ruhsal zenginliğinin aynalarıdır. Bu alanlar aynı zamanda toplumların ortak kimliğinin parçalarını oluşturmaktadır. Geleneksel yaşam özelliklerinin, alan kullanımlarının doğal çevre ile birlikte şekillendiği kültürel peyzajların önemli bir parçası olan kırsal peyzajların ve kırsal yerleşimlerin sahip oldukları geleneksel özelliklerini korumak bu peyzajların sürdürülebilirliği için gereklidir. Korunan, bozulmadan günümüze kadar gelen bu yerleşimler geçmişle bağlarımızı sağlamakta, geçmişimize dair bilgiler sunmaktadır. Türkiye’de birçok bölgede sosyal ve ekonomik sebepler, doğal afetler, su baskınları, nüfus mübadeleleri, göç gibi nedenlerle yerel halkın yaşam alanlarını terketmesi ile birçok köy yerleşimi ve bununla birlikte geleneksel yaşam koşulları, yapılar ve kültürel özgünlük yok olmaktadır. Bir kırsal yerleşimin özgün peyzaj değerlerinin korunması ve bölgeye kazandırılması için alınacak alan kullanım kararları, yerelden bölgeye yönelen kimliğini dikkate alarak ele alınmalıdır. Bu noktada kırsal yerleşimin doğal ve kültürel peyzaj özelliklerinin incelenmesi gereklidir. Bu çalışmada amaç İzmir’in Ödemiş ilçesinde terk edilmiş bir köy olan Lübbey Köyü’nün doğal ve kültürel peyzaj özelliklerini inceleyerek, özgün yapısı, antik yollara yakın olan konumu ve karakterini vurgulamaktır. Lübbey Köyü doğal ve kültürel peyzaj özellikleri ile korunması gereken özgün kültürel peyzaj alanlarından biridir. Bu kapsamda peyzaj özellikleri belirlenirken algısal, niceliksel ve niteliksel özellikler dikkate alınmıştır. Araştırmanın sonucunda, temelde dış göçler sebebiyle terkedilmiş olan Lübbey Köyü’nün sahip olduğu doğal bitki örtüsü, özgün yerleşim dokusu, tescilli yapıları, Hellenistik döneme uzanan tarihi ve turistik peyzaj özellikleriyle korunması gereken kırsal yerleşimlerden biri olduğu ortaya koyulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kültürel Peyzaj, Kırsal Peyzaj, Peyzaj Özellikleri, Kırsal Peyzaj Planlama, Lübbey Köyü, Ödemiş, İzmir

## Investigation of Lübbey Village Landscape Features as a Doomed Village

### Abstract

Cultural landscapes, which are one of the landscape forms defined as a whole of natural, physical characters and historical, cultural and visual factors, are an important part of the human and nature and cultural heritage integrity. Cultural landscape areas, which are quite diverse in the world, are mirrors of humanity’s social development, creativity and spiritual wealth. These areas also form parts of the societies common identity. It is necessary for the sustainability of these landscapes to preserve the rural landscapes traditional characteristics and rural settlements, which are an important part of cultural landscapes where traditional life styles and land uses are shaped together with the natural environment. These protected and preserved settlements provide our ties with the past and provide information about our past. In many regions of Turkey, with the abandonment of the living spaces by local people with some reasons such as social and economic reasons, natural disasters, floods, population exchanges, immigration, many village settlements, as well as traditional living conditions, structures originality and culture disappear. In order to preserve the original landscape values of a rural settlement and bring it to the region, the land use decisions should be taken by considering the identity of the region from the local to the region. At this point, it is necessary to examine the natural and cultural landscape features of the rural settlement. The aim of this study is to examine the natural and cultural landscape features of the Lübbey village, which is an abandoned village in Ödemiş district

\* Sorumlu Yazar: Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Çankırı, 18200, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6584-041X, [betultulek@karatekin.edu.tr](mailto:betultulek@karatekin.edu.tr)

of İzmir, and to emphasize its original structure, its location close to ancient roads and its characteristics. Lübbey Village is one of the original cultural landscape areas that should be protected with its natural and cultural landscape features. In this context, while determining landscape features, perceptual, quantitative and qualitative features were taken into account. As a result of the research, Lübbey village is one of the rural settlements which was basically abandoned due to external migrations, should be preserved with its natural vegetation, original settlement texture, registered structures, historical and touristic landscape features dating back to the Hellenistic period were revealed.

**Keywords:** Cultural Landscape, Rural Landscape, Landscape Features, Rural Landscape Planning, Lübbey Village, Ödemiş, İzmir

## 1. Giriş

İnsanlar tarafından değiştirilmiş, etkilenmiş, farklı anlamlar yüklenmiş kültürel alanlar olarak tanımlanabilen "kültürel peyzaj" kavramı, Birleşmiş Milletler Eğitim, Bilim ve Kültür Organizasyonu (UNESCO) ve Amerikan Milli Park Servisi (USA NPS) tarafından en çok çalışmaları yapılan alan olarak gösterilmektedir.

Kültürel peyzajlar için farklı tanımlamalar yapılmıştır. Uluslararası Doğa Koruma Birliği (IUCN) tarafından yapılan kültürel peyzaj tanımlamasında, kültürel peyzaj; kültürel ve doğal kaynakları ve bu bağlamda yaban hayatı ve evcil hayvanları içeren, tarihi bir olay ve bir etkinlikle birlikte olan ya da çeşitli kültürel ve estetik değerler sergileyen coğrafi alanlar olarak tanımlanmaktadır (Uzun ve ark., 2008); Köse ve Arı (2005) 'ya göre ise, kültürel peyzaj; kültürel coğrafya temalarının en somut olanı olarak tanımlanmaktadır. Kültürel peyzajlar farklı kültür gruplarının yarattıkları görünür maddesel peyzajlardır ve her peyzaj kendini yaratan kültürü yansıtmaktadır (Çetin, 2010).

Kırsal peyzajlar geleneksel alan kullanımları ve doğal çevre ile biçimlenen alanlardır. Kırsal peyzajlar için de farklı tanımlamalar yapılmıştır. Bu tanımlamalardan ilki kırsal peyzajların geleneksel kültürel peyzajlar olduğudur (Cullotta ve Barbera, 2011). Amerikan Peyzaj Mimarları Federasyonu (ASLA, 2006) ise kırsal peyzajları insan ve doğanın birliktelik içinde oldukları mekanlar olarak tanımlamaktadır. Bu alanlar insanoğlunun yaratıcılığına güçlü katkılar sağlamaktadır.

Kırsal peyzajlarda insanlık kentlerin dışında farklı faaliyetleri de gerçekleştirmektedir. Bu faaliyetler çoğunlukla tarımsal olmakla birlikte, endüstriyel ve rekreasyonel de olabilmektedir. Bu faaliyetler peyzaj üzerinde olumlu ya da olumsuz sonuçlara da sebep olabilmektedir (Koç ve Şahin, 1999).

Kırsal peyzajların doğal ve kültürel tüm özellikleri o peyzajların kimliğini oluşturur. Bu noktada topografya, bitki örtüsü, yaban hayatı, hidroloji, jeoloji gibi doğal özellikleriyle birlikte o yöredeki geçmişten günümüze gelen kültürel alışkanlıklar, bilgi sistemleri, gelenek, görenek, töre ve adetler de bu kimliği şekillendirmektedir (Köse ve Şahin, 2017). Bir kırsal yerleşimin peyzaj özelliklerinin analizi o kırsal yerleşimin daha iyi anlaşılmasına, korunmasına ve değerlendirilmesine fırsat tanımaktadır.

Zengin tarihi geçmişi ve doğal yapısı ile İzmir ili, Ödemiş İlçesi, Lübbey Köyü doğal ve kültürel peyzaj özelliklerinin çoğunu hala korumaktadır. Köyün geleneksel mimari dokusu ve kırsal yerleşim yapısı gibi kırsal ve kültürel özellikleri Ödemiş kırsal peyzaj karakterlerinin tanımlanmasında etkin rol oynamaktadır. Araştırmada, bugün köy tüzel kişiliğinden mahalle statüsüne geçerek dönüşen Lübbey Köyü'nün sahip olduğu doğal ve kültürel peyzaj özellikleri incelenerek, yöre peyzajı ölçeğinde, peyzaj kimliğini oluşturan bu özelliklerin korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından tanımlanması amaçlanmıştır.

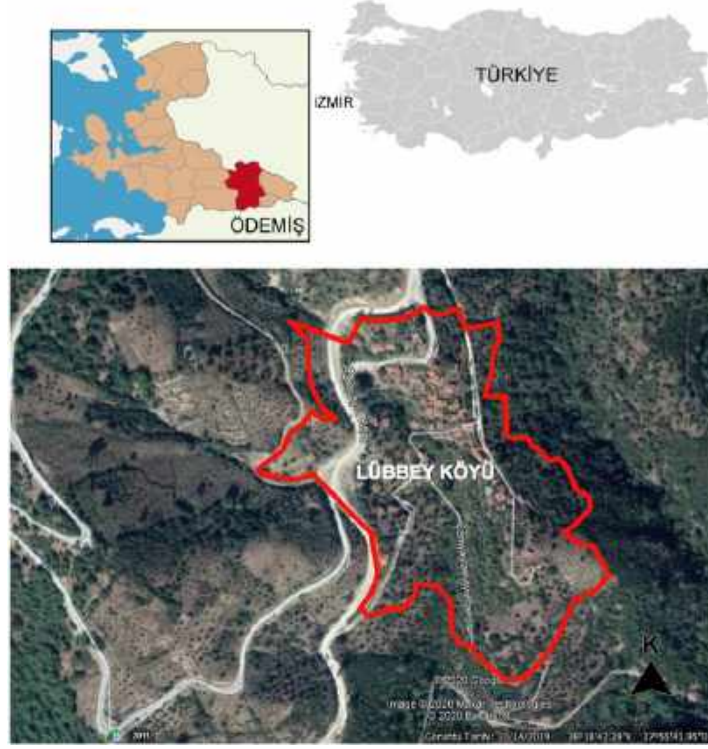
## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Araştırma alanı olarak İzmir, Ödemiş ilçesi Lübbey Köyü seçilmiştir. Lübbey, Bozdağlar Platosu üzerinde bulunan kuzey güney yönlü oluk şekilli çukurluklardan Subatan ve Ayvacık Yaylalarının batısında, Rahmanlar deresi vadisinde yer almaktadır (Şekil 1). Küçük Menderes Havzası'nda yer alan ve 1982 yılına kadar sakinleriyle yaşayan bu köy, bir kışlak olarak adlandırılmıştır.

Bugün eski yerleşimin bulunduğu Lübbey ve köy sakinlerinin Lübbey'i terk edip yerleştikleri Lübbey Yaylağı, Çamyayla Mahallesi olarak anılmaktadır. Çamyayla Mahallesi doğuda Horzum, güneyde Derebebekler, batıda Çobanlar mahalleleri ve kuzeyde Manisa Salihli ilçesi ile çevrilidir.

1960'lı yıllara kadar yaşamlarını kışın Lübbey Kışlağı'nda yazın Lübbey Yaylası'nda geçiren köy halkı, yaşanan göç süreci ile Lübbey Yaylası'na kalıcı olarak göçmüşlerdir. Günümüzde Lübbey Köyü ve Çamyayla nüfusu karşılaştırıldığında, köyün nüfusunun geçen yıllar süresince hızla azaldığı görülmektedir. Köyden göç edenlerin büyük bir çoğunluğu Çamyayla'ya, önemli bir bölümü Ödemiş ilçe merkezine, ardından da İzmir ve İstanbul'a yerleştikleri gözlenmektedir (Güler, 2016).



Şekil 1. Araştırma alanı konumu

## 2.2. Metot

Bu araştırma Lübbey Köyü doğal ve kültürel peyzajlarının sınıflandırılmasında 3 aşamalı bir inceleme yapılmıştır. Araştırmanın ilk aşamasında araştırma alanıyla ilgili veriler toplanmış, kırsal peyzaj konusunda yazılmış kitap, makale, bildiri ve diğer yazılı kaynaklar ile bu konuda yapılmış çeşitli araştırmalar, haritalar, planlar ve görsel malzemeler incelenmiştir. Bu kapsamda kırsal peyzaj, kırsal yerleşim, Lübbey ve Ödemiş bölgesi doğal peyzaj özelliklerini oluşturan topografya, bitki örtüsü, yaban hayatı, iklim ile kültürel peyzaj özelliklerini oluşturan yerleşim yapısı, üretim özellikleri, mimari yapı, dış mekan bileşenleri ve peyzaj elemanları ile algısal bileşenler incelenmiştir. Araştırmanın 2. aşamasında Lübbey Köyü kırsal yerleşimlerin doğal ve kültürel peyzaj özelliklerinin yerinde analizi yapılmış, araştırmanın 3. ve son aşamasında ise alanın niteliksel, niceliksel ve algısal peyzaj özelliklerinin birlikte ele alınması ve yorumlanmasına çalışılmıştır. Araştırmanın algısal peyzaj özellikleri incelenirken estetik ve algısal bileşenler değerlendirilmiştir. Bu noktada, kuşatma, çeşitlilik, renk, çizgi, birlik, desen, ölçek, doku, kompozisyon, uzaklık ve form, memnuniyet, teşvik edicilik, güvenlik, baskınlık ve huzur, sakinlik bileşenleri arazi gözlemleri ile ele alınmıştır. Araştırmada kırsal peyzajlara ait ölçütler önemli olup, alanın doğal peyzaj değeri, kültürel peyzaj değeri ve peyzajların algısal değerleri Işıklı (2010), Erdem (2012), Köse ve Şahin (2017) çalışmaları temel alınarak incelenmiştir.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Ödemiş -Lübbey Köyü Doğal Peyzaj Özellikleri

#### 3.1.1. Topografya

Bozdağlar Platosunda bulunan ve deniz seviyesinden yaklaşık 500 metre yükseklikte kurulmuş olan Lübbey Köyü kuzey güney yönlü oluk şekilli çukurluklardan Rahmanlar deresi vadisinde konumlanmaktadır. Kırsal yerleşimler ovalarda ya da dağ yamaçlarında konumlanmıştır, bu durum yerleşimin tarımsal üretimi, yerel halkın yaşam şeklini ve yerleşim biçimlerini de belirlemektedir, yerleşimler topografyaya göre şekillenmektedir (Güler, 2016).

Ödemiş merkez ve yakın köylerin düz arazide konumlandıkları, ilçe merkezine daha uzak vadilerin içlerindeki yamaçlarda ise dağ köylerinin konumlandığı görülmektedir. Kırsal yerleşimler etrafında köy camisi, köy okulu, köy konağı, ticari birimler ve ortak kullanımın gereği diğer yapıların yer aldığı bir merkez çevresinde, arazinin yapısına göre konumlandırılmıştır. Köylerdeki yerleşimin sınırlarını topografya, hidrolojik yapı, orman alanları ve tarım alanları belirlemektedir. Eğimin arttığı yamaç yerleşimlerinin daha dağınık özellik gösterdiği, ova yerleşimlerinin ise daha toplu olduğu gözlenmektedir. Ova yerleşimlerinde sokak genişlikleri, parsel büyüklükleri ve tarım alanları, yamaç yerleşimlerine göre daha büyük genişliktedir. Yamaç yerleşimlerinde arazi



eğimine göre konumlandırılan konutlar birbirlerine göre paralel değil serbest olarak yerleştirilmiş ve yapılardan arta kalan alanlar sokakları oluşturmuştur. Bu tür yerleşimlerde yapıların ön cepheleri eğime bakacak yönde konumlandırılmıştır. Ova yerleşimlerinde ise yapıların konumlandırılmasında topoğrafyanın bir belirleyiciliği yoktur (Güler, 2016).

### 3.1.2. İklim

Lübbey Köyü çam ormanlarının arasında konumlandırılmıştır ve tümüyle Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Ödemiş kent merkezine ve çevre ovalara göre köyde ölçülen ortalama sıcaklık değerleri daha düşüktür. Ödemiş kent merkezinde ölçülen yıllık ortalama sıcaklık 17°C iken, Lübbey Köyü'nde bu değer 11°C'dir. Yıllık yağış miktarının yaklaşık 850 milimetre olduğu yerleşimde kar yağışlı gün sayısı ortalama iki olduğu belirtilmektedir (Vardar, 2013).

### 3. 1.3. Flora ve Fauna

İzmir, Ödemiş ilçesi ve deniz seviyesinden hemen hemen 500 metre yükseklikte çam ormanları içinde bulunan Lübbey Köyü, Akdeniz ikliminin etkisi altındadır. Akdeniz ikliminin tipik bitki örtüsü olan maki bitki örtüsü özellikle aşırı otlama, yangın gibi sebeplerle ormanların kaybolduğu yerlerde gözlenmektedir. Kermes meşesi, ardıç, yabani zeytin, çitlembik, sakız, tesbih, katırtırnağı gibi kuraklığa dayanıklı bitkiler maki bitki örtüsünde hakimdir ve bu bitki örtüsü deniz seviyesinden 600 m.yüksekliğe kadar ulaşmaktadır. Dağlık alanlar ormanlarla kaplıdır. İzmir ili %58'i ormansız alan, % 25'i bozuk orman alanı ve % 17'si ise normal ormanlık alanlardan oluşmaktadır. Ormanlar ilin % 42'sini oluşturmaktadır. Ormanlarının % 49'u iğne yapraklı bitkiler, % 45'i yapraklı bitkiler, % 6'sı maki bitki örtüsü ile kaplıdır. İğne yapraklı ormanları kızılçam, karaçam ve fıstık çamı oluşturmaktadır. Kızılçam (*Pinus brutia*) ormanları deniz seviyesinden 600 m.yüksekliğe kadar uzanırken daha yüksek kesimlerde karaçam (*Pinus nigra*) ormanları gözlenmektedir. Nemli ve elverişli dere kenarlarında söğüt, kestane, dişbudak, çınar, kavak, akçaağaç, karaağaç ve kızılçık gibi yapraklı ağaçlar yetişmektedir. İzmir ili karakteristik bitki türlerinden biri de Palamut meşesidir (*Quercus ithaburensis*) (Batur ve ark., 2013). İzmir çevresinde okaliptüs (*Eucalyptus camaludensis*) ağaçları da görülebilmektedir. Maki bitki örtüsüne ait sakız (*Pistacia lentiscus*), menengiç (*Pistacia terebinthus*), kokar çalı (*Anagyris foetida*), kermes meşesi (*Quercus coccifera*) ve kuşburnu (*Rosa canina*) en yaygın olan türlerdir. Frigana bitki örtüsünde ise abdestbozan (*Sarcopoterium spinosum*), izmir kekiği (*Origanum onites*), kuşkonmaz (*Asparagus acutifolius*) ve kiris otu (*Asphodelus aestivus*) en yaygın görülen türlerdir (T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, 2020).

Ödemiş bitki örtüsü genelde makidir. Dağlarda meşe ağacı türleri, kestane, menengiç ve kızılçam ağaçları yetişmektedir. Ovalarda ise ceviz, incir, kavak, fıstık çamı, turuncgiller, zeytin ve meyve ağaçları yetişmektedir. Ödemiş ve çevresi yarı nemli alana sahiptir. Yıllık yağış tutarlarının dağılımı bakımından yarı nemli koşullar % 75 oranında olup egemen durumdadır. Bu istatistiksel analize göre, Ödemiş'te yıllık yağışların 538,9 mm. ile 978,9 mm. arasında düşmesi çevredeki yağış yeterliliğini ifade etmektedir. Ayrıca, yıllık yağışların zaman içindeki değişimleri de son 40-45 yıl içinde çok şiddetli kuraklıkların yaşanmadığını ortaya koymuştur. Dolayısıyla çevrede hüküm süren nemlilik koşullarına göre, Ödemiş yöresinin doğal bitki örtüsü alçak kesimlerde kızılçam (*Pinus brutia*) ve yükseklerde (800-1000 m'den itibaren) karaçam (*Pinus nigra*) ormanlarından ibaret olmalıdır. Ancak; sadece Ödemiş çevresi değil, bütünüyle Küçük Menderes Nehri Havzasında doğal bitki örtüsü uzun yıllar süren antropojen etkiler nedeniyle büyük ölçüde tahribe uğramıştır. Bitki örtüsünün tahribi, önce ova tabanında başlamış ve yamaçlara doğru ilerlemiştir. Tahripler, ovada yamaçlardaki kızılçam ormanlarını etkilemiş ve bu ormanların yerini küçük ağaçlar ve çalılar (maki ve garigler) almıştır. Kesilen ve yakılan karaçamların yerinde yüksek dağ stepleri yetişmiştir. Ödemiş çevresinin yaklaşık 2000 yıldan beri bir yerleşim alanı olması, yapı malzemesi, yakacak ve tarım arazisi sağlamak gibi amaçlarla başlayan ve devam eden doğal bitki örtüsü tahripleri, sonuçta iklim koşullarına uygun olan vejetasyonu değiştirmiştir (Koçman, 1986; Koçman, 1989). Taban arazide olmasa bile, yamaçlarda ormanların yeniden tesisi, bölge iklimi yönünden önem taşımaktadır.

İzmir, Ödemiş ve civarındaki kırsal alanlar ve orman alanlarında en sık rastlanan yaban hayvanları domuz, atmaca, kerkenez, tilki, şahin, tahtalı güvercin, karatavuk, alakarga, sıvacı kuşu, ardıç kuşu, ibibik, ağaçkakan, bildircin saka, puhu, orman tırnaşık kuşu, sığırcık ve yaban tavşanıdır. İzmir'in fauna yönünden en zengin bölgesi Gediz Deltası'dır. İzmir Kuş Cenneti kuş türlerinin en iyi gözlemlenip kayıt altına alındığı alandır. İzmir, Gediz deltası ve yakın çevresinde memeli hayvan türlerinden, porsuk (*Meles meles*) yaban domuzu (*Sus scrofa*), tilki (*Vulpes vulpes*) yaban kedisi (*Felis sylvestris*), çakal (*Canis aureus*) saz kedisi (*Felis chaus*) yaban tavşanı (*Lepus europaeus*), gelincik (*Mustela nivalis*), gibi türler sıkça görülen türlerdir. Özellikle sazlık, bataklık alanlar ve buralara yakın tarım alanlarında yaban domuzu sıkça gözlenmektedir (Batur ve ark., 2013).

## 3.2 2. Ödemiş Lübbey Köyü Kültürel Peyzaj Özellikleri

### 3.2.1. Lübbey Köyü Kırsal Yerleşimleri ve Konut Bahçeleri

Lübbey eski adıyla *Lütbey*, tarihte "Eşkiya Köyü" olarak bilinmektedir. Bu adı, köyden çok eşkiya çıkmasından değil, ovada olay çıkarmış eşkiyaların hızla bu köye çekilerek geceyi savunma kolaylığı olan Lübbey'e sığınarak geçirmelerinden almıştır (Anonim, 2012).

Küçük Menderes Havzası'nda yer alan ve 1982 yılına kadar sakinleriyle yaşayan Lübbey Köyü, bir kışlak olarak adlandırılırken, yaşamını kışın köyde yazın köye 8 km. mesafedeki yaylada sürdüren köylüler göç edip mevsimlik olarak yerleşirken, daha sonraları Lübbey Mahallesi'ni terk etmiş ve Çamyayla'da devamlı bir yerleşim oluşturmuşlardır (Başaranbilek, 2015).

Lübbey Köyü Bozdağ'ın 500 metre yukarısında lineer biçimde, bir burun üzerinde kurulmuş, kırsal mimarinin en güzel örneklerini barındıran bir köydür. Türkmen yerleşimi olan köyde (ÇEKÜL, 2013) Şubat 2020 itibariyle 8 kişi 6 hanede yaşamaktadır.

Yükseltinin değeri ve köy yerleşimlerini belirleme durumu, yerleşimde bitki örtüsü çeşitliliği, üretilen tarım ürünleri, doğal çevre ile etkileşim, mimari yapıda kullanılan malzemeler gibi etmenleri şekillendirmektedir. Yerleşim konumu bir burun özelliğinde olmakla birlikte arazi kullanımı, kültürel peyzaj özelliklerinin gelişimini de etkilemektedir.

Doğal çevreden etkileşim ile yerleşimlerin tarım terasları, üretim çeşidi, geleneksel yapı malzemeleri ve yapı türleri de çeşitlilik göstermektedir. Yerleşim formlarının oluşumunda topografya, hidroloji, konum özellikleri ve bu özelliklerin etkileri belirleyici olmakla birlikte aynı özellikler yerleşimin toplu veya dağınık olma durumunu da etkilemektedir (Balta ve Atik, 2019).

Lübbey Köyü'nde geleneksel doku, topografik yapı, iklimsel özellikleri, yakın çevreden edinilebilen malzemeler ve geleneksel yapı teknikleri doğrultusunda şekillendirilmiştir. Yerel halk yapılarını inşa etmek için kullandığı taş malzemeyi kayrak taşından, ahşap malzemeyi ormanlardan, kerpiç malzemeyi ise topraktan çıkararak temin etmektedir. Köydeki yapılar, eğimli arazide birbirlerinin görüşünü kesmeden, topografyaya uygun, toplu yerleşimler olarak konumlandırılmıştır (Güler, 2016) (Şekil 2).



Şekil 2. Yerleşim alanı ve konutlardan görüntüler (Orijinal, 2020)

Yapılarda kagir duvarlar, pencere açıklıkları, çıkmalar, bacalar, ahşap payandalar, merdivenler ve saçaklar geleneksel yerleşim yapılarının farklı tamamlayıcı elemanlarıdır. Köyün organik dar sokakları bulunmaktadır. Yapıların bazılarında üst katlardaki çıkmalar köyün dar sokaklarını kapatarak gölgelikler oluşturmuştur. Yapıların birlikte kırsal yerleşim peyzajını oluşturan diğer öğeler evleri çevreleyen sebze ve meyve bahçeleri, zeytinlikler, Rahmanlar deresi ve çam ormanlarıdır (Şekil 3). Yerleşimdeki yapıların bir bölümü bahçe içerisinde tek başına konumlanmakta, büyük bir kısmı da birbirine bitişik inşa edilmiştir (Güler, 2016).



Şekil 3. Lübbey yerleşim yapıları, sebze bahçeleri ve zeytinliklerden görüntüler (Orijinal, 2020)

Geleneksel yapı ustaları, birbirine bitişik inşa edilen evlerin arasında ayrıca bir duvar yapma ihtiyacı duymamıştır, yapılan ortak duvarla her evin sınırları çizmişlerdir. Yakın akraba olan ev sahiplerinin konutlarını tek bir duvarı paylaşarak inşa ettirmiş olmaları; kendilerini daha güvenli hissetme ihtiyacıyla ve ortak bir duvar yapımının daha az maliyetli olması ile açıklanabilmektedir (Güler, 2016).

Kırsal peyzajların önemli birer parçası olan konutlar ve konut bahçeleri köy kültürünün aynası olan önemli mekanlardır. Konutlar Lübbey köyünün özgün kültürel peyzaj değerlerini yansıtmaktadır. Konutlara bahçelerden de giriş yapılabilmektedir. Yapıların duvar veya çitle çevrelenmemiş olması köydeki kültürel etkileşimin ve paylaşımın yoğun olarak yapıldığını göstermektedir. Bahçe kullanımında topografyanın yarattığı imkanlar kısıtlıdır ve bu açıdan da sayıları az olan bahçeler çok değerlidir.

Köyün teraslanmış küçük bahçelerinde de, köyün kendi ihtiyaçlarını karşılayacak kadar, sebze bahçeleri bulunmaktadır ancak çoğu oldukça bakımsızdır. Çamyayla'da yetiştirilen ürünlerden en fazla fasulye ve barbunyadan verim alınmaktadır. Lübbey köyünde bahçelerin birçok noktasında zeytin ağaçları bulunmaktadır ve Kasım-Aralık aylarında zeytinler toplanmaktadır. Zeytinin özellikle yağından faydalanılmakta ve zeytinler komşu köy olan Üzümlü Köy'ündeki zeytinyağı fabrikasında işlenmek suretiyle gelir elde edilmektedir.

### 3.2.2. Lübbey Köyü Sokak Peyzajı

Lübbey'de yol peyzajını oluşturan sokakların bir bölümü kayalık zemine sahiptir. Kalan bölümü ise yapıların duvarları ve üst kata ulaşımı sağlayan ve merdivenlerde de kullanılan kayrak taşından oluşturulmuştur. Sokak kaplamasında ve konutlarda benzer malzemenin kullanılması görsel bir süreklilik ve bütünlük sağlamaktadır (Güler, 2016).

Genel olarak köy içerisinde dar sokaklar herhangi büyük bir taşıtın girmesine imkân vermemektedir. Ana araç yolunu çevreleyen daha az yoğunluklardaki dar ve sıkışık sokaklar çoğu zaman rampa ve merdivenlere bağlanmaktadır. Köy içerisinde sokak peyzajlarında malzeme uyumu tek tiptir. Sokaklarda beton, parke taş gibi döşeme malzemelerine rastlanmaz, çoğunlukla kayalık ve stabilize yollardan oluşmaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Lübbey sokak peyzajlarından görüntüler (Orijinal, 2020)



Köyün geleneksel merkezi meydan etrafındadır. Meydanda çeşme, kahvehane, cami, çamaşırhane ve tuvalet bulunmaktadır. Konut yapıları bu meydan etrafında yamaca yaslanmıştır ve caminin güneyinde yer alan sokak boyunca karşılıklı olarak konumlandırılmıştır. Köy meydanında ve sokağın ortasında farklı formlarda çeşmeler yer almaktadır (Güler, 2016) (Şekil 5).



*Şekil 5. Çeşmelerden görüntüler (Güler, 2016)*

### **3.2.3. Lübbey Köyü Mezarlığı**

Lübbey Köy yerleşiminin ortalama 500 m kuzeyinde ve çam ormanında köyün mezarlığı bulunmaktadır. Mezarlığa 40 yıla yakın süredir yeni gömü yapılmamaktadır. Köyde mezarların bir kısmı 50-60 cm yüksekliğindeki duvarlarla çevrilidir, bir kısmı ise sadece bir mezar taşına sahiptir. Bazı mezar taşlarında Osmanlıca yazılar göze çarpmaktadır (Güler, 2016) (Şekil 6).



*Şekil 6. Lübbey köy mezarlığından görüntüler (Güler, 2016)*

### **3.2.4. Lübbey Köyü Tarihi ve Turistik Peyzajları**

Ödemiş ilçesindeki Birgi, Bozdağ, Gölcük, Bademli, Günlüce, Lübbey, Çaylı, Konaklı, Ovakent gibi köyler tarihi ve kültürel eserleri bakımından zengindir (Batur ve ark., 2013). Lübbey yerleşiminin tarihi ile ilgili kesin ve yazılı kaynaklara ulaşamamakla birlikte geçmişinin Helenistik Döneme kadar dayandığına dair bazı önemli bulgular söz konusudur (Kut ve Yörür, 2016).

Lübbey Köyü sınırları içerisinde geleneksel dokuyu oluşturan, cami, kahvehaneler, çamaşırhane, okul gibi tarihi yapılar bulunmaktadır. Köyün camisi, çamaşırhane ve kahvehanelerin bulunduğu meydan etrafındadır (Güler, 2016).

Kamu ve özel kuruluşların bahçeleri içerisinde arazinin kısıtlı ve topografyanın el verdiği ölçüde bitki türleri gözlenmektedir. Bahçeler içerisinde ve çevresinde zeytin, meşe, kavak gibi türlerin yoğunlukta olduğu görülmektedir. Tesislerin faunaya yakın olması aslında kuruluşları kullanan kişiler üzerinde dinlendirici etkiler yaratmaktadır. Ancak tesislerin çevresi bahçe düzenlemesi kavramından oldukça uzaktır (Şekil 7).





Şekil 7. Lübbey köy okulundan görüntüler (Güler, 2016)

Lübbey Köyü'nde camiyle birlikte 52 adet yapı tescillidir. Cami İzmir II Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu (KTVKKBK)'nın 2009 yılında aldığı kararla, köydeki konut yapıları ise İzmir I Numaralı KTVKKBK'nın 2016 yılında aldığı kararlar ile tescil edilmiştir (Şekil 8).



Şekil 8. Lübbey Köyü camisi (Kut ve Yörür, 2016; Orijinal, 2020)

Lübbey, Çamyayla ve çevresinde tarih ve kültür turizmi, yayla turizmi ve botanik turizmi, dağ ve doğa yürüyüşü turizmi yapılmasına elverişli alanlara sahiptir. Düzenli bir yerleşimin kurulduğu Çamyayla'nın sahip olduğu gür orman dokusu, en önemli doğa turizmi unsurudur. Fidancılığın yapıldığı Çamyayla, fasulye ve barbunya pazarıyla ünlü olup bahar ve yaz aylarında günübürlük ziyaretçileri ağırlamaktadır. Yaylanın kuzeybatısında bulunan Horzum Yaylası'yla arasındaki orman alanı, tür çeşitliği ve genişliği bakımından Bozdağlar üzerindeki en zengin alandır (Ödemiş Ticaret Borsası, 2020) (Şekil 9).



Şekil 9. Çamyayla yerleşimi (Orijinal, 2020)

Ödemiş'te doğal yapı ekoturizm faaliyetlerine çok uygundur. Buna bağlı olarak, özellikle Çamyayla bölgesinde yayla turizmi, foto safari, kros, doğa yürüyüşü ve bisiklet sporu için elverişli ortamlara sahiptir (Batur ve ark., 2013). Lübbey Köyü'nün antik yollarda yerinin olabileceği bilgilerinden yol çıkılarak derinlemesine bir araştırma yapılması, Sardes- Efes arasında bir keşif güzergahı oluşturularak Lübbey'in bu destinasyonlara dahil edilmesiyle fotoğraf gezileri ve doğa yürüyüşleri için önemli bir nokta haline getirilmesi önerilebilecek faaliyetlerden biridir (Kut ve Yörür, 2016).

### 3.2.5. Lübbey Köyü Endüstri Peyzajları

Lübbey Köyü içerisinde yıllarca Ödemiş'in elektrik ve içme suyu ihtiyacını karşılamış olan hidroelektrik santrali bulunmaktadır. Ödemiş'in elektrikle tanışma hikâyesinin bir tanığı olarak Lübbey Köyü elektrik santrali, ilçenin endüstri mirası ve kent tarihi açısından büyük önem taşımaktadır. Lübbey köyünün modern bir elektrik şebekesine sahip olması ise uzun yıllar sonra mümkün olmuştur. Ödemiş'e ilk elektriği sağlayan özgün donanımların ve boru hatlarının bir bölümü bugüne ulaşabilmiştir. Hidroelektrik Santrali binası ile hemen hemen aynı tarihlerde inşa edilen lojman binası ise kullanılmaz haldedir (Güler, 2016) (Şekil 10).



Şekil 10. Lübbey köyü tarihi elektrik santrali ve lojmanından görüntüler (Güler, 2016)

Lübbey Köyü elektrik santrali özgün nitelikleri ve karakteristikleri olduğu kadar, gizlenmiş anlamlarının ve belleklerinin de ortaya çıkarılması ve sonunda kimliklerinin yeni bir anlayışla yeniden yorumlanması açısından değerlidir. Bu değerinin anlaşılması için özgün kimliğiyle işlevlendirilmesi gerekmektedir.

### 3.2.6. Lübbey Köyü Algısal Peyzaj Özellikleri

Algısal peyzaj özellikleri incelenirken estetik ve algısal bileşenler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Burada ele alınan ölçüler, estetik açıdan; doğallık, kuşatma, çeşitlilik, renk, çizgi, birlik, desen, ölçek, doku, kompozisyon, uzaklık ve form olurken, algısal açıdan; alandaki teşvik edicilik, memnuniyet, güvenlik, baskınlık ve huzur, sakinlik bileşenleri olmuştur (Tablo 1).

Tablo 1. Lübbey Köyü Peyzaj Algısı Bileşenleri (Işıklı, 2010; Köse ve Şahin, 2017)

#### LÜBBEY KÖYÜ PEYZAJ BİLEŞENLERİ

Peyzaj Algısı			
Estetik		Algısal	
<b>Doğallık</b>	Yarı doğal	<b>Desen</b>	Orta
<b>Kuşatma</b>	Açık	<b>Ölçek</b>	Küçük
<b>Çeşitlilik</b>	Çeşitli	<b>Doku</b>	Dokulu
<b>Renk</b>	Birkaç renkli	<b>Kompozisyon</b>	Çeşitli
<b>Çizgi</b>	Hareketli	<b>Uzaklık</b>	Erişilebilir
<b>Birlik</b>	Kombine	<b>Form</b>	Doğrusal
<b>Teşvik edicilik</b>	İlginç, ilham verici	<b>Memnuniyet</b>	Güzel
<b>Güvenlik</b>	Tedirgin edici	<b>Baskınlık</b>	Yerleşim-kırsal
<b>Huzur, sakinlik</b>	Sessiz-sakin		

Görsel kalitesi yüksek olan, kaliteli bir peyzaj karakteri topoğrafya, bitki örtüsünün kapladığı alan ve tipi, suyun varlığı, doğallık derecesi, renk çeşitliliği ve pozitif insan yapımı elementler gibi bileşenlerin alanda çeşitliliğine ve zenginliğine sahiptir (Uzun vd., 2012). Bu açıdan Lübbey Köyü görsel peyzaj kalitesi incelendiğinde peyzajın karakterini güçlendiren en önemli etkenler arazi formu, konumu, bitki örtüsünün tipi ve varlığı ile özgün kültürel yapılarıdır.

Çizgi, doku, renk, desen, form gibi estetik özellikleriyle köy peyzajı şekillenmektedir. Çizgi, bir noktanın doğrultudaki uzantısıdır. Araştırma alanında çizgi hareketli, kavisli ve yatay (durağan) olmak üzere üç kısımda incelenmiştir. Çizgiler gerektiği

kadar belirgin ve keskin olduğunda bir alandaki nesnelere daha ayırt edilebilir, anlaşılabilir ve algılanabilir olmaktadır (Tarım, 2014). Lübbey Köyü değişken topografyasıyla öne çıkmakta ve hareketli bir çizgisel algı yaratmaktadır. Peyzaj içine yer alan benzer formlarla tekrarlanan veya farklı formlardan oluşan kullanım tipleri bir peyzajda desen algısını oluşturur. Lübbey Köyü üzerinde gözlem yapıldığında, köyde desenleri oluşturan alan kullanımları, tarım alanları, ağaçlık alanlar, yerleşimler, çizgisel durumdaki yollar, akarsu, elektrik hatları şeklinde olmaktadır. Bu sebeple alanda desen orta olarak belirlenmiştir. Köyün aktif kullanımı arttığında desen algısı daha da çeşitlenecek ve baskın nitelik kazanacaktır. Doku algısı, doğal çevrelerin yüzeylerini tanımlayan dokular derinlik algısında çok önemlidir. Gibson (1950), zemin dokusundaki derecelenmenin derinlik yargısını etkilediğini ve çevreyi oluşturan yüzeylerin dokusunun doğru derinlik kurulumlarını hazırladığını ifade eder. Değişken, kaba dokular yüzeylerin derinlik sürekliliğini bozarken homojen, yumuşak dokular ise gözlemciye keşif ve hareket olanağı sağladığı için mekânlara derinlik hissi katar. Bu anlamda Lübbey Köyü homojen dokulu yapısıyla ziyaretçilere derinlik hissini kazandırmaktadır.

Burada alanda algısal ölçütler açısından güvenlik hissini tedirgin edici olması alanın peyzaj karakterini olumsuz yönde etkilerken, alanın ilginç, güzel ve sakin olması da peyzaj karakterini olumlu yönde etkilemektedir. Bu noktada alanın bakımsızlığı, terk edilmiş olması gibi etkenler peyzaj karakterini olumsuz yönde etkileyen en önemli faktörlerdir.

#### **4. Sonuç**

Günümüzde kırsal peyzajların özgünlüğünün, kendisini oluşturan insanlar, yabani hayvanlar, bitki örtüsü, konutlar, üretim yapıları, yollar, tarım ve orman alanları, su kaynakları ve gelenekler gibi somut ve somut olmayan tüm bileşenleri ile birlikte bir bütün olarak korunması gerektiği kabul edilmektedir (Güler, 2016).

Kırsal yaşam çevrelerinin çeşitli nedenlere bağlı olarak nüfus kaybetmeleri, sahip oldukları zengin kültürel ve doğal mirasın korunmasını zorlaştırmakta ve bu konuda önlem alınmasını zorunlu kılmaktadır. Kırsal mirasın korunması için önlem alınmaması durumunda, doğal malzemelerle üretilmiş geleneksel mimarinin doğa şartları karşısında hızla yok olması ve kırsal peyzajın karakterinin değişmesi kaçınılmaz bir sonuç olacaktır.

Kırsal peyzaj karakterlerinin en belirleyici unsurları arasında kırsal yerleşimler, köyler gelmektedir. İklim, topografya, bitki örtüsü gibi doğal çevrenin varlığı ile şekillenmiş, yörede bulunan erişilebilir yapı malzemeleri ile inşa edilmiş geleneksel yapılar ve bahçelerin iç içe geçtiği ve doğal çevreye uyumlu organik yapıdaki kırsal yerleşimler aynı zamanda kültürel miras alanlarıdır ve doğru araçlarla korunmaları gereklidir (Balta ve Atik, 2019).

Akdeniz iklim özelliklerinin görüldüğü Lübbey Köyü, yaz-kış rüzgâr alan bir özelliğe sahiptir ve makilik alanlar geniş yer kaplamaktadır. Makilik alan içerisinde kızılçam, zeytin, incir, nar ve diğer yerel bitki dokusunun alanın önemli bir kısmını oluşturduğu, ancak yer yer yıprandığı, tarımsal üretimin yer yer ortadan kalktığı bir gelişme süreci gözlenmektedir.

Lübbey Köyü doğal ve kültürel peyzaj özellikleriyle değerlendirildiğinde; köyün oldukça engebeli bir topografyada, bir burun üzerinde yer alması, yerleşimlerin toplu olarak topografyaya uygun olarak konumlandırılmaları, yapılarda ve tarımda geleneksel tekniklerin ve yapı malzemelerinin kullanılması ile birlikte alanın farklı topografyasıyla kazandığı ilginç ve bir o kadar da sakin karakteristikler alana özgün bir kırsal yerleşim özelliği katmaktadır. Köy mevcut konumuyla hoş bir silüete sahiptir.

Lübbey Köyü yerleşimin günümüzde terkedilmiş görüntüsünün altında yatan temel neden dış göç olgusudur. Türkiye genelinde 1960 yıllardan itibaren orman amenajman rejiminin daha sıkı uygulanmaya başlanmasıyla Lübbey Köyü gibi orman içi veya çeperinde bulunan ve geçim kaynaklarından biri büyük yerleşmelere yakacak temini olan köylerin geliri azalmıştır. Yerinde yapılan incelemelerde köyden dışa göçün düşük bir hızla da olsa ilk olarak 1960'lı yıllarda başladığı tespit edilmiştir. 1982 yılında Lübbey'in 7 km kuzeyinde bulunan yaylası Çamyayla'ya Lübbey'den önce elektrik gelmesi, Çamyayla'da geniş tarım arazileri ve sulama imkânlarının olması, yaylada yeni yapı teknikleri ve malzemeleriyle günün koşullarına göre Lübbey'den daha donanımlı konutların inşa edilmesi gibi faktörler Lübbey'den Çamyayla'ya göçü hızlı bir ivme ile başlatmıştır. Bu ivme köy okulunun Lübbey'de kapanarak Çamyayla'da açılması ile iyice hızlanarak Lübbey'in nüfus kaybını tetiklemiştir.

1982 yılında Lübbey'in yaylası olan Çamyayla'ya göçlerin başlaması ve kalıcı olarak yaylaya taşınma hareketinin devam etmesi nüfus verilerine yansımamaktadır. Nüfus sayımları her iki yerleşme toplamında yapıldığından Lübbey'e özgü bir göç hareketinin izlenmesi mümkün olmamaktadır. Ancak yerinde yapılan çalışmalarda Lübbey ile Çamyayla nüfuslarının 1985-1986 yıllarında eşitlendiği, bu tarihten sonra Lübbey'in nüfusunun hızla azaldığı, Çamyayla nüfusunun ise hızla artmaya devam ettiği öğrenilmiştir. Günümüzde Lübbey'de 6 hanede toplam 8 kişi daimi olarak ikamet etmekte, Çamyayla'da ise 414 kişi ikamet etmektedir. Çamyayla'nın benzer yerleşmelere göre nüfusunu nispeten koruduğu görülmekte olup bunda yerleşmedeki gelir getirici tarımsal faaliyetler ile sulama imkânlarının etkili olduğu görülmektedir.



Lübbey’de camiyle birlikte 52 adet yapı tescillidir. Cami İzmir II Numaralı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu (KTVKKBK)’nın 2009 yılında aldığı kararla, köydeki konut yapıları ise İzmir I Numaralı KTVKKBK’nın 2016 yılında aldığı kararlar ile tescil edilmiştir. Köyde geleneksel yerleşim dokusu korunmalı, yapılarda aslına uygun olacak şekilde restorasyon çalışmaları yapılmalıdır. Restorasyonun sağlanacağı evlerde bahçe ve avluların peyzaj olarak da uygunluğu gözetilmeli, yörede mevcut dokuya uygun yeşil alan teşvik edilmeli, yöreye uygun bitkiler kullanılmalıdır.

Lübbey Köyü sokak peyzajı açısından incelendiğinde dar sokakların büyük bir taşıtın girmesine imkân vermemesi aynı zamanda köyün doğallığını kaybetmemesini sağlamaktadır. Bunun haricinde köy içerisinde olabilecek herhangi yoğun araç yoğunluğu ve trafiği engellenmeli, araç park yerleri belirginleştirilmelidir. Yol üzerinde bulunan aydınlatma, çöp konteynerleri, oturma elemanları, çeşmeler gibi mobilyaların yöreye uygun malzemelerden yapılarak dokuya uygun hale getirilmeleri gerekmektedir.

Lübbey Köyü Hellenistik döneme uzanan tarihi ve turistik peyzaj özellikleriyle de çok sayıda ziyaretçiyi ağırlama potansiyeline sahiptir. Bu anlamda köy girişinde özel tanıtım levhası veya köy tanıtım standı kurulmalıdır. Bu noktalarda köy planı, gezi rotaları ve görülmesi gereken yerler hakkında hazırlanacak kısa bilgilendirmeler bulunmalıdır.

Yerleşim alanının yakınından geçen Rahmanlar deresi aksı ve çevresi ıslah edilerek doğal yeşil koridor olarak tanımlanmalı ve uygun işlevler yüklenmelidir.

Lübbey Köyü sınırları içerisinde kent tarihi ve gelişimi açısından oldukça önemli olan bir kültürel miras ve peyzaj örneği olarak okul, çamaşırhane, elektrik santrali, cami ve kahvehane örnekleri bulunmaktadır ancak büyük oranda harabe halindedirler. Köyde yıllar içerisinde meydana gelen göçler nedeniyle kaderlerine terk edilmişlerdir. Bu kapsamda Lübbey Köyü sınırlarında olan ve köyün tarihsel gelişimini yansıtan bu yapılar ve bahçe alanları orijinaline uygun biçimde restore edilmeli, yöreye uygun bitkisel tasarımlar ile bahçe alanları biçimlendirilmeli ve korunmalıdır.

Mezarlıklar açık yeşil alan olgusunun ortaya konduğu en eski ve köklü kültürel peyzajlardır. Toplumların kültürlerinin bir yansıması oldukları kadar, kentsel ve kırsal peyzajların da önemli bir parçasıdır. Dinamik bir peyzaj olması sebebiyle, kurulumdan itibaren doğru öngörülerde bulunulmalı, uzun vadede bu alanların alacakları son şekil ve kapasite çok iyi analiz edilmelidir. Köyden kente kadar, insanın yaşamını sürdürdüğü her alanda kaybettikleri için oluşturduğu bir mezarlık yerini almıştır. Kimi zaman bir köyün en yüksek tepesinde yerini alırken, kimi zaman kentin yeşil dokusunun bir parçası olarak kendini gösteren bir nirengi noktası olmuştur (Özhancı ve Aklıbaşında, 2017). Lübbey Köyü mezarlığı da yeni defin yapılmayan önemli bir kültürel peyzaj alanıdır. Mezarlıklar konumları, donatıları, ulaşım imkanları ile ele alınarak planlanması ve tasarlanması gereken alanlardır. Bu noktada tarihi Lübbey Köy mezarlığını sınırları belli olan, ziyaretçilerin kolay ulaşabileceği, yeterli donatılara sahip, tarihi Hellenistik dönemine uzanan mezar taşları ve bitki türleriyle korunan bir yapıya kavuşturulmalıdır.

Lübbey Köyü’nün tüm bu özgün özellikleri ve potansiyelleri ve Çamyayla yerleşimi ile birlikte ele alındığında bir köy tasarım rehberi de hazırlanmalı ve uygulanmalıdır. Bu sayede köy eski canlılığına da kavuşturulacaktır.

## **Kaynakça**

- Anonim, (2012). Profesörden Lübbey Köyü Uyarısı. <https://www.haberler.com/profesorden-lubbey-koyu-uyarisi-3317226-haberi/>(Erişim tarihi: 21.04.2020).
- ASLA, (2006) .“Rural Landscape, An ASLA Professional Practice Network”. Fall 2006, <http://host.asla.org/groups/ruldpigroup>. (Erişim tarihi: 10.02.2020).
- Balta, S., Atik, M. (2019). Köy tasarım rehberlerinin hazırlanmasında kırsal peyzaj karakterlerinin yeri: Antalya Elmalı örneği, *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(1): 1-9.
- Başaranbilek, E. (2015). Lübbey Kışlağı ve Lübbey Camisi, Mas Matbaacılık, İstanbul.
- Batur, M., Binboğa, G., Binboğa, H., Küçükahmetler, Ö., Kaya Yardımcı, E., Çolak, A., Kocabaş, A. (2013). İzmir Ekoturizm Rehberi, Ege Ormancılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ISBN: 978-605-4610-26-6, İzmir.
- Cullotta, S., Barbera, G. (2011). Mapping traditional cultural landscapes in the Mediterranean area using a combined multidisciplinary approach: Method and application to Mount Etna (Sicily; Italy). *Landscape and Urban Planning*, 100(1-2): 98-108.
- ÇEKÜL, (2013). Çevre ve Kültür Değerlerini Koruma ve Tanıtma Vakfı, Lübbey: Terkedilmiş Kartal Yuvası, <https://www.cekulvakfi.org.tr/haber/lubbey-terkedilmis-kartal-yuvasi>, (Erişim tarihi: 10.02.2020).
- Çetin, T. (2010). Cumalıkızık Köyü’nde Kültürel Miras ve Turizm Algısı. *Milli Folklor Üç Aylık Uluslararası Kültür Araştırmaları Dergisi*, Yıl: 22, Sayı: 87, 181 – 190.
- Erdem, M. (2012). Kırsal yerleşim peyzaj kimlik özelliklerinin tespiti, korunması ve geliştirilmesine yönelik değerlendirmenmatrisi önerisi. Yayımlanmamış Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Gibson, J.J. (1950). *The perception of the visual World*. Boston, 239.
- Güler, K., (2016). Türkiye’de Nüfusunu Yitiren Kırsal Yerleşimlerin Korunması İçin Bir Yöntem Önerisi: Ödemiş-Lübbey Köyü Örneği, Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mimarlık Anabilim Dalı, İstanbul.



- Işıklı, R.C. (2010). Antalya – Side Bölgesi Kültürel Peyzajlarının Karakter Analizi. Yüksek lisans tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Koç, N., Şahin, Ş. (1999). Kırsal peyzaj planlaması. Ankara: Ankara Üniversitesi
- Koçman, A. (1986). “İzmir- Bozdağlar Yöresini Jeoekolojisi” (Batı Anadolu), Ege Üniversitesi Araştırma Fonu Saymanlığı, Proje No. 002, İzmir.
- Koçman, A., (1989). Uygulamalı Fiziki Coğrafya Çalışmaları ve İzmir Bozdağlar Yöresi Üzerinde Araştırmalar, Ege Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları 49, İzmir.
- Köse, Y., Şahin, Ş., (2017). Bir Kırsal Yerleşim Olarak Evciler Mahallesi Peyzaj Özellikleri, Ankara Araştırmaları Dergisi, 5(2), 257-272.
- Kut, E., Yörür, N., (2016). Terk Edilmekte Olan Köyler Üzerine Bir Araştırma: Ödemiş Lübbey Köyü, TMMOB Mimarlar Odası Ege Mimarlık Dergisi, İzmir.
- Ödemiş Ticaret Borsası, 2020. Doğal ve Kültürel Değerler. <http://otb.org.tr/odemis-hakkinda/dogaltarihikulturel.html>, (Erişim tarihi: 10.02.2020).
- Özhancı, E., Aklıbaşında, M., (2017). Kentsel Peyzaj İçinde Mezarlıklar ve Peyzaj Mimarlığı Açısından İncelenmesi; Nevşehir Örneği, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48 (2): 113-124.
- Tarım, B. (2014). Görsel peyzaj değerlendirmesinde nesnel ve algısal yaklaşımların karşılaştırmalı analizi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Ankara.
- T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, (2020). İzmir Kuş Cenneti > Flora ve Vegetasyon, [http://izmir.ormansu.gov.tr/izmir/AnaSayfa/izmir\\_kus\\_cenneti/floravevegetasyon.aspx?sflang=tr](http://izmir.ormansu.gov.tr/izmir/AnaSayfa/izmir_kus_cenneti/floravevegetasyon.aspx?sflang=tr), (Erişim tarihi: 10.02.2020).
- Uzun, O., Dilek, F., Erduran, F., Çetinkaya, G., Açiksöz, S., Duran, A., Şanda, M. A., Mergen, O., Ayan, S., Sarı, A., Çiçek, İ., Çelik, M., Türkoğlu, N., Mihçioğlu, M. S., Cırık, U., Mihçioğlu, E., Kuzolukoğlu, F., Ulubağ, T., Gülçubuk, B., Seçkin, N., Kartav, Ü. (2008). Konya ili, Seydişehir - Bozkır – Ahırlı - Yalılıyük ilçeleri ve Suğla Gölü Mevki Peyzaj Yönetimi, Koruma ve Planlama Projesi I. Ara Raporu.
- Uzun, O., İlke, E. F., Çetinkaya, G., Erduran, F. ve Açiksöz, S. (2012). Konya İli Bozkır-Seydişehir-Ahırlı-Yalılıyük İlçeleri ve Suğla Gölü Mevkii peyzaj yönetimi koruma ve planlama projesi. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Vardar, S. (2013). Küçük Menderes havzası doğu bölümünün fiziki coğrafyası ve Ödemiş ovasında paleocoğrafya araştırmaları. (Yayımlanmamış doktora tezi). Ege Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir.



# Finite Element Modelling of a Nanoscale Semiconductor Device to Develop Multiple Bit per Cell Media

İbrahim Çınar<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Medical Imaging Techniques, Karamanoglu Mehmetbey University, 70200, Karaman, Turkey (ORCID: 0000-0002-0509-913X)

(First received 28 January 2020 and in final form 23 May 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.680466)

**ATIF/REFERENCE:** Çınar, İ. (2020). Finite Element Modelling of a Nanoscale Semiconductor Device to Develop Multiple Bit per Cell Media. *European Journal of Science and Technology*, (19), 84-91.

## Abstract

Generally, a semiconductor device using chalcogenide elements as a fundamental components is considered as a potentially revelation technology for future ultra-high density data storage technology. These kind of device having high contrast between 0 and 1 logic states brought out the possible application of the idea of multiple logic levels in a single bit in an effort to boost data storage density. The potential stabilization of resistance levels in between the logic states enables storage of several data in a single cell (such as 00, 01, 10, 11 levels). I report on investigation of the role of the current injection and material selection in stabilizing middle resistance states within a nanoscale semiconductor cell for fabrication of a multiple-bit-per-cell through 3D finite element modeling. First, to visualize the complex nature of the switching dynamics, 3D finite element simulations were carried out in cell with two active layers Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub>/Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> (GST/GST) alloys incorporating phase change kinetics, electrical, thermal and percolation. Simulation was constructed by using an iterative approach with coupled differential equations, which are all as a function of temperature, as well as Seebeck coefficient to account for thermoelectric effect. The complex nature of switching dynamics appears highly sensitive to the exact programming voltage and material properties. The model suggests that the physical origin of the formation of stable middle states unexpectedly in circular top contact devices is mainly due to anisotropic heating during the application of a programming current pulse. The model successfully predicts the required programing conditions and the importance of material selection for such mixed-phase levels, which can be used to optimize memory cells for future ultra-high-density data storage applications.

**Keywords:** Semiconductor, 3D Finite Element Modelling, Phase Change, Switching Dynamics, Middle Resistance States, Multiple-bit-per-cell

## Hücre Başına Çoklu Bit Media Geliştirmek İçin Nano Ölçekli Yarı İletken Bir Aygıtın Sonlu Eleman Modellemesi

### Öz

Genel olarak, temel bileşenler olarak kalkojen elementleri kullanan bir yarı iletken cihaz, gelecekteki ultra yüksek yoğunluklu veri depolama teknolojisi için potansiyel bir devrim teknolojisi olarak kabul edilmektedir. 0 ve 1 mantık durumları arasında yüksek kontrastlı bu tür cihazlar, veri depolama yoğunluğunu arttırmak için tek bir bitte birden çok mantık seviyesi fikrinin olası uygulaması olarak ortaya çıkmıştır. Mantık durumları arasındaki direnç seviyelerinin potansiyel stabilizasyonu, birkaç verinin tek bir hücrede (00, 01, 10, 11

\* Corresponding Author: Department of Medical Imaging Techniques, Karamanoglu Mehmetbey University, 70200, Karaman, Turkey, ORCID: 0000-0002-0509-913X, [ibrahimcinar82@gmail.com](mailto:ibrahimcinar82@gmail.com)

seviyeleri gibi) depolanmasını sağlar. 3D sonlu eleman modelleme yoluyla hücre başına çoklu bit üretimi için nano ölçekli yarı iletken bir hücre içinde orta direnç durumlarının stabilize edilmesinde mevcut enjeksiyon ve malzeme seçiminin rolünün araştırıldığı rapor ediyorum. İlk olarak, anahtarlama dinamiklerinin karmaşık doğasını görselleştirmek için, faz değişimi kinetikleri, elektriksel, termal ve perkolasyon içeren iki aktif katman  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  /  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  (GST / GST) alaşımli bir hücrede 3D sonlu eleman simülasyonları gerçekleştirildi. Simülasyon, sıcaklığın bir fonksiyonu olan birleştirilmiş diferansiyel denklemler ve termoelektrik etkiyi hesaba katmak için Seebeck katsayısı ile tekrarlamalı bir yaklaşım kullanılarak oluşturulmuştur. Anahtarlama dinamiklerinin karmaşık doğası, tam programlama voltajına ve malzeme özelliklerine karşı oldukça hassas görünmektedir. Model, dairesel üst temas cihazlarında beklenmedik bir şekilde kararlı orta durumların oluşumunun fiziksel kökeninin esas olarak bir programlama akımı darbesinin uygulanması sırasında anizotropik ısınmaya bağlı olduğunu göstermektedir. Model, gelecekteki ultra yüksek yoğunluklu veri depolama uygulamaları için bellek hücrelerini optimize etmek için kullanılabilir bu tür karışık faz seviyeleri için gerekli programlama koşullarını ve malzeme seçiminin önemini başarıyla öngörmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Yarıiletken, 3D Sonlu Eleman Modelleme, Faz Değişimi, Anahtarlama Dinamiği, Orta Direnç Durumları, Hücre Başına Çoklu Bit

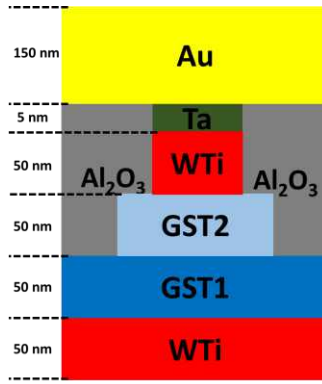
## 1. Introduction

Chalcogenide elements are promising materials due to their extraordinary properties, such as having two different metastable states, which are polycrystalline and amorphous phase, to benefit in many research area such as data storage, sensor, detector, transistor and even biological applications (Burr et al., 2010; Raoux et al., 2010; Schlesinger et al., 2001; Brodsky 1985; Wong et al., 2010; Popescu et al., 2006; Welnic et al., 2008; Hwang et al., 2003; Cheng et al., 2008; Ip 1984; Clark et al., 1996) Therefore, a semiconductor device using chalcogenide elements as an essential constituent is currently regarded as a potentially revelation technology for future nonvolatile solid state memory (NVM) technology with its promising properties, such as low power consumption, scalability, GHz scale write and read rates, low cost, long term reliability, and compatibility with complementary-metal-oxide-semiconductor (CMOS) technology (Burr et al., 2010; Raoux et al., 2010; Wong et al., 2010; Welnic et al., 2008; Hwang et al., 2003). In addition to the these superior properties, high contrast between 0 and 1 logic states brought to light the possibility of application of multiple logic levels in a single bit in an effort to boost data storage density. In literature, there are many semiconductor device consisting of different chalcogenide alloys designed and implemented (Raoux et al., 2010; Wong et al., 2010;]. However, semiconductors based on  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  (GST) have been the most widely used and studied because of their extraordinary thermal and electrical properties (Wong et al., 2010; Yamade et al., 1991; Pirovano et al., 2004; Raoux et al., 2008) and especially its optical properties for optical recording systems for more than two decades (Tominaga et al., 2004; Yamaguchi et al., 1999; Wuttig et al., 2007; Psalti et al., 1995). The large contrast in the resistance of the electrical semiconductor memory will allow us possibility to fabricate multiple-bit-per-cell operation, with stable intermediate resistance levels corresponding to multilevel phase transition between amorphous state (high resistance state ) and polycrystalline state (low resistance state). To achieve having intermediate resistance levels in a device, there are commonly used strategy in literature, such as either to modify the phase change properties via graded doping, such as N implanted GST (Liu et al., 2004), Se doped GeSb (Gu et al., 2010),  $\text{Ga}_2\text{Te}_2\text{Sb}_5$  (Kao et al., 2009), or to use multilayer stacks of chalcogenide alloys with different phase transition characteristics, such as  $\text{Sb}_2\text{Te}_3$ /  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  (Rao et al., 2007(1); Rao et al., 2007(2)),  $\text{GeTe}/\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  (Hong et al., 2011 (1)), and  $\text{InSe}/\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$  (Hong et al., 2011(2)). The aim of this study is to show by finite element modeling that double active layers GST semiconductor device can display multiple resistance levels between polycrystalline and amorphous state. I report that inhomogeneous current distribution and locally modified phase change kinetics are the fundamental factors determining multi-level switching in this kind of device system. Also, to exhibit the importance of material selection is another aim of this study to design a multiple data storage media.

## 2. Material and Method

### 2.1. Device Structure

50nm/50nm thick double phase change active layers ( $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ /  $\text{Ge}_2\text{Sb}_2\text{Te}_5$ ) are sandwiched between two 50nm thick WTi heater-metal electrodes (see Fig 1). Above of WTi layer, Ta and Au layers are used as stack and  $\text{Al}_2\text{O}_3$  was used to isolate the device from the environment.



**Fig. 1.** General phase change memory cell structure with double active layers: 80 nm diameter circular GST2 and 350 nm square GST1. On top of the WTi electrode, a Ta/Au stack acts as the contact electrode for devices, and Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> is used as isolation.

The used phase change materials are conventional alloys having two metastable states as amorphous (high resistance) and crystalline (low resistance) states. For more details on the device structure and phase change characteristics, see Ozatay 2007 and Cinar 2015.

## 2.2. Finite Element Model

In general concept of phase change simulation, the conventional electro-thermal and crystallization model is a two dimensional methods (Reifenberg et al., 2006; Cywar et al., 2012). However, for a single active layer semiconductor device, we constructed a 3D finite element simulations, as well as the top contact shape importance in stabilizing the middle resistance level (detail further more Cinar 2015). In this study, for multiple-bit-per-cell memory device design, 3D finite element simulations were carried out in cell with two active layers Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub>/Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> (GST/GST) alloys incorporating phase change kinetics, electrical, thermal and percolation. Simulation was constructed by using an iterative approach with coupled differential equations, which are all as a function of temperature, as well as Seebeck coefficient to account for thermoelectric effect. The nature of switching dynamics appears highly sensitive to the exact programming current distribution and defect density because of inhomogeneous current and varying crystallite distribution during phase change, therefore, to involve these effects into the simulation, nucleation and growth rates must be optimized (Cinar 2015). In addition, the simulation was constructed with adaptive meshing yielding a mesh element (maximum 5x5x5 nm<sup>3</sup>, minimum 2x2x2 nm<sup>3</sup>) for phase change layers and a maximum size (10x10x10 nm<sup>3</sup>) for contacts to obtain a complete picture of the switching process. Besides, the boundaries of top and bottom surfaces of the metal electrodes and all external surfaces are chosen as the Dirichlet boundary condition and for interface surfaces, Neumann boundary condition. Due to field insulation layer (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) is approximated to be a perfect insulator, to simplicity of the simulation, just top and bottom electrodes and GST layers are taken into consideration while showing the simulation results. Model is separated submodels such as electrical, thermal, and phase change submodels to develop in a multiphysics approach involving nonlinear interactions between submodels. Every submodels have their own tasks to fulfill such as; an electrical model including temperature and phase dependent electrical conductivity changing, a thermal model to solve heat diffusion equation to obtain the joule heating from the electrical current with temperature and phase dependent thermal conductivity, and last one, phase change model to determine temperature dependent homogeneous and heterogeneous nucleation and growth kinetics of crystallites (Reifenberg et al., 2006; Won et al., 2012; Peng et al., 1997; Fiflis et al., 2013). Table 1 shows used thermal and electrical conductivities, Seebeck coefficient, as well as heat capacity values at room temperature for the materials used (Reifenberg et al., 2006; Won et al., 2012; Peng et al., 1997; Fiflis et al., 2013; Bakan et al., 2014; Kim et al., 2007; Lee et al., 2012).

**Table 1.** The electrical conductivity, thermal conductivity, Seebeck coefficient and heat capacity used in simulations (Reifenberg et al., 2006; Won et al., 2012; Peng et al., 1997; Fiflis et al., 2013; Bakan et al., 2014; Kim et al., 2007; Lee et al., 2012).

	Thermal Conductivity (W/m.K)	Electrical Conductivity (S.m)	Heat Capacity (J/kg.K)	Seebeck Coefficient (μV/K)
GST(Amorphous)	0.3	3	202	380
GST(Crystalline)	0.7	2770	202	47
Au	318	45.17 x 10 <sup>4</sup>	128	1.5
Ta	57.5	76.34 x 10 <sup>3</sup>	140	-1
WTi	100	2.38 x 10 <sup>4</sup>	320	3.5

During simulation, I need to know momentary the solution of equations in every point and every time in device. In the submodels, different equations are solved depending on the temperatures and phases of the materials. In the electrical model, Laplace



equation,  $\nabla \cdot [\sigma \nabla F] = 0$  is solved iteratively (with 10 ps time steps) for each mesh element in conjunction with the thermal submodel to obtain the spatial electrical potential distribution  $F(x,y,z)$ . Where  $\sigma$  is the electrical conductivity of the materials. At room temperature electrical conductivity  $\sigma$  are 2770 S/m and 3 S/m (Reifenberg et al., 2006) for crystalline and amorphous phases, respectively. It has to be note that  $\sigma$  electrical conductivity has temperature dependence as well as structural phase of the GST layer. Therefore, with temperature increase, GST layer becomes highly conductive independent of the phase due to  $\sigma$  electrical conductivity, especially for amorphous phase (Cinar et al., 2015).

In thermal model, due to electrical potential in device, there are two important parameters to contribute  $Q = (JA)^2 R \Delta t$ , A is the cross-sectional area and  $\Delta t$  is the simulation time step. There parameters are electrical current density J and the resistance value R of the material. Heat diffusion equation answers how the temperature is distributed in materials, therefore, the heat equation is solved iteratively to obtain temperature distribution  $T(x,y,z)$ .

$$C \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \cdot [\kappa \nabla T] = Q + Q_{th} \quad (1)$$

Where C is the heat capacity,  $\kappa$  is the thermal conductivity.  $Q_{th} = -TJ \nabla S$  accounts for the contribution of thermoelectric effect to heating, where S temperature dependence Seebeck coefficient and  $\nabla S = \frac{dS}{dT} \nabla T$  (Cinar et al., 2015; Fiflis et al., 2013).

For GST material, room temperature thermal conductivity  $\kappa$  values are 0.7 W/(Km) and 0.3 W/(K m) (Won et al., 2012) and Seebeck coefficient S values are 47  $\mu$ V/K and 380  $\mu$ V/K (Cinar et al., 2015; Fiflis et al., 2013) for crystalline and amorphous phases, respectively. In the simulation, heat capacity of GST for both crystalline and amorphous phases is taken as a constant, 202 J/(kg K), for  $T < 800$  K. To take into account for the phase transition, latent heat is added in the calculations as a smooth Gaussian near the melting point ( $T_m = 892$  K) (Reifenberg et al., 2006; Peng et al., 1997). It can be seen easily from the equations and parameters' units that most of the simulation parameters are temperature dependent and, therefore temperature distribution in device plays an important role in determining the phase change kinetics and the final phases of the materials.

### 2.3 Phase Change Switching

When a programming pulse is applied to a semiconductor device based on GST layers, there are important parameters to determine the phase transition of a defined mesh element, such as the local temperature, temperature dependent activation energy, and the state of the neighboring cells. According to these parameters, the mesh element undergoes a phase transition randomly inside the active region (where the phase transition occurs) and forms crystal nuclei. After forming crystal nuclei, we can observe to grow of the nuclei to exhibit a homogeneous or heterogeneous phase configuration inside the active region. Because of the temperature differences in the active region and outside, crystallization in the outside does not have any considerable effect during the switching process. For the probability rate for the crystallization process, the following equation is used, depending on the nucleation rate,  $I_n$ , and growth velocity of the nuclei,  $V_g$ ,

$$\frac{dP}{dt} = I_n(T) \frac{1-P}{N} + V_g(T) \frac{1-P}{a_0} \quad (2)$$

Where P is the probability of crystallization, N the number of molecules per unit volume, and  $a_0$  is the atomic jump distance.  $I_n(T)$  and  $V_g(T)$  are the temperature dependent nucleation and growth rates. For further information and to understand how they affect the phase change of the material, you can look at Cinar 2015.

Generally, to determine the whole physical properties of a semiconductors including both crystal-amorphous phase inside, Bruggeman effective medium approximation (EMA) is effective method for application. With this method, we can estimate the electrical conductivity and thermal conductivity for every mesh element. Especially, for the active region the electrical conductivity can be calculated by the equation (Bruggeman et al., 1935),

$$\sigma(f, \sigma_a, \sigma_c) = 0.25 \left\{ (2\sigma_p - \sigma'_p) + (2\sigma_p - \sigma'_p)^2 + (8\sigma_a \sigma_c)^{1/2} \right\} \quad (3)$$

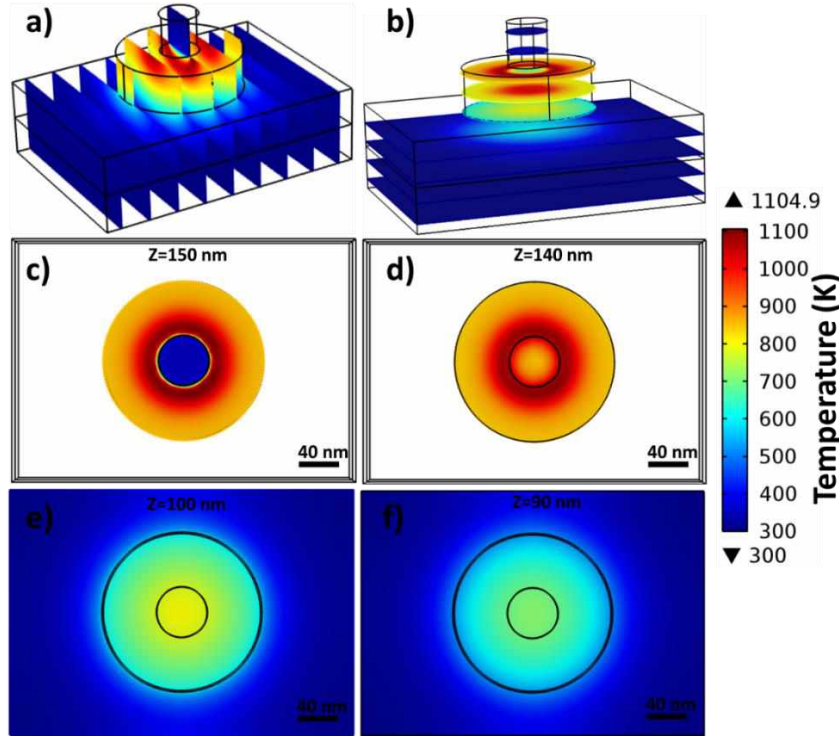
Where  $\sigma_a$  and  $\sigma_c$  are the electrical conductivities of amorphous and crystalline phases, respectively. f is the crystallization fraction. With connecting all submodels and formulas together, we can have a complete picture of the electrical, thermal and phase change profile in device for both GST layers. After determining crystallization fractions inside the volume of the GSTs, device resistance during and/or after an applied pulse can be calculated.

## 3. Results and Discussion

### 3.1. Temperature Distribution

First, a voltage pulse of 1V pulse amplitude with 100 ns width and 42 ns trailing edge is applied to device in the simulation to understand temperature distribution inside the device for each layers during Set operation. Fig. 2 shows 3D temperature distribution inside device for

two different GST layers: first 80 nm diameter circular GST2 and a 350 nm square GST1. In Fig. 2, a color map of local temperature is given to illustrate heating profile inside device.



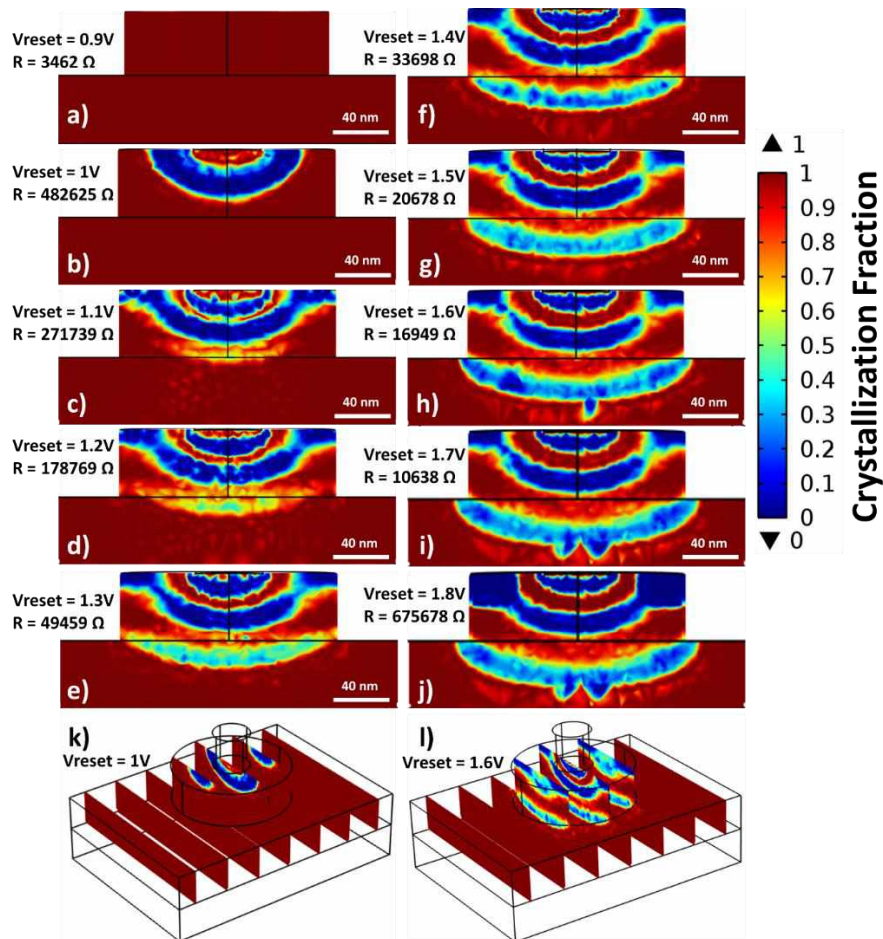
**Fig. 2.** A three dimensional illustration of temperature distribution is plotted for different vertical and horizontal slices for (a)–(b) and horizontal slices at different z values (c)–(f) for 25 nm circular top contact heater device. Simulations represent the temperature distribution inside two GST layers during a programming voltage pulse of 1V, with 100ns width and 42ns trailing edge.

A 3D temperature illustration is plotted for different vertical and horizontal; vertical slices in (a)–(b) and horizontal slices at different z values (c)–(f) for 25 nm circular top contact device (heater). I specifically want to show the horizontal slice, 10 nm below the interface between the top contact heater and the GST2 layer (Fig. 2 c) – d)) and between the GST2 and the GST1 layer (Fig. 2 e) – f)). This is important to understand phase transition during switching and especially to see clearly the temperature differences for further phase transition.

The maximum temperature is obtained at the periphery of the top contact heater for GST2 (active region) with a homogeneous distribution. It is clearly visible in Fig. 2 for both GST layers, due to the top contact shapes for each of them, we have homogeneous temperature distribution, but this is just for temperature distribution, not for phase change distribution. (For more detail look for Cinar 2015)

### 3.2. Phase Distribution

In all simulations, the system is initially all-crystalline state. After the application different magnitude of voltage pulses with a 100 ns width with a 42 ns trailing edge, the simulation results for phase transition are reported in Fig. 3 to compare the effects of homogeneous and heterogeneous current distributions through GST layers after Set operation. f the local crystallization fraction is shown for vertical cross sections of GST layers taken through the center Fig. 3 a)- j) and two vertical slice Fig. 3 k)- l) to justify the three dimensional phase distribution.

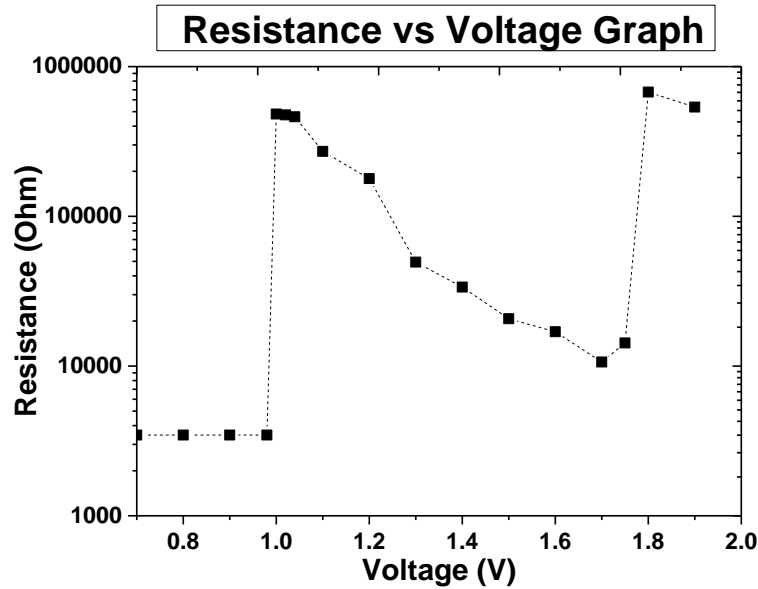


**Fig. 3.** Crystallization fraction,  $f$ , inside the PCM layers is shown for circular top contact PCM cells after the application of a 100 ns reset pulse with a 42 ns trailing edge. The color scale corresponds to  $f=1$ , red, for crystalline and  $f=0$ , blue, for amorphous phases. The colors between the two represent regions with a mixture of crystalline and amorphous phases. A vertical cross-section of the device taken through the center is given for different pulse amplitudes resulting in different device resistances.

Figure 3a) shows clearly a crystalline state, which is low resistance state, and its resistance value is  $3462 \Omega$  after application of 0.9 V voltage pulse. However, when a reset pulse of 1V was applied to device, it was just enough for switching from crystalline to amorphous state for GST2 layer, high resistance state (not highest). Dome-shaped active region became amorphous and the device resistance is  $482625 \Omega$ , as in Fig. 3b). This voltage value is important, because 1 V pulse doesn't cause any structural change in the GST1 as seen in Fig. 3b), but just enough to switch GST2 layer. It can be seen easily from the Fig. 2, this applied pulse is enough to heat around 600 K, 700 K or a little more but not enough for melting temperature of GST1.

Even though the GST1 layer was heated above  $T_m$  with higher voltage pulses, there is enough time for rearrangement of the atoms at high temperature, material goes to crystalline state again, because while GST2 layer was switching, GST1 layer stayed long time in high temperature. Therefore, for GST1 layer, mixed phases were obtained as it can be seen in Fig. 3c)-j).

There is an interesting phenomenon seeing in the device especially after 1.1 V voltage pulse, in the GST layer, a heterogeneous phase with both amorphous and crystalline phases as demonstrated by green to yellow colored regions is induced in Fig. 3 c)-j). The device resistance values are decreasing with increase in the voltage pulse from  $462625 \Omega$  to  $10638 \Omega$  values up to 1.7 V value as it can be seen in Fig. 3. Depending on the percentage of crystallization fraction  $f$ , the device resistance is changed. These states can be called as middle resistance states between low state and high state. For 1.8 V voltage pulse, the resistance of the device increased because of the switching in GST1 and also extensive increase amorphous region in GST2 layer. After this abrupt resistance increase, a resistance decrease with increase in programming voltage value was observed. However, at the beginning, the expected behavior is to observe one by one switching for each GST layers. Despite of the expectation, a lot of middle resistance states and fully switching for GST2 layer was observed and partially switched GST1 layer.



**Fig. 4.** Simulation results of Set operation for increasing programming voltages for a 100 ns width pulse with 42 ns trailing edge.

Applied voltage pulses and the resistance values obtained from the simulations are illustrated clearly in Fig. 4. Simulations show an abrupt switching in the 80 nm circular GST2 layer around 1V as seen in Fig. 4. Then a lot of middle resistance states with increase in voltage pulse amplitudes were observed. However, another abrupt switching in the resistance of the device was obtained at 1.8V. This is due to fully switching GST2 layer and partially switched GST1 layer. When the programming voltage value is increased, the resistance of the device decreases because GST1 layer turns into the crystalline state due to long time passing while GST2 layer is staying in high temperature even after voltage pulse. The reason behind of this is that the active layers are the same materials. And this gives enough time to GST1 layer for rearrangement of atoms in the heated regions to turn into the crystalline state.

## 4. Conclusions and Recommendations

In summary, for an optimum multiple bit per memory device. I have investigated the possibility of having stable middle resistance states in double active layers semiconductor device based on Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub>/Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> by using the high contrast between the crystalline and amorphous phases. To visualize the complex the nature of phase change dynamics, a comprehensive three dimensional finite-element model was developed by taking into account not only the electrical and thermal properties of the materials including thermoelectric effect, but also the homogeneous and heterogeneous nucleation and growth kinetics. By using this approach, the relation between the phase and electrical properties of device can be exhibited. This simulation results also show the importance of the selection of the materials. Therefore, beside the modification of the device shape, material selection is also another important factor to fabricate a semiconductor memory device with multiple bit per cell storage capability.

## References

- A. Cywar, J. Li, C. Lam, and H. Silva, The impact of heater-recess and load matching in phase change memory mushroom cells, *Nanotechnology* 23, 225201 (2012).
- A. Pirovano, A. L. Lacaita, A. Benvenuti, F. Pellizzer, and R. Bez, Electronic switching in phase-change memories, *IEEE Trans. Electron Devices* 51, 452 (2004).
- B. Liu, T. Zhang, J. Xia, Z. Song, S. Feng, and B. Chen, Nitrogen-implanted Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> film used as multilevel storage media for phase change random access memory, *Semicond. Sci. Technol.* 19, L61 (2004).
- C. Ip, Selenium inhibition of chemical carcinogenesis, *Fed. Proc.* 44, 2573–2578 (1984)
- C. Peng, L. Cheng, and M. Mansuripur, Experimental and theoretical investigations of laser-induced crystallization and amorphization in phase-change optical recording media, *J. Appl. Phys.* 82, 4183 (1997).
- D. A. G. Bruggeman, Berechnung verschiedener physikalischer Konstanten von heterogenen Substanzen. I. Dielektrizitätskonstanten und Leitfähigkeiten der Mischkörper aus isotropen Substanzen, *Ann. Phys.* 416, 636 (1935).
- D. Psaltis, M. Levene, A. Pu, G. Barbastathis and Kevin Curtis, Holographic storage using shift multiplexing, *Opt. Lett.* 20, 782 (1995)
- D.-H. Kim, F. Merget, M. Först, and H. Kurz, hree-dimensional simulation model of switching dynamics in phase change random access memory cells, *J. Appl. Phys.* 101, 064512 (2007).
- F. Rao, Z. Song, L. Wu, B. Liu, S. Feng, and B. Chen, Investigation on the stabilization of the median resistance state for phase change memory cell with doublelayer chalcogenide films, *Appl. Phys. Lett.* 91, 123511 (2007).
- F. Rao, Z. Song, M. Zhong, L. Wu, G. Feng, B. Liu, S. Feng, and B. Chen, Multilevel Data Storage Characteristics of Phase Change Memory Cell with Double layer Chalcogenide Films (Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> and Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>), *Jpn. J. Appl. Phys., Part 2* 46, L25 (2007).



- G. Bakan, A. Gokirmak, and H. Silva, Suppression of thermoelectric Thomson effect in silicon microwires under large electrical bias and implications for phase-change memory devices, *J. Appl. Phys.* 116, 234507 (2014)
- G. W. Burr, M. J. Breitwisch, M. Franceschini, D. Garetto, K. Gopalakrishnan, B. Jackson, B. Kurdi, C. Lam, L. A. Lastras, A. Padilla, B. Rajendran, S. Raoux, and R. S. Shenoy, Phase change memory technology, *J. Vac. Sci. Technol., B* 28, 223 (2010).
- H.-S. P. Wong, S. Raoux, S. Kim, J. Liang, J. P. Reifenberg, B. Rajendran, M. Asheghi, and K. E. Goodson, Phase Change Memory, *Proc. IEEE* 98, 2201 (2010).
- I. Cinar, O. B. Aslan, A. Gokce, O. Dincer, V. Karakas, B. Stipe, J. A. Katine, G. Aktas, and O. Ozatay, Three dimensional finite element modeling and characterization of intermediate states in single active layer phase change memory devices, *J. Appl. Phys.* 117, 214302 (2015)
- J. Lee, T. Kodama, Y. Won, M. Asheghi, and K. E. Goodson, Phase purity and the thermoelectric properties of Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> films down to 25 nm thickness, *J. Appl. Phys.* 112, 014902 (2012).
- J. Reifenberg, E. Pop, A. Gibby, S. Wong, and K. Goodson, Multiphysics modeling and impact of thermal boundary resistance in phase change memory devices, *Proceedings of IThERM* (2006), pp. 106–113.
- J. Tominaga et al., Ferroelectric catastrophe: beyond nanometer-scale optical resolution. *Nanotechnology* 15, 411–415 (2004)
- K.-F. Kao, C.-M. Lee, M.-J. Chen, M.-J. Tsai, and T.-S. Chin, Ga<sub>2</sub>Te<sub>3</sub>Sb<sub>5</sub>—A Candidate for Fast and Ultralong Retention Phase-Change Memory, *Adv. Mater.* 21, 1695 (2009).
- L.C. Clark, G.F. Combs Jr., B.W. Turnbull et al., The nutritional prevention of cancer with selenium 1983–1993: a randomized clinical trial, *J. Am. Med. Assoc.* 276, 1957–1963 (1996)
- M. Popescu, Non-crystalline solids, past, present, future. *J. Non-Cryst. Solids* 352(9–20), 887–891 (2006)
- M. Wuttig and N. Yamada, Phase-change materials for rewriteable data storage, *Nat. Mater.* 6, 824 (2007).
- M. Yamaguchi, T. Togashi, S. Jinno, H. Kudo, E. Muramatsu, S. Taniguchi, A. Inoue, 4.7 GB phase-change optical disc with in-groove recording, *Jpn. J. Appl. Phys.* 1 38(3B), 1806–1810, (1999)
- M.H. Brodsky, *Amorphous Semiconductors* (Springer Verlag, New York, 1985),
- N. Yamada, E. Ohno, K. Nishiuchi, N. Akahira, and M. Takao, Rapid-phase transitions of GeTe-Sb<sub>2</sub>Te<sub>3</sub> pseudobinary amorphous thin films for an optical disk memory, *J. Appl. Phys.* 69, 2849 (1991).
- O. Ozatay, B. Stipe, J. A. Katine, and B. D. Terris, Electrical switching dynamics in circular and rectangular Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> nanopillar phase change memory devices, *J. Appl. Phys.* 104, 084507 (2008).
- P. Fiffis, L. Kirsch, D. Andruczyk, D. Curreli, and D. N. Ruzic, Seebeck coefficient measurements on Li, Sn, Ta, Mo, and W, *J. Nucl. Mater.* 438, 224 (2013).
- S. Raoux, G. W. Burr, M. J. Breitwisch, C. T. Rettner, Y.-C. Chen, R. M. Shelby, M. Salinga, D. Krebs, S.-H. Chen, and H.-L. Lung, Phase-change random access memory: A scalable technology, *IBM J. Res. Dev.* 52, 465 (2008).
- S. Raoux, W. Welnic, and D. Ielmini, Phase change materials and their application to nonvolatile memories. *Chem. Rev.* 110, 240 (2010).
- S.-H. Hong, H. Lee, K.-I. Kim, Y. Choi, and Y.-K. Lee, Fabrication of Multilevel Switching High Density Phase Change Data Recording Using Stacked GeTe/GeSbTe Structure, *Jpn. J. Appl. Phys., Part 1* 50, 081201 (2011).
- S.-H. Hong, H. Lee, Y. Choi, and Y.-K. Lee, fabrication of multi-level switching phase change nano-pillar device using InSe/GeSbTe stacked structure, *Curr. Appl. Phys.* 11, S16 (2011).
- T.E. Schlesinger, J.E. Toney, H. Yoon, E.Y. Lee, B.A. Brunett, L. Franks, R.B. James, Cadmium zinc telluride and its use as a nuclear radiation detector material, *Mater. Sci. Eng.* 32, 103 (2001)
- W. Welnic and M. Wuttig, Reversible switching in phase-change materials, *Mater. Today* 11, 20 (2008).
- XU Cheng, LIU Bo, CHEN Yi-Feng, LIANG Shuang, SONG Zhi-Tang, FENG Song-Lin, WAN Xu-Dong, YANG Zuo-Ya, XIE Joseph, CHEN Bomy, Switching Characteristics of Phase Change Memory Cell Integrated with Metal-Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, *Chin. Phys. Lett.* 25, 1848 (2008).
- Y. Gu, Z. Song, T. Zhang, B. Liu, and S. Feng, Novel phase-change material GeSbSe for application of three-level phase-change random access memory, *Solid-State Electron.* 54, 443 (2010).
- Y. N. Hwang, J. S. Hong, and S. H. Lee, et al, Phase-change chalcogenide nonvolatile RAM completely based on CMOS technology, *Symp. VLSI Technol., Dig. Tech. Pap.* 29–31 (2003).
- Y. Won, J. Lee, M. Asheghi, T. W. Kenny, et al, Phase and thickness dependent modulus of Ge<sub>2</sub>Sb<sub>2</sub>Te<sub>5</sub> films down to 25 nm thickness, *Appl. Phys. Lett.* 100, 161905 (2012).



# Güneş Kolektörlü ve Elektrikli Şofbenli Bir Akıllı Evin Talep Cevabı Programı Kapsamında Enerji Yönetimi

Semanur Sancar<sup>1</sup>, Ayşe Kübra Erenoğlu<sup>1</sup>, İbrahim Şengör<sup>2\*</sup>, Ozan Erdinç<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000)

<sup>2</sup> İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9451-4218)

(İlk Geliş Tarihi 27 Şubat 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.695784)

**ATIF/REFERENCE:** Sancar, S., Erenoğlu, A. K., Şengör, İ. & Erdinç, O. (2020). Güneş Kolektörlü ve Elektrikli Şofbenli Bir Akıllı Evin Talep Cevabı Programı Kapsamında Enerji Yönetimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 92-104.

## Öz

Modern dünyada enerji tüketiminin; dünya nüfusunun artması, bununla birlikte endüstriyel üretimin ivme kazanması ve teknolojinin gelişmesine bağlı olarak her geçen gün arttığı gözlemlenmektedir. Enerji üretim alanında etkin olarak faydalanılan konvansiyonel sistemlerin kaynağını oluşturan fosil yakıtların dünya üzerinde heterojen dağılımı ve rezervlerin öngörülen ömürlerinin azalması alternatif kaynak arayışına neden olmuştur. Bu arayış sonucunda artış gösteren tüketim profilinin dengelenmesinde, yenilenebilir enerji sistemlerinin şebekeye entegrasyonu konusunda önemli adımlar atılmakla birlikte akıllı şebeke (Smart Grid) konseptinin en etkin uygulamalarından olan talep tarafının yönetimi (demand side management) gibi yeni mekanizmaların da dikkate alınması zorunlu hale gelmiştir. Enerji üretimi ve tüketiminin dengelenmesi, şebekenin düzgün işletimi açısından büyük bir öneme sahiptir ve doğası gereği değişken güç üretim profiline sahip bu sistemlerin üretim alanındaki payının artışı literatüre özellikle enerji yönetim sistemleri ve enerji verimliliği minvalinde yeni çalışmaların eklenmesinin önünü açmaktadır. Bu çalışmada; akıllı bir evin kritik yükleriyle birlikte termostatı kontrol edilebilir esnek yüklerden oluşan tüketim profili dikkate alınmıştır. Güneş kolektörü ve elektrikli şofbenden yararlanılan akıllı ev modeli için enerji yönetim sistemi geliştirilmiştir. Klima ve elektrikli şofbenden talep edilen gücün kontrolünde, iç ortam ve kazan suyu sıcaklıklarının kullanıcı konfor kısıtları dikkate alınarak belirli değer aralıklarında tutulması sağlanmıştır. Özellikle talep cevabı (Demand Response) programı uygulanırken kullanıcının konfor sınırlarının aşılmamasına dikkat edilmesi çalışmanın en önemli özelliklerindedir. Geliştirilen model ile ilgili akıllı evin elektrik enerjisi tüketim maliyetinin minimize edilmesi amaç fonksiyonunu oluşturmuş ve elde edilen sonuçlar ile optimizasyon tabanlı yaklaşımın değerlendirilmesi detaylı olarak gerçekleştirilmiştir. Karmaşık tam sayılı lineer programlama yöntemi (Mixed Integer Linear Programming-MILP) ile geliştirilen matematiksel modelleme, Python 2.7 versiyonunun PuLP 1.6.8 açık kaynak kodlu kütüphanesi içinde CPLEX ticari optimizasyon çözücüsünden faydalanılarak benzetim çalışması gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Akıllı şebeke, talep cevabı, yenilenebilir enerji sistemleri.

## Energy Management Model of a Smart House with Solar Collector and Electric Water Heater Considering Demand Response

### Abstract

In the modern world, there is an increase in energy consumption associated with population growth, acceleration of industrial production and the development of technology. The heterogeneous distribution of fossil fuels, which constitute the source of conventional systems that are used effectively in the field of energy production, and the decrease of the predicted lifetimes of the reserves, have led to the search for alternative sources. To keep in the balance of the increasing consumption profile, important steps have been taken regarding the integration of renewable energy systems into the network, and new mechanisms such as the management of the demand side, which is one of the most effective applications of the smart grid concept, have become necessary. Equilibration energy production and

\* Sorumlu Yazar: İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9451-4218, [ibrahimsengor.is@gmail.com](mailto:ibrahimsengor.is@gmail.com)

consumption has great importance in terms of proper operation of the network and due to its nature, the increase in the share of renewable energy systems with variable power generation profile in the production field paves the way for adding new studies to the literature, especially in terms of energy management systems and energy efficiency. In this study; consumption profile consisting of flexible loads whose thermostat can be controlled together with critical loads of a smart home has been taken into consideration. The energy management system has been developed for the smart home model that uses the solar collector and the electric water heater(EWH). In controlling the power demand of the air conditioner (AC) and EWH, it was ensured that the indoor and boiler water temperatures were kept within certain value ranges by paying attention to the user comfort constraints. It is one of the most important features of the study to be careful not to exceed the comfort limits of the user while applying the Demand Response Program (DRP). The minimizing the cost of electricity consumption of the smart house is determined as the purpose function in the developed model and the results have been evaluated in detail with an optimization-based approach. The mathematical formulation obtained by the mixed-integer linear programming(MILP) method was simulated in the PuLP 1.6.8 open source library of the Python 2.7 version using the CPLEX commercial optimization solver.

**Keywords:** Smart grid, demand response, renewable energy systems.

## ADLAR DİZİNİ

### A. Kümeler

$t$  Zaman Kümesi [sa.].

### B. Parametreler

$\lambda_t^{fiyat}$	Şebekeden satın alınan gücün anlık birim fiyatı [TL/kWh].
$m_h$	Havanın ağırlığı [kg].
$m_s$	Kazan suyu ağırlığı [kg].
$m_t$	Tüketilen sıcak su karşılığında sisteme eklenen soğuk su ağırlığı [kg].
$c_a$	Havanın ısı kapasitesi [kJ/kg°C].
$c_p$	Suyun öz ısısı [Ws/kg°C].
$R^{es}$	Eşdeğer termal direnç [s°C/J].
$T_t^h$	Dış ortamın anlık hava sıcaklığı [°C].
$T_t^t$	Anlık tüketilen sıcak su sıcaklığı [°C].
$T_t^s$	Sisteme dahil olan soğuk su sıcaklığı [°C].
$T_t^{k,s,min}$	Minimum kazan suyunun sıcaklığı [°C].
$T_t^{k,s,max}$	Maksimum kazan suyunun sıcaklığı [°C].
$COP$	Performans verimliliği.
$R_k$	Klimanın anma gücü [kW].
$SP_t$	Klimanın ayarlanan sıcaklık noktası [°C].
$S_t^d$	Minimum oda sıcaklığının ayarlanan değerden sapma miktarı [°C].
$S_t^u$	Maksimum oda sıcaklığının ayarlanan değerden sapma miktarı [°C].
$Q_t^{güneş}$	Güneş kolektöründen suya aktarılan güç miktarı [kW].
$Q_c$	Elektrikli şofbenin anma gücü [W].
$U$	Kazan ve hava arasındaki ısı kaybı katsayısı [W/m <sup>2</sup> °C].
$U_l$	Güneş kolektörü ve hava arasındaki ısı kaybı katsayısı [W/m <sup>2</sup> °C].
$A$	Kazan toplam yüzey alanı [m <sup>2</sup> ].
$A_c$	Güneş kolektörü yüzey alanı [m <sup>2</sup> ].
$F_r$	Güneş kolektörü ısı soğurma faktörü.
$S_t$	Güneş ışıması [W/m <sup>2</sup> ].
$\Delta T$	Zaman çözünürlüğü [s].
$L_t$	Evin esnek olmayan yükleri [kW].

$A_i$	Element yüzey alanı [m <sup>2</sup> ].
$l_i$	Element kalınlığı [m].
$\sigma_i$	Element termal verimliliği [J/h.m.°C].
$V_{ev}$	Akıllı ev hacmi [m <sup>3</sup> ].

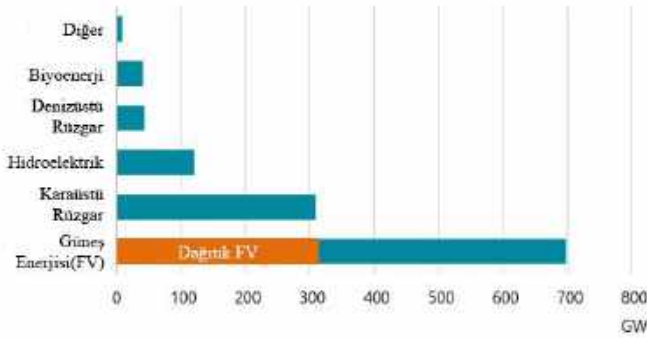
### C. Değişkenler

$P_t^{sebeke}$	Şebekeden çekilen anlık güç [kW].
$P_t^K$	Klimanın çektiği anlık güç [kW].
$P_t^{ES}$	Elektrikli şofbenin çektiği anlık güç [kW].
$T_t^o$	Oda sıcaklığı [°C].
$T_t^{k,s}$	Kazan suyu sıcaklığı [°C].
$u_t^K$	Klima için ikili değişken; çalışıyorsa 1, çalışmıyorsa 0.
$u_t^{ES}$	Elektrikli şofben için ikili değişken; çalışıyorsa 1 çalışmıyorsa 0.

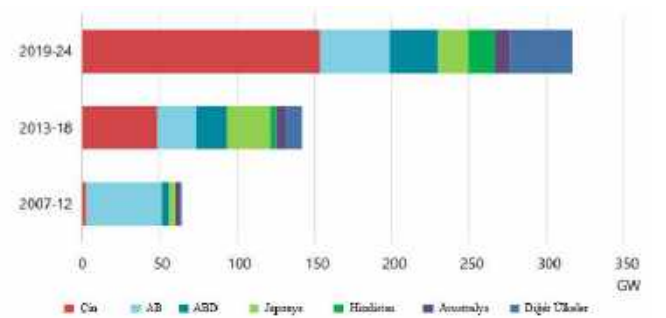
## 1. Giriş

### 1.1. Motivasyon ve Geçmiş Çalışmalar

Yapılan tahminlere göre elektrik enerjisi tüketimi 2050 yılına kadar %50 oranında artış gösterecektir (McKinsey & Company, 2019). Bu talebe optimum şekilde cevap verebilmek güç sistem operatörleri için oldukça önemli bir konu başlığı haline gelmiştir. Petrol, doğalgaz ve kömür gibi konvansiyonel enerji santrallerinde kullanılan fosil yakıt rezervlerinin sınırlı olması farklı kaynakların arz tarafına entegrasyonunu zorunlu kılmıştır. Bu yönelimler sonucunda rüzgar enerjisi, güneş enerjisi (photovoltaic- PV), biyoenerji gibi yenilenebilir kaynaklı alternatif enerjili elektrik sistemlerin yaygınlaşması üzerinde çalışılmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın (International Energy Agency-IEA) Yenilenebilir 2019 raporuna (REN21, 2019) göre 2019-2024 zaman dilimi için yapılan planlamalarla, dünya çapında PV sistemler başta olmak üzere yenilenebilir güç sistemleri kapasitesinin 1100 GW'lık artış seviyesini bulması öngörülmektedir. Bu artışın günümüz Amerika Birleşik Devletleri'nin kurulu güç kapasitesine eşdeğer olduğu söylenebilmektedir. Şekil 1'de yenilenebilir enerji sistemleri kaynak bazı kapasite artışı, Şekil 2'de ise 2018-2024 yılları arasında ülke ve bölgelere göre tahmin edilen dağılım gösterilmiştir. Şekil 1'de IEA raporuna göre dağıtık güneş enerjisi sistemlerinin tahmin edilen gelişimi dikkat çekmektedir (REN21, 2019). PV sistemlerindeki bu gelişim potansiyeli hem enerji hem ısıtma sistemlerinde maliyetsiz kaynak olarak güneşten daha fazla faydalanılabileceğini göstermektedir.



Şekil 1. Kaynaklarına Göre Yenilenebilir Enerji Sistemlerinin 2019-24 Aralığında Tahmin Edilen Artış Kapasiteleri



Şekil 2. Ülkelere Göre Yenilenebilir Enerji Sistemlerindeki Dönemsel Gelişim Kapasiteleri ve Tahminleri

Yine aynı rapora göre Çin'deki gelişim belirlenen tahmin süresi içinde küresel yenilenebilir kapasite artışının %40'ını oluşturmaktadır (REN21, 2019). Çin'in bu paya sahip olmasındaki en temel faktör PV üretiminin ve rüzgar enerjisinde faydalanma oranının yüksek olması sağlamaktadır. Avrupa Birliği için öngörülen sonuçlar, üye ülkelerin dağıtık PV sistemleri üzerine geliştirdiği politikalar ve koymuş olduğu hedefler ile doğru orantılıdır. Amerika Birleşik Devletleri'nde öngörülen kapasite artışı da federal vergi teşvik düzenlemeleri ile gelişim göstermektedir.

Yenilenebilir enerji sistemlerinin gelişmesiyle birlikte talep tarafının yönetimi de çalışılan popüler konulardan birisi haline gelmiştir. Dünya çapında farklı ülkelerde esnek fiyat tarifesi (Triki ve Violi, 2009; Schreiber vd., 2015; Chiu vd., 2017), talep tarafının yönetimi için verilen teşvikler (Alvina vd., 2017; Mahin vd., 2017) ve akıllı ev enerji yönetim sistemleri (Santos vd., 2018; Zhou vd., 2018; Koltaklis vd., 2019) gibi kavramlar hem çalışma hem uygulama sahası bulmaya başlamıştır. Geçmişten günümüze hali hazırda mevcut güç sistemi problemlerinin yanında yenilenebilir enerji sistemlerinden kaynaklı işletme sorunlarının da eklenmesi şebeke operasyonel

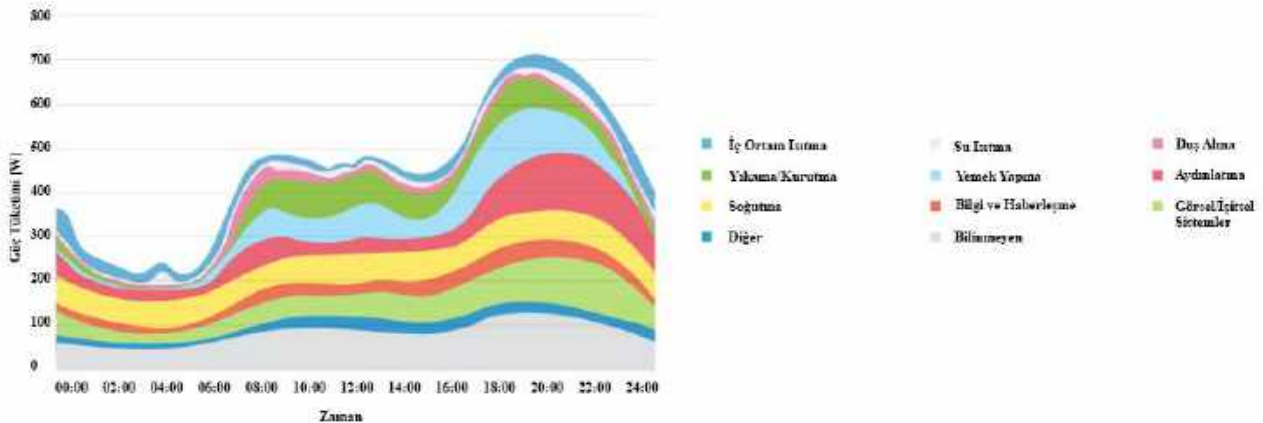


faaliyetlerinin gelişimini zorunlu kılmıştır. Talep tarafı yönetim sistemlerinin temel amacı sadece üretim tarafının değil son kullanıcı davranışlarını değiştirerek tüketimin esnekliğinden de faydalanmaktır. Siano (2014), Behrangrad (2015), Gaur (2016), Hungerford vd. (2016) ve Meyabadi vd. (2017) tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda da üzerinde durulduğu gibi talep tarafı yönetimi; yük kaydırma hareketleri ile pik zamanlardaki aşırı yüklenmeyi minimize edip üretim-iletim-dağıtım maliyetlerini ve süreç boyunca karbon emisyonunu azaltarak enerji verimliliği, enerji sürdürülebilirliği ve enerji güvenirliliği sağlamaktadır.

Özellikle akıllı şebeke konsepti ışığında uygulanması planlanan talep tarafındaki aksiyomların gelişimi için ciddi bir haberleşme altyapısı kurulmalı ve otomasyonla desteklenmelidir. Enerji yönetimi sistemlerinin kurulumu ve kablosuz bilgi alışverişine olanak sağlayan teknolojilerin düzgün bir şekilde işletimi detaylı olarak irdelenmelidir. Üretim yanında hem tüketim hem de dinamik fiyatlandırmanın takip edildiği ve anlık optimal çözümler geliştirildiği sistemlerin yaygınlaştığı görülmektedir. Güngör vd. (2011) gerçekleştirdiği çalışmada 100 yıldır yapıları neredeyse aynı olarak kullanılan elektrik şebekelerinin verimlilik, güvenilirlik, kontrol mekanizmalarının ve ölçüm sistemlerinin gelişmesi gibi sebeplerle akıllı şebekelere dönüşümü üzerinde durularak, akıllı şebekeler için geliştirilen haberleşme teknolojileriyle ilgili araştırma alanlarına parmak basılmıştır. Erol-Kantarci ve Mouftah (2011) yayınladığı çalışmada yeni nesil şebekeler için bilgi ve haberleşme teknolojilerinin (Information and Communication Technologies- ICT) önemine değinilerek kablosuz multimedia sensörler ve ağlar üzerinde durulmuştur. Mohsenian-Rad ve Leon-Garcia (2010) tarafından yayınlanan çalışmada ise gerçek zamanlı fiyatlandırma sistemi kullanılarak oluşturulmuş bir enerji yönetim yaklaşımı mevcuttur. Bu gibi çalışmaların ICT'nin gelişmeleri üzerine bina edildiği görülmektedir.

Akıllı şebekeler ve akıllı evler sayesinde artık son kullanıcıların aktif bir oyuncu olarak piyasada rol alabilmesi, kendi üretim tüketim dengesini sağlayabilmesi ve yükünü kontrol edebilmesi dağıtım şirketleri ile kullanıcılar arasında talep tarafı cevabı (Demand Side Response –DSR) adı altında yapılan anlaşmalara da bağlıdır. Son kullanıcı perspektifinden bakıldığında; ısıtma, soğutma ve klima sistemlerinin (Heating, Ventilating and Air Conditioning – HVAC) güç tüketim grafiğinde %40'a varan büyük bir paya sahip olduğu çeşitli araştırmalarla ortaya konulmuştur (Jouhara ve Yang, 2018). Bununla birlikte literatürde gerçekleştirilen diğer bir araştırmada Birleşik Krallık'taki tipik bir evin ortalama olarak günlük talep eğrisi Şekil 3'te gösterildiği gibidir (Ovoenergy). Talep tarafı yönetimi ve enerji tüketimi kontrolü ile HVAC'lar üzerinde sağlanabilecek enerji verimliliği potansiyeli Perez vd. (2016) ve Cai vd. (2019) çalışmalarında araştırma konusu olmuştur. Amerika Birleşik Devletleri gibi talep tarafı yönetim sistemlerinin hayat bulduğu ülkelerde dağıtım şirketleri ile kullanıcılar arasında yapılan anlaşmalar neticesinde HVAC sistemlerinin kontrolüyle ilgili örnekler mevcuttur (ComEd; Sempra Energy Utility). HVAC'lar ile birlikte sıcak su ihtiyacını karşılamak üzere kullanılan bir diğer sistem elektrikli şofbenlerdir (Electric Water Heater-EWH). Bu ısıtıcıların enerji yönetim sistemlerine entegrasyonu termostatı ayarlanabilir olarak geliştirilen yeni teknoloji ürünler ile gerçekleştirilebilmektedir. Dinamik fiyatlandırma altında EWH kontrolü sağlayan bir yaklaşım çalışmalarda mevcuttur (Goh ve Apt, 2005).

Sıcak su ihtiyacını karşılamada kullanılan başka bir sistem ise güneş kolektörleridir. Bu sistemler karbon emisyonu üreten konvansiyonel kaynaklara veya elektrik tüketimine ihtiyaç duymadan ev içi sıcak su ihtiyacını karşılamak üzere kullanılmaktadır. Gautam vd. (2017) sahibi olduğu referansta yer alan verilere göre su ısıtmada kullanılan enerjinin bütün tüketime oranı Amerika Birleşik Devletlerinde %18.3, Avustralya'da %25, Kanada'da %22, Avrupa'da %14, Güney Amerika'da %37, Çin'de %27 ve Meksika'da %29'dur. Bahsi geçen çalışmada, güneş kolektörlerinin yüksek kurulum maliyeti gibi olumsuz yanlarına karşılık güneşin ısıtma enerjisindeki kullanılabilir potansiyeli ve ısıtmada kullanılan diğer kaynakların maliyetleri üzerinde değerlendirmelerde bulunularak dünya çapında güneş kolektörlerinin geleceği ile ilgili senaryolar oluşturulmuştur.



Şekil 3. Tipik Bir Birleşik Krallık Evinde 24 Saatlik Ortalama Elektrik Kullanımı.

Ev enerji yönetim sistemleriyle (Home Energy Management-HEM) ile ilgili şimdiye kadar yapılan çalışmalarda birçok yaklaşım mevcuttur. Bu çalışmalar genellikle kontrol edilebilir yükler ve kullanılan enerji kaynakları açısından farklılık göstermektedir. Yükleri ötelenebilirlik-bölünebilirlik-programlanabilirlik özellikleri açısından değerlendiren Tsui ve Chan (2012), Zhi vd. (2012), ve Pipattanasomporn vd. (2016) gerçekleştirdiği çalışmalarda HEM sistemleri için optimizasyon ve yapay sinir ağları gibi çözümler içeren

yaklaşımlar geliştirilmiştir. Lokeshgupta ve Sivasubramani (2019) enerji depolama sistemini (Energy Storage System-ESS) sisteme dahil ederek kontrol edilebilir yükleri kullanıcı önceliklerine göre DR programını da dikkate alan optimizasyon tabanlı bir çözüm sunmuştur. Enerji üretim tarafında PV panelleri dikkate alan çalışmada yükler; bölünebilir-bölünemez-zamana bağlı olarak kategorize edilerek DR programına entegre edilmiştir ve yine optimizasyon bazlı bir yaklaşım geliştirilmiştir (Yao, Damiran ve Lim, 2017). Bir diğer çalışmada ise hem PV panellerin hem de ESS'nin enerji yönetim stratejisi geliştirilirken esneklik kaynağı olarak kullanılması hedeflenmiş ve programlanabilir elektrikli evsel yüklerin DR programı kapsamında değerlendirildiği bir çalışma önerilmiştir (Yao, Shen ve Lim, 2017).

HVAC sisteminden ev içi soğutma ihtiyacının karşılanmasında faydalanılması ve bu şekilde termal yüklerin kontrol edilerek optimizasyon tabanlı bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu noktada, evin yapısal ve termal özelliklerinin değerlendirilmesi sağlanmıştır (Wang vd., 2013). Diğer taraftan, HEM için kontrol edilebilir termal yük olarak EWH'nin belirlenmesi ve yük öteleme stratejilerinin etkinliğinin araştırılması çalışmanın konusu olmuştur (Ali vd., 2019). Ahmed vd. (2016) ve Safdarian vd. (2016) enerji yönetim sisteminde termal yükleri kontrol etme fikri öne sürmüşlerdir. Yapılan çalışmalarda HVAC ve EWH yüklerinin kontrolü DR programı kapsamında optimum cevap elde etmede faydalanılmıştır. HEM için esneklik sağlayan PV üretimini göz önünde bulundurarak HVAC kontrolü öneren ve şebeke işletimine katkı sağlayan çalışmalar da ortaya konulmuştur (Godina vd., 2017; Godina vd., 2018).

Güneş kolektörlerinin yapısı, açısı ve işletim optimizasyonu gibi konularda (Facão, 2016; Streicher, 2016; Freegah ve Tabbakh, 2019) gibi çalışmalar mevcuttur. Ancak HVAC ve EWH'nin yük kontrolü optimizasyonunda beraber değerlendirildiği ve güneş kolektörünün EWH yükünü azaltıcı şekilde ısı saklama birimindeki sıcaklığı kullanıcının istediği değerlerde tutarak evin sıcak su ihtiyacını karşılamak üzere düşünülmüş bir çalışma bulunmamaktadır.

## **1.2. Çalışmanın Katkıları**

Bu çalışmada, akıllı bir evin ısınma ve sıcak su ihtiyacının karşılanması aynı zamanda talep yönetimine katılımının sağlanması amacıyla geliştirilen sistem karmaşık tamsayılı lineer programlama (Mixed Integer Linear Programming-MILP) kullanılarak matematiksel olarak modellenmiştir. Geliştirilen optimizasyon tabanlı karar verme algoritmasında amaç fonksiyonu evsel kullanıcının enerji maliyetini minimize edecek şekilde belirlenmiştir. Çalışmanın katkıları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- 1) Geliştirilen optimizasyon tabanlı modelde kullanıcı konfor kısıtlarının aşılmaması sistem kısıtı olarak belirlenmiştir.
- 2) Güneş kolektörü ve elektrikli şofben sayesinde evin ısınmada kullanılan enerji talebi karşılanmaktadır. Yine özellikle kış aylarında artış gösteren sıcak su ihtiyacının da dikkate alınmasıyla yenilebilir bir kaynak olan güneşten yararlanılmıştır.
- 3) Klima yükünün kontrol edilmesiyle talep tarafı yönetimi stratejisi geliştirilmiştir. Optimum kararlar uygulanırken kazan ve iç ortam sıcaklığının muhakkak belirlenen sınırlar arasında olması sağlanmıştır.

Önerilen sistemdeki elemanların tanıtılması, sistemin çalışma mantığı ve matematiksel formülasyonun adımları Bölüm 2'de, Python programında CPLEX çözücü ile yapılan test ve analizlerin sonuçları ise Bölüm 3'te anlatılmıştır. Elde edilen kapsamlı sonuçlar Bölüm 4'te detaylı bir şekilde irdelenmiş ve sunulmuştur.

## **2. Metodoloji**

### **2.1. Sistemin Genel Tanımı**

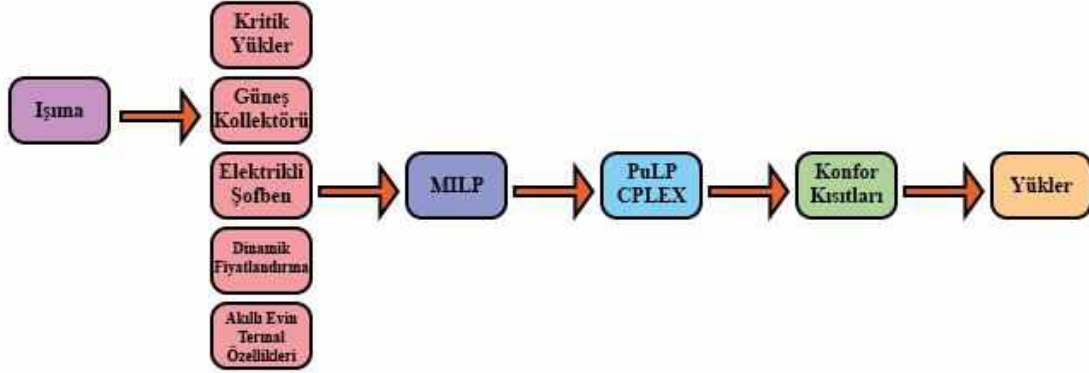
Tasarlanan akıllı enerji yönetim modelinin görselleştirilmiş hali Şekil 4'te verilmiştir. Şebekeden elektrik enerji talebini karşılayan evsel kullanıcının sıcak su talebi güneş kolektörü ve elektrikli şofben tarafından (belli bir sıcaklık aralığında tutulan kazan suyundan) karşılanmaktadır. İç ortam sıcaklığı (oda sıcaklığı) ise klima sistemi tarafından kullanıcının ayarladığı eşik noktaları arasında tutulmaktadır. Böylece talep tarafındaki profil değiştirilirken kullanıcı konfor kısıtları dikkate alınmış olur.

Geliştirilen enerji yönetim sistem algoritmasının akış diyagramı Şekil 5'te gösterilmiştir. Buna göre, modelleme gerçekleştirilirken evsel yüklerin tüketim verileri, ışıma değerleri ile güneş kolektörünün özellikleri, elektrikli şofben verisi ve dinamik fiyatlandırma giriş veri setini oluşturmaktadır. Karmaşık tam sayılı lineer programlama ile modellenen sistemde bir sonraki adımda değişkenler belirlenmektedir. Özellikle talep cevabı programına katılan esnek yüklerin çalışma periyotları ve toplam maliyet bağımsız değişkenlerdendir. PuLP Python kütüphanesinde modellenen ve ticari CPLEX çözücüsü yardımıyla çözülen problemin nümerik çıktıları bu sayede elde edilmektedir. Kullanıcı konfor kısıtları aşılmadan maliyetin minimizasyonu sağlanmaktadır.

Güneş kolektörünün ısınma durumu, dış ortam sıcaklığı, oda ve kazan suyu sıcaklıkları gibi verilerin çeşitli sensörlerle işlenerek enerji yönetim sistemine ulaştırıldığı kabul edilmiştir. Gün öncesi piyasası fiyatlandırma sinyalleri ve fatura takibinin ise enerji yönetim sistemine akıllı sayaç vasıtasıyla ulaştırıldığı varsayılmıştır. Yani akıllı sayaç sayesinde şebekeyle çift yönlü hem bilgi hem de enerji alışverişi gerçekleştirilebilmektedir.



Şekil 4. Tasarlanan Akıllı Ev Modelinin Şematik Gösterimi



Şekil 5. Enerji Yönetim Sisteminin Algoritma Akış Diyagramı

## 2.2. Matematiksel Formülasyon

Akıllı bir evin optimum koşullarda işletiminin sağlanması ve bu bağlamda enerji maliyetinin minimize edilmesi optimizasyon tabanlı algoritmanın amaç fonksiyonunu oluşturmaktadır. Toplam maliyet, Eşitlik (1)'de gösterildiği üzere şebekeden  $t$  periyodu boyunca çekilen güç ( $P_t^{şebeke}$ ) ile birim enerji fiyatının ( $\lambda_t^{fiyat}$ ) çarpılmasıyla elde edilmektedir.

$$\text{Minimum Maliyet} = \sum_t P_t^{şebeke} \cdot \Delta T \cdot \lambda_t^{fiyat} \quad (1)$$

Klimanın ısıtma modunda çalışması durumundaki dinamikleri modellenirken göz önünde bulundurulacak termodinamik denklemler, (Paterakis vd., 2015)'de sunulan çalışma baz alınarak elde edilmiştir. Denklem (2)-(4), modelin bu çalışmaya uyarlanmış halini göstermektedir. Talep cevabı kaynağı olarak kullanılan klimalar özellikle pik saatlerde tüketim azaltılması noktasında yardımcı servis elemanı olarak değerlendirilebilir. Termal yük modeli kullanılan bu çalışmada, Denklem (2)'de gösterildiği üzere iç ortam sıcaklığı ( $T_{t+1}^o$ ); bir periyot önceki iç ortam sıcaklığına ( $T_t^o$ ), dış ortam sıcaklığına ( $T_t^h$ ), akıllı evin eşdeğer termal direncine ( $R^{es}$ ) bağlı olarak değişmektedir. Klima, enerji verimliliği açısından oda sıcaklığı belirlenen limitin altına düşecek olursa çalışacak şekilde optimizasyon problemi geliştirilmiş ve böylece gereksiz enerji tüketimin önüne geçilmiştir. Eşitlik (3) sayesinde iç ortam sıcaklığı kullanıcı tarafından belirlenerek bu sıcaklığın alt ve üst konfor sınırları dâhilinde olması zorunlu kılınmıştır. Böylece kullanıcının konfor kısıtlarını dikkate alan bir talep cevabı programı uygulanmaktadır. Denklem (4)'te ise klimanın çalışması durumunda şebekeden çekeceği güç ( $P_t^K$ ) tanımlanmaktadır. Burada  $u_t^K$  ikili değişkeni klimanın çalışma durumuna karar vermektedir.

$$T_{t+1}^o = \left(1 - \frac{\Delta T}{10^3 \cdot m_h c_a R^{es}}\right) T_t^o + \frac{\Delta T}{10^3 \cdot m_h c_a R^{es}} T_t^h + \frac{COP \cdot R_k \cdot \Delta T}{0,000277 \cdot m_h c_a} u_t^K, \quad \forall t \quad (2)$$

$$SP_t - S_t^d \leq T_t^o \leq SP_t + S_t^u, \quad \forall t: SP_t \neq NaN \quad (3)$$

$$P_t^K = R_k \cdot u_t^K, \quad \forall t \quad (4)$$

Güneş kolektörü ve elektrikli şofben evin sıcak su ihtiyacını karşılamada hibrit olarak kullanılacağından dolayı Medeiros vd. (2013) tarafından tanımlanmış ısı dinamikleri baz alınarak kazan sıcaklığının hesaplanması gerekmektedir. Bu modelin akıllı eve uyarlanmış hali Denklem (5)-(7) ile gösterilmiştir. Kazan suyunun sıcaklığı ( $T_{t+1}^{k,s}$ ); güneş kolektörünün suya aktaracağı güç ( $Q_t^{günes}$ ), elektrikli şofbenin anma gücü ( $Q_c$ ), kullanılan sıcak suya karşılık kazana eklenecek soğuk suyun kütlesi ( $m_t$ )/sıcaklığı ( $T_t^s$ ) ve kayıpların etkileri

göz önünde bulundurularak Eşitlik (5) yardımıyla hesaplanabilmektedir. Eşitlik (6) sayesinde kazan suyunun sıcaklığı konfor ve güvenlik sınırları içerisinde tutulmaktadır. Elektrikli şofbenin çalıştığı anlarda şebekeden çekeceği yük miktarı ( $P_t^{ES}$ ) Denklem (7) ile ifade edilmiştir. Güneş kolektörünün suyu ısıtarken suya aktardığı güç miktarı (Kalogirou, 2009, Eq. 3.76)'da yapılan hesaplamalar ışığında anlık güneşlenme miktarı ( $S_{t+1}$ ), kolektörün ısı soğurma faktörü ( $F_r$ ) ve kayıplar değerlendirilerek (8) numaralı denklemdeki gibi hesaplanmıştır.

$$T_{t+1}^{k,s} = T_t^{k,s} + \frac{Q_t^{güneş} \cdot \Delta T}{m_s c_p} + \frac{10^3 \cdot Q_c \cdot \Delta T}{m_s c_p} u_t^{ES} - \frac{(U \cdot A) \cdot \Delta T \cdot (T_t^{k,s} - T_t^h)}{m_s c_p} - \frac{m_t (T_t^t - T_t^s)}{m_s}, \quad \forall t \quad (5)$$

$$T_t^{k,s,min} \leq T_t^{k,s} \leq T_t^{k,s,max}, \quad \forall t \quad (6)$$

$$P_t^{ES} = Q_c \cdot u_t^{ES}, \quad \forall t \quad (7)$$

$$Q_{t+1}^{güneş} = A_c F_r [S_{t+1} - U_l (T_t^{k,s} - T_t^h)], \quad \forall t \quad (8)$$

Şebekeden akıllı ev kritik yükleri ( $L_t$ ) ve önerilen ısıtma sistemleri için kullanılan güç miktarları anlık olarak Eşitlik (9)'daki güç dengesini oluşturmaktadır. Kullanılan eşitlikler lineer programlama yapısı baz alınarak oluşturulduğundan dolayı, gerçek zamanlı olarak test yapabilmeyi sağlayan uygulama platformları için uygundur.

$$P_t^{şebeke} = L_t + P_t^K + P_t^{ES}, \quad \forall t \quad (9)$$

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Giriş Verileri

Geliştirilen matematiksel model Python 2.7 versiyonu kullanılarak test edilmiştir. Python, gelişen teknolojiyle beraber çok çeşitli alanlarda kullanımı kolay, ticari ve açık kaynak kodlu olmak üzere algoritma kütüphaneleri sunmakta olan bir yazılım dilidir. Aynı zamanda farklı programlar ile entegre olarak veri alışverişi sağlama kolaylığı sunmaktadır. Bu çalışmada, MILP ile oluşturulmuş optimizasyon problemini gerçekleştirmek üzere açık kaynak kodlu PuLP 1.6.8 kütüphanesi tercih edilmiştir. Optimizasyon PuLP kütüphanesinde gerçekleştirirken ticari CPLEX çözücüsü kullanılmıştır. Benzetim çalışmasında  $\Delta T$  birim zaman aralığı 5 dk olarak kabul edilmiştir.

Akıllı evde 4 kişilik bir ailenin yaşadığı ve ebeveynlerin ikisinin de çalıştığı varsayılmıştır. Oluşturulan senaryoya göre sabah 07:00'da tüketimin başladığı ve duş almanın da gerçekleşmesi sonucu hem elektrik hem de sıcak su tüketiminin arttığı düşünülmüştür. Bu etkinliklerin saat 07:30'a kadar sürdüğü varsayılmıştır. 07:30 ve 17:45 aralığında akıllı evde sadece buzdolabı ve derin dorundurucu gibi sabit ve sürekli çalıştığı varsayılan yüklerin güç tüketimi gerçekleştirdiği düşünülmüştür. Yine saat 00:05 ve 07:00 aralığında da benzeri bir profil söz konusudur. Bahsi geçen saatlerin dışında kalan zaman aralıklarında ise yani 17:45 ve 00:00 aralığında televizyon, bilgisayar, çamaşır makinası, bulaşık makinası, fırın, lamba ve ütü gibi elektrikli ev aletlerinin çalıştığı ve güç tüketiminin pik yaptığı saatler olarak karşımıza çıkmıştır. Kritik yüklerin enerji talep grafiği Şekil 6'da gösterilmiştir.

Bu çalışmada, evsel kullanıcı talep cevabı programına katılım gösterirken dinamik fiyatlandırma sisteminin verileri giriş verisi olarak sağlanmıştır. Birim elektrik enerjisinin fiyatı EPİAŞ gün öncesi piyasası takas değerleri (EPİAŞ, 2020, 1 Ocak) baz alınarak veri seti oluşturulmuştur. İlgili dinamik fiyatlandırma eğrisi Şekil 7'de gösterilmiştir.

Klimanın çalışmasını yönetebilmek için evin eşdeğer termal direncinin ve iç ortam hava kütlelerinin hesaplanması gerekmektedir. Akıllı evin eşdeğer termal direnci evde kullanılan malzemelerin termodinamik özelliklerine, evin yapısına ve camlarda ve duvarlarda kullanılan malzemenin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. İç ortam hava kütlesi ( $m_h$ ) ise evin hacmi ( $V_{ev}$ ) ve havanın yoğunluğu ( $\delta_{hava}$ ) ile doğru orantılıdır. Termodinamiksel bu özelliklere ait hesaplamalar (Paterakis vd., 2015) çalışma baz alınarak (10)-(12) eşitlikleri sayesinde oluşturulmuştur.

$$R^{es} = \frac{1}{N} \sum_i \frac{l_i}{\sigma_i A_i} \quad (10)$$

$$V_{ev} = L_1 \cdot L_2 \cdot L_3 + \tan(\beta) \cdot L_1 \cdot L_2 \quad (11)$$

$$m_h = V_{ev} \cdot \delta_{hava} \quad (12)$$



Genelde havanın yoğunluğu ve ısı kapasitesi gibi özellikler sıcaklık ve basınç gibi termodinamiksel etkenlere bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada ilgili değerler sabit ve standart olarak  $\delta_{hava} = 1,225 \text{ kg/m}^3$  ve  $c_a = 1,01 \text{ kJ/kg} \cdot ^\circ\text{C}$  şeklinde kabul edilmiştir. Evin yapısal özellikleriyle ilgili parametreler Tablo 1’de gösterilmiştir. Verilen denklemler ve parametrelere göre eşdeğer termal direnç ( $R^{es}$ );  $3,1965 \cdot 10^{-6} \text{ h} \cdot ^\circ\text{C}/\text{J}$ , evin hacmi ( $V_{ev}$ );  $1451,729 \text{ m}^3$ , havanın ağırlığı ( $m_h$ );  $1778,369 \text{ kg}$  olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte klimanın anma gücü ( $R_k$ ) 2 kW ve performans verimliliği (COP) 2 olarak kabul edilmiştir. Bütün değerler (Paterakis vd., 2015) referans çalışma baz alınarak dikkate alınmıştır. Belirlenen kış günü için gün içi sıcaklık değişimi İstanbul saatlik tahmin verilerinden uyarlanarak elde edilmiş ve Şekil 8’de gösterilmiştir (AccuWeather, 2020, 1 Ocak). Belirlenen kış günü için ışıma değerleri ( $S_t$ ) ise İstanbul için öngörülen saatlik ışıma verilerinden uyarlanarak elde edilmiş olup Şekil 9’da gösterilmiştir (Global Solar Atlas, 2020, Ocak).

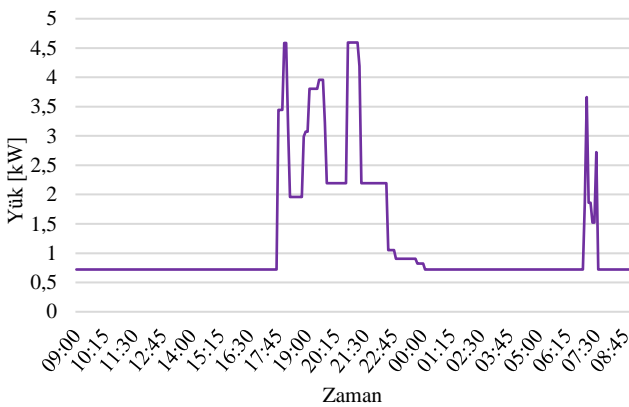
Su ısıtma sisteminin optimizasyonu için su tüketimiyle ilgili senaryo (Paterakis vd., 2015) referansa uygun şekilde gerçekleştirilmiştir. Her bir duş süresi 10 dk (2 periyot) alınmış olup, su tüketimi 8 kg/dk olarak öngörülmüştür. Gün içerisindeki duş zamanları 18:45, 19:00, 6:20 ve 6:35 saatleri olacak şekilde varsayılmıştır. İlgili referansa uygun şekilde duş sırasında su sıcaklığının  $40^\circ\text{C}$ ’nin altına düşmemesi istenmiş ve güvenlik sınırı  $60^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiştir. Ek olarak referansa bağlı kalınarak klima ve tank suyu sıcaklığının termal etkileşimde olmadığı kabul edilmiştir.

Kazan suyunun istenilen değerlerde tutulması için önerilen (5) nolu denklemde kullanılan parametrelerle ilgili veriler (Medeiros vd., 2013)’deki kullanılan verilerle orantılı seçilmiştir. Bu parametre değerleri Tablo 2’de gösterilmiştir. (Czech Brewery System) kazan tipi örnek alınarak 600 L’lik kazan için toplam yüzey alanı ( $A$ )  $4,65 \text{ m}^2$  alınmıştır. (Kalogirou, 2009, Ex: 3.6) verilen örneğe uygun şekilde güneş kolektörü yüzey alanı ( $A_c$ )  $4,8 \text{ m}^2$  ve güneş kolektörü ve hava arasındaki ısı kaybı katsayısı ( $U_l$ )  $0,024 \text{ W/m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$  olarak hesaba katılmıştır.

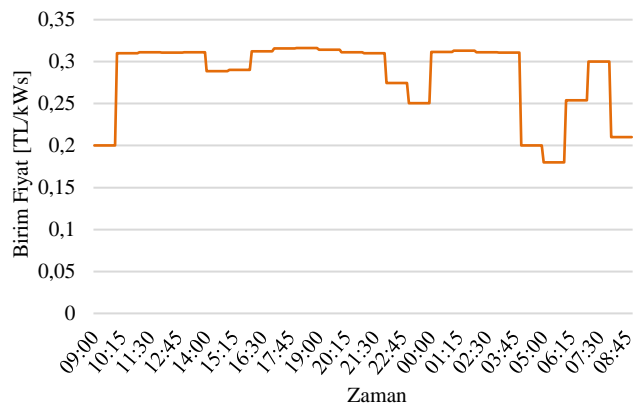
### 3.2. Sonuç ve Tartışma

Yapılan modelleme sonucunda iç ortam sıcaklığının değişimi Şekil 10 ile gösterilmiştir. Bu sıcaklık değerinin gün boyunca maksimum ve minimum değerler arasında değiştiği ve bunları kesinlikle aşmadığı görülmektedir. Saat 09:30-10:10 arasında hem fiyatın hem de yüklenmenin en düşük değerlerde olması sonucu klimanın çalıştırıldığı ve sıcaklığın maksimum izin verilen sınıra yaklaştığı görülmüştür. Burada amaç, sıcaklığı kullanıcı tarafından belirlenen sınırlar arasında tutarken kayıpların minimize olmasını sağlamaktır. Diğer bir yandan, saat 17:10-23:00 aralığında hem fiyatların yükselmesi hem de tüketimin artması nedeniyle klima kullanımının asgari şekilde sürdürüldüğü (sadece konfor kısıtlarının aşılmaması sağlanarak) görülmüştür. Dış ortamdaki hava koşulları ve termodinamik kanunlar gereğince yaşanan ısı kayıpları iç ortam sıcaklığını düşürme eğilimi gösterirken klima, bu noktada kullanıcı konfor kısıtlarını dikkate alacak şekilde sıcaklığı dengeleme üzerine bir çalışma sergilemiştir. Yani talep tarafında klimanın yönetilmesi aslında hem güç sistem işletimi açısından fayda sağlamakla birlikte kullanıcıların da özellikle konfor noktasında bir kayıp yaşamaması bu tarz programlara katılımın artmasına fayda sağlamaktadır. Güneş kolektörü, ışıma ile aldığı güneş enerjisini kayıplar ve verimlilik oranı doğrultusunda belli bir güç değeri şeklinde suya aktarır. Şekil 11’de kolektörün, ışıma değerlerine karşılık gelen güç aktarım kapasitesi görülmektedir. Güneş kolektöründen elde edilen güç değerleri güneş ışımalarının yoğun olduğu saatlerde artış gösterirken, güneş batmasıyla beraber 0 değerinde seyretmektedir.

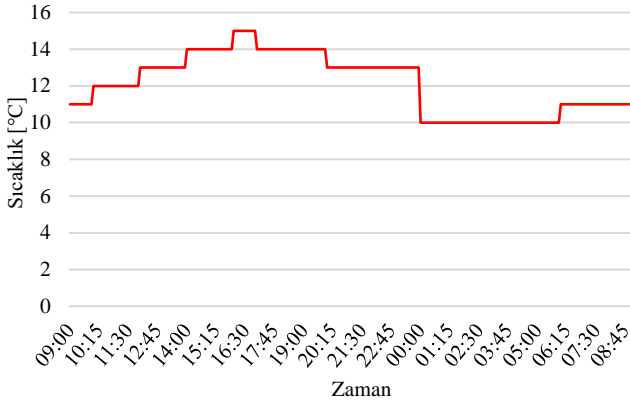
Şekil 12’de kazan suyu sıcaklığının değişimi gösterilmiştir. Yapılan işletim sayesinde sıcaklık değerlerinin belirlenen alt limit ve üst limiti aşmadığı gözlemlenmiştir. Saat 09:00-13:00 aralığında sıcaklığın artış gösterdiği görülmektedir. Sebebi güneş kolektörünün en verimli saatlerini geçiriyor olmasıdır. Şekil 12 ve 13 ortak olarak gösterildiği şekliyle gece saatlerinde su sıcaklığı belirlenen limitin altına düşmeyecek şekilde minimum değerlerde seyretmektedir. Sabah evsel kullanıcılar için belirlenen duş saatlerinden önce elektrikli şofben vasıtasıyla kazan suyu sıcaklığının yükseltildiği görülmektedir. Aynı zamanda duşa kullanılan suyun sıcaklığına ve miktarına bağlı olarak duş vakitlerinin sonunda kazan suyu sıcaklıklarının düştüğü görülmektedir.



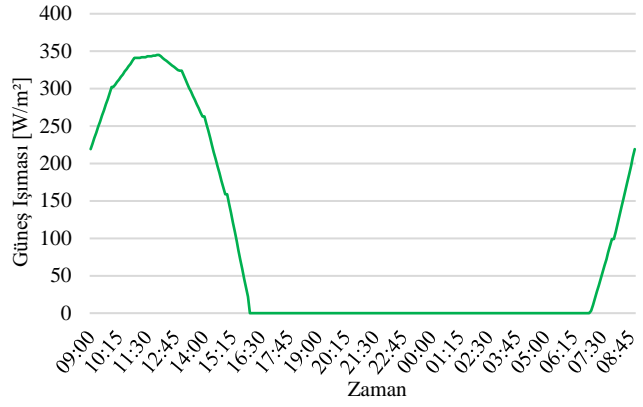
Şekil 6. Akıllı Evin Kritik Yük Eğrisi



Şekil 7. Elektrik Satın Alım Birim Fiyatı



Şekil 8. Dış Ortam Sıcaklığı



Şekil 9. Kış Günü İçin Işıma Değerleri

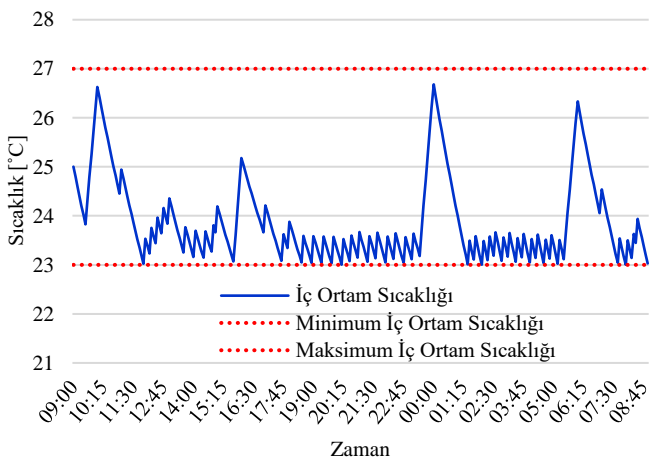
Tablo 1. Evin Yapısal Özellikleri

Parametre	Değer	Birim	Parametre	Değer	Birim
Evin Uzunluğu( $L_1$ )	30	m	Pencere Alanı	1	m <sup>2</sup>
Evin Genişliği( $L_2$ )	10	m	Duvar Termal Verimliliği	136,8	J/s.m.°C
Evin Yüksekliği( $L_3$ )	4	m	Pencere Termal Verimliliği	2808	J/s.m.°C
Çatı Açısı( $\beta$ )	40	deg	Pencere Kalınlığı	0,05	m
Pencere Sayısı	6	-	Duvar Kalınlığı	0,15	m

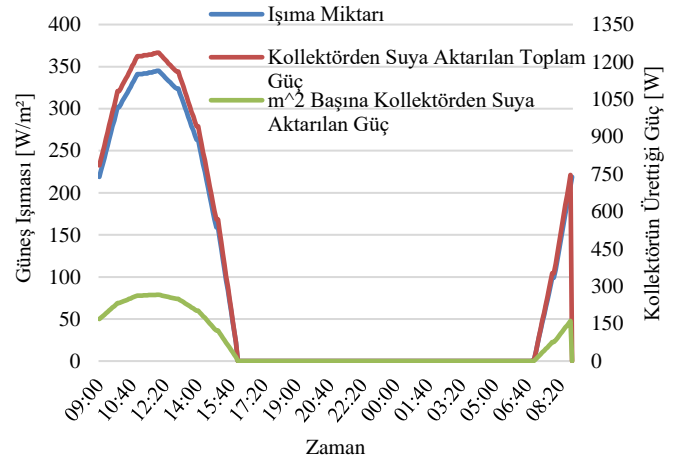
Tablo 2. Su Isıtma Sistemini Özellikleri

Parametre	Değer	Birim	Parametre	Değer	Birim
Kazan ve hava arasındaki ısı kaybı katsayısı ( $U$ )	5	W/m <sup>2</sup> °C	Ortalama Soğuk Su Sıcaklığı( $T_t^s$ )	8	°C
Güneş kolektörü ısı soğurma faktörü ( $F_r$ )	0,75	-	Kazan suyu ağırlığı( $m_s$ )	600	kg
Suyun öz ısısı ( $c_p$ )	1,16	Ws/ kg °C	Elektrikli şofbenin anma gücü( $Q_c$ )	10	kW

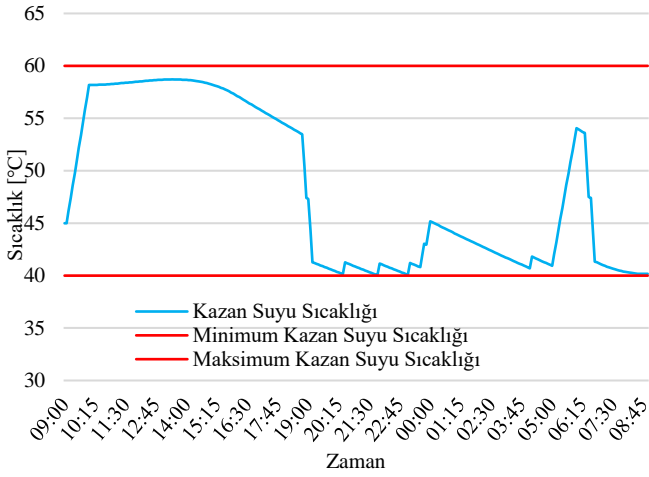
Şekil 12’de kazan suyu sıcaklığının değişimi gösterilmiştir. Yapılan işletim sayesinde sıcaklık değerlerinin belirlenen alt limit ve üst limiti aşmadığı gözlemlenmiştir. Saat 09:00-13:00 aralığında sıcaklığın artış gösterdiği görülmektedir. Sebebi güneş kolektörünün en verimli saatlerini geçiriyor olmasıdır. Şekil 12 ve 13 ortak olarak gösterildiği şekliyle gece saatlerinde su sıcaklığı belirlenen limitin altına düşmeyecek şekilde minimum değerlerde seyretmektedir. Sabah evsel kullanıcılar için belirlenen duş saatlerinden önce elektrikli şofben vasıtası ile kazan suyu sıcaklığının yükseltildiği görülmektedir. Aynı zamanda duşta kullanılan suyun sıcaklığına ve miktarına bağlı olarak duş vakitlerinin sonunda kazan suyu sıcaklıklarının düştüğü görülmektedir.



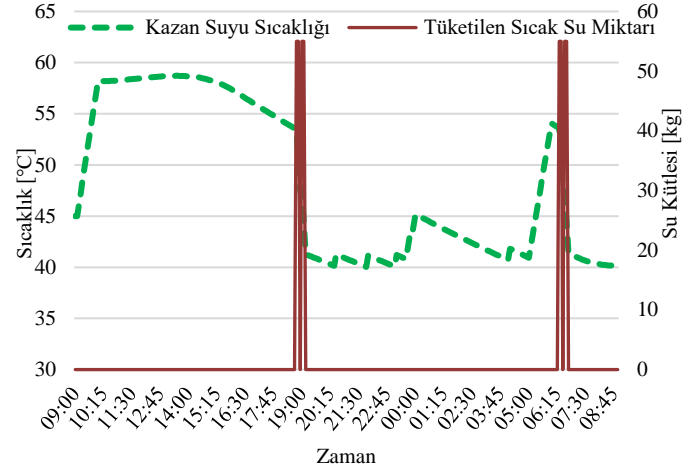
Şekil 10. İç Ortam Sıcaklığı



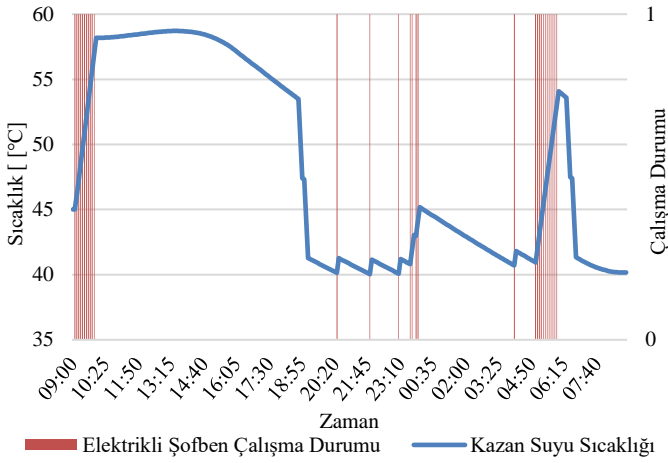
Şekil 11. Güneş Işıma Miktarları, Kolektörden Suya Aktarılan Toplam Güç ve m<sup>2</sup> Başına Suya Aktarılan Güç



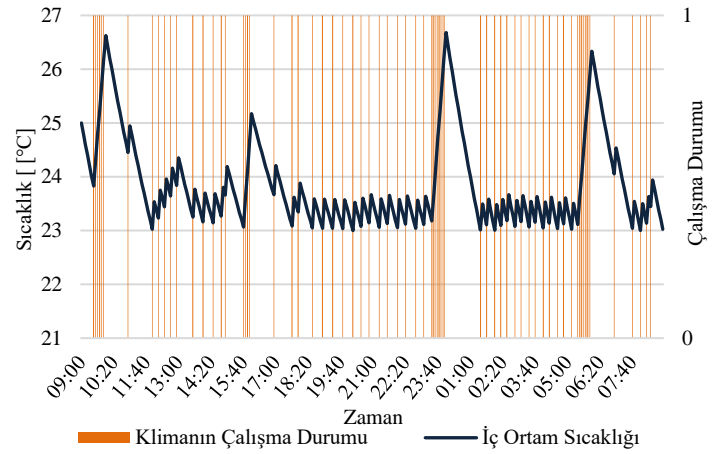
Şekil 12. Kazan Suyu Sıcaklığı



Şekil 13. Tüketilen Sıcak Su Miktarının Karşılık Kazan Suyu Sıcaklığının Değişimi



Şekil 14. Elektrikli Şofben Çalışma Durumuna Bağlı Kazan Suyu Sıcaklığı

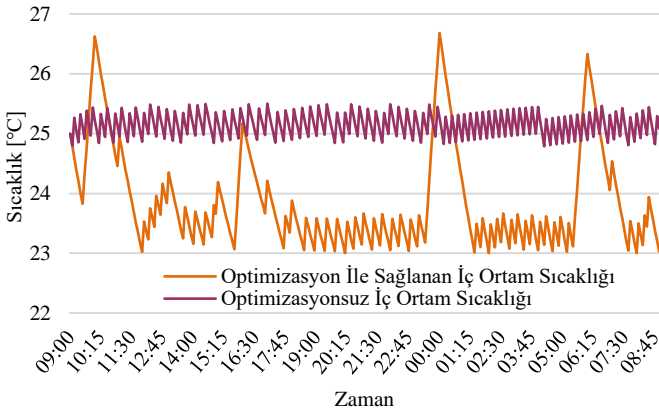


Şekil 15. Klima Çalışma Durumuna Bağlı İç Ortam Sıcaklığı

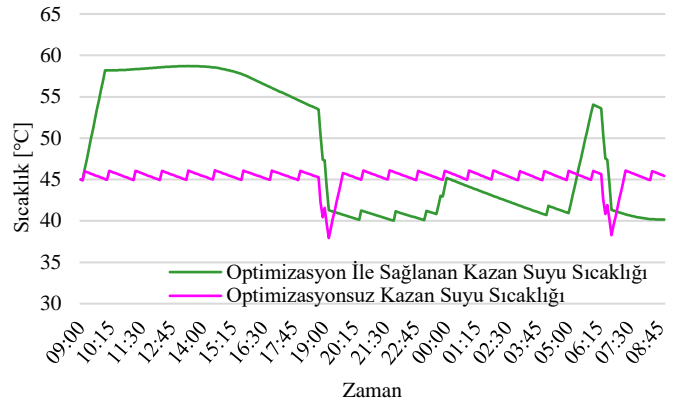
Geliştirilen enerji yönetim algoritmasında talep cevabı stratejilerinin etkilerini inceleyebilmek amacıyla Şekil 14 ve Şekil 15'te sırasıyla elektrikli şofbenin çalışma durumuna bağlı olarak kazan suyu sıcaklığı ve yine klimanın devrede olup olmamasına göre değişen iç ortam sıcaklığı gösterilmiştir. İlgili evsel cihazların devreye alınıp alınmaması 1 ve 0 değerleri ile modellenmiştir. Beklendiği üzere ilgili cihazlar devreye alındığında sıcaklıkların yükseldiği görülmüştür. Kazan suyu sıcaklığı, elektrikli şofbenin saat 09:00-10:00 ve 05:00-06:00 zaman aralıklarında yoğun çalışması sonucu yüksek oranda artmıştır. Bunun yanı sıra iç ortam sıcaklığı da klimanın 09:30-10:00, 15:40-16:00, 23:25-23:55 ve 05:25-05:55 periyotlarında keskin şekilde pozitif yönde artışlara neden olmuştur.

Optimizasyon algoritmasının çalışma prensibini ve etkinliğini daha net bir şekilde vurgulamak amacı enerji yönetim sistemi olmadan temel durum analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analize göre klimanın, iç ortam sıcaklığı 25 derecenin altında iken çalıştığı 25 derecenin üstüne çıktığında ise kapanacak şekilde ayarlandığı Şekil 16'da görülmüştür. Optimizasyon tabanlı yaklaşımda, klimanın çalışması enerji fiyatlandırmasına, yükün değişimine bağlı olarak belirlendiği için daha esnek çalışma saatlerine sahip olduğu söylenebilir. Bunun sonucu olarak da iç ortam sıcaklığının sadece 25 derece bandında seyretmesinden ziyade kullanıcı konfor kısıtları dâhilinde farklı aralıklarda ayarlanabilme imkânı sunulmuştur. Şekil 17 ile enerji yönetimi mekanizmasının dikkate alındığı ve devre dışı bırakıldığı durumlardaki (temel durum) kazan suyu sıcaklığının değişimi gösterilmiştir. Burada, kazan suyu sıcaklığı belirlenen düşük saatte beklenildiği üzere 45 derecenin altına düşmüştür. Güneş kolektörünün göz ardı edildiği durumda elektrikli şofben, kazan suyu sıcaklığı 45 derecenin altında iken çalışmış ve 45 derecenin üstüne çıktığında ise kapanmıştır.

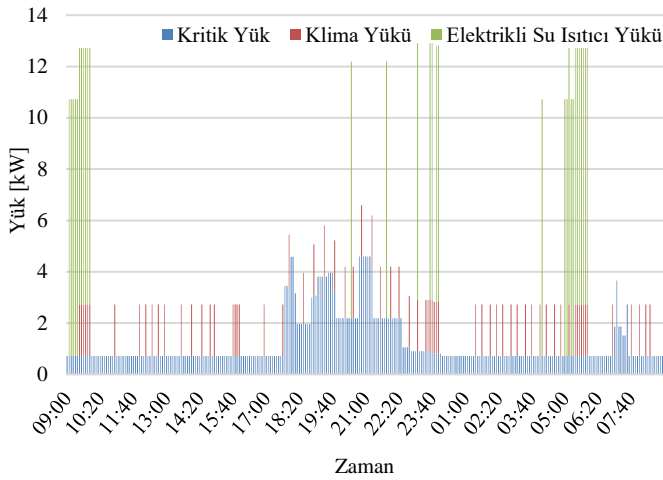
Şekil 18'de ise dikkate alınan akıllı evin günlük yük eğrisi gösterilmiştir. Enerji yönetim sistemine katılmayan kritik yüklerin sabahın ilk saatlerinde kullanılmaya başlandığını ve eve geliş zamanından gün sonuna kadar geçen sürede ise artış gösterdiğini ve diğer zamanlarda buzdolabı ve dondurucu gibi çalışması sürekli devam eden ev aletlerinin az miktarda güç tüketimine neden olduğu görülmüştür. Yapılan optimizasyon bazlı enerji yönetim stratejisine göre, klima ve elektrikli şofben yüklerinin saat 09:00-10:00, 23:30-00:00 ve 05:00-06:00 aralıklarında kullanımlarının arttığı ölçülmüştür. Yüklerin gösterdiği bu davranışlar sonucunda elde edilen optimizasyon yaklaşımına göre belirlenen yüklerin kontrolü sağlanarak elektrik enerjisi maliyetinin düşürülmesi amacına ulaşıldığı net olarak görülmüştür.



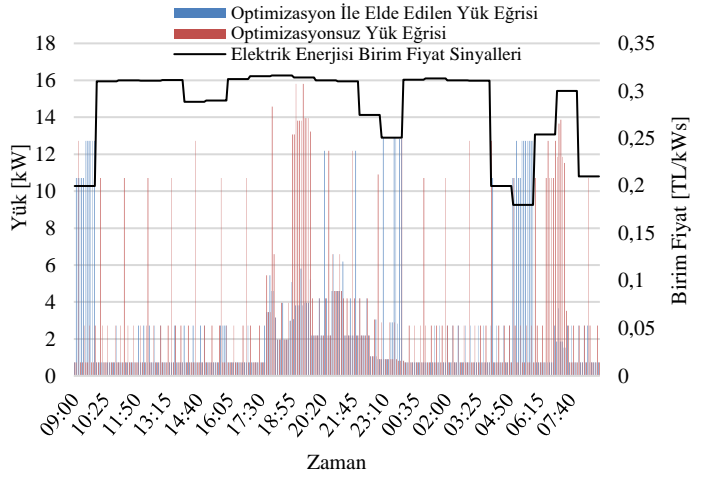
Şekil 16. İç Ortam Sıcaklığının Değişimi



Şekil 17. Optimizasyon ile Kazan Suyu Sıcaklığı Testi



Şekil 18. Akıllı Evin Yük Eğrisi



Şekil 19. Optimizasyon ile Yük Testi

Şekil 19’da akıllı evin yük tüketim eğrisi ve elektrik enerjisi alım fiyatıyla birlikte iki farklı senaryoya bağlı olarak gösterilmiştir. Optimizasyon programı kullanılarak oluşturulan enerji yönetimine yönelik çalışmada, normal tüketim profiline göre yüklerin, kullanıcı konfor kısıtlarını aşmadan elektrik enerjisi birim fiyatının düşük olduğu zaman dilimlerine ötelenmesi beklenmektedir. Yük profilleri ve elektrik enerjisi birim fiyatı eğrisi üst üste konularak incelendiğinde optimizasyon algoritmasının çalıştırılmadığı durumda fiyatlandırmaya bağlı olmadan bir eğrinin meydana geldiği görülmüştür. Oysa ki maliyeti minimize edecek şekilde belirlenen amaç fonksiyonuna göre geliştirilen optimizasyon algoritması sayesinde fiyatın yüksek olduğu periyotlarda tüketimin azalma eğiliminde ve fiyatın düşük olduğu zaman aralıklarında ise güç tüketiminin arttığı gösterilmiştir. Grafiğe göre kontrol edilebilir yükler doğrudan dinamik fiyatlandırmaya bağlı olarak saat 09:00-10:00, 23:30-00:00 ve 05:00-06:00 aralıklarında çalışmaktadır. Bu bağlamda, geliştirilen akıllı ev enerji yönetim sistemi sayesinde son kullanıcının toplam maliyeti minimize edilecek şekilde bir yük devreye alma ve devreden çıkarma aksiyonları geliştirilerek talebin kontrolü sağlanmıştır.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, dört kişilik bir ailenin yaşadığı akıllı evde güneş kolektörü vasıtasıyla sıcak su talebi karşılanırken klima ve elektrikli şofben yükünün DR programına katılımı ve böylece talebin şekillendirilmesi hedeflenmiştir. Bu noktada, konfor sınırlamaları göz önünde bulundurularak ısıtma birimlerinin enerji yönetim sistemine sunduğu esnekliğin faydaları araştırılmıştır. Önerilen optimizasyon tabanlı matematiksel programlama, klima ve elektrikli şofbenin tüketim davranışlarında özellikle evsel tüketiciler için yük eğrisine olumlu etkiler yaptığı gözlemlenmiştir. Tek bir akıllı ev dikkate alınmış olsa bile etkileri net bir şekilde grafiklerle desteklenen bu algoritmanın, daha büyük sistemlerde test edilmesi sonucu dağıtım sistem operatörünün operasyonel yeteneğine önemli katkılar sunacağı ve sistem işletme koşullarının iyileştirileceği öngörülmektedir.

Güneş enerjisinden ve optimizasyona dayalı enerji yönetiminden faydalanılan bu sistemde yenilenebilir kaynakların ve efektif bir enerji yönetiminin evsel tüketicinin elektrik enerjisi maliyetine etkileri ortaya koyulmuştur. Güneş kolektörü ve optimizasyon algoritması sayesinde elektrikli şofbenin bir günlük toplam tüketimi 34,986 kWh’ten 25,823 kWh’e düşürülmüştür. Kolektörün, elektrikli şofbenin tüketimine olan bu etkisi faturaya aylık olarak ortalama 80 TL olarak yansımaktadır. Akıllı evin kritik yükleriyle beraber klima ve elektrikli şofbenin tüketimleri göz önünde bulundurulduğunda optimizasyon işletimi sayesinde faturada %24 oranında bir düşme sağlanmıştır. Bu sonuçlar, enerji yönetim sistemlerinin teknolojiyle beraber günlük hayatımıza entegre olmasının ne kadar kritik bir önemine sahip olduğunun altını çizmektedir.



Bundan sonra gerçekleştirilmesi planlanan çalışmalarda enerji yönetimindeki esnekliğe evin diğer yüklerinin ve enerji depolama sistemlerinin dahil edilmesi ve optimizasyon modellemesinin gerçek zamanlı fiyatlandırma politikalarıyla entegre olabilmesi üzerinde durulacaktır.

## 5. Teşekkür

Teknik desteklerinden ötürü Nur Betül Yaman'a ve kreatif iconlarını çalışmamıza eklediğimiz takma isimleri DinosoftLabs, Freepik, Icongeek26, Smalllikeart ve Smashicons olan yazarlara teşekkür ederiz.

## Kaynakça

- AccuWeather. (2020, 1 Ocak). İstanbul Hava Durumu. Erişim Adresi: <https://www.accuweather.com/en/tr/istanbul/318251/hourly-weather-forecast/318251?day=2>
- Ahmed, M. S., Mohamed, A., Homod, R. Z., Shareef, H., & Khalid, K. (2016). Modeling of electric water heater and air conditioner for residential demand response strategy. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(16), 9037–9046.
- Ali, S. M. H., Lenzen, M., & Tyedmers, E. (2019). Optimizing 100%-renewable grids through shifting residential water-heater load. *International Journal of Energy Research*, September 2018, 1–15. <https://doi.org/10.1002/er.4416>
- Alvina, P., Bai, X., Chang, Y., Liang, D., & Lee, K. (2017). Smart Community Based Solution for Energy Management: An Experimental Setup for Encouraging Residential and Commercial Consumers Participation in Demand Response Program. *Energy Procedia*, 143, 635–640. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.12.739>
- Behrangrad, M. (2015). A review of demand side management business models in the electricity market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 270–283. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.03.033>
- Cai, M., Ramdaspathi, S., Pipattanasomporn, M., Rahman, S., Malekpour, A., & Kothandaraman, S. R. (2019). Impact of HVAC Set Point Adjustment on Energy Savings and Peak Load Reductions in Buildings. *2018 IEEE International Smart Cities Conference, ISC2 2018*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ISC2.2018.8656738>
- ComEd. Central Air Conditioning Cycling Program. Erişim Adresi: <https://www.comed.com/WaysToSave/ForYourHome/Pages/CentralACCycling.aspx>
- Chiu, T. C., Shih, Y. Y., Pang, A. C., & Pai, C. W. (2017). Optimized Day-Ahead Pricing with Renewable Energy Demand-Side Management for Smart Grids. *IEEE Internet of Things Journal*, 4(2), 374–383. <https://doi.org/10.1109/JIOT.2016.2556006>
- Czech Brewery System. HWT-600 Sıcak Su Deposu 600 Litre. Erişim Adresi: <https://eshop.czechminibreweries.com/tr/product/hwt-600/>
- Enerji Piyasaları İşletme A.Ş. (2020, 1 Ocak). Piyasa Takas Fiyatı. Erişim Adresi: <https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/piyasalar/gop/ptf.xhtml>
- Erol-Kantarci, M., & Mouftah, H. T. (2011). Wireless multimedia sensor and actor networks for the next generation power grid. *Ad Hoc Networks*, 9(4), 542–551. <https://doi.org/10.1016/j.adhoc.2010.08.005>
- Fação, J. (2016). Optimization of flow distribution in flat plate solar thermal collectors with riser and header arrangements. *Solar Energy*, 120, 104–112. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2015.07.034>
- Freegah, B., & Al-Tabbakh, A. A. (2019). Experimental and numerical analysis of a thermosyphon solar water heater for domestic applications. *UPB Scientific Bulletin, Series D: Mechanical Engineering*, 81(1), 117–132.
- Gaur, G. (2016). *A Review on Demand Side Management Solutions for Power Utilities*. 9829–9834. <https://doi.org/10.15680/IJRSET.2015.0506043>
- Gautam, A., Chamoli, S., Kumar, A., & Singh, S. (2017). A review on technical improvements, economic feasibility and world scenario of solar water heating system. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 68(August 2016), 541–562. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.09.104>
- Global Solar Atlas. (2020, Ocak). Bahcelievler İstanbul. Erişim Adresi: <https://globalsolaratlas.info/detail?c=41.157978,28.506775,9&s=41.004775,28.825378&m=site&pv=small,180,31,1>
- Godina, R., Rodrigues, E. M. G., Pouresmaeil, E., & Catalão, J. P. S. (2017). Home HVAC energy management and optimization with model predictive control. *Conference Proceedings - 2017 17th IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 1st IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2017*, 309048, 7–11. <https://doi.org/10.1109/EEEIC.2017.7977766>
- Godina, R., Rodrigues, E. M. G., Pouresmaeil, E., Matias, J. C. O., & Catalão, J. P. S. (2018). Model Predictive Control home energy management and optimization strategy with demand response. *Applied Sciences (Switzerland)*, 8(3). <https://doi.org/10.3390/app8030408>
- Goh, C. H. K., & Apt, J. (2005). Consumer Strategies for Controlling Electric Water Heaters under Dynamic Pricing. *Carnegie Mellon Electricity Industry Center Working Paper*, 1–8.
- Güngör, V. C., Sahin, D., Kocak, T., Ergüt, S., Buccella, C., Cecati, C., & Hancke, G. P. (2011). Smart grid technologies: Communication technologies and standards. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 7(4), 529–539. <https://doi.org/10.1109/TII.2011.2166794>
- Hungerford, Z., Bruce, A., & MacGill, I. (2016). Review of demand side management modelling for application to renewables integration in Australian power markets. *Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference, APPEEC, 2016-January*. <https://doi.org/10.1109/APPEEC.2015.7381083>
- Jouhara, H., & Yang, J. (2018). Energy efficient HVAC systems. *Energy and Buildings*, 179, 83–85. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.09.001>

- Kalogirou, S. A. (2009). *Solar Energy Collectors*. 121–217. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374501-9.00003-0>
- Koltsaklis, N. E., Panapakidis, I. P., Christoforidis, G. C., & Parisses, C. E. (2019). An MILP model for the optimal energy management of a smart household. *International Conference on the European Energy Market, EEM, 2019-September*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/EEM.2019.8916426>
- Lokeshgupta, B., & Sivasubramani, S. (2019). Multi-objective home energy management with battery energy storage systems. *Sustainable Cities and Society*, 47(February), 101458. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101458>
- Mahin, A. U., Sakib, M. A., Zaman, M. A., Chowdhury, M. S., & Shanto, S. A. (2017). Developing demand side management program for residential electricity consumers of Dhaka city. *ECCE 2017 - International Conference on Electrical, Computer and Communication Engineering*, 743–747. <https://doi.org/10.1109/ECACE.2017.7913001>
- McKinsey & Company. (2019). Global Energy Perspective 2019 : Reference Case. *Energy Insights, January*, 31.
- Medeiros, M., Nogueira, C. E. C., Siqueira, J. A. C., Lawder, J. H., de Souza, S. N. M., & Fracaro, G. de P. M. (2013). Otimização de um sistema misto de aquecimento de água (solar e elétrico) para áreas rurais. *Acta Scientiarum - Technology*, 35(1), 69–74. <https://doi.org/10.4025/actascitechnol.v35i1.11998>
- Meyabadi, A. F., & Deihimi, M. H. (2017). A review of demand-side management: Reconsidering theoretical framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 80(May), 367–379. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.05.207>
- Mohsenian-Rad, A. H., & Leon-Garcia, A. (2010). Optimal residential load control with price prediction in real-time electricity pricing environments. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 1(2), 120–133. <https://doi.org/10.1109/TSG.2010.2055903>
- Ovoenergy. How much electricity does a home use?. Erişim Adresi: <https://www.ovoenergy.com/guides/energy-guides/how-much-electricity-does-a-home-use.html>
- Paterakis, N. G., Medeiros, M. F., Catalao, J. P. S., Siaraka, A., Bakirtzis, A. G., & Erdinc, O. (2015). Optimal daily operation of a smart-household under dynamic pricing considering thermostatically and non-thermostatically controllable appliances. *International Conference on Power Engineering, Energy and Electrical Drives, 2015-September*, 389–393. <https://doi.org/10.1109/PowerEng.2015.7266348>
- Perez, K. X., Baldea, M., & Edgar, T. F. (2016). Integrated HVAC management and optimal scheduling of smart appliances for community peak load reduction. *Energy and Buildings*, 123, 34–40. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2016.04.003>
- Pipattanasomporn, M., Member, S., Kuzlu, M., & Rahman, S. (2012). 2012-06\_Tsg\_Hem. 1–8.
- REN21. (2019). *Renewables 2019. October*, 335.
- Safdarian, A., Ali, M., Fotuhi-Firuzabad, M., & Lehtonen, M. (2016). Domestic EWH and HVAC management in smart grids: Potential benefits and realization. *Electric Power Systems Research*, 134, 38–46. <https://doi.org/10.1016/j.epsr.2015.12.021>
- Santos, A. N., MacAbuhay, M. A. A., & De Leon, J. N. (2018). Smart household socket with power monitoring control using android application. *2017 9th IEEE-GCC Conference and Exhibition, GCCCE 2017*, 1–9. <https://doi.org/10.1109/IEEEGCC.2017.8448055>
- Sempra Energy Utility. AC Saver(Summer Saver) for Business Energy Management Program. Erişim Adresi: <https://www.sdge.com/businesses/savings-center/energy-management-programs/demand-response/summer-saver-program>
- Schreiber, M., Wainstein, M. E., Hochloff, P., & Dargaville, R. (2015). Flexible electricity tariffs: Power and energy price signals designed for a smarter grid. *Energy*, 93, 2568–2581. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2015.10.067>
- Siano, P. (2014). Demand response and smart grids - A survey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 30, 461–478. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2013.10.022>
- Streicher, W. (2016). Solar Thermal Technologies for Domestic Hot Water Preparation and Space Heating. In *Renewable Heating and Cooling: Technologies and Applications*. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-213-6.00002-3>
- Triki, C., & Violi, A. (2009). Dynamic pricing of electricity in retail markets. *4or*, 7(1), 21–36. <https://doi.org/10.1007/s10288-007-0056-2>
- Tsui, K. M., & Chan, S. C. (2012). Demand response optimization for smart home scheduling under real-time pricing. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 3(4), 1812–1821. <https://doi.org/10.1109/TSG.2012.2218835>
- Wang, H., Meng, K., Luo, F., Dong, Z. Y., Verbič, G., Xu, Z., & Wong, K. P. (2013). Demand response through smart home energy management using thermal inertia. *2013 Australasian Universities Power Engineering Conference, AUPEC 2013, October*. <https://doi.org/10.1109/aupec.2013.6725442>
- Yao, L., Damiran, Z., & Lim, W. H. (2017). Energy management optimization scheme for smart home considering different types of appliances. *Conference Proceedings - 2017 17th IEEE International Conference on Environment and Electrical Engineering and 2017 1st IEEE Industrial and Commercial Power Systems Europe, IEEEIC / I and CPS Europe 2017*. <https://doi.org/10.1109/IEEEIC.2017.7977565>
- Yao, L., Shen, J. Y., & Lim, W. H. (2017). Real-Time Energy Management Optimization for Smart Household. *Proceedings - 2016 IEEE International Conference on Internet of Things; IEEE Green Computing and Communications; IEEE Cyber, Physical, and Social Computing; IEEE Smart Data, IThings-GreenCom-CPSCoM-Smart Data 2016*, 20–26. <https://doi.org/10.1109/iThings-GreenCom-CPSCoM-SmartData.2016.31>
- Zhi, C., Lei, W., & Yong, F. (2012). Real-Time Price-Based Demand Response Management for Residential Appliances via Stochastic Optimization and Robust Optimization. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 3(4), 1822–1831.
- Zhou, L., Zhang, Y., Lin, X., Li, C., Cai, Z., & Yang, P. (2018). Optimal sizing of PV and bess for a smart household considering different price mechanisms. *IEEE Access*, 6(c), 41050–41059. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2845900>

# Traction Motors and Motor Drivers Used in Electric Vehicles

Hayrettin Gökozan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Turgutlu Meslek Yüksekokulu Elektrik ve Enerji Bölümü, Manisa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8917-4001)

(İlk Geliş Tarihi 6 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.699699)

**ATIF/REFERENCE:** Gökozan, H. (2020). Traction Motors and Motor Drivers Used in Electric Vehicles. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 105-111.

## Abstract

The production and use of electric vehicles (EVs) are becoming widespread. The negative effect of fossil fuel vehicles to environmental pollution also increases incentives and demand for electric vehicles. One of the most important equipment in electric vehicles is the electric motors. The characteristics of the electric motors (EMs), change according to the usage area and power of the electric vehicles. There are some structural changes to the electric motors used for small powerful electric vehicles and electric motors produced for medium and large powerful vehicles. Depending on the power and structure of electric motors, the characteristics of the drives that control these motors also change. In this study, the structure, types, operating characteristics of the small, medium and large powerful electric motors used in electric vehicles and the motor driver circuits required to running the motors are mentioned.

**Keywords:** Electric vehicles, Electric traction motors, Electric vehicle motor drivers.

## Elektrikli Araçlarda Kullanılan Motorlar ve Motor Sürücüler

### Öz

Elektrikli araçların (EA) üretimi ve kullanımı yaygınlaşmaktadır. Elektrikli araçlarda en önemli donanımlardan birisi, araçları hareket ettiren elektrik motorlarıdır. Elektrik motorlarının (EM) özellikleri, elektrikli araçların kullanım alanına ve gücüne göre değişmektedir. Küçük güçlü elektrikli araçlar için kullanılan elektrik motorlarında ve orta ile büyük güçlü araçlar için üretilen elektrik motorlarında bazı yapısal değişiklikler vardır. Elektrikli motorların güçlerine ve yapılarına göre, bu motorları kontrol eden sürücülerin özellikleri de değişmektedir. Bu çalışmada, elektrikli araçlarda kullanılan küçük, orta ve büyük güçlü elektrik motorlarının yapısı, çeşitleri, çalışma özellikleriyle motor sürücüler sunulmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrikli araçlar, Elektrik çekiş motoru, Elektrikli araç motor sürücüler.

## 1. Introduction

Besides the basic vehicle requirement in electric vehicles there are battery pack, e-drive component (power electronics), e-motor, and single speed transmission (fixed Gearbox). Electric vehicles act with electric motors using direct current (DC) electrical energy from the batteries in the vehicle. A very important part of these motors work with DC while others work with the alternative current AC electrical energy obtained at the desired amplitude and frequency with the help of an inverter. These motors are also called electric traction motor (ETM). Required features in motors used in electric vehicles are high energy efficiency, low cost, high-performance, quick acceleration, stopping and starting numbers, durability to extreme temperatures and vibrations, simply construction, regenerative breaking capacity, long lifetime and low maintenance. Tomorrow's electric vehicles must use less energy to meet future challenges with

\* Sorumlu Yazar: Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Turgutlu MYO Elektrik ve Enerji Bölümü, Manisa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8917-4001, [hayrettin.gokozan@cbu.edu.tr](mailto:hayrettin.gokozan@cbu.edu.tr), <http://dergipark.gov.tr/ejosat>)

accelerating shortage of resources, global warming and climate change. To reduce greenhouse gas (GHG) emissions, the use of Hybrid electric vehicles (HEV) and electric vehicles needs to be increased. In the long term, the use of fossil fuel vehicles should be limited or banned.

The production and sale of electric vehicles or “Electric Mobility”, especially bicycles, scooters and cars, has grown rapidly over the past decade. As of 2018, the rate of active electric vehicles in the world has reached approximately 30% of all vehicles. The countries with the highest number of electric car sales worldwide are China, Europe and the USA, respectively (URL1).

There are many different types of electric motors which are being used in current and upcoming EVs. These are Brushless DC motor (BLDC), AC induction motor (ACIM), Permanent magnet synchronous motor (PMS), and Permanent magnet switched reluctance motor (PMSRM). Although conventional brushed direct current motors were used in the first electric vehicles, they are no longer used today. Because these motors require high maintenance and sparking during their work.

A permanent magnet PM electric motor consists of two main parts. First; it is a stator in which electrical energy creates a rotating magnetic field and carries a series of electric coil windings. The other main part is the rotor on which very strong permanent magnets are placed. The stator is the fixed part and the rotor is the rotating part. The rotor follows and revolves the magnetic field created in the stator. If the rotor is inside the stator (Inner runner), outside of the stator is called (Outer runner) motor.

## **2. Material and Method**

Manufacturers, users and researchers carry out a wide range of study and research to increase the efficiency and lifetime of electric motors, and to reduce losses and prices. High efficiency electric motors and power control units can provide both energy consumption and CO<sub>2</sub> footprint reduction.

The book written by Boldea and Nasar provides a comprehensive, independent and updated reference on single and three-phase induction machines (Boldea, I., & Nasar, S., 2009). The article written by Agamloh et al. determines how to improve the design efficiency of the motors currently being produced (Agamloh et al, 2013). Motors produced by five manufacturers were analyzed to increase design efficiency. Another article written by Groza et al. studies estimating the efficiency of motors by making necessary measurements in working environments and introduces a new concept of “ $\mu$  and  $\lambda$  matching coefficients” (Groza et al, 2013).

In a study (Trianni et. al., 2019) a comprehensive review of energy efficiency measures (EEMs) for Electric motor systems (EMS) was presented. Various features and manufacturing advantages are specified, and EEMs for EMS are reclassified. EEMs are offered in four main groups: hardware, motor system drives, management of motors in the facility and power quality. In an article written by Ishikawa et al., the relationship between efficiency and source frequency and motor speed is achieved when efficiency is maximized for a given torque and speed. The equations obtained were verified using single phase equivalent circuit considering the iron loss resistance (Ishikawa et al, 2019). In a recent study (Barot et al, 2019), the general difficulties that small and medium motor manufacturers face during the design and development of IE3 class asynchronous motors and the selection of materials and the increase of efficiency by reducing losses have been talked.

In a study (Al-Badri et al, 2019) presents a new simple technique that can significantly reduce the time required for asynchronous machine full load tests. With the proposed technique, the time decreases to 30 minutes. The temperature-speed relationship is an important point and is used to estimate the full load temperature of the machine. Another article written by Adly, A. A., & Huzayyin, A., 2019 analyzed the economic situation of using PM motors instead of asynchronous motors. As a result of the analysis, they have been observed that the life cycle of PM motors is shortened compared to induction motors operating under the same conditions.

In a recent study (Karpe et al, 2019) is based on a 0.5 hp, 2 pole motor. The system is optimized with the help of double revolving theory. The design was verified by Finite Element Analysis. Analysis results was compared with test results and founded to be in good agreement. In this study (Lu, S. M., 2016) a survey was conducted about high efficiency motors, and it was concluded that brushless permanent magnet DC motors are popular motors in the motor industry. In another study Krykowski et al. they mention the characteristics of the drives used for high speed electric motors (Krykowski et al., 2019).

In this study (Omaç et al, 2018) an 18/12 pole in-wheel switched reluctance motor (IW-SRM) was produced with the values obtained as a result of various mathematical equations. The performance tests of the motor produced have been carried out by means of a test device. In their study (Bhatt et al, 2019), (Thattil et al, 2019), they compared various electric motors and determined that the most efficient motors that can be used in electric vehicles are permanent magnet brushless DC motors (BLDC). In addition, they recommended the use of permanent magnet synchronous motors and AC servo motors provided that regular maintenance is carried out.

In this study (Tarimer et al, 2008), were designed and tested a permanent magnet brushless DC motor for use in an ergonomic electric wheelchair. The test results obtained showed that this new design with low speed and high torque may be an alternative in electrical devices and systems.

In general, the inverter is an half or full bridge electronic circuit per phase that converts AC or DC electrical energy into AC energy suitable for the operation of the electric motor. The inverter adjusts the frequency and amplitude of the alternating current with the help of a microcontroller. The microcontroller evaluates all the parameters related to the vehicle and ensures that the necessary tasks are fulfilled. In this way, it can change the rotating speed, power and torque of the electric motor.



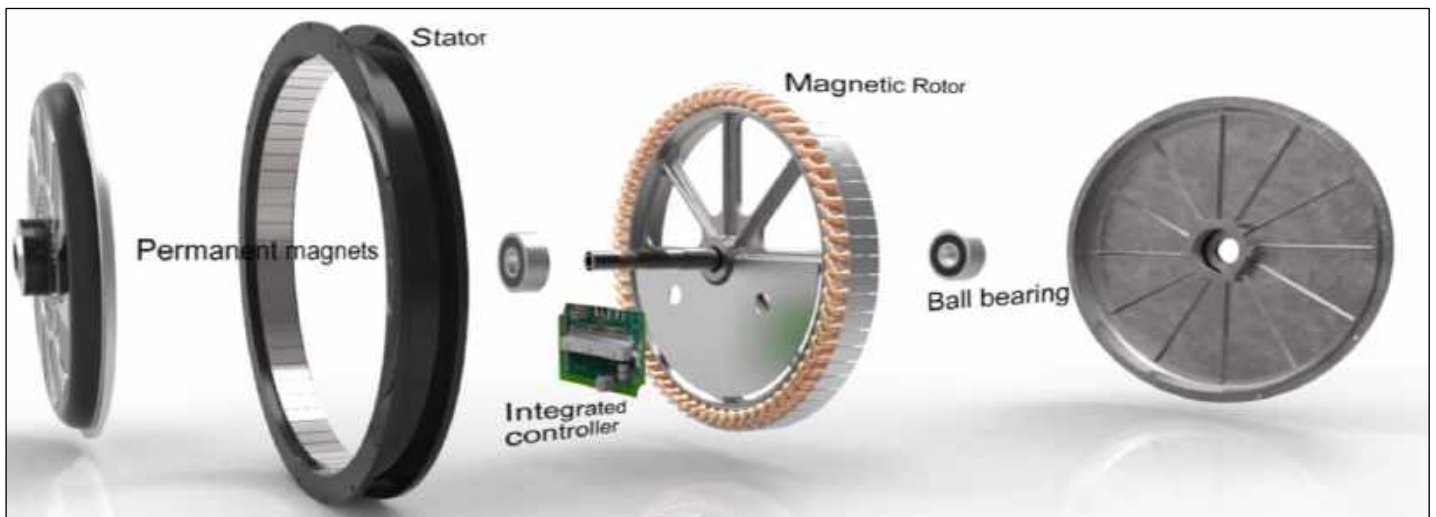
The book written by Diab et al, also presents a robust speed controller design for a sensorless vector-controlled induction motor drive system based on  $H_\infty$  theory, which overcomes the problems of the classical controller (Diab et al, 2020). This paper (Kabir et al, 2019) presents the design characterization, optimization, and experimental validation of a multilayer ac winding that provides a high quality rotating MMF with reduced end-turn length. Multilayer ac winding provides more sinusoidal stator MMF with reduced stator  $I^2R$  losses compared to its conventional double layer counterparts.

In this study (Belousov et al, 2017) a solution related to speed adjustment is proposed in a system with two electric motors. A two-channel electric motor driver is used for motors. How to adjust the power and torque is shown. In this article (Zeraoulia et al, 2006), four main electric propulsion systems are examined. After all, the most suitable for hybrid electric vehicle (HEV) is explained by a comparative study. Squirrel-cage Induction Motors are recommended for this task.

This comprehensive review article (Krithika, V., & Subramani, C., 2018) discusses Permanent Magnet synchronous motor drives, Permanent Magnet brushless DC motor drives, and Permanent Magnet hybrid motor drives and their features. This article (Kommuri et al, 2016) discusses the effect of malfunction on a vehicle's speed in a sensor system that controls variable load torque of the permanent magnet synchronous motor (PMSM) driver. In this study (Kumar, A., & Thakura, P. R., 2019), two different controllers are used to start the BLDC motor and an inverter was designed. The designed inverter had been realized on the MATLAB Simulink platform.

### 3. Utilities of Electric Motors in Daily Vehicles

The most important parts of electric vehicles are electric motors and inverters. In addition, there are battery group(s) and charging system. Electric vehicles are usually manufactured in three sizes. Small size electric vehicles (two or three-wheelers bicycle, scooter, mini golf car, etc., 10 to 250 watts and used brushless in-wheel outer-runner motor usually). The structure of the brushless in-wheel outer runner motor is shown in Figure 1 (URL2).



*Figure 1: Structure of Brushless In-wheel Outer-runner Motor*

Medium-sized electric vehicles are cars, vans, caravans, vans, etc. and their electric motor power is between 500 W. to 280 kW. Large and very large electric vehicles are used for buses, trucks, ships, trains, etc. vehicles and their electric motor power is greater than 280 kW. The inverters to be used for these engines are also produced according to the dimensions of the vehicles.

It has one or two electric motor in motor packaging. Systems with one electric motor are often used in automobiles. On the other hand, two electric motor systems are activated in some special cases when additional power is required (climbing and sudden acceleration). Figure 2 shows one (URL3) and two (URL4) electric motor packages.

Electric car motors have one single speed transmission (fixed gearbox) usually. This gearbox is used to increase motor output torque. The motor speed change is carried out with the motor driver.

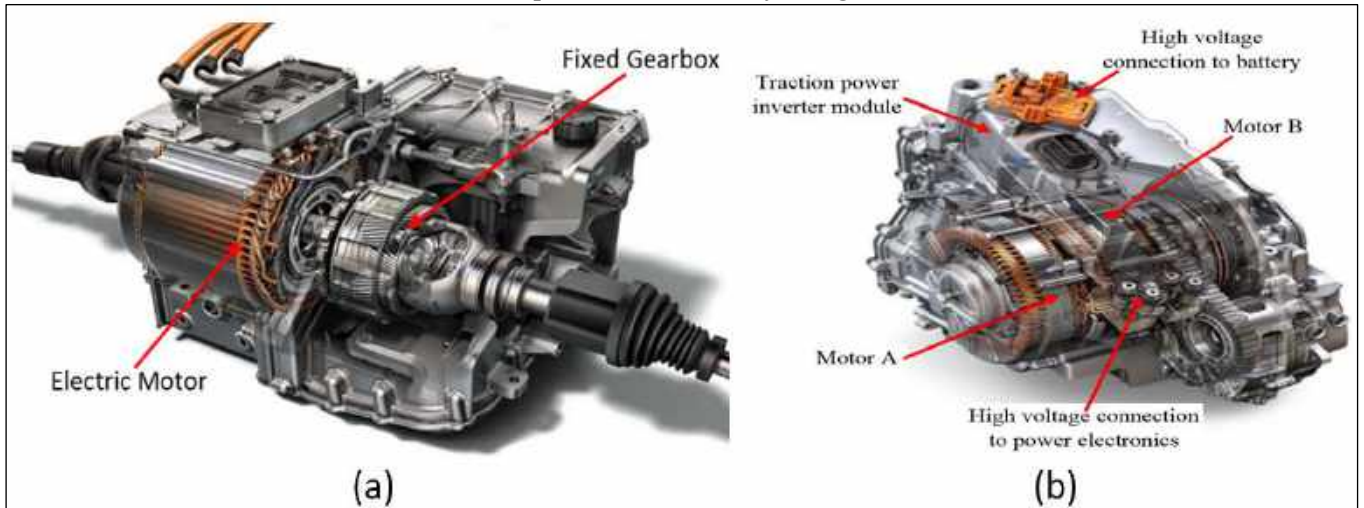


Figure 2: (a) One Electric Motor, (b) Two Electric Motor Tracking System

The most important features of the motors to be used in electric vehicles are high torque at the time of first movement and low power consumption and efficiency at high speeds. Therefore, the motor drivers to be used for EVs must also be capable of providing these requirements (Lazari et al, 2014). While selecting the motor, it is necessary to know the max voltage, current and load values. According to this information, motor torque and power are determined. Figure 3 shows typical power-torque-speed characteristics of electric traction motors (Ehsani et al, 2003).

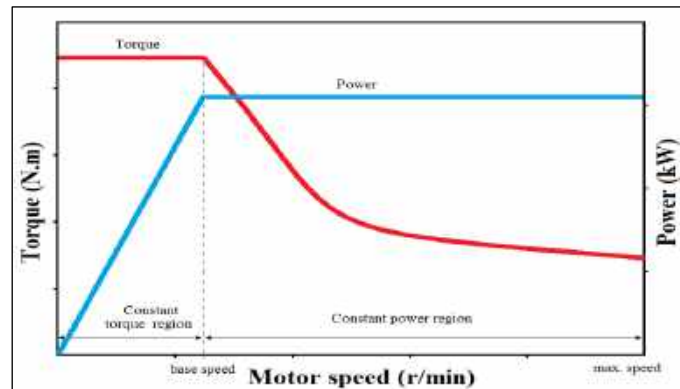


Figure 3. Typical Power-Torque-Speed Characteristics of Electric Traction Motors

Various motors used in electric vehicles are compared in terms of power density, efficiency, reliability, controllability and cost, and are shown in figure 4 (Bhatt et al,2019).

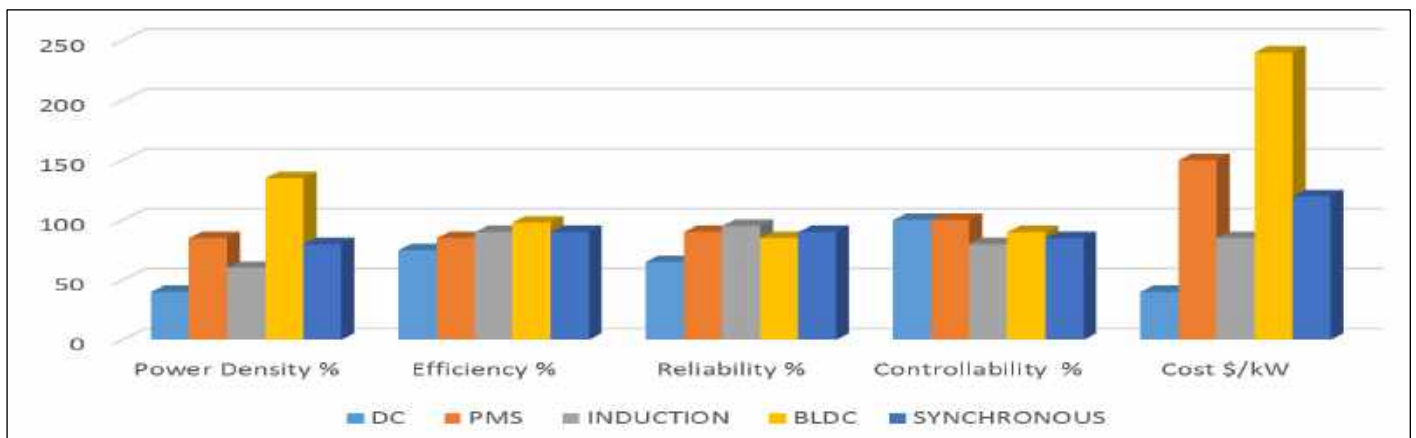


Figure 4: Comparison of Various Electric Motors Used in Electric Vehicles

When Figure 4 is examined, it is seen that BLDC motors are more advantageous in terms of usage compared to other electric motors. But these motors are expensive than others.

BLDC motor is suitable for all of vehicle applications. These electric motors are equipped with hall-effect position and speed sensors usually (Gökozan, H., & Taştan, M., 2019). These sensors support to work properly. The motor at the same time operates like a generator during braking time, generating electricity and charging the batteries. This is called regenerative braking. Principle of an inverter and Traction Motor connecting is seen in figure 5 (URL5).

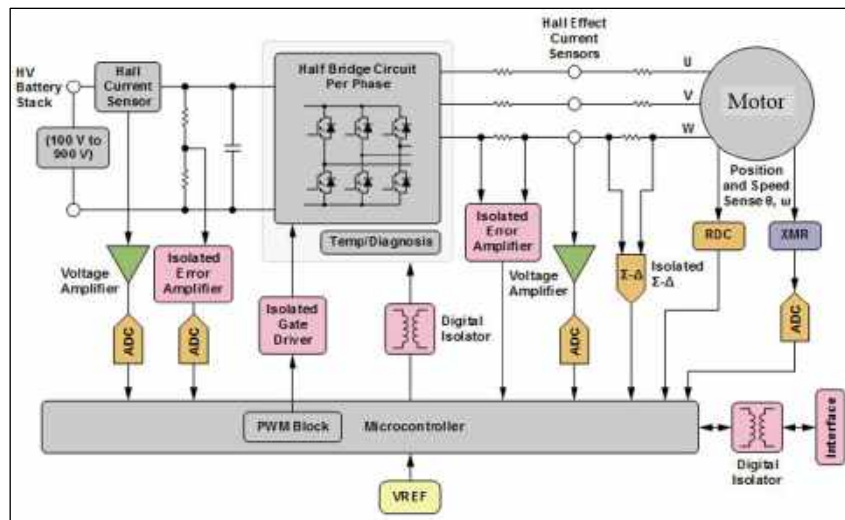


Figure 5. Principle of a Inverter and Traction Motor

Motors and inverters used in large and very large electric vehicles are connected in various ways. With single-axle control, each converter feeds only one motor. Group drive means that one converter feeds several motors, depending on whether car control or bogie control is used. Single-axle control (a), and group drive (b) are shown in figure 6 (URL6).

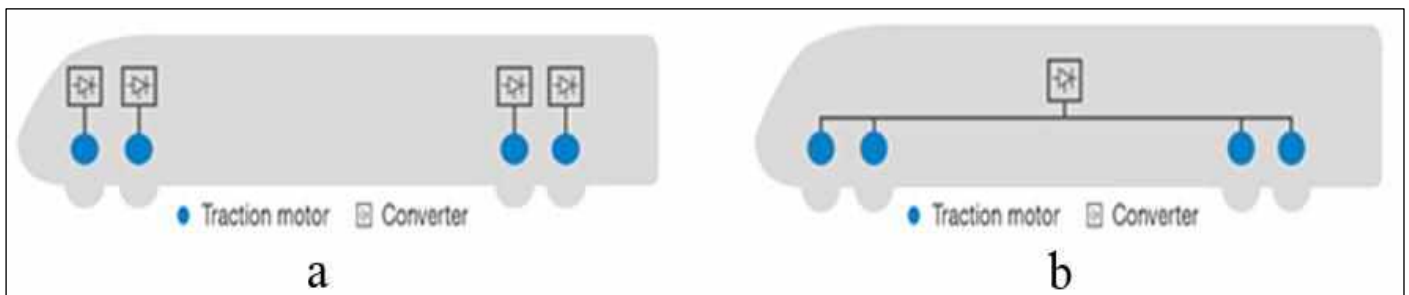


Figure 6: (a) Single-axle Control, (b) Group Drive

The principle of a high-performance double-wheel drive inverter for metro and public transport applications with 2, (a) and 4, (b) motors (URL7) are shown in figure 7. Each Traction Control Unit (TCU) controls two motors.

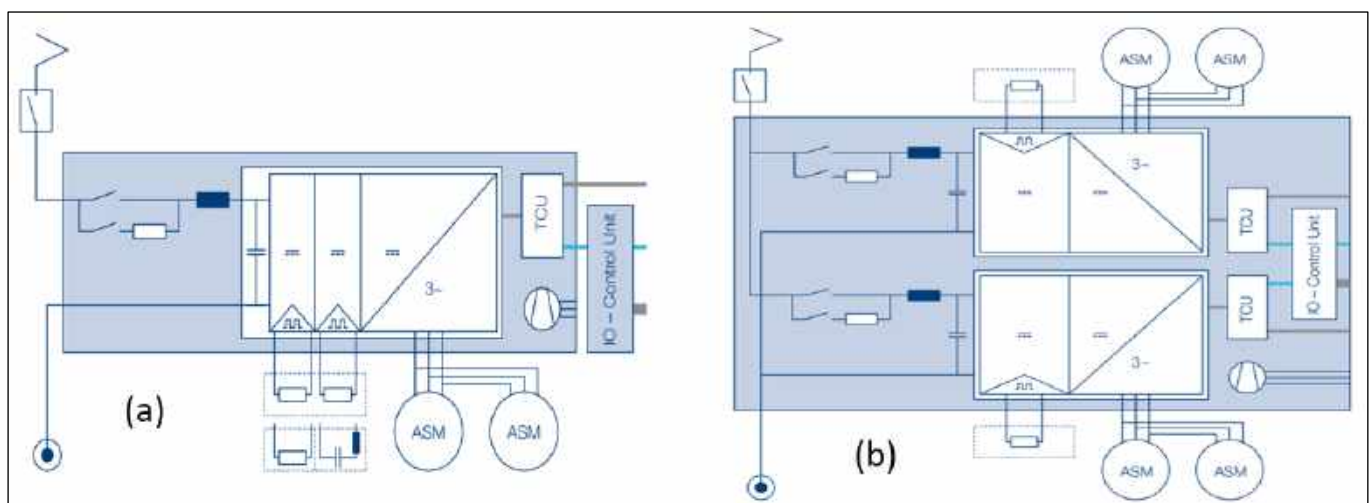


Figure 7: Principle of a High-Performance Double Traction Inverter for Metro Applications

## 4. Conclusion

The characteristics of the motors used in electric vehicles differ from those used in the industry. The most important features of the motors to be used in electric vehicles are high torque at the time of first movement and low power consumption and efficiency at high speeds. In addition, these motors are commonly used in start and stop cars. Therefore, they may be heat up more. Hence, they need good cooling.

The motors commonly used in electric vehicles are BLDC motors. Thanks to the high magnetic rotor feature, they produce high torque. Specially designed electronic circuits are required to start the motors. These circuits are called motor drives. Motor drivers are control the electric motors by interpreting the accelerator and brake pedal information.

There is currently no Motor Vehicle Tax for electric vehicles. The Special Consumption Tax application is calculated according to the value of the engine power produced by the vehicle in kW. As a result of the widespread use of electric vehicles, the need for fossil fuels will disappear. The price of fuel paid for electric cars is much lower than oil powered cars. Global warming caused by the decrease in city and air pollution will be prevented.

## References

- Adly, A. A., & Huzayyin, A. (2019). The impact of demagnetization on the feasibility of permanent magnet synchronous motors in industry applications. *Journal of advanced research*. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2019.02.002>
- Agamloh, E. B., Boglietti, A., & Cavagnino, A. (2013). The incremental design efficiency improvement of commercially manufactured induction motors. *IEEE Transactions on industry applications*, 49(6), 2496-2504. doi: 10.1109/TIA.2013.2263212
- Al-Badri, M., Pillay, P., & Angers, P. (2019). Induction Machine Rapid Performance Test. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 55(5), 4685-4691. 10.1109/TIA.2019.2924409
- Barot, S. J., Singh, R. P., & Chetwani, S. H. (2019). Development of Premium efficiency IE3 class induction Motors Using same stampings of High efficiency ie2 class induction Motors. *Water and Energy International*, 62(7), 38-41.
- Belousov, E. V., Grigor'ev, M. A., & Gryzlov, A. A. (2017). An electric traction drive for electric vehicles. *Russian Electrical Engineering*, 88(4), 185-188. DOI: 10.3103/S1068371217040034
- Bhatt, P., Mehar, H., & Sahajwani, M. (2019). Electrical Motors for Electric Vehicle—A Comparative Study. Available at SSRN 3364887.
- Boldea, I., & Nasar, S. (2009). *The Induction Machines Design Handbook*, ser. Electric Power Engineering Series. Taylor & Francis.
- Diab, A. A. Z., Al-Sayed, A. H. M., Mohammed, H. H. A., & Mohammed, Y. S. (2020). Literature Review of Induction Motor Drives. In *Development of Adaptive Speed Observers for Induction Machine System Stabilization* (pp. 7-18). Springer, Singapore, <https://doi.org/10.1007/978-981-15-2298-7>
- Ehsani, M., Gao, Y., & Gay, S. (2003, November). Characterization of electric motor drives for traction applications. In *IECON'03. 29th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society* (IEEE Cat. No. 03CH37468) (Vol. 1, pp. 891-896). IEEE.
- Gökozan, H., & Taştan, M., (2019). Autonomous Road Vehicles and Electrical-Electronic Equipment. *Research & Review in Engineering—Summer, 2019*, 261.
- Groza, V., Merabet, A., Pitis, C. D., & Giurgiu, V. D. (2013, August). Novel method of pre-determining induction machine parameters and energetic efficiency. In *2013 IEEE Electrical Power & Energy Conference* (pp. 1-6). IEEE. 10.1109/EPEC.2013.6802910
- Ishikawa, T., Qu, H., & Kasahara, K. (2019). Maximum efficiency of induction motors considering iron loss resistance. *IEEE Transactions on Electrical and Electronic Engineering*, 14(9), 1426-1427. <https://doi.org/10.1002/tee.22947>
- Kabir, M. A., Jaffar, M. Z. M., Wan, Z., & Husain, I. (2019). Design, Optimization, and Experimental Evaluation of Multilayer AC Winding for Induction Machine. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 55(4), 3630-3639.
- Karpe, M., Ghosh, S., Shindhe, N., Birajdar, R., & Bhawe, D. (2019, October). Optimization of Single-Phase Induction Motor. In *2019 IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON)* (pp. 115-120). IEEE. 10.1109/CENCON47160.2019.8974827
- Kommuri, S. K., Defoort, M., Karimi, H. R., & Veluvolu, K. C. (2016). A robust observer-based sensor fault-tolerant control for PMSM in electric vehicles. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 63(12), 7671-7681. doi: 10.1109 / TIE.2016.2590993
- Krithika, V., & Subramani, C. (2018). A comprehensive review on choice of hybrid vehicles and power converters, control strategies for hybrid electric vehicles. *International Journal of Energy Research*, 42(5), 1789-1812. <https://doi.org/10.1002/er.3952>
- Krykowski, K., Gałuszkiewicz, Z., Gałuszkiewicz, P., Hetmańczyk, J., & Całus, D. (2019). High-speed Permanent Magnet Brushless DC Motors, properties and prospective applications. *Przegląd Elektrotechniczny*, 95. doi:10.15199/48.2019.08.30
- Kumar, A., & Thakura, P. R. (2019). Close Loop Speed Controller for Brushless DC Motor for Hybrid Electric Vehicles. In *Nanoelectronics, Circuits and Communication Systems* (pp. 255-268). Springer, Singapore.
- Lazari, P., Wang, J., Chen, L., & Chen, X. (2014). Design optimisation and performance evaluation of a rare-earth-free permanent magnet assisted synchronous reluctance machine for electric vehicle traction.
- Lu, S. M. (2016). A review of high-efficiency motors: Specification, policy, and technology. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 59, 1-12. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.360>
- Omaç, Z., Polat, M., Öksüztepe, E., Yıldırım, M., Yakut, O., Eren, H., & Kürüm, H. (2018). Design, analysis, and control of in-wheel switched reluctance motor for electric vehicles. *Electrical Engineering*, 100(2), 865-876. <https://doi.org/10.1007/s00202-017-0541-3>
- Thattil, A., Vachhani, S., Raval, D., Patel, P., & Sharma, P. (2019). Comparative Study of using Different Electric Motors for EV.



- Tarımer İ., Akpunar A., & Gürbüz R., (2008). Design of a Direct Sliding Gearless Electrical Motor for an Ergonomic Electrical Wheelchair, *Elektronika Ir Elektrotehnika*, <http://www.ejournal.ktu.lt/index.php/elt/article/view/11082/5823> , ISSN: 1392–1215, Vol. 83, No. 3, p.p. 75–80.
- Trianni, A., Cagno, E., & Accordini, D. (2019). Energy efficiency measures in electric motors systems: A novel classification highlighting specific implications in their adoption. *Applied Energy*, 252, 113481. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2019.113481>
- Zeraouia, M., Benbouzid, M. E. H., & Diallo, D. (2006). Electric motor drive selection issues for HEV propulsion systems: A comparative study. *IEEE Transactions on Vehicular technology*, 55(6), 1756-1764.
- URL1: <https://www.virta.global/global-electric-vehicle-market>. Date of Access: 15.02.2020
- URL2: <https://www.youtube.com/watch?v=wZh5fBFdnVU>. Date of Access: 15.12.2019
- URL3: <https://www.wardsauto.com/technology/gm-electric-motor-plant-sees-job-one>. Date of Access: 10.12.2019
- URL4: <https://www.greencarcongress.com/2014/10/20141029-voltec.html>. Date of Access: 10.01.2020
- URL5: [https://www.analog.com/en/applications/markets/automotive-pavilion-home/ev-and-hevpowertrain\\_inverter-and-e-motor-systems.html](https://www.analog.com/en/applications/markets/automotive-pavilion-home/ev-and-hevpowertrain_inverter-and-e-motor-systems.html), Date of Access: 16.09.2019.
- URL6: <https://new.abb.com/motors-generators/traction-motors-and-generators/traction-motors/electric-multiple-units>. Date of Access: 22.12.2019
- URL7: [https://voith.com/corp-en/products-services\\_drives-transmissions\\_electric-traction-systems-for-rail-vehicles.html](https://voith.com/corp-en/products-services_drives-transmissions_electric-traction-systems-for-rail-vehicles.html). Date of Access: 10.01.2020



# Use of Gephi Applied Network Analysis for Selection Criteria of Refrigeration System Components

Bayram Kılıç<sup>1\*</sup>, Emre Arabacı<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Y.O., Elektrik ve Enerji Bölümü, Burdur, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8577-1845)

<sup>2</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Y.O., Motorlu Araçlar ve Ulaştırma Teknolojileri Bölümü, Burdur, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6219-7246)

(First received 13 March 2020 and in final form 23 May 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.703434)

**ATIF/REFERENCE:** Kılıç, B. & Arabacı, E. (2020). Use of Gephi Applied Network Analysis for Selection Criteria of Refrigeration System Components. *European Journal of Science and Technology*, (19), 112-118.

## Abstract

Connections between live or non-living node points and these node points are referred to as networks. The objects are directly or indirectly connected to each other by means of networks. Network analysis methods, especially social network analysis, are used in many social sciences. The aim of this study is to investigate the usability of network applied analysis for selection criteria of refrigeration system elements. In this respect, the study is one of the first studies in the use of network analysis in the energy field of engineering. It is perhaps the first study. Data sets were analyzed using Gephi package program. As a result of this study, selection criteria of refrigeration system elements are visualized by Gephi network analysis.

**Keywords:** Refrigeration System, Gephi, Network Analysis, Selection Criteria.

## Soğutma Sistemi Elemanlarının Seçim Kriterleri İçin Gephi Uygulamalı Ağ Analizi Kullanımı

### Öz

Canlı ya da cansız düğüm noktaları ile bu düğüm noktaları arasındaki bağlantılar ağ olarak ifade edilmektedir. Nesnelere doğrudan ya da dolaylı olarak birbirleri ile ağlar vasıtasıyla bağlıdırlar. Ağ analiz metotları özellikle de sosyal ağ analizi birçok sosyal bilim alanında kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, soğutma sistemi elemanlarının seçim kriterleri için Gephi uygulamalı ağ analizinin kullanılabilirliğinin incelenmesidir. Bu açıdan yapılan çalışma, ağ analizinin mühendisliğin enerji alanında kullanımında ilk çalışmalardan olmaktadır. Veri setleri Gephi paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda, soğutma sistemi elemanlarının seçim kriterleri Gephi uygulamalı ağ analizi ile görselleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Soğutma Sistemi, Gephi, Ağ analizi, Seçim Kriteri.

## 1. Introduction

Today, the most widely used cooling system is vapor compression refrigeration systems. A refrigeration system consists of four basic elements (evaporator, condenser, compressor, expansion valve) and the refrigerant flowing through the system. In a refrigeration system, the evaporator is component in which the liquid refrigerant evaporates and receives heat from the environment. The component in which the pressure and temperature of the refrigerant in vapor form is increased and turned into superheated vapor is called a compressor. In condenser, the superheated refrigerant is condensed by removing its heat. The refrigeration system component

\* Sorumlu Yazar: Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Y.O., Elektrik ve Enerji Bölümü, Burdur, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8577-1845, [bayramkilig@mehmetakif.edu.tr](mailto:bayramkilig@mehmetakif.edu.tr)

in which the pressure of the saturated fluid is reduced is the expansion valve. The selection of refrigeration system components according to specific selection criteria is crucial for the efficiency and economy of the refrigeration system.

Çelik has examined conflicts around the world using social network analysis. As a result of the study, he has determined that the two biggest actors in the world conflicts are USA and Russia respectively [1]. Gençer investigated the features and contributions of the network analysis approach. It was determined that the network analysis approach for the examination of social systems is complementary [2]. Ağcasulu used social network analysis as a method. In study, it was examined that the research topic, the boundaries and the determination of the target audience in the network researches, respectively [3]. Al et al. were examined the publications of Hacettepe University between 1968 and 2009 in terms of bibliometric properties by social network analysis method [4]. Gülpınar estimated the loss of customers in the Turkish telecommunications market with Artificial Neural Networks (ANN) and analyzed the customer communication network with the help of Social Network Analysis and examined the position and impact of customers at risk of loss [5]. Ataman and Çelik searched the WoS citation database and collected publication data from Yüzüncü Yıl University and Van between 2000-2015 and formed the social network analysis of these data. Furthermore, they have visually demonstrated scientific data [6].

In recent years, social network analysis has started to be used in the field of social sciences. It is possible to come across studies related to social network analysis in the literature [7-12]. The difference of this study from other studies is that network analysis is used for the first time for a refrigeration system. In addition, it is thought to be the first field of mechanical engineering using Gephi network analysis.

## 2. Material and Method

Network analysis gives us the opportunity to perceive the world as networks. In fact, we can see any system as networks in a relationship dimension. Relationships that we cannot see but become apparent when visualized by network analysis allow us to look at systems from different angles. The concept of network can generally be defined as the components that make up a network and the connections between these components. Graphs are used to visualize networks. Graphs are drawings that make invisible networks visible. A simple graph includes nodes and edges.

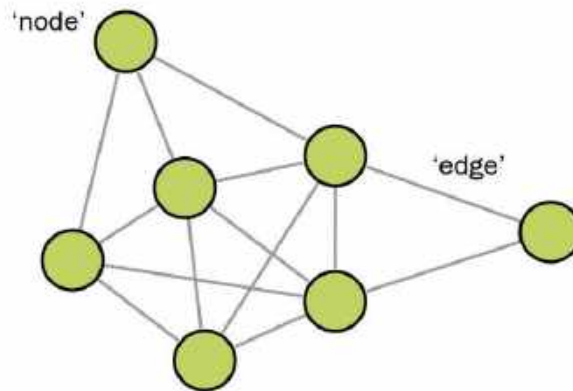


Figure 1. Relationship between nodes and edges in network analysis [13]

One of the most important stages of network analysis is visualization. Visualization is to make complex structures understandable. Numerous algorithms are used for visualization in network analysis. Different algorithms can be used depending on the structure of the analysis and the complexity of the data. Numerous software is available to implement network analysis techniques. Gephi is the most well-known of them.

## 3. Results and Discussion

The use of network analysis to the selection criteria of the cooling system elements was first applied to the evaporator. The network analysis of the evaporator selection was visualized and shown in Figure 2. Seven criteria were selected for the selection of the evaporator. These criteria are the evaporator material, the refrigerant, the cooling capacity, the type of place (air, fluid), refrigerant state condition, evaporator's type and evaporator's size. Secondly, the network analysis of the compressor selection was visualized and shown in Figure 3. Seven criteria were selected for the selection of the compressor. These criteria are the long life, vibration, energy consumption, safety, efficiency, noise and cost.

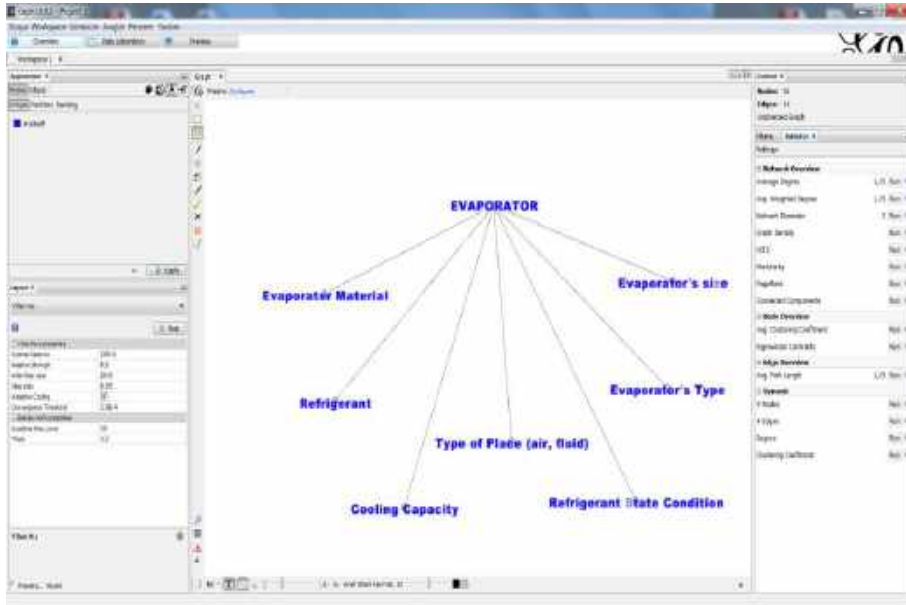


Figure 2. Network analysis of evaporator selection

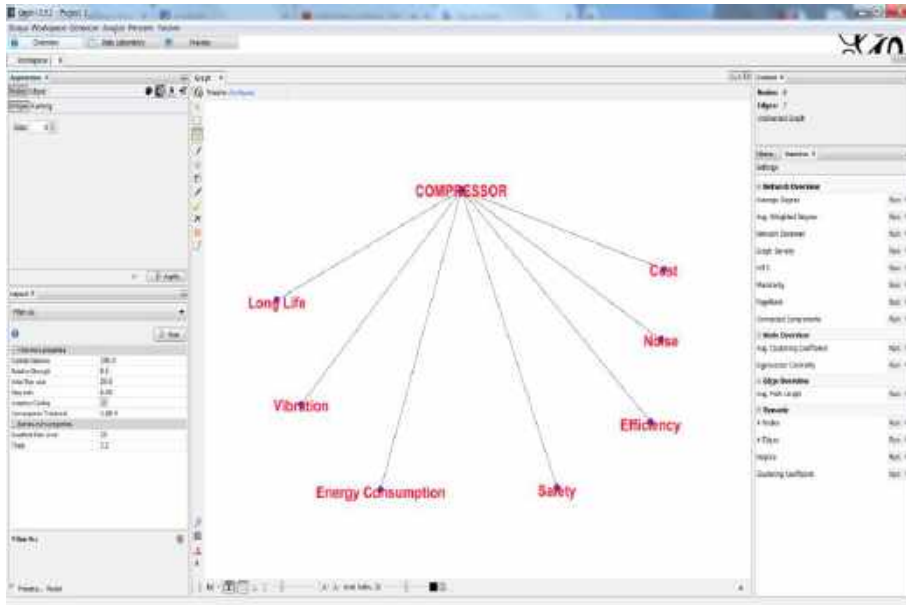


Figure 3. Network analysis of compressor selection

Eight selection criteria were considered for condenser that another component of the refrigeration system. These criteria are condenser capacity, cost, environmental temperature, type's place (air, fluid), condenser material, vibration, noise and condenser's size. The network analysis of the condenser selection was visualized and shown in Figure 4.



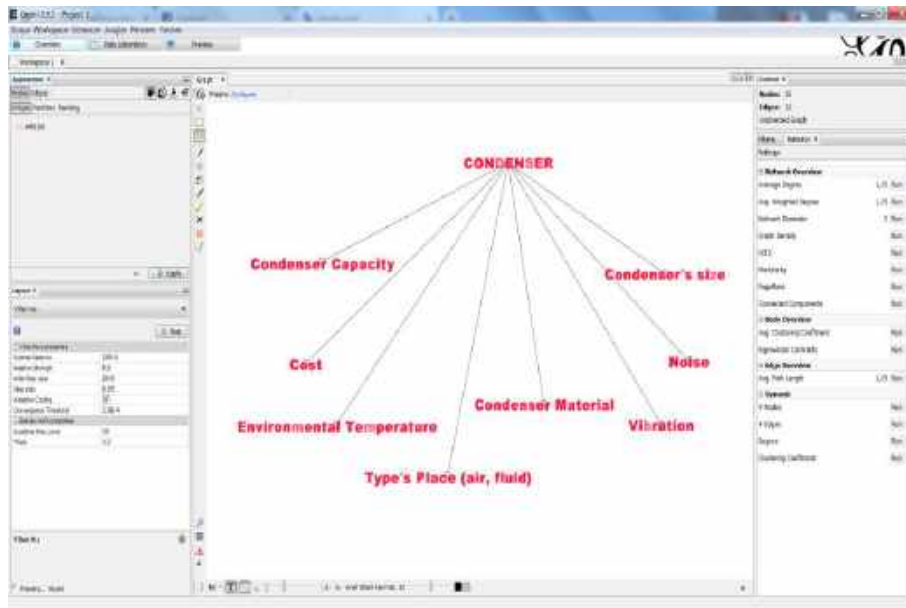


Figure 4. Network analysis of condenser selection

Four selection criteria were considered for the expansion valve, which is constant enthalpy pressure reducing component of the refrigeration system. These criteria are operating temperature, refrigerant type, cooling capacity and type (capillary tube, TEX). The network analysis of the expansion valve selection was visualized and shown in Figure 5.

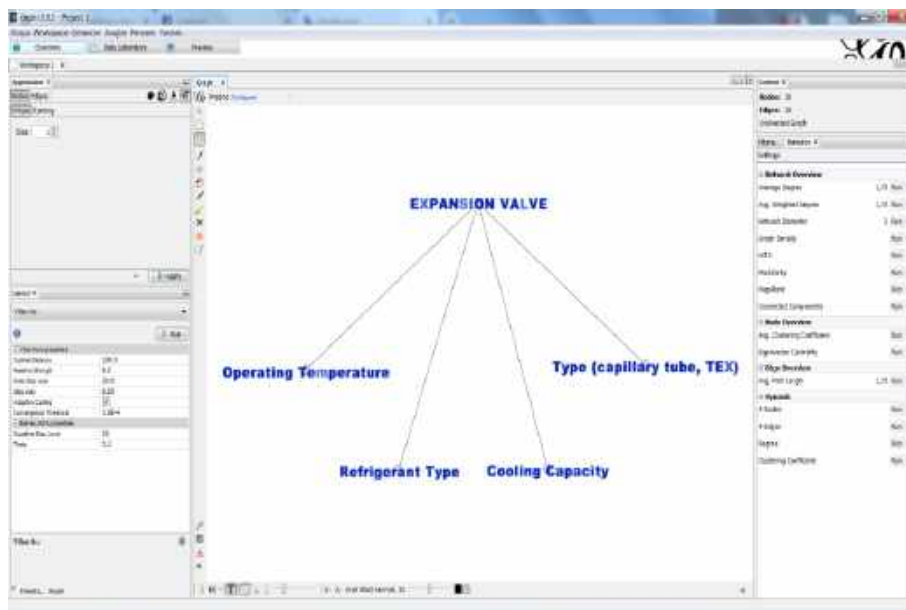


Figure 5. Network analysis of expansion valve selection

The choice of refrigerant for refrigeration systems is very important. Refrigerants are one of the most important parameters affecting refrigeration performance. In this study, the network analysis of the refrigerant selection was visualized for thirteen criteria and shown in Figure 6. These criteria are chemical stability, non-toxic, non-explosive, high critical temperature, non flammable, cheapness, easy availability, no corrosion effect, high critical pressure, low-ODP, low-GWP and low boiling temperature.

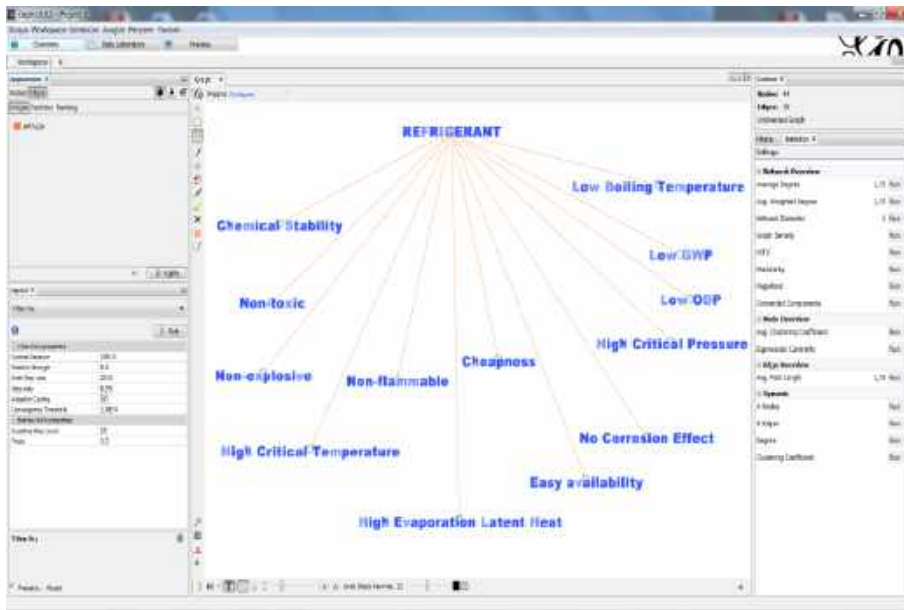


Figure 6. Network analysis of refrigerant selection

45 nodes were used in the application of this study. Nodes and properties of nodes used in Gephi network analysis application are given in Figure 7. In addition, the edges and edges properties of the application are given in Figure 8.

ID	Label	Weight	Pages	Pages Degree	Centrality	Clustering Coefficient	Betweenness Centrality	Modularity Centrality
1	REFRIGERANT	1	1	1	1	1	1	1
2	Chemical Stability	1	1	1	1	1	1	1
3	Non-toxic	1	1	1	1	1	1	1
4	Non-explosive	1	1	1	1	1	1	1
5	High Critical Temperature	1	1	1	1	1	1	1
6	High Evaporation Latent Heat	1	1	1	1	1	1	1
7	Non-flammable	1	1	1	1	1	1	1
8	Cheapness	1	1	1	1	1	1	1
9	Easy availability	1	1	1	1	1	1	1
10	Low Boiling Temperature	1	1	1	1	1	1	1
11	Low GWP	1	1	1	1	1	1	1
12	Low ODP	1	1	1	1	1	1	1
13	High Critical Pressure	1	1	1	1	1	1	1
14	No Corrosion Effect	1	1	1	1	1	1	1

Figure 7. Nodes specifications of Gephi network analysis

Index	Source	Target	Type	W	Color	Label	Weight
1	1	2	Undirected	1			1.0
2	1	3	Undirected	1			1.0
3	1	4	Undirected	1			1.0
4	1	5	Undirected	1			1.0
5	1	6	Undirected	1			1.0
6	1	7	Undirected	1			1.0
7	1	8	Undirected	1			1.0
8	1	9	Undirected	1			1.0
9	1	10	Undirected	1			1.0
10	1	11	Undirected	1			1.0
11	1	12	Undirected	1			1.0
12	1	13	Undirected	1			1.0
13	1	14	Undirected	1			1.0
14	1	15	Undirected	1			1.0
15	1	16	Undirected	1			1.0
16	1	17	Undirected	1			1.0
17	1	18	Undirected	1			1.0
18	1	19	Undirected	1			1.0
19	1	20	Undirected	1			1.0
20	1	21	Undirected	1			1.0
21	1	22	Undirected	1			1.0
22	1	23	Undirected	1			1.0
23	1	24	Undirected	1			1.0
24	1	25	Undirected	1			1.0
25	1	26	Undirected	1			1.0
26	1	27	Undirected	1			1.0
27	1	28	Undirected	1			1.0
28	1	29	Undirected	1			1.0
29	1	30	Undirected	1			1.0
30	1	31	Undirected	1			1.0
31	1	32	Undirected	1			1.0
32	1	33	Undirected	1			1.0
33	1	34	Undirected	1			1.0
34	1	35	Undirected	1			1.0
35	1	36	Undirected	1			1.0
36	1	37	Undirected	1			1.0
37	1	38	Undirected	1			1.0
38	1	39	Undirected	1			1.0
39	1	40	Undirected	1			1.0
40	1	41	Undirected	1			1.0
41	1	42	Undirected	1			1.0
42	1	43	Undirected	1			1.0
43	1	44	Undirected	1			1.0
44	1	45	Undirected	1			1.0
45	1	46	Undirected	1			1.0
46	1	47	Undirected	1			1.0
47	1	48	Undirected	1			1.0
48	1	49	Undirected	1			1.0
49	1	50	Undirected	1			1.0

Figure 8. Edges specifications of Gephi network analysis

Optimizing the selection of the five basic components that make up a refrigeration system is extremely important for energy efficiency. The selection criteria of the refrigeration system basic components are made by Gephi network analysis and are given in Figure 9. Visualization of selection criteria using network analysis has made these criteria more understandable.

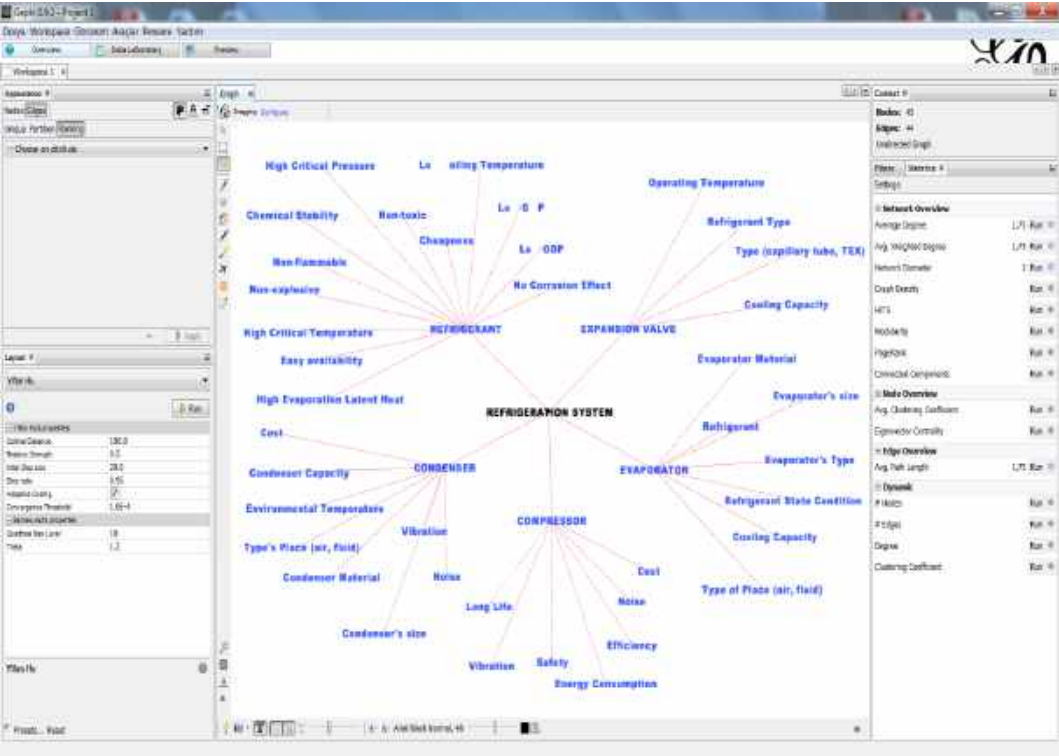


Figure 9. Network analysis for selection criteria of refrigeration system components

4. Conclusions

In this study, Gephi network analysis is used for the selection criteria of the five basic components of the vapor compression refrigeration cycle. Gephi network analysis was used for visualization and easy perception of these criteria. It is thought that a researcher from any field examining this study may make more sense of the selection criteria of the refrigeration system components

with the visual analysis of the network. In addition, since this study is the first network analysis study for the refrigeration system, it will serve as an example for future studies. Moreover, this study is important in terms of showing that analysis programs used in both social and engineering sciences can be used within each other.

## References

- [1] Çelik, S. Investigation of Conflicts in the World by Social Network Analysis, *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*, vol. 14(52), pp. 236-254, 2019.
- [2] Gençer, M. Sosyal Ağ Analizi Yöntemlerine Bir Bakış. *Yıldız Social Science Review*, pp. 19-34, 2017.
- [3] Ağcasulu, H. Sosyal Bilimlerde İlişkileri İnceleyen Bir Yöntem: Sosyal Ağ Analizi, *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, vol. 22, pp. 1915-1933, 2018.
- [4] Al, U. Sezen, U. and Soydal, İ. The Evaluation of Scientific Publications of Hacettepe University Using Social Network Analysis Method, *Journal of Faculty of Letters*, vol. 29(1), pp. 53-71, 2012.
- [5] Gülpinar, V. Yapay Sinir Ağları ve Sosyal Ağ Analizi Yardımı ile Türk Telekomünikasyon Piyasasında Müşteri Kaybı Analizi, *Marmara Üniversitesi İ.İ.B. Dergisi*, vol. 34(1), pp. 331-350, 2013.
- [6] Ataman, F. and Çelik, H.E. Visualizing The Intellectual Structure: A Bibliometric Analysis Based On Van Yüzüncü Yıl University, *Journal of the Institute of Natural & Applied Sciences*, vol. 23(1), pp. 34-47, 2018.
- [7] Gürsakal, N. Sosyal ağ analizi. Bursa: Dora Yayınları, 2009.
- [8] David K. and Yang, S. *Social Network Analysis*. Londra, Sage Publications, 2008.
- [9] Kolaczyk, E.D. *Statistical Analysis of Network Data Methods and Models*. Boston, Springer, 2009.
- [10] Lewis, T.G. *Network Science: Theory and Applications*. New Jersey, John Wiley& Sons, Inc., 2009.
- [11] Scott, J. and Carrington, P. *The SAGE Handbook of Social Network Analysis*. (J. Scott & P. Carrington, Eds.). London: SAGE Publications, 2012.
- [12] Hanneman, R.A. and Riddle, M. Concepts and Measures for Basic Network Analysis. In J. Scott & P. J. Carrington (Eds.), *The SAGE Handbook of Social Network Analysis* (pp. 340-369). London: SAGE Publications, 2012.
- [13] Scott, J. *Social Network Analysis: A Handbook*. Sage Publications, London, 2000.





# Motorlu Araç Yangınları Üzerine Bir İnceleme

Zehra Yıldız<sup>1\*</sup>, Ercan Köse<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Mersin, Türkiye (ORCID: ID 0000-0003-1304-4857)  
<sup>2</sup>Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Mersin, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9814-6339)

(İlk Geliş Tarihi 16 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.704517)

**ATIF/REFERENCE:** Yıldız Z. & Köse, E. (2020). Motorlu Araç Yangınları Üzerine Bir İnceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 119-126.

## Öz

Toplu veya bireysel yolculuklarda güvenilir ve çok kullanılan araçlar, kara araçlarıdır. Kara araçlarındaki en büyük risklerden biri yangındır. Yangın tehlikesi, yangın yüküne göre belirlenir. Yangın yükü, bir yapı içerisinde birim alanı başına bulunan potansiyel yanıcı madde miktarıdır. Özellikle yangın yükü ve insan yükü fazla olan yolcu araçlarında yangın büyük bir risktir. Motorlu araçların trafikte seyir halinde olabilmesi durumunda itfaiyenin olay yerine ulaşması zaman aldığından araç tümüyle yanabilmekte ve araçta olan kişiler hayatını kaybedebilmektedir. Türkiye’de son yıllarda artan araç yangınlarının çoğu başlangıç aşamasında söndürülmektedir. Bu sebeple araçlarının imalattan itibaren yangınının çıkmaması ve büyümemesi için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu çalışmada, özellikle motorlu araçlarda yangınlarının meydana geldiği bölümler, yangın nedenleri ve alınması gereken yangın güvenlik önlemleri ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yangın, Araç yangınları, Motorlu araç yangınları

## A Review on Motor Vehicles Fires

### Abstract

The reliable and used vehicles in public or individual transportation are land vehicles. One of the biggest risks in land vehicles is fire. Fire danger is determined by fire load. Fire load is the amount of potential flammable material contained per unit area within a structure. Especially in passenger vehicles with high fire loads and human loads, fire is a great risk. If the vehicles can be in traffic, it takes time for the fire brigade to reach the scene, and the vehicle can burn completely and the people in the vehicle may lose their lives. Most of vehicles fires have prevented at the beginning of fires in the Turkey. For this reason, necessary precautions must be taken in motor vehicle to prevent fire from growing and not to grow since manufacturing. In this study, the sections where passenger vehicles fires occur, the causes of fire and fire safety measures to be taken are presented.

**Keywords:** Fire, Vehicle fires, Motor vehicle fires

## 1. Giriş

Yangın, kontrolsüz ve istenmeyen bir yanma olayıdır. Yanma, ortamda yanıcı madde, yanabilme aralığına yetecek kadar oksijen ve tutuşma sıcaklığına yetecek kadar ısı olması durumunda gerçekleşir. Yanma olayında yakıtta potansiyel durumda bulunan yakıtın konumu ve bileşiminden dolayı sahip olduğu kimyasal enerji, ısı enerjisine dönüşmektedir. Isı daha sonra mekanik ve elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılır. Bu ısı enerjisi, enerji dönüşüm süreçleri ile motorda mekanik enerjiye, güç santrallerinde ise elektrik enerjisine dönüştürülür. Motor içerisinde yakıt yanar, ısı enerjisi piston hareketine sebep olur aracı hareket ettirir, kazan da yanma olayı ile ısı enerjisinin sağladığı buharın genişmesi ile türbin mili döner ve elektrik enerjisi elde edilir. Kazan, kombi, ocak ve motor gibi ısı makinelerinde yanma istenen ve kontrol edilebilen bir olaydır. Kontrol edemediğimiz durumda yanma yangına dönüşür. Yangına karşı gerekli güvenlik önlemleri almadığımız takdirde yangın felakete dönüşmesi kaçınılmazdır. Çok ciddi maddi ve manevi kayıplar yaşanır. Yangınların genel nedenleri arasında ihmal, kundaklama, sıçrama, bilgisizlik, kazalar, doğal afetler, tedbirsizlik ve sigara gibi pek çok faktör sayılabilir (Kars, 1999). Türkiye de son zamanlarda meydana gelen yangınların ise %30’u sigara, %19’u elektrik tesisatı ve %14’ü baca-ısıtma cihazlarından kaynaklandığı belirlenmiştir (Kara, 2018).

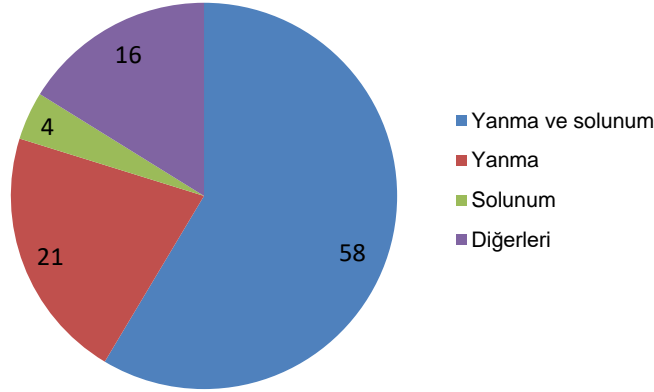
\* **Sorumlu Yazar:** Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Mersin, Türkiye, ORCID: ID 0000-0003-1304-4857,  
[zyildiz35@hotmail.com](mailto:zyildiz35@hotmail.com)  
<http://dergipark.gov.tr/ejosat>

Motorlu araçlar, içten yanmalı motor olup, yakıtın yanmasıyla ortaya çıkan ısı enerjisinin mekanik enerjiye dönüşmesiyle hareket eder. Araç motorlarında yanma olayı istediğimiz bir durum olup, bu yanma olayı kontrol edilemeyen ve istem dışı olduğunda araç yangını ortaya çıkar. Araç depoları parlayıcı ve patlayıcı yakıt barındırmakta olup, yüksek tehlike sınıfı içerisine giren ortamlardandır. Yüksek tehlikeli ortam, yüksek yangın yükü ve yüksek yanabilirliğe sahip, hızla yayılma veya yoğun yangın şeklinde gelişme gösterebilen ortamları kapsar. Araçlarda benzin, dizel, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), biyoyakıtlar veya hidrojen gibi yanabilir özelliği olan yakıtlar olup, tutuşma noktasına yetecek kadar bir ısının olması durumunda araçta yangın gerçekleşebilir. Dolayısıyla araçta yanıcı madde ve oksijen bulursa bile ısı kaynağı önlenirse araç yangınları da önlenebilir. Araçlardaki ısı kaynağı, elektrik, araç motorundaki ısınma, sıcak egzoz gazı, farların ve lastiklerin aşırı ısınması, çarpışma veya sürtünme ile oluşan kıvılcıklar, dikkatsizce düşürülen sigara ve kundaklama sayılabilir (Kılıç, 2019). Son zamanlarda araç sayısının artmasıyla beraber araç yangınları özellikle otobüs yangınları çok sık meydana gelmektedir ve çoğu durumda yangın motor bölgesinde başladığından yolcuların araçtan zamanında tahliyesi yapılabilmektedir. Fakat yangın yolcu bölümüne ilerlediğinde, ölüm veya yaralanmalar olabilmektedir. Özellikle otobüs gibi yolcu araçlarında diğer araçlara göre yolcu sayısı daha fazla olmasından dolayı yangın daha risklidir. Araçların sürekli trafikte olmalarından dolayı aracın çok fazla dinlenmeksizin kullanılması diğer araçlara göre yolcu sayısı ile beraber daha fazla yük taşınması, şoförlerin bilinçsiz olması, ekonomik bazı kaygılardan dolayı yanlış uygulamalar ve yetersiz bakım gibi nedenler araçlarda yangın olasılığını artırır.

İlk önce araçlarda yangın çıkmaması için gerekli aktif ve pasif yangın güvenlik önlemleri alınmalıdır. Araçların projelendirme ve tasarım aşamasında alınan yangın güvenlik önlemlerine göre yapılan mühendislik düzenlemeleri, pasif yangın güvenlik önlemleridir. Aktif yangın güvenlik önlemleri ise araç imalatında veya daha sonra ilave edilen ve yalnızca yangın sırasında kullanılan ya da çalışabilen yangın güvenlik sistemleridir (Çelik ve Yıldız, 2018). Dolayısıyla araçlar, imalat aşamasında pasif yangın güvenlik önlemlerine göre dizayn edilmeli ve yangın çıkma durumuna göre yangın erken safha da fark edilip yangın yayılmadan müdahale edecek yangın algılama ve söndürme sistemlerin tesis edilmesi gibi uygun aktif yangın önlemlerinin alınması gerekmektedir. Böylece can kaybı yaşanmaz ve araçtaki hasar azaltılabilir.

## 2. Motorlu Araç Yangınları

Toplu taşımada en güvenli ve en çok kullanılan taşıma, kara yolu taşımacılığıdır. Karayolu ulaşım güvenliği için trafik güvenliği kadar yangın güvenliği de önemlidir. Özellikle, toplu taşımacılığı kullanan kişi sayısının daha fazla olması sebebiyle bu araçlardaki en büyük risklerin başında yangın gelmektedir. Motorlu araç yangınlarının sayısı, araçların sayısındaki artışla beraber her geçen gün artmaktadır. Dolayısıyla yangından etkilenen kişi sayısının ve yangın yükünün daha fazla olması sebebiyle yolcu araçlarında yangın daha riskli ve tehlikelidir. Dünyada yangınların %5-15 i araçlarda meydana gelmekte olup, maddi hasarla beraber yolcuların otobüs taşımacılığına olan güveni sarsılmakta, çok sayıda insanın yaralanmasına ve ölümüne neden olmaktadır. Yaralanma ve ölümlerin çoğu yangında ortaya çıkan karbon monoksit, hidrojen sülfür, hidrojen siyanür, azot dioksit gibi zehirli veya boğucu gazların solunması ya da deri tarafından absorplanmasından kaynaklanmaktadır. Yüksek sıcaklığa maruz kalma sebebiyle de yaralanmalar ve ölümler meydana gelmektedir (NFPA 556, 2010; Topical Fire Report Series, 2018; Mangs, 2004).



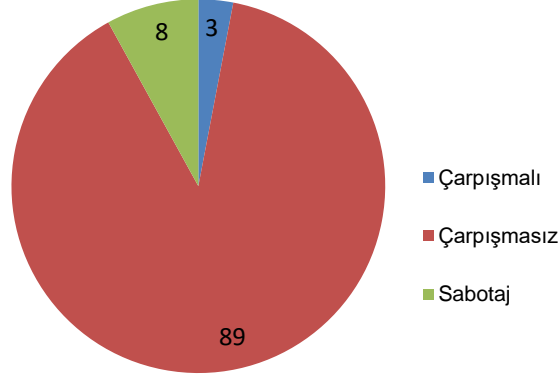
Şekil 1. Araç yangınlarında ölüm ve yaralanma nedenleri (NFPA 556, 2010)

Türkiye de yangın istatistik verilerinin elde edilmesi, analizi ve değerlendirilmesi konusunda yeterli çalışma yoktur. Ancak nüfus ve trafik yoğunluğunun fazla olduğu yangın istatistikleri ile ilgili veriler İstanbul ilinde İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığınca kayda alınmıştır. İstanbul da 2017 yılında 25.073 adet yangın çıkmış olup, bu yangınların 16.933 ü yapısal yangın sınıfındadır. Konut, fabrika, bina ve araçlarda meydana gelen can kaybı riski yüksek yangınlardır. 16.933 yapısal yangının 1.781 i araçlarda çıkan yangınlardır. Son yıllarda özellikle Türkiye otobüs yangınları sebebiyle araç yangınları dikkat çekmeye başlamıştır. Türkiye’de birçoğu hafif hasarlı yılda yaklaşık 350 otobüs yangını yaşanmaktadır. NFPA istatistiklerine göre araç yangınlarının %75 i yolcu araçlarında gerçekleşmektedir (Topical Fire Report Series, 2018). Otobüs yangınlarının dünyadaki toplam yangın içerisindeki payı %1 dir. Yangınların ABD de %17, Polonya da %4.8, İsveç te %0.76, Almanya da %0.5-1 ve Türkiye de % 2 si araç yangınlarından kaynaklanır (Bakırçevre ark., 2019).

Yolcu taşıyan araç yangınları çarpışmayı takiben gerçekleşen araç yangınları, çarpışma olmadan gerçekleşen araç yangınları ve sabotaj olmak üzere üç kısımda incelenir. İlk iki yangın sebebiyle çıkan yangınlarda %90 dan fazla ölümlü vaka olarak gerçekleşmiştir. Ölümlü araç yangınlarının %60 ı çarpışma sonucu olduğu görülmüştür. Yolcu taşıyan araçlarda yangınlar çoğunlukla

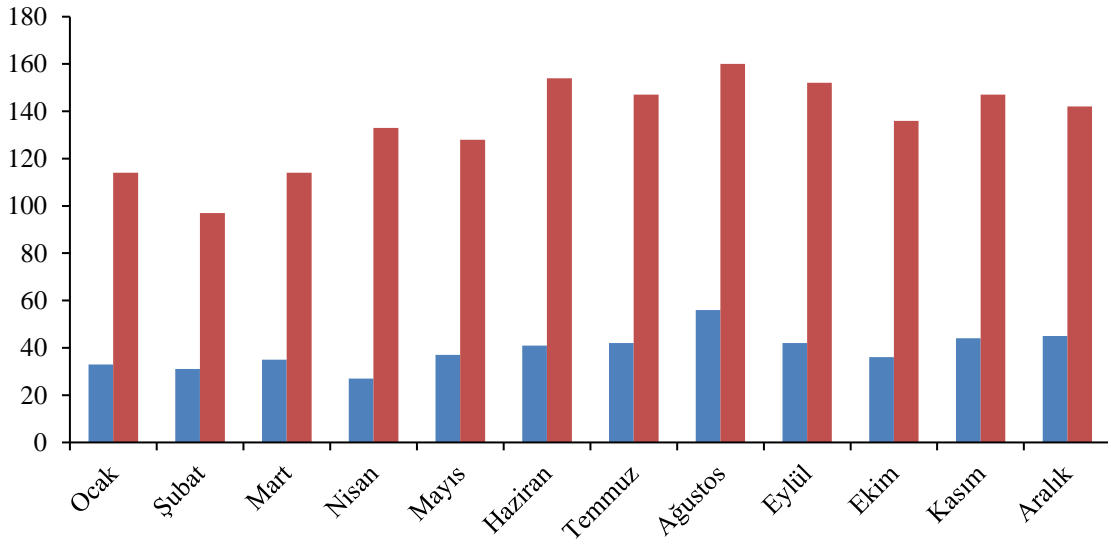
(%89) çarpışma olmadan gerçekleşir. Çarpışmayı takiben gerçekleşen araç yangınları başlıca dört sebepten meydana gelir (NFPA 556,2010):

- Araç motoru bölümünde çarpışmayı takip eden yangınlar
- Yakıtın dökülmesiyle çarpışmayı takip eden yangınlar
- Yolcu bölümünde çarpışmadan kaynaklanan yangınlar
- Diğer ve bilinmeyen bölümlerde çarpışmadan kaynaklanan yangınlar



Şekil 2. Yolcu taşıyan araç yangınları (NFPA 556, 2010)

Yangın istatistikleri özellikle araç yangınları ile ilgili veriler İstanbul ve Mersin Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı tarafından kayıt altına alınmıştır. Son yıllarda İstanbul ve Mersin de yaşanan araç yangınları incelendiğinde gerçekleşen araç yangını sayısında zamanla önemli bir değişim görülmemiştir. Şekil 3 de 2019 yılına ait tır, kamyon, taksi, motosiklet, tekne, minibüs ve otobüs gibi motorlu araç yangınları verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere araç yangınları aylara göre değişmektedir. En fazla yangın, havaların sıcak olduğu ve tatil sebebiyle trafik yoğunluğunun fazla olduğu yaz aylarında gerçekleşmiştir. Ayrıca İstanbul da insan ve araç nüfusunun fazla olmasından dolayı Mersin e göre daha fazla araç yangını çıkmıştır (İBB İtfaiye Daire Başkanlığı, 2020; Mersin Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Başkanlığı, 2020; Bakırcı ve ark., 2019).



Şekil 3. Motorlu araç yangınlarının aylara göre değişimi (İBB İtfaiye Daire Başkanlığı, 2020; Mersin Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı, 2020)

Taşıtın çarpan kısmı önemli etkidir. Araçların çarpışması ile meydana gelen yangınların %54'ü araç motoru kısmından, %33'ü yakıt deposundan, % 4'ü ise lastiklerden ve frenlerden kaynaklanan sebeplerdendir. Yolcu sayısı itibarıyla yangının en riskli olduğu araç olan otobüslerde ise yangınların %59'u araç motoru bölgesinde, % 35'i yolculardan, % 3'ü yakıt tankından %2 si lastiklerin ve farların ısınmasından meydana gelen yangınlardır (Kılıç, 2019; Mangs, 2004).

## 2.1. Araç Motoru Bölümünden Kaynaklanan Yangınlar

Araçlarda yangınların büyük çoğunluğu araç motoru kısmında ortaya çıkmaktadır. Özellikle yolcu otobüslerinde motor arkada bölümde olup, birçok motor parçası ve yakıt bir arada kalabalık bir düzende bulunur. Bu yüzden yangının saptanması ve söndürülmesi

daha zor olmaktadır. Araç motorunda kullanılan yakıtlar parlama noktası düşük, şiddetli parlayıcı sıvılardır. Bu sıvıların tutuşma noktaları düşük olduğundan yakıt sızıntısında düşük bir ısıda örneğin sıcak bir yüzeye temas edildiğinde yangın meydana gelebilmektedir. Sıcak havalarda ve havalandırmanın yeterli olmadığı durumda motor bölmesinde ısı daha da artmaktadır. Araç motorundaki yüksek sıcaklık, sıcak yüzeyler ve yanıcı malzemeler, ortamı yüksek riskli duruma getirir. Araç motorunda oluşan fazla ısı, araç motoruna zarar verebilir ve kısa sürede alev almasına sebep olabilir. Araç motoru bölümündeki sıcaklık, araç motoru tipine, üretim yılına ve yapımına göre değişir. Araç motoru blokun ana bileşenlerinin çalışma yüzey sıcaklığı 80-140°C arasındadır. Motorun en sıcak parçaları, manifold ve turboşarj, egzoz sisteminin parçasıdır. Motor bölümü içerisinde ısıya maruz kalınan yüzey yaklaşık 0.3 m<sup>2</sup> dir. Materyal kalınlığı 5-15 mm arasında değişir ve sıcaklık maksimum 600-640°C ye ulaşır. Motor yüksek yük altında olduğunda daha yüksek sıcaklıklara ulaşılır. Bazı durumlarda termal radyasyonu minimize etmek ve herhangi yağ sızıntısının sıcak bileşenlerle kontağını önlemek için manifold baffle plakası ile kaplanır. Egzozdaki ısı da motor bölümüne geçer. Motor bölümü, yaygın olarak ses izolasyon paneli ile yalıtılmıştır. Bu paneller termal izolasyon özelliklerine sahiptir. Bu sebeple motor bölümünde sıcaklık artabilir.

Motor bölümünde, tablo 1 de özellikleri verilen çeşitli yakıt ve yağlar gibi bazı yanıcı sıvılar bulunmaktadır. Motorda yaklaşık 35-45 L motor yağı, 15-20 L hidrolik yağ ve 50 L soğutucu akışkan bulunmaktadır. Parlama noktası 38°C' nin üstünde olan sıvılar yanıcı sıvıdır. Parlama noktası ise sıvıların buharlaşmaya başladığı ve havayla yanıcı karışım yaptığı en düşük sıcaklıktır. Tutuşma sıcaklığı, ayrı bir ateşleme kaynağı olmaksızın, kendi kendisini besleyen yanmayı başlatmak için hava içerisindeki bir yakıtın ulaşması gereken minimum sıcaklıktır. Alevlenme noktası, yakıtın ateş alabilecek buhar oluşturabilen en düşük sıcaklığıdır. Alevlenme noktası, bir sıvının üstündeki buharının yakıcı bir kaynakla temas ettiğinde alevlendiği en düşük sıcaklıktır. Alevlenme noktası, güvenlik ve emniyet açısından önemli olup, depolama alevlenme noktasına göre yapılır (Hammarström ve ark., 2008).

*Tablo 1. Motor bölümündeki yanıcı sıvılara ait özellikler (Hammarström ve ark., 2008)*

Yanıcı Sıvılar	Alevlenme Noktası (°C)	Tutuşma Noktası (°C)	Yanabilme aralığı	Risk
Dizel	55	220	0.6-6.5	Yüksek
LPG	-104	430-580	2-10	Çok Yüksek
CNG	-188	580	5-15	Çok Yüksek
Hidrojen	-253	560	4-75	Çok Yüksek
Mineral motor yağı	170-220	350	-	Yüksek
Sentetik motor yağı	220	-	-	Yüksek
Hidrolik fren yağı	175	350		Yüksek
Vites yağı	220	350		Yüksek
Antrifiz (Glikol)	111	410	-	Orta
Etanol (%96)	12	425	3-19	Çok yüksek

Araç motorunda meydana gelen sıcaklık, yanıcı sıvıların sıcaklığından fazla olduğundan yangının başlaması ve yayılması çok daha kolay olur. Dizel yakıt için motor odasındaki sıcaklığın 20°C den 200°C ye ısıtılması gerekir. Araç motoru bölümünde başlangıç sıcaklığı 100 °C kadar yüksektir. Sıcak yüzeye temas eden sıvı için yüzey sıcaklığı tutuşma sıcaklığından daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Bu yüzden sıvı, sıcak yüzeyden buharlaştığından soğur. Dizel yakıtın tutuşması için 500°C üzerinde bir yüzey sıcaklığı gerektirir. Soğutucu da bazı koşullarda tutuşabilir (Hammarström ve ark., 2008).

Dizel araçlarda 10 km de 2-4 L yakıt tüketir. Büyük bir miktarı yakıt sisteminde dolaşır. Bu yüzden önemli miktarda yakıt depoda kalır. Araç motoru içerisinde bulunabilecek yüksek hacimdeki dizel yakıt sızıntıya sebep olabilir. Sürücü motorda herhangi bir arıza görmedikçe farkında olmadan uzun bir süre yakıt sızıntısı meydana gelebilir. Motor bölmelerinde yakıt sızıntısı veya yanıcı madde ile egzozdan çıkan sıcak dumanın temas etmesiyle çıkan yangınlar en sık yaşanan yangınlardandır. Fan ve motor kapaklarındaki ızgaralardan hava girmesiyle alev yoğunluğu ve yayılım artabilir. Motordaki duman ve alevler yolcu bölümüne geçebilir. Araçta yangın riski en fazla olan bölüm olduğu için motorda alev ve duman algılama-söndürme sistemleri bulunmalıdır. Ancak bu sistemlerin bazıları, sıcaklığın 130 °C yi aşması durumunda devreye girdiği için etkili olamamaktadır (Kılıç, 2019; Mangs, 2004; Hammarström ve ark., 2008; Brandt ve Försth, 2011; Karadeniz,2019).

## **2.2. Malzemeden Kaynaklanan Motorlu Araç Yangınları**

Araç motorunda bulunan lastik hortumlar, plastik kasa, kablolar ve poliüretan köpükten yapılmış akustik izolasyon, kontraplak tavan levhaları ve filtreler yanıcı malzemelerdir. Motordaki plastikler polivinil klorür (PVC), poliamid (PA) veya polipropilen (PP) gibi polimerlerdir (Hammarström ve ark., 2008). Araçlarda kullanılan bu polimerler, üstün mekanik özellikleri, hafiflikleri ve ekonomik olmaları sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu malzemeler yangına karşı dayanıklı olmayıp, yandıklarında tehlikeli gazlar ürettiklerinden araçlarda kullanımları uygun değildir (Kılıç, 2019).



Yanıcı Katılar	Tutuşma Noktası (°C)
PTFE (PolyTetraFluoroEthylene)	180
PA6 (PolyAmide 6)	65
PVDC (PolyVinylidene Chloride)	-
PC (PolyCarbonate)	115
PS (PolyStyrene)	50
PET (PolyEthylene Terephthalate)	130
PVC (PolyVinyl Chloride)	50
PMMA(PolyMethyl MethAcrylate)	50
POM(PolyOxiMethylene)	85
PP(PolyPropylene)	80-115
HDPE(High Density PolyEthylene)	50

Araçlar imalat edilirken kullanılan malzemelerin yanıcılık sınıfları ve duman üretme miktarları detaylı biçimde kontrol edilmesi gerekir. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğinde yer alan yanıcı madde sınıflandırılması araçlarda da kullanılabilir. Tablo 2 de görüldüğü üzere yapı malzemelerinin yanıcılığı A dan F ye kadar değişmektedir. A1 sınıfı yanmaz, yangın karşısında alevlenmez, ışıdamaz ve kömürleşmez malzeme tercih edilmelidir. Bütün kaplama ve perdeleme malzemeleri en az zor alevlenen (B1), duman ve toksik gaz üretmeyen (s1), damlamayan (d0) özellikte olmalıdır (BYKHY, 2015).

Tablo 3.Yapı malzemelerinin yanıcılığı

Yanıcılık Sınıfı	Tanım
A1	Yanmaz, yangında tehlike oluşturmaz.
A2	TS EN 14823'e göre B sınıfı için belirlenen özellikleri taşır
B	C sınıfı için belirlenen özelliklere ek olarak daha ağır şartları taşır
C	D sınıfına ek olarak daha ağır şartlar taşır. Ayrıca bir alev kaynağının ısısı karşısında yanıl alev yayılması sınırlı olmalıdır.
D	E sınıfı özelliklerini taşır. Önemli miktarda alev almaz, küçük bir alev karşısında uzun süre dayanır.
E	Küçük bir alev atağına karşı kısa süre dayanır.
F	Yangı performansı belirlenmemiştir.
<b>Duman oluşumu için ilave sistemler</b>	
s3	Duman üretiminde sınırlama yoktur
s2	Duman üretimi hızı ve üretimi sınırlıdır
s1	s2'den daha ağır özellikleri taşır
<b>Yanma damlaları/ Tanecikleri için ilave sınıflandırmalar</b>	
d2	Sınırlama yok
d1	Belirli süreden fazla yanma tanecikleri olmamalı
d0	Yanma tanecikleri oluşmamalı

Yolcu kısmındaki yangınlar, elektrik veya araç motor bölmesindeki yangının yayılmasından dolayıdır. Akım geçen elektrik sistemi ısı üretebilir ve ortaya çıkan ısı malzemelerin deformasyonunu hızlandırır. Kullanılan malzemelerin (plastik, kauçuk vb) yorulmasına ve özelliklerini kaybetmesine neden olur. Bu nedenle elektrik enerjisi iletim kabloları; yakıt hortumlarından, hidrolik kablolardan ve yanıcı sıvı ve gazlardan kesinlikle yalıtılarak ayrılmalıdır. Araç motoru bölmelerindeki sıcaklığın yüksek olmasından dolayı birçok malzemenin dayanımı zamanla azalır. Yolcu bölümündeki plastik, kauçuk ve yalıtım malzemelerinin tutuşmasıyla yangın çıktığında söndürmek daha zordur. Koltuk, koltuk örtüsü ve perde gibi yanıcı malzemeler hızlı tutuşup, zor söndürülürler. Yolcu bölümünde kullanılan malzemelerin sahip olması gereken yangın dayanım standartlarına uygun zor alevlenici yangın sınıfında olması gerekir. Araç yangınlarına malzeme yorgunluğu ve yetersiz bakım da sebep olabilir. Ayrıca, bakım eksikliği birçok yangının kaynağıdır. Bakım iyi olsa bile yangın riski söz konusu olabilir. Bu sebeple yangın risk değerlendirmesi yapılmalıdır (Mangs, 2004; Kılıç, 1997; Karadeniz,2019).

Araç lastiğini oluşturan petrokimyasal bileşenlerin tutuşma sıcaklığı düşük olup, 170-250°C de yanabilme özelliği vardır. Bu sıcaklık, çok fazla rampalı ve virajlı yollarda saatlerce yol alınması veya ağır yük gibi nedenlerle jant veya lastiğe yakın olan parçaların hasarı ile ortaya çıkabilir. Özellikle kamyon gibi ticari araç lastikleri 7.5 ve 9 bar basınç altında olup, bu basınç yangın sırasında artar. Lastiklerdeki basınç artışı nedeniyle söndürmek tehlikeli olabilir, müdahaleyi uzaktan yapmak önce yanan lastiği soğutmak sonra da köpüklü yangın söndürücü ile alevleri boğmak gerekir. Lastik basıncı takip sistemleri ile yangın erken tespit edilebilir (Anonim, 2012).

### **2.3. Elektrik Kaynaklı Motorlu Araç Yangınları**

Elektrik sistemlerinden dolayı ortaya çıkan aşırı ısınmalar ve kısa devreler, elektriksel yangınların başlıca sebepleridir. Araçların fabrika çıkışındaki orijinal durumuna sadık kalmayarak özellikle yasal olmayan teknik değişikliklerin yapılması, klima sistemleri, TV, internet, buzdolabı, telefon veya bilgisayar şarj edebilecek 220V AC elektrik prizleri, kahve makinesi ve su ısıtıcısı gibi sonradan ilave edilen veya kapasitesi artırılan sistemler, uygun olmayan kablo tesisatı nedeniyle yangınlar meydana gelebilir. Özellikle, otobüslerdeki elektriksel besleme kaynakları ve sistemleri, otobüsün arkasında bulunan motor bölümündedir. Ancak, elektrik enerjisi besleme ihtiyacı bütün araç boyunca yayılmıştır. Bundan dolayı elektrik besleme kablo mesafeleri uzundur. Bu uzun kablolarla besleme yapılması gerilim düşmesine sebep olur. Bunun sonucunda besleme sisteminden istenilen elektriksel gücün çekilmesi için, elektrik besleme kablolarında aşırı akım çekilmesine yol açar. Bunun yanı sıra, otobüslerde önceki yıllara oranla çok fazla sayıda kablo bulunmaktadır. Ağırlık ve maliyeti azaltmak için kablo kesitlerinin küçültülmesi veya aşırı yüklenme nedeniyle yangın riski oluşmaktadır. Aşırı akım çekilen kablo yangını Resim 1’de verilmiştir (Gao ve ark., 2013).



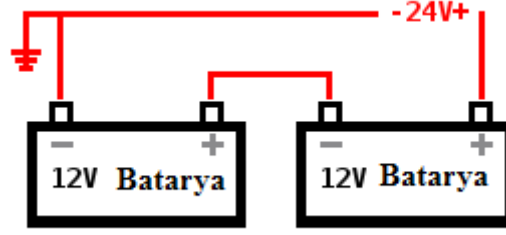
*Resim 1. Aşırı akım çekilen kablo yangını*

Araçlarda, özellikle otobüslerdeki elektrik enerji ihtiyacı yüksek güç değerlerine ulaşmıştır. Bunu karşılamak için yüksek güçteki şarj alternatörler kullanılmaktadır. Otobüslerin uzun süreler ve aralıksız kullanımı alternatörün yıpranmasına ve verimliliğinin düşmesine neden olur. Bunun sonucunda yataklanma ve buna bağlı sürtünme problemlerini ortaya çıkarır. Sürtünmeye bağlı ısınmasının artışıyla beraber alternatör yangına yol açabilir. Resim 2’de şarj sistemi için 70A ve 24V elektriksel besleme yapabilen bir alternatörü gösterilmiştir (Outback Marine, 2020).



*Resim 2. Şarj sistemi için yüksek güç üretilen alternatör*

Ayrıca, otobüslerdeki içten yanmalı motor çalışırken elektrik enerji ihtiyacını karşılayan ve içten yanmalı motorun ilk hareketini marş motoru üzerinde sağlayan bataryalardır. Otobüslerde genellikle seri bağlı 2 adet kurşun-asit batarya bulunmaktadır (Şekil 4) (Madison, 2020). Batarya şarj sistemlerindeki arızalar, bataryaların aşırı şarj olmasına sebep olabilir. Aşırı şarj batarya içerisindeki gaz sıkışmasına ve bataryanın aşırı ısınmasına yol açar. Bunların sonucunda ise, sülfürik asit ( $H_2SO_4$ ) içeren bataryalar patlayabilir ve yangına sebep olabilir.



Şekil 4.İki adet seri bağlı Batarya

Öte yandan bataryadan çıkıp marş ve şarj alternatör sistemine giden kablolar üzerinde çok yüksek akım geçer,ısı artar ve yakınlardaki yanıcı maddeleri tutuşabilir.Elektrik kıvılcımı ve kısa devreler, sigorta gibi koruyucularla her zaman engellenemeyebilir. Batarya ve şarj alternatör sistemi arasındaki kablolar kısa devreyi önlemek için uygun şekilde yalıtılmalıdır. Yangın çıkaracak nitelikteki kısa devre bataryanın boşalmasına sebep olur. Kısa devreden meydana gelecek bir alevlenmenin yayılmaması için yakınında yanabilir malzeme bulunmamalıdır. Elektrik kaynaklı yangınları durdurmak için akımı kesmek gereklidir. Daha sonra yangına müdahale yapılmalıdır (Mangs, 2004; Kılıç, 1997;BYKHY, 2015). Resim 3’de elektrikten kaynaklı bir otobüs yangını verilmiştir (Haber.com, 2020).



Resim 3.Elektrik kaynaklı otobüs yangını

### 3. Yangın Güvenlik Önlemleri

Yangın özellikle toplu taşıma yapan yolcu araçlarında kaçınılmaz büyüklükte bir risk oluşturmaktadır. Motorlu araçlarda yangın güvenlik önlemlerinin alınması ve uygulanması diğer ortamlara göre daha zordur. Araçlarda ilk önce yangın çıkmaması için gerekli bütün tedbirler alınmalıdır. Alınacak önlemler ile yangında meydana gelen can ve mal kayıplarını en aza indirme olasılığı oldukça yüksektir. Yangın güvenlik önlemleri aktif ve pasif yangın güvenlik önlemleri olmak üzere ikiye ayrılır. Pasif yangın güvenlik önlemleri, aracın yapısı ve tasarımı özellikleri ile ilgilidir. Bu önlemler araç kullanımına bağlı olarak, araç tasarımı, aracın kapı, pencere, döşeme, kaplama, far, tekerlek, koltuk, bagaj ve motor bölmesinde kullanılan malzemeler, pasif yangın güvenliği önlemlerinin temelini oluşturmaktadır. Araçta kullanılan bileşen ile malzemelerin yangına dirençli olması, yangının büyüyüp gelişmesini önleyici türde olması gerekir. Araç tasarlanırken, yangın önleyici önlemler ile yangın söndürme kolaylığı da göz önüne alınmalıdır. Pasif yangın önleme yöntemleri aynı zamanda yangın söndürmeye de destek vermelidir. Pasif yangın önlemlerinin yanında aktif yangın önlemleri de yangınla mücadelede önemli derecede etkilidir. Yangının çıkmaması, gelişmesi ve çevresine sıçramaması için gerekli aktif yangın önlemleri almak büyük önem arz etmektedir. Aktif yangın güvenlik önlemleri ise doğrudan yangın oluşumu ile ilgili önlemlerdir. Aktif yangın güvenlik önlemleri, yangının başladığının kısa sürede fark edilmesi ve müdahale edilmesini sağlayan yangın algılama ve söndürme sistemlerini içerir. Aktif yangın güvenlik önlemleri, yangın çıktığı zaman etkin olabilen algılama sistemleri, yangın kontrol sistemleri, yangın güvenliği yönetim sistemleri, uyarı sistemleri, duman kontrol sistemleri, basınçlandırma sistemi, havalandırma sistemleri ve söndürme sistemleridir (Çelik ve Yıldız, 2018). Araçlarda yangın yönünden alınacak aktif yangın güvenlik önlemleri, genellikle yangını başlangıç anında algılayıp, yayılmasına fırsat vermeden sınırlandırıp, kurtarma ve müdahale etme faaliyetlerini kolaylaştırmaya, yolcuları güvenle yanan otobüsten ve bölümlerden tahliye etmeye ve yangını bünyesel olarak söndürmeyi hedefleyen güvenlik tedbirlerinin tamamını ihtiva eder. Araçlar, imalat aşamasında pasif yangın güvenlik önlemlerine göre dizayn edilmeli ve yangın çıkma durumuna göre yangın erken safha da fark edip, yangın yayılmadan müdahale edecek yangın algılama ve söndürme sistemlerin tesis edilmesi gibi aktif yangın önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bu iki yangın güvenlik sistemi ile yangın ve etkileri en kısa zamanda kontrol altına alınabilir ve can-mal kayıpları yaşanmayabilir. Araçlarda uygun risk değerlendirme raporları hazırlanmalı, özellikle yolcu araçları kullanmakta olan şoförlerin yangınla ilgili bilgi seviyeleri ölçülmeli ve gerekli eğitimler verilmelidir. Yanıcı maddelerin özelliklerine göre uygun tipte yangın söndürme tüpü bulundurulmalıdır.

Otomatik yangın algılama ve söndürme sistemleri de dâhil olmak üzere, son teknolojik değişikliklerin otobüslerin yangın güvenliği üzerindeki etkileri araştırılmakta, araç tasarımı ve donanımlarının ve denetim standartlarının iyileştirilmesine çalışılmaktadır (Mangs, 2004;Karadeniz, 2019). Araçlarda alınacak yangın güvenlik önlemleri hem ulusal hem de uluslararası yönetmeliklerde araç türüne göre yapılmaktadır. Türkiyede araç yangınları ile Araçların İmal, Tadil ve Montajı (AİTM) hakkındaki Yönetmelikle ve TSE'nin yönetmelikleri vardır. Araç üreticileri de motor bölümünde oluşan ani ısıyı tespit ederek, sensörler vasıtasıyla, otomatik

olarak yangın söndürme donanımlarını devreye sokacak sistemler geliştirip kullanımı 26.06.2012, AİTM hakkındaki Yönetmelikle ve TSE'nin 31.12.2013 Yönetmeliğinin Uygulama Usul ve Esasları ile ilgili yayını ile zorunlu hale gelmiştir (Karadeniz, 2019).

Çoğunluğunu Avrupa ülkelerinin oluşturduğu 45 ülkeden oluşan Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu UNECE(United Nations Economic Commission for Europe)'e Türkiye 27.02.1996 da üye olmuştur. Bu yönetmelik çerçevesinde otobüs yangın güvenliği önlemleri incelenmiş ve önemli kararlar alınmıştır (UNECE,2019). UNECE 107 numaralı yönetmeliğinde, motor bölmesinde, yakıtın yanmasıyla otobüsün ısıtılmasını sağlayan bölmede, tuvaletler ve sürücünün uyku bölmesi gibi kapalı alanlarda duman/yangın algılama sistemlerinin şartları açıklanmıştır. UNECE 118 numaralı yönetmelik ise elektrik kablolarını ve yalıtım malzemelerini kapsamaktadır. Avrupa da motor bölümünde duman alarm sistemi standart donanımlardandır. UNECE R10 Regülasyonu ile Yangın Algılama ve Alarm Sistemlerini M2 ve M3 kategorisi olan 8 yolcu ve üzeri, motoru arkada bulunan araçlar için 01.11.2012 tarihinden itibaren yeni Tip Onayı alarak imalattan başlayarak, kademeli olarak 01.01.2014'te 2015 model ve üstü trafikte olan otobüslerin her bölmesinde sürücüyü ve yolcuları uyaran çok yüksek sıcaklık ve duman durumunda sesli ve ışıklı sinyal ile donatılmış bir sistem olması koşulu getirilmiştir (Karadeniz, 2019).

#### 4. Sonuç

Motorlu araç yangınları son zamanlarda çok dikkat çeken bir konudur. Yangın başlangıçta fark edildiği için genelde araçtaki hasarla atlatılmaktadır. Araçların yanmasının, algılama -söndürme sistemlerinin yetersizliği ve eğitim yapılmamasıdır. Araçlardaki yangın sayısını azaltmak için yalıtımdan, bakıma ve eğitime kadar bir dizi önlemler alınması gerekir. Aracın periyodik bakımı yapılmalı, motor bölmesi ve her parça kontrol edilmeli, risk değerlendirmesi yapılmalı ve sistemler test edilmelidir. Motor bölmesi otomatik yangın söndürme sistemi ile korunmalıdır. Yangın algılama ve alarm sistemlerinin çalışır olduğu sürücü tarafından sürekli test edilebilmelidir. Yakıt beslemesi doğrudan araç kontağına bağlı olmalıdır. Yangın başlangıcında ortaya çıkan dumanı algılayacak duman sensörü ile korunma sağlanmalı ve sensör test edilebilir olmalıdır. Yangın Söndürme Sistemleri UNECE R10 Regülasyonu kapsamında olup, TİP onay sertifikalı ve E işaretli olmalıdır. Araç muayene istasyonlarında sistemler kontrol ve test edilmelidir.

Motor bölmesindeki ve diğer riskli yerlerdeki sıcak yüzeyler yalıtılmalıdır. Yangın tehlikesi durumunda elektrik sistemini otomatik olarak kesebilen sistemler olmalıdır. Yolcu çıkış kapıları, yangın kapıları gibi dışarı doğru otomatik açılmalıdır. Kullanılan bütün kablolar ve malzemeler yangına dirençli olmalıdır. Manuel müdahale için köpük ve/veya kimyasal kuru toz ile doldurulmuş yolcu sayısına göre yangın söndürücü sayısı ve miktarı değişmekte olup, en az iki yangın söndürücü olmalı, biri sürücü koltuğunun yanında diğeri arka tarafta olmalıdır. Sürücüler, muavinler ve yolcular yangın riskleri ve söndürülmesi konusunda eğitilmelidir. Uzun yolculuk başlangıcında, daha önceden eğitim almış personel yangın anında özellikle yolcu araçlarında tahliye ile ilgili yolculara bilgi vermesi sağlanabilir.

#### Kaynakça

- Anonim, (2012), *Dikkat yangın var mı?* Taşıyanlar Ticari Taşıtlar Dergisi, 1-2, 46-50
- Bakırcı, E., Karatop, B., Bayındır S., (2019), Yangın Stratejilerinin Oluşturulması İçin İstatistik Veri Türlerinin Türkiye (İstanbul İli Örneğinde) ve Seçilmiş Ülkeler ile Karşılaştırılması, *Doğ Afet Çev Derg.*, 5(2): 272-280
- Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, (2015). Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik.
- Brandt, J., Försth, M., (2011), Testing active fire protection systems for engine compartments in buses and coaches-a pilot study, *Fire Technology SP Report*, 22
- Çelik, G., Yıldız, Z., (2018), Hastanelerde aktif yangın güvenlik önlemleri, *3<sup>rd</sup> International Mediterranean Science and Engineering Congress IMSEC*.
- David Ljung Madison, Dave's Bus Conversion, Erişim adresi: <http://bus.getdave.com/Docs/12Von24V>, (2020, 6 Mart).
- Gao, A., Zhao, C. Z., Xu, F., Di, M., Gao, W., & Qi, Z. B. (2013). Fire risk and failure mechanism of copper wire under overcurrent fault condition. *Procedia Engineering*, 52, 119-123.
- Haberler.com, Otobüs yangınlarında ana sebep; elektrik aksamı ve kablo hatası, Erişim adresi: <https://www.haberler.com/otobus-yanginlarinda-ana-sebep-elektrik-aksami-ve-12439781-haberi>, (2020, 6 Mart).
- Hammarström, R., Axelsson, J., Försth, M., Johansson, P., Sundström, B., (2008), Bus Fire Safety, *Fire Technology SP Report*.
- İBB İtfaiye Daire Başkanlığı, (2020), İstatistikler, İstanbul İtfaiyesi, <http://itfaiye.ibb.gov.tr/img/20205816261047965639829.PDF> (2020, 16 Mayıs).
- Kara, İ. B., (2018), 2013-2017 Yılları Arasında Artvin İl Merkezinde Meydana Gelen Bina Yangınlarının İncelenmesi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(2): 105-114
- Karadeniz, R., (2019), Şehirlerarası otobüs yangınlarında can ve mal kayıpları önlenmeli, *Mühendis ve Makine*, 40-45.
- Kars F., (1999), Yapılarda yangın risklerini sınırlamaya yönelik önlemler ve duman kontrolü sağlama, *4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*.
- Kılıç A., (1997), Kara Taşıtları Yangınları, *Yangın ve Güvenlik Dergisi*, 34:8-10.
- Kılıç A., (2019), Otobüs yangınları ve önlemler, *Mühendis ve Makine*, 15-22.
- Mangş J., (2004), On the fire dynamics of vehicles and electrical equipment, VTT Publications 521, Otamedia Oy.
- Mersin Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı, (2020), İstatistikler, Mersin İtfaiyesi. (2020, 16 Mayıs)
- NFPA 556, (2010), Guide on Methods for Evaluating Fire Hazard to Occupants of Passenger Road Vehicles.
- Outback Marine, Alternator, Erişim adresi: <https://www.outbackmarine.com.au/saddle-mount-6-series-24-volt-70-amp-alternator-wi>, (2020, 6 Mart).
- Topical Fire Report Series (2018), *Highway Vehicle Fires (2014-2016)*, 19:2
- UNECE (2019), World Forum For Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29) How it works - How to join it, Fourth Edition.





# Motorlu Araç Yangınları Üzerine Bir İnceleme

Zehra Yıldız<sup>1\*</sup>, Ercan Köse<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Mersin, Türkiye (ORCID: ID 0000-0003-1304-4857)  
<sup>2</sup>Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Mersin, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9814-6339)

(İlk Geliş Tarihi 16 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.704517)

**ATIF/REFERENCE:** Yıldız Z. & Köse, E. (2020). Motorlu Araç Yangınları Üzerine Bir İnceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 119-126.

## Öz

Toplu veya bireysel yolculuklarda güvenilir ve çok kullanılan araçlar, kara araçlarıdır. Kara araçlarındaki en büyük risklerden biri yangındır. Yangın tehlikesi, yangın yüküne göre belirlenir. Yangın yükü, bir yapı içerisinde birim alanı başına bulunan potansiyel yanıcı madde miktarıdır. Özellikle yangın yükü ve insan yükü fazla olan otobüslerde yangın büyük bir risktir. Araçların trafikte seyir halinde olabilmesi durumunda itfaiyenin olay yerine ulaşması zaman aldığından araç tümüyle yanabilmekte ve araçta olan kişiler hayatını kaybedebilmektedir. Türkiye’de son yıllarda artan araç yangınlarının çoğu başlangıç aşamasında söndürülmektedir. Bu sebeple otobüslerde imalattan itibaren yangınının çıkarmaması ve büyümemesi için gerekli önlemlerin alınması gerekmektedir. Bu çalışmada, otobüs yangınlarının meydana geldiği bölümler, yangın nedenleri ve alınması gereken yangın güvenlik önlemleri ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Yangın, Araç yangınları, Motorlu araç yangınları

## A Review on Motor Vehicles Fires

### Abstract

The reliable and used vehicles in public or individual transportation are land vehicles. One of the biggest risks in land vehicles is fire. Fire danger is determined by fire load. Fire load is the amount of potential flammable material contained per unit area within a structure. Especially in buses with high fire loads and human loads, fire is a great risk. If the vehicles can be in traffic, it takes time for the fire brigade to reach the scene, and the vehicle can burn completely and the people in the vehicle may lose their lives. Most of vehicles fires have prevented at the beginning of fires in the Turkey. For this reason, necessary precautions must be taken in buses to prevent fire from growing and not to grow since manufacturing. In this study, the sections where bus fires occur, the causes of fire and fire safety measures to be taken are presented.

**Keywords:** Fire, Vehicle fires, Motor vehicles fires

### 1. Giriş

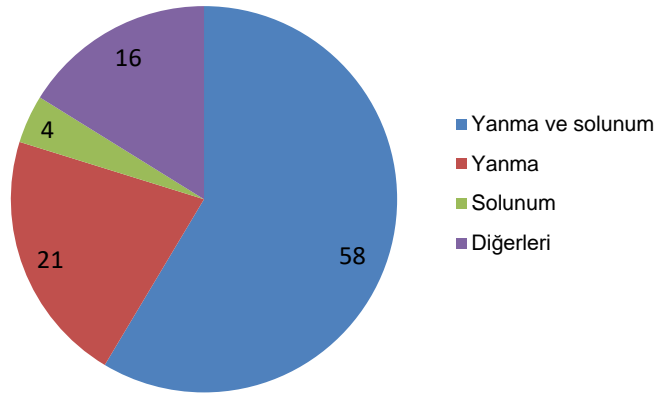
Yangın, kontrolsüz ve istenmeyen bir yanma olayıdır. Yanma, ortamda yanıcı madde, yanabilme aralığına yetecek kadar oksijen ve tutuşma sıcaklığına yetecek kadar ısı olması durumunda gerçekleşir. Yanma olayında yakıtta potansiyel durumda bulunan yakıtın konumu ve bileşiminden dolayı sahip olduğu kimyasal enerji, ısı enerjisine dönüşmektedir. Isı daha sonra mekanik ve elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılır. Bu ısı enerjisi, enerji dönüşüm süreçleri ile motorda mekanik enerjiye, güç santrallerinde ise elektrik enerjisine dönüştürülür. Motor içerisinde yakıt yanar, ısı enerjisi piston hareketine sebep olur aracı hareket ettirir, kazan da yanma olayı ile ısı enerjisinin sağladığı buharın genişmesi ile türbin mili döner ve elektrik enerjisi elde edilir. Kazan, kombi, ocak ve motor gibi ısı makinelerinde yanma istenen ve kontrol edilebilen bir olaydır. Kontrol edemediğimiz durumda yanma yangına dönüşür. Yangına karşı gerekli güvenlik önlemleri almadığımız takdirde yangın felakete dönüşmesi kaçınılmazdır. Çok ciddi maddi ve manevi kayıplar yaşanır. Yangınların genel nedenleri arasında ihmal, kundaklama, sıçrama, bilgisizlik, kazalar, doğal afetler, tedbirsizlik ve sigara gibi pek çok faktör sayılabilir (Kars, 1999). Türkiye de son zamanlarda meydana gelen yangınların ise %30’u sigara, %19’u elektrik tesisatı ve %14’ü baca-ısıtma cihazlarından kaynaklandığı belirlenmiştir (Kara, 2018).

Araçlar, içten yanmalı motor olup, yakıtın yanmasıyla ortaya çıkan ısı enerjisinin mekanik enerjiye dönüşmesiyle hareket eder. Araç motorlarında yanma olayı istediğimiz bir durum olup, bu yanma olayı kontrol edilemeyen ve istem dışı olduğunda araç yangını ortaya çıkar. Araç depoları parlayıcı ve patlayıcı yakıt barındırmakta olup, yüksek tehlike sınıfı içerisine giren ortamlardandır. Yüksek tehlikeli ortam, yüksek yangın yükü ve yüksek yanabilirliğe sahip, hızla yayılma veya yoğun yangın şeklinde gelişme gösterebilen ortamları kapsar. Araçlarda benzin, dizel, sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), biyoyakıtlar veya hidrojen gibi yanabilir özelliği olan yakıtlar olup, tutuşma noktasına yetecek kadar bir ısının olması durumunda araçta yangın gerçekleşebilir. Dolayısıyla araçta yanıcı madde ve oksijen bulursa bile ısı kaynağı önlenirse araç yangınları da önlenebilir. Araçlardaki ısı kaynağı, elektrik, araç motorundaki ısınma, sıcak egzoz gazı, farların ve lastiklerin aşırı ısınması, çarpışma veya sürtünme ile oluşan kıvılcımlar, dikkatsizce düşürülen sigara ve kundaklama sayılabilir (Kılıç, 2019). Otobüs yangınları son zamanlarda araç sayısının artmasıyla beraber çok sık meydana gelmektedir ve çoğu durumda yangın motor bölgesinde başladığından yolcuların otobüsten zamanında tahliyesi yapılabilmektedir. Fakat yangın yolcu bölümüne ilerlediğinde, ölüm veya yaralanmalar olabilmektedir. Otobüslerde diğer araçlara göre yolcu sayısı daha fazla olmasından dolayı yangın daha risklidir. Araçların sürekli trafikte olmalarından dolayı aracın çok fazla dinlenmeksizin kullanılması diğer araçlara göre yolcu sayısı ile beraber daha fazla yük taşınması, şoförlerin bilinçsiz olması, ekonomik bazı kaygılardan dolayı yanlış uygulamalar ve yetersiz bakım gibi nedenler araçlarda yangın olasılığı artırır.

İlk önce araçlarda yangın çıkmaması için gerekli aktif ve pasif yangın güvenlik önlemleri alınmalıdır. Araçların projelendirme ve tasarım aşamasında alınan yangın güvenlik önlemlerine göre yapılan mühendislik düzenlemeleri, pasif yangın güvenlik önlemleridir. Aktif yangın güvenlik önlemleri ise araç imalatında veya daha sonra ilave edilen ve yalnızca yangın sırasında kullanılan ya da çalışabilen yangın güvenlik sistemleridir (Çelik ve Yıldız, 2018). Dolayısıyla araçlar, imalat aşamasında pasif yangın güvenlik önlemlerine göre dizayn edilmeli ve yangın çıkma durumuna göre yangın erken safha da fark edilip yangın yayılmadan müdahale edecek yangın algılama ve söndürme sistemlerin tesis edilmesi gibi uygun aktif yangın önlemlerinin alınması gerekmektedir. Böylece can kaybı yaşanmaz ve araçtaki hasar azaltılabilir.

## 2. Motorlu Araç Yangınları

Toplu taşımada en güvenli ve en çok kullanılan taşıma, kara yolu taşımacılığıdır. Karayolu ulaşım güvenliği için trafik güvenliği kadar yangın güvenliği de önemlidir. Özellikle, toplu taşımacılığı kullanan kişi sayısının daha fazla olması sebebiyle bu araçlardaki en büyük risklerin başında yangın gelmektedir. Araç yangınlarının sayısı, araçların sayısındaki artışla beraber her geçen gün artmaktadır. Dolayısıyla yangından etkilenecek kişi sayısının ve yangın yükünün daha fazla olması sebebiyle otobüslerde yangın daha riskli ve tehlikelidir. Dünyada yangınların %5-15 i araçlarda meydana gelmekte olup, maddi hasarla beraber yolcuların otobüs taşımacılığına olan güveni sarsılmakta, çok sayıda insanın yaralanmasına ve ölümüne neden olmaktadır. Yaralanma ve ölümlerin çoğu yangında ortaya çıkan karbon monoksit, hidrojen sülfür, hidrojen siyanür, azot dioksit gibi zehirli veya boğucu gazların solunması ya da deri tarafından absorplanmasından kaynaklanmaktadır. Yüksek sıcaklığa maruz kalma sebebiyle de yaralanmalar ve ölümler meydana gelmektedir (NFPA 556, 2010; Topical Fire Report Series, 2018; Mangs, 2004).



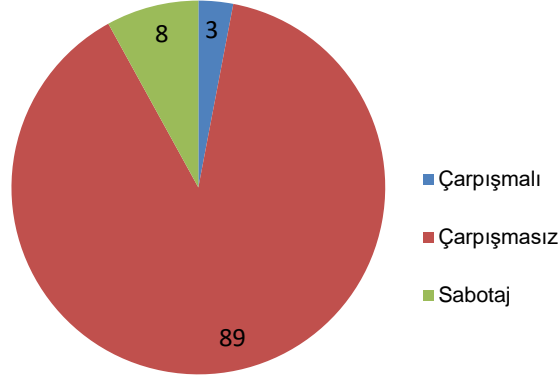
Şekil 1. Araç yangınlarında ölüm ve yaralanma nedenleri (NFPA 556, 2010)

Otobüs yangınlarının dünyadaki toplam yangın içerisindeki payı %1 dir. Yangınların ABD de %17, Polonya da %4.8, İsveç te %0.76, Almanya da %0.5-1 ve Türkiye de % 2 si araç yangınlarından kaynaklanır. İstanbul ilinde, 2017 yılında 25.073 adet yangın çıkmış olup, bu yangınların 16.933 ü yapısal yangın sınıfındandır. Konut, fabrika, bina ve araçlarda meydana gelen can kaybı riski yüksek yangınlardır. 16.933 yapısal yangının 1.781 i araçlarda çıkan yangınlardır (Bakırcıve ark., 2019).

Son yıllarda Türkiye de birçok otobüs yangını yaşanmıştır. Türkiye’de birçoğu hafif hasarlarla atlatılan yılda yaklaşık 350 otobüs yangını yaşanmaktadır. NFPA istatistiklerine göre araç yangınlarının %75 i yolcu araçlarında gerçekleşmektedir (Topical Fire Report Series, 2018).

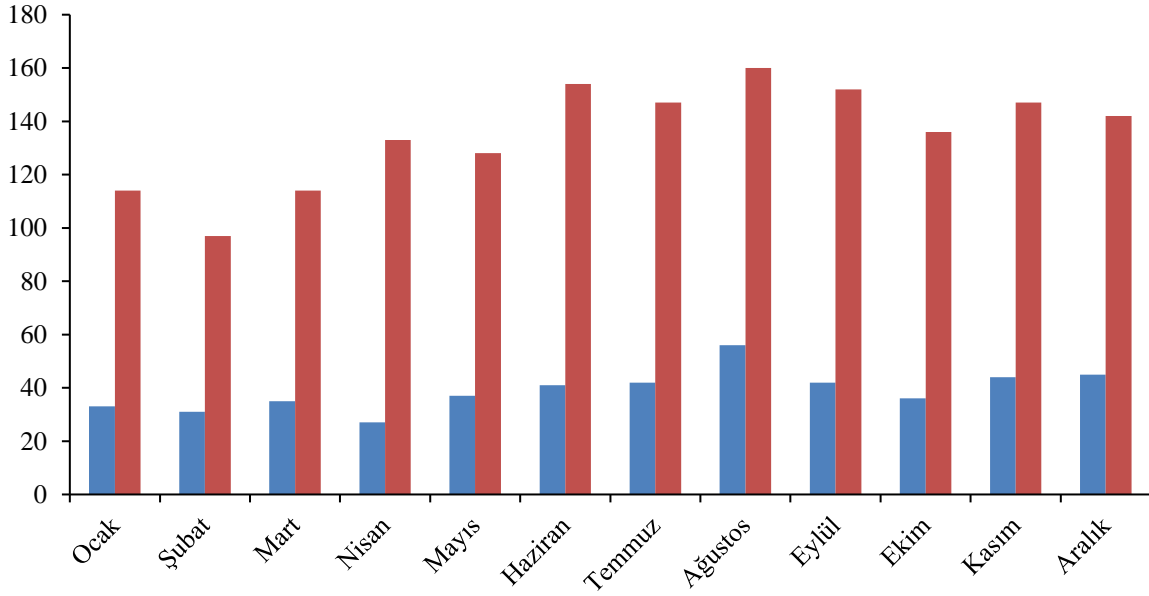
Yolcu taşıyan araç yangınları çarpışmayı takiben gerçekleşen araç yangınları, çarpışma olmadan gerçekleşen araç yangınları ve sabotaj olmak üzere üç kısımda incelenir. İlk iki yangın sebebiyle çıkan yangınlarda %90 dan fazla ölümlü vaka olarak gerçekleşmiştir. Ölümlü araç yangınlarının %60 ı çarpışma sonucu olduğu görülmüştür. Yolcu taşıyan araçlarda yangınlar çoğunlukla (%89) çarpışma olmadan gerçekleşir. Çarpışmayı takiben gerçekleşen araç yangınları başlıca dört sebepten meydana gelir (NFPA 556,2010):

- Araç motoru bölümünde çarpışmayı takip eden yangınlar
- Yakıtın dökülmesiyle çarpışmayı takip eden yangınlar
- Yolcu bölümünde çarpışmadan kaynaklanan yangınlar
- Diğer ve bilinmeyen bölümlerde çarpışmadan kaynaklanan yangınlar



Şekil 2. Yolcu taşıyan araç yangınları (NFPA 556, 2010)

Türkiye de yangın istatistik verilerinin toplanması, analiz ve değerlendirilmesi konusunda yeterli çalışmalar yoktur. Ancak nüfus ve trafik yoğunluğunun fazla olduğu İstanbul ile ilgili yangın istatistikleri özellikle araç yangınları ile ilgili veriler İstanbul Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı tarafından kayıt altına alınmıştır. Son yıllarda İstanbul ve Mersin de yaşanan araç yangınları incelendiğinde gerçekleşen araç yangını sayısında zamanla önemli bir değişim görülmemiştir. Şekil 3 de 2019 yılına ait araç yangınları verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere araç yangınları aylara göre değişmektedir. En fazla yangın, havaların sıcak olduğu ve tatil sebebiyle trafik yoğunluğunun fazla olduğu yaz aylarında gerçekleşmiştir. Ayrıca İstanbul da insan ve araç nüfusunun fazla olmasından dolayı Mersin e göre daha fazla araç yangını çıkmıştır (İBB İtfaiye Daire Başkanlığı, 2020; Mersin Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Başkanlığı, 2020; Bakırıcı ve ark., 2019).



Şekil 3. Araç yangınlarının aylara göre değişimi (İBB İtfaiye Daire Başkanlığı, 2020; Mersin Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı, 2020)

Otobüslerde yangınların meydana geldiği bölümlere bakıldığında yangınların %59'u araç motoru bölgesinde, % 35'i yolculardan, % 3'ü yakıt tankından %2 si lastiklerin ve farların ısınmasından meydana gelen yangınlardır. Taşıtın çarpan kısmı önemli etkindir. Araçların çarpışması ile meydana gelen yangınların %54'ü araç motoru kısmından, %33'ü yakıt deposundan, % 4'ü ise lastiklerden ve frenlerden kaynaklanan sebeplerdendir (Kılıç, 2019; Mangs, 2004).

## 2.1. Araç Motoru Bölümünden Kaynaklanan Otobüs Yangınları

Otobüslerde yangınların büyük çoğunluğu araç motoru kısmında ortaya çıkmaktadır. Özellikle yolcu otobüslerinde motor arkada bölümde olup, birçok motor parçası ve yakıt bir arada kalabalık bir düzende bulunur. Bu yüzden yangının saptanması ve söndürülmesi daha zor olmaktadır. Araç motorunda kullanılan yakıtlar parlama noktası düşük, şiddetli parlayıcı sıvılardır. Bu sıvıların tutuşma noktaları düşük olduğundan yakıt sızıntısında düşük bir ısıda örneğin sıcak bir yüzeyle temas edildiğinde yangın meydana gelebilmektedir. Sıcak havalarda ve havalandırmanın yeterli olmadığı durumda motor bölmesinde ısı daha da artmaktadır. Araç motorundaki yüksek sıcaklık, sıcak yüzeyler ve yanıcı malzemeler, ortamı yüksek riskli duruma getirir. Araç motorunda oluşan fazla ısı, Araç motoruna zarar verebilir ve kısa sürede alev almasına sebep olabilir. Araç motoru bölümündeki sıcaklık, Araç motoru tipine, üretim yılına ve yapımına göre değişir. Araç motor blokuna ana bileşenlerinin çalışma yüzey sıcaklığı 80-140°C arasındadır. Motorun en sıcak parçaları, manifold ve turboşarj, egzoz sisteminin parçasıdır. Motor bölümü içerisinde ısıya maruz kalınan yüzey yaklaşık 0.3 m<sup>2</sup> dir. Materyal kalınlığı 5-15 mm arasında değişir ve sıcaklık maksimum 600-640°C ye ulaşır. Motor yüksek yük altında olduğunda daha yüksek sıcaklıklara ulaşılır. Bazı durumlarda termal radyasyonu minimize etmek ve herhangi yağ sızıntısının sıcak bileşenlerle kontağını önlemek için manifold baffle plakası ile kaplanır. Egzozdaki ısı da motor bölümüne geçer. Motor bölümü, yaygın olarak ses izolasyon paneli ile yalıtılmıştır. Bu paneller termal izolasyon özelliklerine sahiptir. Bu sebeple motor bölümünde sıcaklık artabilir.

Motor bölümünde, tablo 1 de özellikleri verilen çeşitli yakıt ve yağlar gibi bazı yanıcı sıvılar bulunmaktadır. Motorda yaklaşık 35-45 L motor yağı, 15-20 L hidrolik yağ ve 50 L soğutucu akışkan bulunmaktadır. Parlama noktası 38°C' nin üstünde olan sıvılar yanıcı sıvıdır. Parlama noktası ise sıvıların buharlaşmaya başladığı ve havayla yanıcı karışım yaptığı en düşük sıcaklıktır. Tutuşma sıcaklığı, ayrı bir ateşleme kaynağı olmaksızın, kendi kendisini besleyen yanmayı başlatmak için hava içerisindeki bir yakıtın ulaşması gereken minimum sıcaklıktır. Alevlenme noktası, yakıtın ateş alabilecek buhar oluşturabilen en düşük sıcaklığıdır. Alevlenme noktası, bir sıvının üstündeki buharının yakıcı bir kaynakla temas ettiğinde alevlendiği en düşük sıcaklıktır. Alevlenme noktası, güvenlik ve emniyet açısından önemli olup, depolama alevlenme noktasına göre yapılır (Hammarström ve ark., 2008).

Tablo 1. Motor bölümündeki yanıcı sıvılara ait özellikler (Hammarström ve ark., 2008)

Yanıcı Sıvılar	Alevlenme Noktası (°C)	Tutuşma Noktası (°C)	Yanabilme aralığı	Risk
Dizel	55	220	0.6-6.5	Yüksek
LPG	-104	430-580	2-10	Çok Yüksek
CNG	-188	580	5-15	Çok Yüksek
Hidrojen	-253	560	4-75	Çok Yüksek
Mineral motor yağı	170-220	350	-	Yüksek
Sentetik motor yağı	220	-	-	Yüksek
Hidrolik fren yağı	175	350		Yüksek
Vites yağı	220	350		Yüksek
Antrifiz (Glikol)	111	410	-	Orta
Etanol (%96)	12	425	3-19	Çok yüksek

Araç motorunda meydana gelen sıcaklık, yanıcı sıvıların sıcaklığından fazla olduğundan yangının başlaması ve yayılması çok daha kolay olur. Dizel yakıt için motor odasındaki sıcaklığın 20°C den 200°C ye ısıtılması gerekir. Araç motoru bölümünde başlangıç sıcaklığı 100 °C kadar yüksektir. Sıcak yüzeyle temas eden sıvı için yüzey sıcaklığı tutuşma sıcaklığından daha yüksek sıcaklığa sahiptir. Bu yüzden sıvı, sıcak yüzeyden buharlaştığından soğur. Dizel yakıtın tutuşması için 500°C üzerinde bir yüzey sıcaklığı gerektirir. Soğutucu da bazı koşullarda tutuşabilir (Hammarström ve ark., 2008).

Dizel otobüsler 10 km de 2-4 L yakıt tüketir. Büyük bir miktarı yakıt sisteminde dolaşır. Bu yüzden önemli miktarda yakıt depoda kalır. Araç motoru içerisinde bulunabilecek yüksek hacimdeki dizel yakıt sızıntıya sebep olabilir. Sürücü motorda herhangi bir arıza görmedikçe farkında olmadan uzun bir süre yakıt sızıntısı meydana gelebilir. Motor bölmelerinde yakıt sızıntısı veya yanıcı madde ile egzozdan çıkan sıcak dumanın temas etmesiyle çıkan yangınlar en sık yaşanan yangınlardandır. Fan ve motor kapaklarındaki ızgaralardan hava girmesiyle alev yoğunluğu ve yayılım artabilir. Motordaki duman ve alevler yolcu bölümüne geçebilir. Araçta yangın riski en fazla olan bölüm olduğu için motorda alev ve duman algılama-söndürme sistemleri bulunmalıdır. Ancak bu sistemlerin bazıları, sıcaklığın 130 °C yi aşması durumunda devreye girdiği için etkili olamamaktadır (Kılıç, 2019; Mangs, 2004; Hammarström ve ark., 2008; Brandt ve Försth, 2011; Karadeniz,2019).



## 2.2. Malzemeden Kaynaklanan Otobüs Yangınları

Araç motorunda bulunan lastik hortumlar, plastik kasa, kablolar ve poliüretan köpükten yapılmış akustik izolasyon, kontraplak tavan levhaları ve filtreler yanıcı malzemelerdir. Motordaki plastikler polivinil klorür (PVC), poliamid (PA) veya polipropilen (PP) gibi polimerlerdir (Hammarström ve ark., 2008). Araçlarda kullanılan bu polimerler, üstün mekanik özellikleri, hafiflikleri ve ekonomik olmaları sebebiyle yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak bu malzemeler yangına karşı dayanıklı olmayıp, yandıklarında tehlikeli gazlar ürettiklerinden otobüslerde kullanımları uygun değildir (Kılıç, 2019).

Tablo 2. Araç motorunda kullanılan katıların tutuşma sıcaklıkları(Hammarström ve ark., 2008)

Yanıcı Katılar	Tutuşma Noktası (°C)
PTFE (PolyTetraFluoroEthylene)	180
PA6 (PolyAmide 6)	65
PVDC (PolyVinylidene Chloride)	-
PC (PolyCarbonate)	115
PS (PolyStyrene)	50
PET (PolyEthylene Terephthalate)	130
PVC (PolyVinyl Chloride)	50
PMMA(PolyMethyl MethAcrylate)	50
POM(PolyOxiMethylene)	85
PP(PolyPropylene)	80-115
HDPE(High Density PolyEthylene)	50

Otobüsler imalat edilirken kullanılan malzemelerin yanıcılık sınıfları ve duman üretme miktarları detaylı biçimde kontrol edilmesi gerekir. Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliğinde yer alan yanıcı madde sınıflandırılması araçlarda da kullanılabilir. Tablo 2 de görüldüğü üzere yapı malzemelerinin yanıcılığı A dan F ye kadar değişmektedir. A1 sınıfı yanmaz, yangın karşısında alevlenmez, ışıdamaz ve kömürleşmez malzeme tercih edilmelidir. Bütün kaplama ve perdeleme malzemeleri en az zor alevlenen (B1), duman ve toksik gaz üretmeyen (s1), damlamayan (d0) özellikte olmalıdır (BYKHY, 2015).

Tablo 3.Yapı malzemelerinin yanıcılığı

Yanıcılık Sınıfı	Tanım
A1	Yanmaz, yangında tehlike oluşturmaz.
A2	TS EN 14823'e göre B sınıfı için belirlenen özellikleri taşır
B	C sınıfı için belirlenen özelliklere ek olarak daha ağır şartları taşır
C	D sınıfına ek olarak daha ağır şartlar taşır. Ayrıca bir alev kaynağının ısısı karşısında yanal alev yayılması sınırlı olmalıdır.
D	E sınıfı özelliklerini taşır. Önemli miktarda alev almaz, küçük bir alev karşısında uzun süre dayanır.
E	Küçük bir alev atağına karşı kısa süre dayanır.
F	Yangı performansı belirlenmemiştir.
<b>Duman oluşumu için ilave sistemler</b>	
s3	Duman üretiminde sınırlama yoktur
s2	Duman üretimi hızı ve üretimi sınırlıdır
s1	s2'den daha ağır özellikleri taşır
<b>Yanma damlaları/ Tanecikleri için ilave sınıflandırmalar</b>	
d2	Sınırlama yok
d1	Belirli süreden fazla yanma tanecikleri olmamalı
d0	Yanma tanecikleri oluşmamalı

Yolcu kısmındaki yangınlar, elektrik veya araç motor bölmesindeki yangının yayılmasından dolayıdır. Akım geçen elektrik sistemi ısı üretebilir ve ortaya çıkan ısı malzemelerin deformasyonunu hızlandırır. Kullanılan malzemelerin (plastik, kauçuk vb) yorulmasına ve özelliklerini kaybetmesine neden olur. Bu nedenle elektrik enerjisi iletim kabloları; yakıt hortumlarından, hidrolik kablolardan ve yanıcı sıvı ve gazlardan kesinlikle yalıtılarak ayrılmalıdır. Araç motoru bölmelerindeki sıcaklığın yüksek olmasından dolayı birçok malzemenin dayanımı zamanla azalır. Yolcu bölümündeki plastik, kauçuk ve yalıtım malzemelerinin tutuşmasıyla yangın çıktığında söndürmek daha zordur. Koltuk, koltuk örtüsü ve perde gibi yanıcı malzemeler hızlı tutuşup, zor söndürülürler. Yolcu bölümünde kullanılan malzemelerin sahip olması gereken yangın dayanım standartlarına uygun zor alevlenici yangın sınıfında olması gerekir. Otobüs yangınlarına malzeme yorgunluğu ve yetersiz bakım da sebep olabilir. Ayrıca, bakım eksikliği birçok yangının kaynağıdır. Bakım iyi olsa bile yangın riski söz konusu olabilir. Bu sebeple yangın risk değerlendirmesi yapılmalıdır (Mangs, 2004; Kılıç, 1997; Karadeniz,2019).

Araç lastiğini oluşturan petrokimyasal bileşenlerin tutuşma sıcaklığı düşük olup, 170-250°C de yanabilme özelliği vardır. Bu sıcaklık, çok fazla rampalı ve virajlı yollarda saatlerce yol alınması veya ağır yük gibi nedenlerle jant veya lastiğe yakın olan parçaların hasarı ile ortaya çıkabilir. Özellikle kamyon gibi ticari araç lastikleri 7.5 ve 9 bar basınç altında olup, bu basınç yangın sırasında artar. Lastiklerdeki basınç artışı nedeniyle söndürmek tehlikeli olabilir, müdahaleyi uzaktan yapmak önce yanan lastiği soğutmak sonra da köpüklü yangın söndürücü ile alevleri boğmak gerekir. Lastik basıncı takip sistemleri ile yangın erken tespit edilebilir (Anonim, 2012).

### **2.3. Elektrik Kaynaklı Otobüs Yangınları**

Elektrik sistemlerinden dolayı ortaya çıkan aşırı ısınmalar ve kısa devreler, elektriksel yangınların başlıca sebepleridir. Araçların fabrika çıkışındaki orijinal durumuna sadık kalmayarak özellikle yasal olmayan teknik değişikliklerin yapılması, klima sistemleri, TV, internet, buzdolabı, telefon veya bilgisayar şarj edebilecek 220V AC elektrik prizleri, kahve makinesi ve su ısıtıcısı gibi sonradan ilave edilen veya kapasitesi artırılan sistemler, uygun olmayan kablo tesisatı nedeniyle yangınlar meydana gelebilir. Otobüslerdeki elektriksel besleme kaynakları ve sistemleri, otobüsün arkasında bulunan motor bölümündedir. Ancak, elektrik enerjisi besleme ihtiyacı bütün araç boyunca yayılmıştır. Bundan dolayı elektrik besleme kablo mesafeleri uzundur. Bu uzun kablolarla besleme yapılması gerilim düşmesine sebep olur. Bunun sonucunda besleme sisteminden istenilen elektriksel gücün çekilmesi için, elektrik besleme kablolarında aşırı akım çekilmesine yol açar. Bunun yanı sıra, otobüslerde önceki yıllara oranla çok fazla sayıda kablo bulunmaktadır. Ağırlık ve maliyeti azaltmak için kablo kesitlerinin küçültülmesi veya aşırı yüklenme nedeniyle yangın riski oluşmaktadır. Aşırı akım çekilen kablo yangını Resim 1’de verilmiştir (Gao ve ark., 2013).



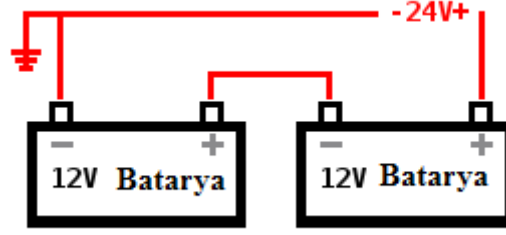
*Resim 1. Aşırı akım çekilen kablo yangını*

Otobüslerdeki elektrik enerji ihtiyacı yüksek güç değerlerine ulaşmıştır. Bunu karşılamak için yüksek güçteki şarj alternatörler kullanılmaktadır. Otobüslerin uzun süreler ve aralıksız kullanımı alternatörün yıpranmasına ve verimliliğinin düşmesine neden olur. Bunun sonucunda yataklanma ve buna bağlı sürtünme problemlerini ortaya çıkarır. Sürtünmeye bağlı ısınmasının artışıyla beraber alternatör yangına yol açabilir. Resim 2’de şarj sistemi için 70A ve 24V elektriksel besleme yapabilen bir alternatörü gösterilmiştir (Outback Marine, 2020).



*Resim 2. Şarj sistemi için yüksek güç üretilen alternatör*

Ayrıca, otobüslerdeki içten yanmalı motor çalışırken elektrik enerji ihtiyacını karşılayan ve içten yanmalı motorun ilk hareketini marş motoru üzerinde sağlayan bataryalardır. Otobüslerde genellikle seri bağlı 2 adet kurşun-asit batarya bulunmaktadır (Şekil 4)(Madison, 2020). Batarya şarj sistemlerindeki arızalar, bataryaların aşırı şarj olmasına sebep olabilir. Aşırı şarj batarya içerisindeki gaz sıkışmasına ve bataryanın aşırı ısınmasına yol açar. Bunların sonucunda ise, sülfürik asit (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) içeren bataryalar patlayabilir ve yangına sebep olabilir.



Şekil 4. İki adet seri bağlı Batarya

Öte yandan bataryadan çıkıp marş ve şarj alternatör sistemine giden kablolar üzerinde çok yüksek akım geçer, ısı artar ve yakınlardaki yanıcı maddeleri tutuşabilir. Elektrik kıvılcımı ve kısa devreler, sigorta gibi koruyucularla her zaman engellenemeyebilir. Batarya ve şarj alternatör sistemi arasındaki kablolar kısa devreyi önlemek için uygun şekilde yalıtılmalıdır. Yangın çıkaracak nitelikteki kısa devre bataryanın boşalmasına sebep olur. Kısa devreden meydana gelecek bir alevlenmenin yayılmaması için yakınında yanabilir malzeme bulunmamalıdır. Elektrik kaynaklı yangınları durdurmak için akımı kesmek gereklidir. Daha sonra yangına müdahale yapılmalıdır (Mangs, 2004; Kılıç, 1997; BYKHY, 2015). Resim 3’de elektrikten kaynaklı bir otobüs yangını verilmiştir (Haber.com, 2020).



Resim 3. Elektrik kaynaklı otobüs yangını

### 3. Yangın Güvenlik Önlemleri

Yangın özellikle toplu taşıma yapan yolcu otobüslerinde kaçınılmaz büyüklükte bir risk oluşturmaktadır. Otobüslerde yangın güvenlik önlemlerinin alınması ve uygulanması diğer ortamlara göre daha zordur. Otobüslerde ilk önce yangın çıkmaması için gerekli bütün tedbirler alınmalıdır. Alınacak önlemler ile yangında meydana gelen can ve mal kayıplarını en aza indirme olasılığı oldukça yüksektir. Yangın güvenlik önlemleri aktif ve pasif yangın güvenlik önlemleri olmak üzere ikiye ayrılır. Pasif yangın güvenlik önlemleri, aracın yapı ve tasarım özellikleri ile ilgilidir. Bu önlemler araç kullanımına bağlı olarak, araç tasarımı, aracın kapı, pencere, döşeme, kaplama, far, tekerlek, koltuk, bagaj ve motor bölümünde kullanılan malzemeler, pasif yangın güvenliği önlemlerinin temelini oluşturmaktadır. Araçta kullanılan bileşen ile malzemelerin yangına dirençli olması, yangının büyüyüp gelişmesini önleyici türde olması gerekir. Araç tasarlarken, yangın önleyici önlemler ile yangın söndürme kolaylığı da göz önüne alınmalıdır. Pasif yangın önleme yöntemleri aynı zamanda yangın söndürmeye de destek vermelidir. Pasif yangın önlemlerinin yanında aktif yangın önlemleri de yangınla mücadelede önemli derecede etkilidir. Yangının çıkmaması, gelişmesi ve çevresine sıçramaması için gerekli aktif yangın önlemleri almak büyük önem arz etmektedir. Aktif yangın güvenlik önlemleri ise doğrudan yangın oluşumu ile ilgili önlemlerdir. Aktif yangın güvenlik önlemleri, yangının başladığının kısa sürede fark edilmesi ve müdahale edilmesini sağlayan yangın algılama ve söndürme sistemlerini içerir. Aktif yangın güvenlik önlemleri, yangın çıktığı zaman etkin olabilen algılama sistemleri, yangın kontrol sistemleri, yangın güvenliği yönetim sistemleri, uyarı sistemleri, duman kontrol sistemleri, basınçlandırma sistemi, havalandırma sistemleri ve söndürme sistemleridir (Çelik ve Yıldız, 2018). Otobüslerde yangın yönünden alınacak aktif yangın güvenlik önlemleri, genellikle yangını başlangıç anında algılayıp, yayılmasına fırsat vermeden sınırlandırıp, kurtarma ve müdahale etme faaliyetlerini kolaylaştırmaya, yolcuları güvenle yanan otobüsten ve bölümlerden tahliye etmeye ve yangını bünyesel olarak söndürmeyi hedefleyen güvenlik tedbirlerinin tamamını ihtiva eder. Otobüsler imalat aşamasında pasif yangın güvenlik önlemlerine göre dizayn edilmeli ve yangın çıkma durumuna göre yangın erken safha da fark edip, yangın yayılmadan müdahale edecek yangın algılama ve söndürme sistemlerin tesis edilmesi gibi aktif yangın önlemlerinin alınması gerekmektedir. Bu iki yangın güvenlik sistemi ile yangın ve etkileri en kısa zamanda kontrol altına alınabilir ve can-mal kayıpları yaşanmayabilir. Otobüslerde uygun risk değerlendirme raporları hazırlanmalı, otobüs kullanmakta olan şoförlerin yangınla ilgili bilgi seviyeleri ölçülmeli ve gerekli eğitimler verilmelidir. Yanıcı maddelerin özelliklerine göre uygun tipte yangın söndürme tüpü bulundurulmalıdır.

Otomatik yangın algılama ve söndürme sistemleri de dâhil olmak üzere, son teknolojik değişikliklerin otobüslerin yangın güvenliği üzerindeki etkileri araştırılmakta, araç tasarım ve donanımlarının ve denetim standartlarının iyileştirilmesine çalışılmaktadır (Mangs, 2004; Karadeniz, 2019). Araçlarda alınacak yangın güvenlik önlemleri hem ulusal hem de uluslararası yönetmeliklerde araç türüne göre yapılmaktadır. Türkiyede araç yangınları ile Araçların İmal, Tadil ve Montajı (AİTM) hakkındaki Yönetmelikle ve TSE'nin yönetmelikleri vardır. Araç üreticileri de motor bölümünde oluşan ani ısıyı tespit ederek, sensörler vasıtasıyla, otomatik

olarak yangın söndürme donanımlarını devreye sokacak sistemler geliştirip kullanımı 26.06.2012, AİTM hakkındaki Yönetmelikle ve TSE'nin 31.12.2013 Yönetmeliğinin Uygulama Usul ve Esasları ile ilgili yayını ile zorunlu hale gelmiştir (Karadeniz, 2019).

Çoğunluğunu Avrupa ülkelerinin oluşturduğu 45 ülkeden oluşan Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu UNECE(United Nations Economic Commission for Europe)'e Türkiye 27.02.1996 da üye olmuştur. Bu yönetmelik çerçevesinde otobüs yangın güvenliği önlemleri incelenmiş ve önemli kararlar alınmıştır (UNECE,2019). UNECE 107 numaralı yönetmeliğinde, motor bölmesinde, yakıtın yanmasıyla otobüsün ısıtılmasını sağlayan bölmede, tuvaletler ve sürücünün uyku bölmesi gibi kapalı alanlarda duman/yangın algılama sistemlerinin şartları açıklanmıştır. UNECE 118 numaralı yönetmelik ise elektrik kablolarını ve yalıtım malzemelerini kapsamaktadır. Avrupa da motor bölümünde duman alarm sistemi standart donanımlardandır. UNECE R10 Regülasyonu ile Yangın Algılama ve Alarm Sistemlerini M2 ve M3 kategorisi olan 8 yolcu ve üzeri, motoru arkada bulunan araçlar için 01.11.2012 tarihinden itibaren yeni Tip Onayı alarak imalattan başlayarak, kademeli olarak 01.01.2014'te 2015 model ve üstü trafikte olan otobüslerin her bölümünde sürücüyü ve yolcuları uyaran çok yüksek sıcaklık ve duman durumunda sesli ve ışıklı sinyal ile donatılmış bir sistem olması koşulu getirilmiştir (Karadeniz, 2019).

#### 4. Sonuç

Otobüs yangınları son zamanlarda çok dikkat çeken bir konudur. Yangın başlangıçta fark edildiği için genelde araçtaki hasarla atlatılmaktadır. Otobüslerin yanmasının, algılama ve söndürme sistemlerinin yetersizliği ve eğitim yapılmamasıdır. Otobüslerdeki yangın sayısını azaltmak için yalıtımdan, bakıma ve eğitime kadar bir dizi önlemler alınması gerekir. Otobüsün periyodik bakımı yapılmalı, motor bölmesi ve her parça kontrol edilmeli, risk değerlendirmesi yapılmalı ve sistemler test edilmelidir. Motor bölmesi otomatik yangın söndürme sistemi ile korunmalıdır. Yangın algılama ve alarm sistemlerinin çalışır olduğu sürücü tarafından sürekli test edilebilmelidir. Yakıt beslemesi doğrudan araç kontağına bağlı olmalıdır. Yangın başlangıcında ortaya çıkan dumanı algılayacak duman sensörü ile korunma sağlanmalı ve sensör test edilebilir olmalıdır. Yangın Söndürme Sistemleri UNECE R10 Regülasyonu kapsamında olup, TİP onay sertifikalı ve E işaretli olmalıdır. Araç muayene istasyonlarında sistemler kontrol ve test edilmelidir.

Motor bölümündeki ve diğer riskli yerlerdeki sıcak yüzeyler yalıtılmalıdır. Yangın tehlikesi durumunda elektrik sistemini otomatik olarak kesebilen sistemler olmalıdır. Yolcu çıkış kapıları, yangın kapıları gibi dışarı doğru otomatik açılmalıdır. Kullanılan bütün kablolar ve malzemeler yangına dirençli olmalıdır. Manuel müdahale için köpük ve/veya kimyasal kuru toz ile doldurulmuş yolcu sayısına göre yangın söndürücü sayısı ve miktarı değişmekte olup, en az iki yangın söndürücü olmalı, biri sürücü koltuğunun yanında diğeri arka tarafta olmalıdır. Sürücüler, muavinler ve yolcular yangın riskleri ve söndürülmesi konusunda eğitilmelidir. Her uzun yolculuk başlangıcında, daha önceden eğitim almış personel yangın anında otobüsün nasıl tahliye edilebileceği ile ilgili yolculara bilgi vermesi sağlanabilir.

#### Kaynakça

- Anonim, (2012), *Dikkat yangın var mı?* Taşıyanlar Ticari Taşıtlar Dergisi, 1-2, 46-50
- Bakırcı, E., Karatop, B., Bayındır S., (2019), Yangın Stratejilerinin Oluşturulması İçin İstatistik Veri Türlerinin Türkiye (İstanbul İli Örneğinde) ve Seçilmiş Ülkeler ile Karşılaştırılması, *Doğ Afet Çev Derg.*, 5(2): 272-280
- Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelik, (2015). Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmelikte Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik.
- Brandt, J., Försth, M., (2011), Testing active fire protection systems for engine compartments in buses and coaches-a pilot study, *Fire Technology SP Report*, 22
- Çelik, G., Yıldız, Z., (2018), Hastanelerde aktif yangın güvenlik önlemleri, *3<sup>rd</sup> International Mediterranean Science and Engineering Congress IMSEC*.
- David Ljung Madison, Dave's Bus Conversion, Erişim adresi: <http://bus.getdave.com/Docs/12Von24V>, (2020, 6 Mart).
- Gao, A., Zhao, C. Z., Xu, F., Di, M., Gao, W., & Qi, Z. B. (2013). Fire risk and failure mechanism of copper wire under overcurrent fault condition. *Procedia Engineering*, 52, 119-123.
- Haberler.com, Otobüs yangınlarında ana sebep; elektrik aksamı ve kablo hatası, Erişim adresi: <https://www.haberler.com/otobus-yanginlarinda-ana-sebep-elektrik-aksami-ve-12439781-haberi>, (2020, 6 Mart).
- Hammarström, R., Axelsson, J., Försth, M., Johansson, P., Sundström, B., (2008), Bus Fire Safety, *Fire Technology SP Report*.
- İBB İtfaiye Daire Başkanlığı, (2020), İstatistikler, İstanbul İtfaiyesi, <http://itfaiye.ibb.gov.tr/img/20205816261047965639829.PDF> (2020, 16 Mayıs).
- Kara, İ. B., (2018), 2013-2017 Yılları Arasında Artvin İl Merkezinde Meydana Gelen Bina Yangınlarının İncelenmesi, *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*, 4(2): 105-114
- Karadeniz, R., (2019), Şehirlerarası otobüs yangınlarında can ve mal kayıpları önlenmeli, *Mühendis ve Makine*, 40-45.
- Kars F., (1999), Yapılarda yangın risklerini sınırlamaya yönelik önlemler ve duman kontrolü sağlama, *4. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi*.
- Kılıç A., (1997), Kara Taşıtları Yangınları, *Yangın ve Güvenlik Dergisi*, 34:8-10.
- Kılıç A., (2019), Otobüs yangınları ve önlemler, *Mühendis ve Makine*, 15-22.
- Mangş J., (2004), On the fire dynamics of vehicles and electrical equipment, VTT Publications 521, Otamedia Oy.
- Mersin Büyükşehir Belediyesi İtfaiye Daire Başkanlığı, (2020), İstatistikler, Mersin İtfaiyesi. (2020, 16 Mayıs)
- NFPA 556, (2010), Guide on Methods for Evaluating Fire Hazard to Occupants of Passenger Road Vehicles.
- Outback Marine, Alternator, Erişim adresi: <https://www.outbackmarine.com.au/saddle-mount-6-series-24-volt-70-amp-alternator-wi>, (2020, 6 Mart).
- Topical Fire Report Series (2018), *Highway Vehicle Fires (2014-2016)*, 19:2
- UNECE (2019), World Forum For Harmonization of Vehicle Regulations (WP.29) How it works - How to join it, Fourth Edition.





# Atık Isı Geri Kazanım Sistemleri ve Isıl Verim Parametrelerinin Deneysel İncelenmesi

Gamze Karanfil<sup>1,2\*\*</sup>, Selmin Ener Ruşen<sup>1,2</sup>, Şeyma Nur Poyraz<sup>1</sup>, Mustafa Can<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye

<sup>2</sup>Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Enerji Verimliliği Araştırma ve Uygulama Merkezi, Akademik Enerji Araştırma Grubu (AKEN), Karaman, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7941-9853; 0000-0003-3389-5739)

(İlk Geliş Tarihi 18 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.705762)

**ATIF/REFERENCE:** Karanfil, G., Ruşen, S. E., Poyraz, Ş. N. & Can, M. (2020). Atık Isı Geri Kazanım Sistemleri ve Isıl Verim Parametrelerinin Deneysel İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 127-137.

## Öz

Günümüzde enerjiye olan ihtiyacın artması, kullanılan fosil enerji kaynaklarının sınırlı miktarda ve çevreye zararlı olması alternatif enerji kaynakların yaygınlaşmasına sebep olmuştur. Bu alternatif enerji kaynakları arasında en güvenilir, kolay ulaşılabilir ve ucuz olan enerji kaynağı, enerjinin verimli kullanılması olarak tüm dünyada kabul görmektedir. Bu bağlamda enerji verimliliği, üretim kalitesi ve miktarının düşmesine sebebiyet vermeden enerji tüketiminin azaltılması olarak tanımlanmaktadır. Farklı kaynaklardan elde edilen enerjinin büyük bir kısmı sanayi sektöründe kullanılmaktadır. Sanayide enerjinin verimli kullanılması, kayıp ve kaçakların önlenmesi ve atık enerjinin geri kazanımı gibi yöntemlerle enerji maliyetinin düşürebileceği ve verimliliğinin arttırılacağı öngörülmektedir. Aynı zamanda enerjinin verimli kullanılması ülke ekonomisine ve çevrenin korunmasına da büyük katkı sağlayacaktır. Sanayi sektöründe, özellikle atık ısının kullanılmaması kayıp enerjinin en önemli sebeplerinden biridir. Bu çalışmada atık ısı geri kazanım sistemleri tanımlanarak, sanayide en çok kullanılan iki tip atık ısı geri kazanım sisteminin (ısı tekeri ve reküperatör) ısıl verimi üzerindeki etki eden parametreler deneysel olarak incelenmiştir. İncelenen sistemde verimliliğin arttırılması amacıyla optimum şartların belirlenmesi için Taguchi metodu kullanılmış ve analizler gerçekleştirilerek sonuçlar yorumlanmıştır. Isı tekeri için optimum koşullar % 100 ısı tekeri devir hızı, % 60 Fan 1 hızı ve % 80 Fan 2 hızı olarak bulunurken, reküperatör için 50 °C hava giriş sıcaklığı, % 60 Fan 1 hızı ve % 80 Fan 2 hızı olarak bulunmuştur. Doğrulama deneyleri sonucunda elde edilen en yüksek verim değerleri ısı tekeri ve reküperatör sistemleri için sırasıyla % 97 ve % 73 olarak hesaplanmıştır. Bu değerler, yapılan tüm deneyler içerisinde en yüksek verim değerleri olarak kaydedilmiş ve Taguchi metodunun uygulanabilirliği ile yapılan analizlerin doğruluğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, Enerji Verimliliği, Atık Isı, Taguchi Metodu

## Experimental Investigation of Waste Heat Recovery Systems and Heat Yield Parameters

### Abstract

Today, the energy needs are increasing, but the limited amount of fossil energy resources existing and its harmful to the environment has led to the spread of alternative energy sources. The most reliable, easily accessible and inexpensive energy source among these alternative energy sources is accepted worldwide as the efficient use of energy. In this context, energy efficiency is defined as the reduction of energy consumption without causing a decrease in production quality and quantity. Most of the energy obtained from different sources is used in the industry sector. It is anticipated that energy efficiency can be reduced and efficiency will be increased through methods such as efficient use of energy in the industry, prevention of losses and leaks and recovery of waste energy. At the same time, efficient use of energy will make a great contribution to the economy of the country and the protection of the environment. In the industrial sector, especially not using waste heat is one of the most important causes of lost energy. In this study, the waste heat recovery systems are defined and the parameters affecting the thermal efficiency of the two types of waste heat recovery systems (heat wheel and recuperator) most used in the industry are investigated experimentally. Taguchi method was used to determine the optimum conditions in order to increase efficiency in the system examined, and the results were interpreted by analyzing. The optimum conditions for the heat wheel are found as 100% heat wheel turnover rate, 60% Fan 1 speed and 80% Fan 2 speed, while the recuperator is 50 °C air inlet temperature, 60% Fan 1 speed and 80% Fan 2 speed. The highest efficiency values obtained as a result of verification experiments were calculated as 97% and 73% for heat wheel and recuperator systems, respectively. These values were recorded as the highest efficiency values in all experiments and showed the accuracy of the analyzes performed with the applicability of the Taguchi method.

**Keywords:** Energy, Energy Efficiency, Waste Heat, Taguchi Method

\* Sorumlu Yazar: Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7941-9853, [gamzekaranfil86@gmail.com](mailto:gamzekaranfil86@gmail.com)

## 1. Giriş

Artan enerji talebini karşılamak için hâlihazırda kullanılan fosil kaynakların sürdürülebilir olamaması ve çevresel olumsuz etkileri nedeniyle alternatif enerji kaynakları günümüzde giderek yaygınlaşmıştır. Alternatif enerji kaynakları arasında değerlendirilen enerji verimliliği ise ucuz, temiz ve kolay uygulanabilmesi nedeniyle dikkat çekmektedir. Bu bağlamda pek çok ülkede enerjinin verimli kullanılması ve çevrenin korunmasında dair planlamalar, kanun ve yönetmelikler uygulanmaktadır. Ülkemizde ise, 2 Mayıs 2007 tarih ve 26510 sayılı Resmî gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren, 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu ve 25 Ekim 2008 tarih ve 27035 sayılı Enerji Kaynakları ve Enerjinin Kullanımında Verimliliğin Artırılmasına Dair Yönetmelik gereğince enerjinin her alanda etkin kullanımı ve verimliliğinin artırılması belirtilmiştir (Ener Rusen ve Koç, 2019).

Enerjinin en yoğun kullanıldığı alanlar arasında sanayi sektörü tüm dünyada önemli bir yerde bulunmaktadır. Bu bağlamda, küresel ısınmanın önlenmesi ve dolayısıyla sera gazı salınımlarının azaltılması için sanayi sektöründeki enerjinin kullanım biçimi incelenmelidir. Dünya çapındaki nihai enerjinin yaklaşık % 38’i sanayide kullanılmaktadır. Bu nedenle endüstriyel proseslerin enerji tüketimi mümkün olduğunca azaltılmalıdır (Brueckner vd., 2014). Günümüzde, tüm dünyada sera gazı salınımını azaltmak için yapılan çalışmalar ve çıkarılan mevzuatlar nedeniyle özellikle sanayideki enerji tüketiminin azaltılması anahtar faktörlerden biri haline gelmiştir. Bunun yanı sıra, enerji verimliliğindeki iyileşmelerin daha düşük işletme maliyeti ve artan karlılık ile sonuçlandığı da bilinmektedir (Varga ve Palotai, 2017). Ancak çoğu zaman ısı sistemleri optimize edilmiş işletmelerde bile yüksek sıcaklıkta olan atık ısı dışarı atılmaktadır. Atık ısının değerlendirilmesi için doğrudan kullanım sağlayan veya egzoz ısı teknolojileri uygulayarak ısı veya elektrik üretmek için kullanılan uygulamalar vardır (Brueckner vd., 2014).

Sanayide kullanılan enerjinin neredeyse % 26’lık bir kısmı sıcak gazlar ve sıvılar olarak atılmaktadır. Kaybedilen bu enerji, atık ısı geri kazanımıyla büyük ölçüde azaltılabilir. Atık ısı geri kazanım sistemlerine yapılacak yatırımın asgari sürede kendini amorti edebilmesi rekabet ortamında avantajlar sağlamaktadır (Çomaklı ve Terhan, 2011). Endüstriyel atık ısı geri kazanım sistemleri önemli ölçüde enerji tasarrufu ve sera gazı salınımlarında önemli azalmalar sağlayabilen sistemlerdir (Editorial, 2018). Bu bağlamda, endüstriyel süreçlerde atık ısı geri kazanım sistemlerinin kullanılması yakıt tüketimini azaltmak, zararlı gaz salınımlarını azaltmak ve üretim verimliliğini artırmak için önemli araştırma alanlarından biri olmuştur (Jouhara vd., 2018; Ener Rusen, 2019). Tüm bu avantajlar göz önüne alındığında, endüstriyel işletmelerin kendilerine uygun atık ısı geri kazanım sistemlerini kurmalarının önemi açıkça görülmektedir.

Geri kazanılmak istenen atık ısı kaynağı belirlendikten sonra bu ısının nerede ve ne amaçla kullanılacağı tespit edilerek geri kazanım ile faydalanılacak ısı miktarı ve uygun olan sistem seçilmelidir. Ancak geri kazanılmak istenen atık ısı miktarı ne kadar fazla olursa kullanılacak sistemin kapasitesi ve buna bağlı olarak da yatırım maliyeti yüksek olacaktır. Atık ısı geri kazanım sisteminin belirlenmesi etkileyen temel faktörlerin başında, akışkanların sıcaklıkları, ısı transfer kapasitesi, akışkanları nitelikleri ve hacimsel debileri gelmektedir (Uysal, 2019).

Sanayide genellikle karşılaşılan hava-hava (gaz-gaz) tipi ısı geri kazanımı için çeşitli teknikler bulunmaktadır (Ener Rusen vd., 2018). En yaygın hava-hava tipi ısı geri kazanımı cihazları ısı tekerleri, plakalı ısı değiştiricileri (reküparatörler gibi) ve ısı borularıdır. Isı tekerleri sistemlerinde, biri sıcak atık hava diğeri ise soğuk hava içeren iki paralel kanalın üzerine yerleştirilmiş dönen gözenekli bir disk kullanılmaktadır. Yüksek ısı kapasiteli bir malzemeden oluşan bu disk, iki kanal arasında döner ve ısıyı sıcak hava kanalından soğuk hava kanalına aktarır. Isı tekerleri kullanımı genellikle yüksek sıcaklıkların yarattığı olumsuz termal stres nedeniyle düşük ve orta sıcaklıktaki uygulamalarla sınırlıdır (Manikantha vd., 2017; Shahsavar ve Khanmohammadi, 2019). Reküparatörler ise paralel akışlı, çapraz akışlı ve zıt akışlı ısı değiştiricileri olarak sınıflandırılır. En yaygın reküparatörler, çapraz akış plakalı ısı değiştiricilerdir (Karanfil vd., 2019) Taze ortam havası ve atık nemli kirli hava bu tip ısı değiştiricisinde birbirine karışmaz, çünkü bu hava akışları farklı kanallardan geçmektedir (Oğulata, 2004).

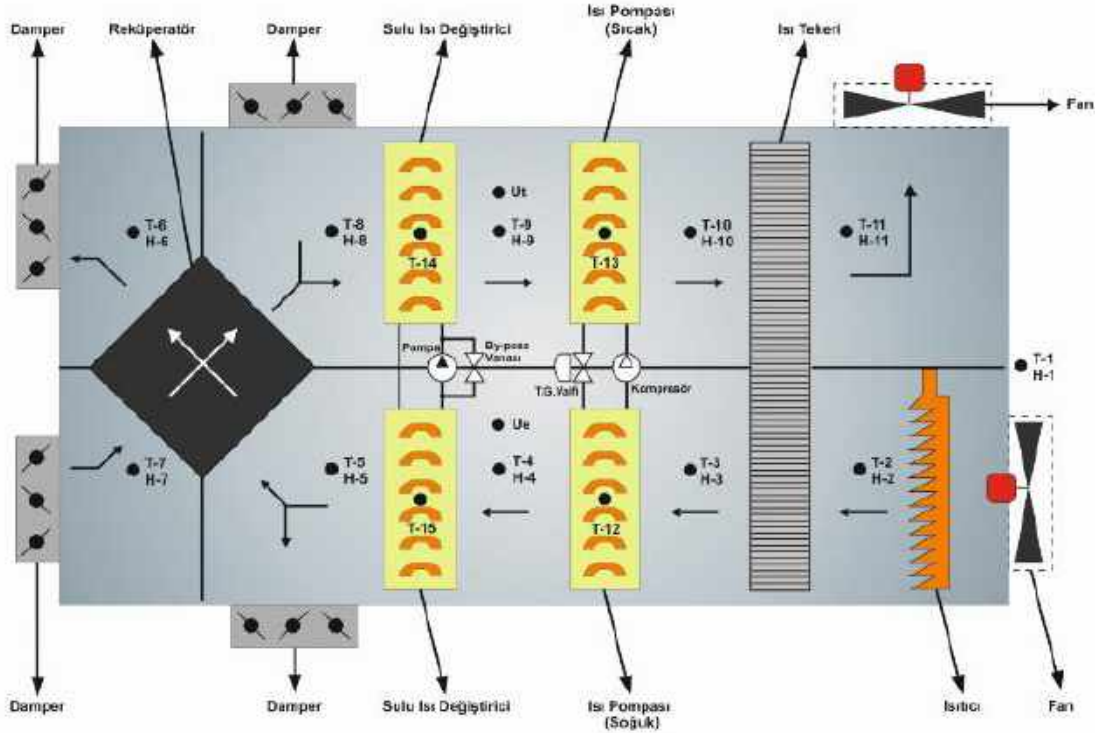
Yapılan bu çalışmada, sanayide en çok karşılaşılan hava-hava tipi ısı geri kazanım cihazı olan ısı tekeri ve reküparatörün ısı verimleri üzerinde akış hızları, egzoz havası sıcaklığı ve devir sayısı gibi parametrelerin etkisi araştırılmıştır. Isıl verimleri etkileyen bu parametrelerin etkisini bir arada incelemek ve en etkin parametreleri belirlemek için Taguchi optimizasyon metodu kullanılmıştır. Taguchi metodunun sonuçlarının desteklenmesi ve daha detaylı analiz edilmesi için varyans analizi (ANOVA) gerçekleştirilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Hava-hava tipi ısı geri kazanım cihazları olan ısı tekeri ve reküparatörün ısı verimleri üzerine etki eden parametrelerin incelenmesi için Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Enerji Verimliliği Eğitim Laboratuvarı’nda bulunan ve Şekil 1’de verilen atık ısı geri kazanım ünitesi kullanılmıştır. Deneysel incelemede kullanılan atık ısı geri kazanım ünitesinde toplam 4 tane geri kazanım sistemi bulunmaktadır. Bunlar: ısı tekeri, sulu ısı değiştiricisi (ekonomizer), ısı pompası, plakalı ısı değiştiricisi (reküparatör)’dir. Ayrıca sistemde bir adet ısıtıcı, 2 adet fan, 4 adet damper bulunmaktadır. Sistem üzerinde toplam 11 ayrı noktada sıcaklık ve nem kontrolü yapılabilmektedir. Deneysel incelemede kullanılan atık ısı geri kazanım ünitesinin şematik gösterimi, elemanları ve sıcaklık-nem ölçüm

noktaları detaylı olarak Şekil 1’de verilmektedir. Şekil 1’de ilk sıcaklık T-1 ve nem H-1, son sıcaklık T-11 ve nem H-11 olmak üzere ölçüm noktaları sırasıyla gösterilmiştir.

Sistemde deneye başlamadan önce kontrol ekranından ilgili deney parametreleri (sıcaklık, fan1 ve fan2 hızı, ısı tekeri devir hızı vb.) ayarlanmıştır. Yapılacak deneye ilişkin ayarlamalar yapıldıktan sonra, ısıtıcı ve fanlar açılmıştır. Sistem kararlı hale geldikten sonra ölçüm değerleri kontrol ekranından okunarak kaydedilmiştir. Isı tekeri ölçümlerinde karşıt akış sağlanması için üst ve alt damperler açık tutulurken, reküperatör ölçümlerinde çapraz akışı sağlayabilmek için yan kısımdaki damperler açılmıştır.



Şekil 1. Atık ısı geri kazanım ünitesinin şematik gösterimi (<http://kmu.edu.tr/akademikenerji>)

Atık ısı geri kazanım sisteminin (ısı değiştiricisinin) performansının saptanması için toplam ısı geçişini belirten bir bağıntıya ihtiyaç duyulmaktadır. Isı kaybının olmadığını kabul ederek; termodinamik ve ısı geçiş prensiplerini kullanarak bir ısı değiştiricisi için Denklem (2.1) yazılabilmektedir (Çengel, 2011):

$$Q = U \cdot A \cdot \Delta T_{LM} \quad (2.1)$$

Burada  $U$  = Toplam ısı transfer kat sayısı ( $W/m^2 \cdot ^\circ C$ ),  $A$  = Isı transfer yüzeyi ( $m^2$ ) ve  $\Delta T_{LM}$  = Logaritmik ortalama sıcaklık farkı ( $^\circ C$ ) şeklindedir. Isı değiştiricisinden çevreye ısı kaybı olmadığı durumda, kinetik ve potansiyel enerjiler ihmal edildiğinde farklı sıcaklıkta bulunan iki akışkanın ısı transfer denkliği Denklem (2.2) ile verilmektedir.

$$\dot{Q} = \dot{m}(h_g - h_c) \quad (2.2)$$

Burada  $\dot{m}$  = Akışkanın kütleli debisi ( $kg/s$ ) ve  $h_g, h_c$  = Akışkanın sıcaklığa bağlı giriş ve çıkış entalpileri ( $kJ/kg$ ) şeklindedir.

Bu denklemi sıcak ve soğuk akışkan için yazarsak, sıcak akışkandan soğuk akışkana gerçekleşen ısı transferi Denklem (2.3) elde edilmektedir:

$$\dot{Q}_1 = \dot{m}_{sıcak}(h_{sıcak,g} - h_{sıcak,ç}) \quad (2.3)$$

Soğuk akışkandan sıcak akışkana gerçekleşen ısı transferi ise Denklem (2.4) kullanılarak bulunur.

$$\dot{Q}_2 = \dot{m}_{soğuk}(h_{soğuk,ç} - h_{soğuk,g}) \quad (2.4)$$

Burada,  $\dot{m}_{sıcak}, \dot{m}_{soğuk}$  = Sıcak ve soğuk akışkanın kütleli debileri ( $kg/s$ ),  $h_{sıcak,g}, h_{sıcak,ç}$  = Sıcak akışkanın giriş ve çıkış entalpileri ( $kJ/kg$ ) ve  $h_{soğuk,g}, h_{soğuk,ç}$  = Soğuk akışkanın giriş ve çıkış entalpileri ( $kJ/kg$ ) olarak tanımlanmaktadır.

Denkliklerde kullanılan havanın kütleli debisi ise Denklem (2.5) ve (2.6) kullanılarak hesaplanabilir;

$$\dot{m}_{sıcak} = \dot{V}_1 / v_g \quad (2.5)$$

$$\dot{V}_1 = A \cdot u \quad (2.6)$$

Burada,  $\dot{V}_1$ = Hacimsel debi ( $m^3/s$ ),  $A$  = Isı transfer yüzey alanı ( $m^2$ ) ve  $u$  = Akışkanın hızı ( $m/s$ ) olmak üzere  $V_g$ ; girişteki havanın özgül hacmidir ve birimi  $m^3/kg$ 'dir.

**Isıl verimlilik** ise Denklem (2.7) kullanılarak;

$$\eta = \dot{Q}_2 / \dot{Q}_1 \quad (2.7)$$

şeklinde bulunur. Akışkanın entalpi ve özgül hacim değerleri, giriş ve çıkış noktalarında ölçüm sırasında alınan kuru termometre sıcaklığı ve bağıl nem değerlerine bağlı olarak psikometrik diyagramdan okunmuştur.

## 2.1. Isı Tekerinin Isıl Verimliliğinin Bulunması

Deney sistemindeki parametreler ve literatürdeki çalışmalar ışığında ısı tekerinin atık ısı geri kazanım verimini bulmak için belirlenen parametreler ve seviyeleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Isı tekeri ısı verimliliği deney parametreleri

	Devir Sayısı (%) (A)	Fan 1 Hızı (%)	Fan 2 Hızı (%)
1	60	60	60
2	80	80	80
3	100	100	100

Isı tekerinin ısı verimliliği için belirlenen deney parametreleri ve seviyeleri incelendiğinde 3 seviyeli 3 faktörden oluşan bir deney tasarımına ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Geleneksel yol tercih edildiğinde deney sayısının  $3^3 = 27$  tane olması gerekmektedir. Deney sayısının azaltılması ve optimum sonuçların elde edilebilmesi için Taguchi tarafından gerçekleştirilen 9 denemeli  $L_9$  ortogonal dizisi bu deney için seçilmiştir. Bu yöntem kullanılarak yapılması zorunlu olan 9 deney ile istenilen analizler gerçekleştirilmiş ve toplam 27-9=18 deneyin yapılmasına gerek kalmamıştır. 18 tane deneyin yapılması için geçecek süre ve maliyet kullanılmayarak tasarruf edilmiştir.

Tablo 2'te deneylerde kullanılan  $L_9$  ortogonal dizini verilmiştir. Bu tabloya göre parametreler sütunlara yerleştirilmiştir.

Tablo 2.  $L_9$  ortogonal dizini

	A	B	C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	1	3	3
4	2	1	2
5	2	2	3
6	2	3	1
7	3	1	3
8	3	2	1
9	3	3	2

Isı tekerinin ısı verimliliğinin hesaplanması için belirlenen sistem parametrelerinin sütunlara yerleşimi sırasıyla Tablo 3'te verilmiştir.



Tablo 3. Isı tekeri sistemi deney tasarımı

Deney No	A	B	C
1	60	60	60
2	60	80	80
3	60	100	100
4	80	60	80
5	80	80	100
6	80	100	60
7	100	60	100
8	100	80	60
9	100	100	80

## 2.2. Reküparatörün Isıl Verimliliğinin Bulunması

Deney sistemindeki parametreler ve literatürdeki çalışmalar ışığında reküparatörün atık ısı geri kazanım verimini bulmak için belirlenen parametreler ve seviyeleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Reküparatör ısı verimliliği deney parametreleri

	Hava Giriş Sıcaklığı (°C) (A)	Fan 1 Hızı (%)	Fan 2 Hızı (%)
1	30	60	60
2	40	80	80
3	50	100	100

Reküparatörün ısı verimliliği için belirlenen deney parametreleri ve seviyeleri incelendiğinde 3 seviyeli 3 faktörden oluşan bir deney tasarımına ihtiyaç duyulduğu görülmektedir. Benzer şekilde, geleneksel yol tercih edildiğinde deney sayısı  $3^3 = 27$  olmaktadır. Taguchi tarafından gerçekleştirilen 9 denemeli  $L_9$  ortogonal dizisi bu deney için de seçilmiştir. Yapılacak 9 deney ile istenilen analizler yapılabilmektedir ve  $27-9=18$  deney yapmak için geçen süre ve maliyetten tasarruf edilmiştir.. Deney tasarımı için yine Tablo 2'te verilen modifiye  $L_9$  ortogonal dizini kullanılmıştır.

Reküparatörün ısı verimliliğinin hesaplanması için belirlenen sistem parametrelerinin sütunlara yerleşimi sırasıyla Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Reküparatör sistemi deney tasarımı

Deney No	A	B	C
1	30	60	60
2	30	80	80
3	30	100	100
4	40	60	80
5	40	80	100
6	40	100	60
7	50	60	100
8	50	80	60
9	50	100	80

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Isı Tekerinin Isıl Verimlilik Sonuçları

Isı tekeri sistemi için Taguchi optimizasyon metodu ile belirlemiş olan deney tasarımı neticesinde gerçekleştirilen deneylerin ölçüm sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Tabloda bulunan T ve H ölçümleri sırasıyla, Şekil 1'de verilen noktalardaki kuru termometre sıcaklıklarını ve bağıl nemleri göstermektedir.  $u_t$  taze hava hızını ve  $u_e$  egzoz hava hızını vermektedir.

Tablo 6. Isı tekeri sistemi ölçüm sonuçları

Deney no	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Devir sayısı (%)	60	60	60	80	80	80	100	100	100
Fan1 Hızı (%)	60	80	100	60	80	100	60	80	100
Fan2 Hızı (%)	60	80	100	80	100	60	100	60	80
T <sub>2</sub> (°C)	41	39,5	40,1	39,9	39,3	39,0	39,1	39,1	39,2
H <sub>2</sub> (%)	15,2	12,9	15,6	11,6	12,8	13,0	12,1	11,9	13,3
T <sub>3</sub> (°C)	33,3	28,8	30,9	26,5	27,6	32,0	26,0	31,1	30,1
H <sub>3</sub> (%)	23,1	23,6	25,9	24,1	24,5	19,7	24,5	19,5	22,1
T <sub>10</sub> (°C)	31,2	26,0	27,7	25,2	25,2	25,8	25,2	26,0	26,0
H <sub>10</sub> (%)	23,6	26,9	30,1	25,4	27,4	26,7	25,0	24,5	26,9
T <sub>11</sub> (°C)	40,9	34,4	37,4	34,8	34,7	35,5	33,1	35,7	37,0
H <sub>11</sub> (%)	15,4	17,3	18,3	15,6	16,8	16,2	16,8	14,9	15,4
u <sub>t</sub> (m/s)	0,38	0,61	0,68	0,64	0,83	0,29	0,80	0,30	0,56
u <sub>c</sub> (m/s)	0,57	0,75	0,88	0,58	0,75	1,00	0,58	0,81	0,90

Taguchi optimizasyon metodu ile oluşturan deney tasarımı neticesinde, belirlenen parametreler ve seviyelerine göre deneyler gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler doğrultusunda psikrometrik diyagram kullanılarak entalpi ve özgül hacim ( $v_{gt}$  taze havanın özgül hacmini ve  $v_{ge}$  egzoz havasının özgül hacmini göstermektedir) değerleri okunmuştur. Değerler okunduktan sonra eşitlikler kullanılarak ısı yük hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Psikrometrik diyagramdan okunan değerler ve yapılan hesaplamaların sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Isı tekeri sistemi hesaplama sonuçları

Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
h <sub>2</sub> (kJ/kg)	61,0	53,0	59,0	53,8	53,0	54,0	52,0	53,0	54,3
h <sub>3</sub> (kJ/kg)	52,0	42,0	43,0	41,5	37,0	47,0	39,0	45,1	46,0
h <sub>10</sub> (kJ/kg)	48,7	39,0	49,0	39,0	39,0	40,0	39,0	39,8	40,0
h <sub>11</sub> (kJ/kg)	58,0	49,0	56,0	49,0	49,0	50,0	47,2	49,0	52,0
v <sub>gt</sub> (m <sup>3</sup> /kg)	0,901	0,892	0,897	0,893	0,891	0,892	0,891	0,891	0,892
v <sub>ge</sub> (m <sup>3</sup> /kg)	0,899	0,879	0,889	0,879	0,879	0,882	0,897	0,882	0,887
Q <sub>1</sub> (kJ/s)	0,252	0,338	0,688	0,360	0,592	0,343	0,367	0,316	0,365
Q <sub>2</sub> (kJ/s)	0,177	0,296	0,238	0,32	0,41	0,14	0,320	0,138	0,324
η (%)	70	87	34	90	69	40	87	43	90

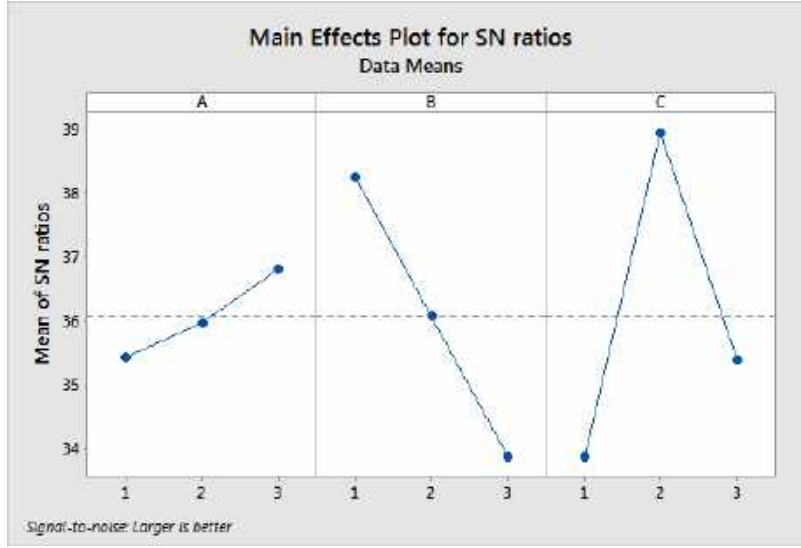
Tüm parametrelerin, ısı tekeri ısı verimliliği üzerindeki etkisinin araştırılması için Taguchi tarafından belirlenen Sinyal/Gürültü (S/N) oranları hesaplanarak, ANOVA analizi yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler ile hesaplanan ısı verimlilik değerleri ve bunların ‘en büyük-en iyi’ yaklaşımına göre hesaplanan S/N oranları Tablo 8’de verilmiştir. En-büyük-en-iyi yaklaşımıyla S/N oranının hesaplanması Denklem (4.1) ile gerçekleştirilmiştir (Karanfil, 2020).

$$S/N = -10\log\left(\frac{1}{n}\sum_{i=1}^n \frac{1}{y_i^2}\right) \quad (4.1)$$

Tablo 8. Isı tekeri sisteminin S/N oranları

	A	B	C	Verim (%)	S/N
1	60	60	60	70	36,90
2	60	80	80	87	38,79
3	60	100	100	34	30,63
4	80	60	80	90	39,08
5	80	80	100	69	36,78
6	80	100	60	40	32,04
7	100	60	100	87	38,79
8	100	80	60	43	32,67
9	100	100	80	90	38,99

Taguchi analizi ile her bir parametre için S/N oranları hesaplanıp, her bir parametrenin ısı tekeri ısı verimliliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Parametrelerin optimum seviyelerinin belirlenmesi için oluşturulan S/N grafiği Şekil 2’de verilmiştir. Elde edilen grafiklerden yola çıkarak optimum koşullar; ısı tekeri için A3B1C2 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak doğrulama deneyinin ısı tekeri için % 100 ısı tekeri devir hızı, % 60 Fan 1 hızı ve % 80 Fan 2 hızı şartlarında gerçekleştirileceği belirlenmiştir.



Şekil 2. Isı tekeri S/N oranı grafikleri

Belirlenen parametrelerin ve seviyelerinin ısı tekeri sisteminin ısı verimliliği üzerindeki etkisinin araştırılması için S/N oranı tablosu ve ANOVA analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar sırasıyla Tablo 9 ve Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 9. Isı tekeri verimliliğinin S/N oranları

Seviye	A	B	C
1	35,44	38,26	33,87
2	35,97	36,08	38,95
3	36,82	33,89	35,40
Delta	1,38	4,37	5,08
Kademe	3	2	1

Tablo 10. Isı tekeri verimliliğinin ANOVA analizi

Parametre	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Varyans	F-değeri
A	2	138,7	69,33	0,20
B	2	1184,0	592,00	1,74
C	2	2212,7	1106,33	3,25
Hata	2	680,7	340,33	
Toplam	8	4216,0		

S/N oranları ve ANOVA analizi sonuçlarına göre ısı tekeri verimliliğinde en etkili faktör Fan 2 hızı, yani taze hava hızıdır. Bunu sırayla Fan 1 hızı ve ısı tekeri devir hızı takip etmektedir.

Taguchi analizi sonucunda optimum koşullar; A3B1C2 olarak belirlenmiştir. Bu şartlarda gerçekleştirilen doğrulama deneyinin verileri ve psikrometrik diyagramdan okunan değerleri ile hesaplanan ısı yükleri Tablo 11 ve 12'de sırasıyla verilmiştir.

Tablo 11. Isı tekeri doğrulama deneyi ölçüm sonuçları

Doğrulama Deneyi	
T <sub>2</sub> (°C)	40,6
H <sub>2</sub> (%)	14,6
T <sub>3</sub> (°C)	26,7
H <sub>3</sub> (%)	32,0
T <sub>10</sub> (°C)	24,8
H <sub>10</sub> (%)	35,1
T <sub>11</sub> (°C)	37,4
H <sub>11</sub> (%)	18,1
u <sub>t</sub> (m/s)	0,57
u <sub>e</sub> (m/s)	0,59

Tablo 12. Isı tekeri doğrulama deneyi hesaplama sonuçları

Doğrulama Deneyi	
$h_2$ (kJ/kg)	59,0
$h_3$ (kJ/kg)	47,0
$h_{10}$ (kJ/kg)	44,0
$h_{11}$ (kJ/kg)	56,0
$v_{gt}$ (m <sup>3</sup> /kg)	0,899
$v_{ge}$ (m <sup>3</sup> /kg)	0,899
$Q_1$ (kJ/s)	0,348
$Q_2$ (kJ/s)	0,336
$\eta$ (%)	97

Optimum koşullar altında gerçekleştirilen deneyde ısı verim % 97 olarak bulunmuş ve bu değer elde edilen en yüksek verim olarak kaydedilmiştir (Ener Rusen vd., 2017a). Antonellis ve ark. (2014) yaptıkları çalışmada duyulur verimliliği maksimum, basınç düşüşünü ise minimum yapmak için ısı tekerlerinin ayrıntılı bir optimizasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Optimizasyon çalışmasını, ısı tekeri uzunluğu, kanal tabanı, yükseklik ve kalınlık gibi ana tasarım parametrelerinin değişimi ile farklı çalışma koşulları için, yani hava yüzeyi hızı ve devir sayısı ile gerçekleştirmişlerdir. Yapılan deneyler sonucunda maksimum ısı tekeri duyulur verimini % 79 olarak bulmuşlar ve optimizasyon çalışması ile % 83 civarlarına çıkarmışlardır. Wallin ve Claesson (2014) yaptıkları çalışmada ısı tekerinin kullanıldığı bir hava kontrol ünitesinde ısı pompası kullanarak ısı geri kazanımını arttırmayı amaçlamışlardır. Yapılan çalışmada ısı tekerinin ısı verimi % 63 olarak bulunurken, toplam ısı verimlilik % 87 olarak hesaplanmıştır. Isı pompası, kompresör ve ısı tekerinin baz alındığı tüm sistemin ısı verimi ise % 97 olarak belirlenmiştir. Çalışmalarımızda kullanılan sistemin daha küçük kapasiteli olması ve kayıplarının minimuma indirgenmiş olması sebebiyle daha yüksek verimliliğe sahip olması mantıklı bir sonuç olmakla birlikte literatürle uyumluluk da göstermektedir.

### 3.2. Reküparatörün Isıl Verimlilik Sonuçları

Reküparatör sistemi için Taguchi optimizasyon metodu ile belirlemiş olan deney tasarımı neticesinde gerçekleştirilen deneylerin ölçüm sonuçları Tablo 13'te verilmiştir. Tablodaki T ve H sırasıyla, Şekil 1'de verilen noktalardaki kuru termometre sıcaklıklarını ve bağıl nemleri göstermektedir.  $u_t$  taze hava hızını ve  $u_e$  egzoz hava hızını vermektedir.

Tablo 13. Reküparatör sistemi ölçüm sonuçları

Deney no	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Hava Giriş Sıcaklığı (°C)	30	30	30	40	40	40	50	50	50
Fan1 Hızı (%)	60	80	100	60	80	100	60	80	100
Fan2 Hızı (%)	60	80	100	80	100	60	100	60	80
T <sub>5</sub> (°C)	30,6	30,6	30,6	38,8	39,9	40,6	49,3	49,1	48,0
H <sub>5</sub> (%)	20,8	21	21,6	11,5	11,1	10,9	9,4	9,4	9,8
T <sub>6</sub> (°C)	28,2	28,6	28,6	30,3	32,5	36,5	34,7	42,3	41,5
H <sub>6</sub> (%)	23,5	23,1	23,6	17,6	15,8	13,0	18,9	12,7	13,2
T <sub>7</sub> (°C)	26,5	27,0	27,2	25,2	26,2	26,5	27,1	28,3	29,1
H <sub>7</sub> (%)	25,9	25,7	26,0	23,6	22,7	22,5	27,5	26,9	25,3
T <sub>8</sub> (°C)	28,9	28,9	29,0	32,1	33,3	36,5	37,6	42,8	41,0
H <sub>8</sub> (%)	22,5	23,0	23,5	16,1	15,4	13,2	15,7	12,7	13,5
$u_t$ (m/s)	0,31	0,54	0,64	0,54	0,70	0,28	0,72	0,26	0,54
$u_e$ (m/s)	0,53	0,77	0,82	0,67	0,96	1,24	0,68	1,09	1,13

Taguchi optimizasyon metodu ile oluşturan deney tasarımı neticesinde, belirlenen parametreler ve seviyelerine göre deneyler gerçekleştirilmiş ve elde edilen veriler doğrultusunda psikrometrik diyagram kullanılarak entalpi ve özgül hacim değerleri okunmuştur. Değerler okunduktan sonra eşitlikler kullanılarak ısı yük hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Psikrometrik diyagramdan okunan değerler ve yapılan hesaplamaların sonuçları Tablo 14'te verilmiştir.



Tablo 14. Reküparatör sistemi hesaplama sonuçları

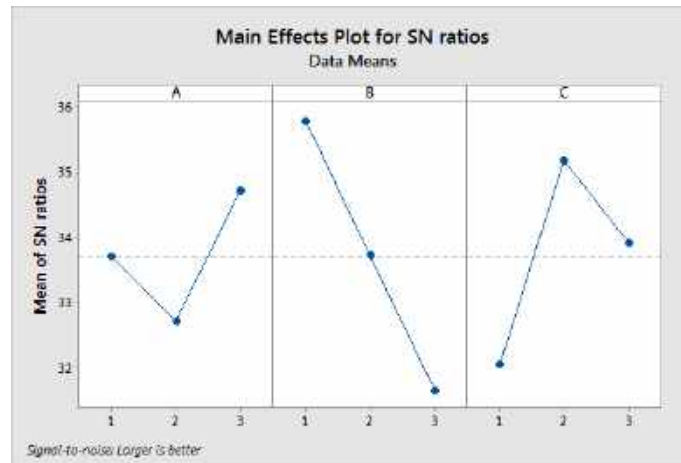
Deney No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$h_5$ (kJ/kg)	45,8	46,0	46,5	53,0	54,0	56,0	69,0	67,5	67,0
$h_6$ (kJ/kg)	42,5	43,0	43,5	43,0	45,0	48,0	51,0	60,0	58,0
$h_7$ (kJ/kg)	40,0	42,0	43,0	37,0	39,0	41,0	44,5	45,0	46,5
$h_8$ (kJ/kg)	43,5	44,0	44,5	45,0	46,5	49,0	54,0	59,0	58,0
$v_{gt}$ (m <sup>3</sup> /kg)	0,863	0,862	0,863	0,871	0,874	0,883	0,888	0,902	0,898
$v_{ge}$ (m <sup>3</sup> /kg)	0,866	0,868	0,869	0,890	0,894	0,895	0,922	0,924	0,918
$\dot{Q}_1$ (kJ/s)	0,089	0,118	0,125	0,333	0,428	0,490	0,587	0,391	0,490
$\dot{Q}_2$ (kJ/s)	0,055	0,055	0,049	0,219	0,232	0,112	0,341	0,179	0,306
$\eta$ (%)	62	47	39	65	54	23	58	45	62

Tüm parametrelerin, reküparatörün ısı verimliliği üzerindeki etkisinin araştırılması için Taguchi tarafından belirlenen Sinyal/Gürültü (S/N) oranları hesaplanarak, ANOVA analizi yapılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda elde edilen veriler ile hesaplanan ısı verimlilik değerleri ve bunların ‘en büyük-en iyi’ yaklaşımına göre hesaplanan S/N oranları Tablo 15’te verilmiştir. En-büyük-en-iyi yaklaşımıyla S/N oranının hesaplanması Eşitlik 4.1 ile gerçekleştirilmiştir.

Tablo 15. Reküparatör sisteminin S/N oranları

	A	B	C	Verim (%)	S/N
1	30	60	60	62	35,84
2	30	80	80	47	33,44
3	30	100	100	39	31,82
4	40	60	80	65	36,25
5	40	80	100	54	34,64
6	40	100	60	23	27,23
7	50	60	100	58	35,26
8	50	80	60	45	33,06
9	50	100	80	62	35,84

Taguchi analizi ile her bir parametre için S/N oranları hesaplanıp, her bir parametrenin reküparatör ısı verimliliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Parametrelerin optimum seviyelerinin belirlenmesi için oluşturulan S/N grafiği Şekil 3’te verilmiştir. Elde edilen grafiklerden yola çıkarak optimum koşullar; reküparatör için A3B1C2 olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak doğrulama deneyinin reküparatör için 50 °C sıcaklık, % 60 Fan 1 hızı ve % 80 Fan 2 hızı şartlarında gerçekleştirileceği belirlenmiştir.



Şekil 3. Reküparatör S/N oranı grafikleri

Belirlenen parametrelerin ve seviyelerinin reküparatör sisteminin ısı verimliliği üzerindeki etkisinin araştırılması için S/N oranı tablosu ve ANOVA analizi gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar sırasıyla Tablo 16 ve 17’de verilmiştir.

Tablo 16. Reküparatör verimliliğinin S/N oranları

Seviye	A	B	C
1	33,70	35,79	32,05
2	32,71	33,72	35,18
3	34,73	31,63	33,91
Delta	2,01	4,16	3,13
Kademe	3	1	2

Tablo 17. Reküparatör verimliliğinin ANOVA analizi

Parametre	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Varyans	F-değeri
A	2	94,89	47,44	0,23
B	2	636,22	318,11	1,51
C	2	322,89	161,44	0,77
Hata	2	420,22	210,11	
Toplam	8	1474,22		

S/N oranları ve ANOVA analizi sonuçlarına göre reküparatör verimliliğinde en etkili faktör Fan 1 hızı, yani egzoz havası hızıdır. Bunu sırayla Fan 2 hızı ve sıcaklık takip etmektedir.

Taguchi analizi sonucunda optimum koşullar; A3B1C2 olarak belirlenmiştir. Bu şartlarda gerçekleştirilen doğrulama deneyinin verileri ve psikrometrik diyagramdan okunan değerleri ile hesaplanan ısı yükleri Tablo 18 ve 19'da sırasıyla verilmiştir.

Tablo 18. Reküparatör doğrulama deneyi ölçüm sonuçları

Doğrulama Deneyi	
T <sub>5</sub> (°C)	50,5
H <sub>5</sub> (%)	6,3
T <sub>6</sub> (°C)	37,4
H <sub>6</sub> (%)	11,7
T <sub>7</sub> (°C)	27,2
H <sub>7</sub> (%)	20,2
T <sub>8</sub> (°C)	39,7
H <sub>8</sub> (%)	10,6
u <sub>t</sub> (m/s)	0,36
u <sub>e</sub> (m/s)	0,71

Tablo 19. Reküparatör doğrulama deneyi hesaplama sonuçları

Doğrulama Deneyi	
h <sub>5</sub> (kj/kg)	67
h <sub>6</sub> (kj/kg)	52
h <sub>7</sub> (kj/kg)	40
h <sub>8</sub> (kj/kg)	53
v <sub>gt</sub> (m <sup>3</sup> /kg)	0,888
v <sub>ge</sub> (m <sup>3</sup> /kg)	0,921
Q <sub>1</sub> (kj/s)	0,511
Q <sub>2</sub> (kj/s)	0,376
η (%)	73

Optimum koşullar altında gerçekleştirilen deneyde ısı verim % 73 olarak bulunmuş ve bu değer elde edilen en yüksek verim olarak kaydedilmiştir (Ener Rusen vd., 2017b). İlten ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada ısı pompası destekli ısı geri kazanım cihazının deneysel çalışmalarını incelemiş ve oluşan hataların sistem üzerine etkisini araştırmışlardır. Kış koşullarında (ısıtma durumunda) reküparatörün etkinliğini % 70 civarında bulmuşlardır.

## 4. Sonuç

Atık ısı geri kazanımı için kullanılan ısı tekeri ve reküparatörün ısı verimlerinin üzerindeki etkin parametrelerin belirlenmesi için yapılan bu çalışmada, atık ısı geri kazanım şartları Taguchi metodu ile optimize edilerek, deneyler L<sub>9</sub> ortogonal dizinde gerçekleştirilmiştir. Yapılması gereken deney sayısı Taguchi metodu ile 9 olarak belirlenmiş ve optimum sonuçlar elde edilecek şekilde minimum deney sayısı ile analizler yapılmıştır. Analizler için geleneksel yöntemle göre 18 deney daha az yapılarak zaman ve maliyet tasarrufu yapılmıştır. Isıl verimlilik hesaplamalarının yapılması için deneyler sonucunda elde edilen değerler kullanılarak psikrometrik

diyagramdan entalpi ve özgül hacim değerleri okunmuştur. Denklemler kullanılarak hesaplanan ısı verimleri arasında, optimum atık ısı geri kazanım koşullarının belirlenmesi için Taguchi S/N oranı ve ANOVA analizi gerçekleştirilmiştir. Optimum koşullar ısı tekeri için A3B1C2 (% 100 ısı tekeri devir hızı, % 60 Fan 1 hızı ve % 80 Fan 2 hızı) ve reküperatör için A3B1C2 (50 °C sıcaklık, % 60 Fan 1 hızı ve % 80 Fan 2 hızı) olarak bulunmuştur. Isı tekeri için en etkin parametre Fan 2 hızı yani taze hava hızı olarak bulunurken, reküperatör için en etkin parametere Fan 1 hızı yani egzoz havası hızıdır. Doğrulama deneyleri sonucunda elde edilen en yüksek verim değerleri ısı tekeri ve reküperatör sistemleri için sırasıyla % 97 ve % 73 olarak bulunmuştur. Bu değerler, yapılan tüm deneyler içerisinde en yüksek verim değerleri olarak kaydedilmiştir. Bu durum yapılan analizlerin doğruluğunu kanıtlamakta ve ileride yapılacak çalışmalara ışık tutmaktadır.

## Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirildiği sistemin alınmasına TR52/15/YNRKG1/0013 proje numarası ile finansal destek sağlayan Mevlana Kalkınma Ajansı'na (MEVKA) ve Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

## Kaynakça

- Antonellis, S., Intini, M., Joppolo, C.M., Leone, C., 2014. "Design optimization of heat wheels for energy recovery in HVAC systems", *Energies*, 7, 7348-7367.
- Brueckner, S., Miro, L., Cabeza, L.F., Pehnt, M., Laevemann, E., 2014. "Methods to estimate the industrial waste heat potential of regions – A categorization and literature review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 38, 164-171.
- Çengel, Y.A., 2011. "Isı ve Kütle Transferi-Pratik Bir Yaklaşım", Üçüncü Baskı, Güven Bilimsel, İzmir Güven Kitabevi, İzmir.
- Çomaklı, K. ve Terhan, M., 2011. "Sıcak su üretimi için baca gazı atık enerjinin kullanımı", *Tesisat Mühendisliği Dergisi*, 124, 43-51.
- Editorial, 2018. "Editorial: Industrial waste heat recovery", *Energy*, 160, 1-2.
- Ener Rusen, S. ve Koç, M. 2019. "Enerji Tüketim ve CO<sub>2</sub> Salınım Değerlerinin Analizi; Bir Gıda Fabrikası Örneği", *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 8 (4), 1478-1488.
- Ener Rusen, S., 2019. "Elektrik Motorlarının Verimlilik ve CO<sub>2</sub> Emisyon Analizi; Bir Gıda Fabrikası Örneği", *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 564-569.
- Ener Rusen, S., Topcu, M.A., Celtek, S.A., Karanfil, G. ve Rusen, A. 2018. "Investigation of energy saving potentials of a food factory by energy audit", *Journal of Engineering Research and Applied Science*, 7 (1), 848-860.
- <sup>a</sup>Ener Rusen, S., Karanfil Celep, G., Poyraz, Ş. N., 2017. "Optimization of system parameters of heat wheel to enhance the thermal efficiency using Taguchi optimization method", *International Conference on Energy and Thermal Engineering: İstanbul 2017*, 281.
- <sup>b</sup>Ener Rusen, S., Karanfil Celep, G., Can, M., 2017. "Influence of Inlet Temperature and Flow Rate of Air on The Thermal Yield of Recuperator", *International Conference on Energy and Thermal Engineering: İstanbul 2017*, 279.
- <http://kmu.edu.tr/akademikenerji>
- İlten, N., Muslu, M., Caner, İ., 2019. "Isı pompası destekli ısı geri kazanım cihazında kullanılan parametrelerin hata analizleri", *BAUN Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (1), 53-62.
- Jouhara, H., Khordehghah, N., Almahmoud, S., Delpech, B., Chauhan, A., Tassou, S.A., 2018. "Waste heat recovery technologies and applications", *Thermal Science and Engineering Progress*, 6, 268-289.
- Karanfil, G., Ener Rusen, S., Topcu, M.A., Çeltek, S.A. ve Rusen, A., 2019. "Application of Recuperator for Waste Heat Recovery from Exhaust Flue Gas in Hot Water Boiler in a Central Heating Plant", *Eskişehir Technical University Journal of Science and Technology A- Applied Sciences and Engineering*, 20(1), 112-120.
- Karanfil, G., 2020. "Importance and applications of DOE/optimization methods in PEM fuel cells: A review", *International Journal of Energy Research*, 44, 4-25.
- Manikantha, J.T., Krishna, A.R., Phanisankar, B.S.S., 2017. "Effect on Performance and Emission Characteristics of C.I Engine by Preheating of Intake Air Using Heat Wheel", *International Journal of Thermal Technologies*, 7(4), 211-222.
- Oğulata, R.T., 2004. "Utilization of waste-heat recovery in textile drying", *Applied Energy*, 79, 41-49.
- Shahsavari, A. ve Khanmohammadi, S., 2019. "Energy and economic evaluation and multicriteria optimization of different arrangements of integrated photovoltaic thermal and heat recovery wheel system", *International Journal of Energy Research*, 1-18.
- Uysal, H. L., 2019. "Endüstriyel boyahane tesislerinde baca gazı atık ısısının geri kazanım analizi ve bir uygulama", *Yüksek lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, Balıkesir Üniversitesi.*
- Wallin, J. and Claesson, J., 2014. "Improving heat recovery using retrofitted heat pump in air handling unit with energy wheel", *Applied Thermal Engineering*, 62, 823-829.
- Varga, Z. ve Palotai, B., 2017. "Comparison of low temperature waste heat recovery methods", *Energy*, 137, 1286-1292.



# Sulama Kanalları Üzerine İnşa Edilen Hidroelektrik Santrallerin İşletilmesi Üzerine Bir Çalışma

Cengiz Koç<sup>11</sup>

<sup>1</sup> Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Muğla, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7310-073X)

(İlk Geliş Tarihi 20 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.707084)

**ATIF/REFERENCE:** Koç, C. (2020). Sulama Kanalları Üzerine İnşa Edilen Hidroelektrik Santrallerin İşletilmesi Üzerine Bir Çalışma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 138-144.

## Öz

Son yıllarda, ülkemizde sulama kanalları üzerindeki düşümlerden yararlanarak inşa edilen kanal Hidroelektrik Santralleri ve sulama hizmetlerinin birlikte işletilmesi oldukça önemlidir. Bazı sulama şebekelerinde inşa edilen sulama kanalları hem sulama hem de enerji üretimi için kullanılmaktadır. Bu nedenle, inşa edilen sulama kanalının verimli sulama hizmeti ve enerji üretimi için birlikte işletilmesi önemlidir. Bu çalışmada, Devlet Su İşleri ve özel şirketler tarafından sulama şebekeleriyle birlikte işletilen Hidroelektrik Santraller incelenmiştir. Sulama ve Hidroelektrik Santralin birlikte işletilmesinde karşılaşılan teknik, çevresel ve yönetsel sorunlar analiz edilmiş, sürdürülebilir sulama ve hidroelektrik santral işletmesi için uygun çözüm önerileri sunulmuştur. Sonuç olarak, kanal ve sulama şebekeleri üzerine inşa edilen Hidroelektrik Santraller çevre ile uyumlu olarak verimli bir şekilde işletilmelidir. Ancak, sulama hizmetleri ve hidroelektrik santraller birlikte uyum içinde işletilmezse, çevre, işletme ve bakım, yönetim, izleme ve değerlendirme sorunlarına yol açacaktır. Hidroelektrik üretiminin sürdürülebilirliğini sağlamak ve sulamada su kaynaklarını daha verimli kullanmak için işletme sürecinde ortaya çıkan bu sorunlara kalıcı ve etkin çözümler bulmak çok önemlidir.

**Anahtar Kelimeler:** Sulama Şebekesi, Hidroelektrik Santral, Sulama Kanalı, İşletme, Türbin Debisi

## A study on operation of hydroelectric power plants constructed on irrigation canal

### Abstract

Nowadays, it is very important to co-operate of irrigation services and canal Hydroelectric Power Plants built by taking advantage of the drops on the irrigation canals. Irrigation canals in some irrigation schemes serve both irrigation and energy production. Therefore, it is important that the built canal is operated together for optimum irrigation service and energy production. In this study, Hydroelectric Power Plants constructed integrated with irrigation schemes in recent years by private companies and State Hydraulic Works in Turkey were examined. Technical, environmental and management problems encountered in the co-operation of Irrigation and Hydroelectric Power Plants were analyzed, and suitable solutions were offered for sustainable irrigation services and Hydroelectric Power Plant operation. Hydroelectric Power Plants built on canal of irrigation schemes should be operated in harmony with the environment and sustainably. But, if irrigation channels and hydroelectric power plants do not work together in harmony, they will cause important problems in terms of environment, operation and maintenance, administrative, monitoring and evaluation. To ensure the sustainability of hydroelectric power generation and to use existing water resources more efficiently for irrigation activities, it is very important to find permanent and effective solutions to these problems that arise while operating these systems.

**Keywords:** Irrigation Scheme, Hydroelectric Power Plant, Irrigation Channel, Operation, Turbine Flow

<sup>1</sup> Sorumlu Yazar: Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü, Muğla, Türkiye, ORCID: 0000-0001-7310-073X, [cengizko9@gmail.com](mailto:cengizko9@gmail.com)



## 1. Giriş

Hidroelektrik enerji, hidrolojik su döngüsüne dayanan yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik, doğal, güvenilir ve düşük maliyetli yenilenebilir enerji üretim teknolojisi olarak kabul edilmektedir (Brown vd., 2011; IPCC, 2011). Sulama şebekeleri ile bütünleşik olarak inşa edilen hidroelektrik santraller (HES) genellikle kanal ve baraj tipi HES'lerden oluşmaktadır. Kanal ve baraj HES'lerinin amacı, yerel olarak kontrol edilebilen temiz, yenilenebilir bir enerji kaynağı sağlamaktır. Sulama ile bütünleşik barajların enerjisi HES tarafından alınır, daha sonra sulama için sağlanan suyun enerjisi sulama şebekesi üzerine inşa edilen kanal HES'i tarafından bir kez daha alınır. Hidroelektrik enerjinin gelişimi için kullanılmayan önemli bir fırsat sulama kanallarındaki akışlardan enerjiyi yakalamakta yatmaktadır. Ülkemizde 2015 yılı verilerine göre 36 adet kanal HES'i inşa edilerek işletmeye açılmış, kurulu güç 345,63 MW, üretim kapasitesi 1383,90 GWh/yıl dır (DSİ, 2015). Bugün Avrupa Birliğindeki büyük ve küçük ölçekli hidroelektrik santraller tarafından üretilen hidroelektrik enerji, toplam enerji üretiminin %13'ünü temsil etmektedir. Bu durumda, karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonu yılda 67 milyon tondan fazla azalacaktır (IPCC, 2011). Kanal HES projeleri, Devlet Su İşleri (DSİ) ve/veya özel şirketler tarafından geliştirilmekte ve Sulama Birlikleri ve özel şirketler tarafından birlikte işletilmektedir. Bazı kanal HES projeleri barajlara bağımlıdır. Bu tür bir santralde barajlardan bırakılan su, regülatör tarafından kanala yönlendirilir ve sulama sezonu boyunca düzenli miktardaki sulama suyu ile enerji üretilir ve aynı zamanda kış mevsimi süresince baraj işletme programına göre barajdan bırakılan su ile enerji üretme olasılığı bulunmaktadır (Koç, 2017). Günümüzde sulama kanallarındaki düşümlerden faydalanarak inşa edilen Kanal Hidroelektrik Santralleri ve sulama hizmetlerinin birlikte işletilmesi çok önemlidir. Bazı sulama şebekelerindeki sulama kanalları hem sulama hem de enerji üretimi için hizmet vermektedir. Bu nedenle, inşa edilen kanalın optimum sulama hizmeti ve enerji üretimi için birlikte çalıştırılması önemlidir. Bu çalışmada, Devlet Su İşleri ve özel şirketler tarafından sulama şebekeleriyle bütünleşik olarak inşa edilen HES'ler incelenmiştir. Sulama ve HES işletmesinde karşılaşılan teknik, çevresel ve yönetsel sorunlar analiz edilmiş, sürdürülebilir sulama hizmeti ve HES işletmesi için uygun çözüm önerileri sunulmuştur. Sonuç olarak, kanal ve sulama şebekeleri üzerine inşa edilen HES'ler çevre ile uyumlu olarak verimli bir şekilde işletilmelidir. Ancak, sulama ve santrallerin birlikte uyum içinde işletilememesi, çevre, işletme ve bakım, yönetim, izleme ve değerlendirme sorunlarına yol açacaktır. Hidroelektrik üretiminin sürdürülebilirliğini sağlamak ve ayrıca su kaynaklarını sulamada daha verimli kullanmak için işletme sürecinde ortaya çıkan bu sorunlara kalıcı ve etkin çözümler bulmak çok önemlidir.

## 2. Sulama kanalları üzerine inşa edilen hidroelektrik santraller ile sulama şebekelerinin birlikte işletilmesi

Küçük hidroelektrik santrallerin geliştirilmesiyle kullanılmayan önemli bir fırsat sulama kanallarındaki mevcut akışlardan üretilen enerjide yatmaktadır. Kanal tipi HES'leri yapmak için su bir saptırma yapısıyla bir kanala (veya tünele) yönlendirilir, ilgili yapılar ve santraller bu kanal üzerine inşa edilir. Kanal veya tünel, bir düşü kazanmak için uzatılır ve topografya ile jeolojinin en uygun olduğu yerden bir cebri boru ile santrale bağlanır. Kanal tipi hidroelektrik santraller, genellikle rezervuarı olmayan küçük kapasiteli hidroelektrik santrallerdir. Türkiye'de kanal tipi HES'lerin önemi son on yılda daha iyi anlaşılmıştır. Kanal HES'lerin yatırım süresi kısadır (1-3 yıl) ve en önemlisi, yatırım maliyeti büyük hidroelektrik santrallerinden daha düşük (1200-1800 US \$/kW) olduğu için bu projeler ekonomik açıdan uygulanabilir projelerdir. Ancak, santraller sadece mali açıdan güçlü şirketler tarafından inşa edilebilir. Kanal santralleri, su kaynağına ve santralin kanal üzerine inşa edildiği yere göre iki kısma ayrılır. Su kaynağına bağlı olarak baraj-regülatör-kanal-santral veya regülatör-kanal-santral şeklinde bir düzenleme olabilir (Şekil 1) (Koç, 2011). Santralin kanal üzerindeki konumuna bağlı olarak, memba, orta veya mansap yönünde olabilir. Kanal HES'lerinin elektrik üretim süresi sulama mevsimi uzunluğu ile sınırlıdır. Bazı kanal santralleri sulama için sınırlı suya sahip olduğu için yaz aylarında kullanılmazlar, sadece kış döneminde enerji üretilirler (Koç, 2011, 2015). Bazı kanal HES'leri su depolama tesislerine bağlıdır. Bu tür HES'lerde, barajdan bırakılan su, regülatör tarafından kanala yönlendirilir ve düzenli su miktarı ile hem sulama döneminde hem de kış döneminde baraj işletme programı doğrultusunda elektrik üretmesi mümkündür. Kanal HES'lerinin elektrik üretim süreci santral fizibilite raporunda belirlenen sürelerde yapılmalıdır. Kanal üzerine inşa edilen HES'ler yalnızca kanaldaki normal sulama akışlarını kullanacaktır. Kanal HES'leri için diğer kullanımlar ikincil role sahipken sulama hizmetleri birincil amaç olarak kalmaktadır. Hidroelektrik santraller kanalların işletmesi üzerinde hiçbir kontrole sahip olmayıp kanal santrali olarak işletilmelidir. Sulama mevsimi boyunca kanal HES'leri sulama akışlarını kanala yönlendirmekte, santrallerden geçirmekte ve suyu santrallerin hemen altındaki kanala tekrar geri vermektedir. Su kaynaklarından saptırılan sulama suyu mevcudiyeti, iklim koşulları, bitki deseni, arazi kullanım şekilleri ve diğer faktörler nedeniyle yıldan yıla değişmektedir. Bu değişkenlik HES'in üretimini etkileyecektir. Uzun dönemde, iklim değişiklikleri, küresel ısınma, bitki deseni ve arazi kullanım modellerindeki önemli değişiklikler saptırılacak sulama suyu miktarını ve su kullanım desenlerini etkileyecektir.

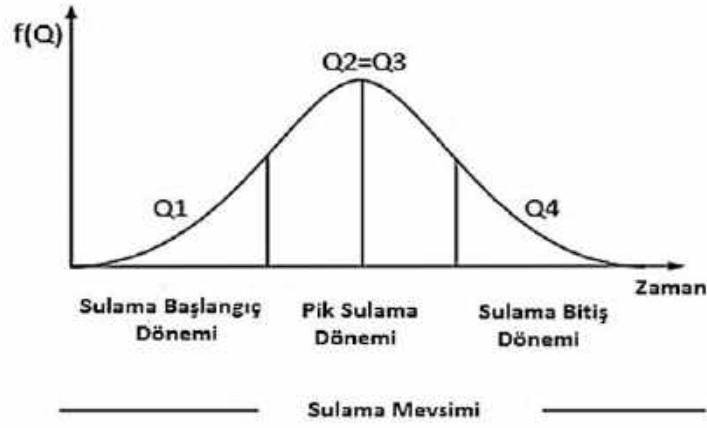


Şekil 1. Türkiye'de inşa edilen ve işletilen bazı kanal HES'leri

### 3. Sulama kanallarına inşa edilen HES'lerde türbin akış kapasitesinin seçilmesi

Türbin tasarım debisinin seçimi, sulama kanallarına inşa edilecek HES'leri için çok önemlidir. Bu nedenle, özellikle bu tür projelerde, sulama alanında yetiştirilecek bitki desenine dayalı aylık bitki-su tüketim değerleri ve sulama kanalına saptırılan suyun hidrolojisi dikkate alınmalıdır. Kanala saptırılan su miktarı ve sulama mevsimi içerisindeki dağılımı göz ardı edilerek seçilen türbin tasarım debisi, santralde üretilecek enerjinin maksimum seviyeye ulaşmasını önlemektedir.

Sulama mevsiminin gelişimi genellikle bir çan eğrisi şeklindedir. Bir sulama mevsimi, sulamanın başlangıç dönemi, en yoğun (pik) dönemi ve sulamanın bitiş dönemlerinden oluşmaktadır (Şekil 2). Sulama kanallarına saptırılan su miktarı sulamanın başlangıç ve bitiş dönemlerinde pik sulama dönemine göre daha azdır. Bu nedenle, türbin debileri, sulama sezonunun başlangıç ve bitiş döneminde kanala saptırılan suyu dikkate almaksızın sadece kanal kapasitesini veya pik sulama döneminde kanala saptırılan su debisini dikkate alarak seçilirse pik sulama sezonu dışında işletilemezler yada sadece sulama kanalında su biriktirildikten sonra işletilebilirler. Kanalda suyun biriktirilmesi, sulama hizmetlerini kesintiye uğratacağı için istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle, sulama kanalı üzerine kurulacak olan HES'lerin türbin tasarım debileri, sadece kanal kapasitesi, pik sulama dönemindeki debi, fiziksel ve inşaat koşulları dikkate alınarak belirlenmemelidir. Yalnızca kanal kapasitesi, pik sulama dönemi debisi ve santralin kurulduğu yerin fiziksel koşulları dikkate alınarak seçilen türbin tasarım debileri taşkın dönemlerinde ve pik sulama dönemlerinde maksimum enerji üretebilir. Kanal HES'lerinin anahtarı, tüm sulama mevsimi boyunca enerji üretebilen türbin debilerinin seçilmesidir. Sulama kanallarına kurulacak olan HES'ler için türbin tasarım debisinin nasıl seçileceğine ilişkin bir örnek aşağıda verilmiştir.



Şekil 2. Sulama dönemleri ve türbin tasarım debisi

Sulama kanalı üzerinde inşa edilecek olan bir HES projesinde; Kanal kapasitesi  $Q_c = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ , Sulamanın başlangıç dönemi: Nisan-Mayıs-Haziran ayları, Sulamanın başlangıç döneminde kanalda ihtiyaç duyulacak debi,  $Q_1 = 8-10 \text{ m}^3/\text{s}$ , Sulama pik periyodu: Temmuz-Ağustos aylarıdır, Sulama pik periyodunda ihtiyaç duyulan debi,  $Q_{2,3} = 50 \text{ m}^3/\text{s}$ , Sulamanın bitiş dönemi: Eylül-Ekim ayları, Sulamanın bitiş döneminde ihtiyaç duyulan debi,  $Q_4 = 8-10 \text{ m}^3/\text{s}$ , olsun,

I. Seçenek; pik sulama dönemindeki debi ve kanal kapasitesi dikkate alındığında sadece  $2 \times 25 \text{ m}^3/\text{s}$ , iki türbin seçimi inşaat ve türbin maliyeti açısından uygun olarak görülebilir, bu durumda sulama başlangıcında ve bitiş döneminde enerji üretilmez. Toplam 2 türbin

II. Seçenek; sulamanın başlangıç ve bitiş dönemleri için  $1 \times 10 \text{ m}^3/\text{s}$  ve pik sulama sezonu için  $2 \times 20 \text{ m}^3/\text{s}$  kapasiteli türbin seçilirse, hem sulamanın başlangıç ve bitiş dönemlerinde hem de pik dönem boyunca maksimum enerji üretilecektir. Bu nedenle 2. seçenek, bu proje için en uygun türbin tasarımıdır.  $Q_{1,4} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$  (1 adet) ve  $Q_2 = 20 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $Q_3 = 20 \text{ m}^3/\text{s}$  kapasiteli 3 türbinin seçilmesi durumunda kanal santralinden maksimum enerji üretilecektir.

#### 4. Sulama şebekeleri üzerine inşa edilen HES tesislerinde karşılaşılan sorunlar

Sulama ve enerji üretim amaçlı sulama kanallarının işletilmesi farklı yönetim kuruluşları (sulama birlikleri, DSİ, özel şirketler) tarafından yürütüleceği için tarafların sorumluluklarını ve çalışma koşullarını belirlemek için bir "Ek Sözleşme" yapılmalıdır. Özellikle, Türkiye'de enerji amaçlı su kullanımını belirleyen Su Kullanım Anlaşması'nın ilgili maddelerine bağlı olarak "Ek Sözleşme" yapılması gerekmektedir. Sulama tesisi su kullanıcı organizasyonuna (Sulama Birliği, Sulama Kooperatifi) devredilirse, su kullanıcı organizasyonları, enerji şirketi ve DSİ arasında Ek Sözleşme imzalanır. Sulama tesisleri DSİ tarafından işletiliyorsa, bu tesis ortak tesis olarak adlandırılır ve bu tesisten yararlanan Sulama Birliği, enerji şirketi ve DSİ arasında Ek Sözleşme imzalanır. Ek Sözleşmeye göre ilgili taraflar arasındaki anlaşmazlıklar DSİ'nin koordinasyonunda çözülmektedir. Sulama ve/veya enerji üretim süreleri veya mevsimleri Ek Sözleşme ile belirlenir. Tarafların DSİ koordinatörlüğü altında kanal bakımını nasıl üstlenecekleri, bakım ve onarım maliyetlerinin hesaplanan sulama/enerji payına katılımı ve taraflarca nasıl ödeneceği Ek Sözleşme ile belirlenir. HES tesisleri çevre ile uyum içerisinde etkin ve verimli bir şekilde işletilmelidir. Ancak, entegre havza yönetim planları, teknik, çevresel, ekonomik ve sosyal konuları dikkate almaksızın geliştirilen hidroelektrik santral projeleri sorunları da beraberinde getirmektedir. HES tesisleri planlama aşamasından işletme aşamasına kadar geçen süreçte çeşitli sorunlar ile karşı karşıyadır. Bu konular; fizibilite raporları, inşaat süresi, sözleşmeler (Su Kullanım Hakkı Anlaşması vb.) çevresel sorunlar ve işletme-bakım ve yönetime ilişkin sorunlar olarak gruplandırılabilir.

##### 4.1. Çevresel sorunlar

İşletmeye açılan HES'lerin en iyi bilinen çevresel tehditleri, ekosistem bozulması, su kimyası ve fiziksel habitat değişiklikleri, türlerin alışkanlıkları ve hareketleri (Malmqvist vd., 2002), tatlı su habitatlarında ve organizmalarında hasar, sulak alanların azaltılması ve sediment taşınmasındaki artışlar (Kingsford, 2000), balık göçünü ve hareketlerini önlemek için balık popülasyonlarında azalma ve yok olma ve doğal akış rejimlerinde önemli değişikliklerdir (SHERPA, 2010). HES'ler genel olarak yenilenebilirlik, acil durum yönetimi ve sel riskinde azalma açısından tercih edilirken, çevreye olumsuz etkileri nedeniyle halkı olumsuz bir muhalefet geliştirmeye itmiştir (Koç, 2012). Sulama ile bütünlük HES'lerin işletme aşamasında karşılaşılan çevre sorunları aşağıda sunulmuştur.

- İnşa edilen HES'lerin memba ve mansabındaki Su Kullanım Hakları sözleşmede açıkça yer almamaktadır. Su kullanıcılar, suyun kanala derivasyon yapısından (regülatör) veya barajdan saptırıldığı nokta ile suyun HES'de enerji üretimini tamamlamasından sonra nehir yatağına ulaştığı nokta arasında büyük bir sorunlar yaşamaktadır. Bu iki nokta arasında kalan ara havza 5-10-15 km ve hatta 50 km olabilir. Havzada, şebeke inşa edilmeyen halk sulaması, içme ve kullanma suyu, çevresel akış suyu (doğal yaşam suyu) için resmi olarak su tahsisi yapılmaması, uzun yıllardır devam eden kullanımların miktar ve zaman açısından nasıl kontrol edileceği, ihtiyaçlar

ve nasıl organize olacağı önemli sorunlardan birini oluşturmaktadır. Havzadaki su kullanımları 'Mansap Su Hakları Raporunda' tanımlanmış olmasına rağmen, uygulamada bazı sorunlar vardır.

-Flora ve fauna ile yaban hayatını sürdürmek için gerekli çevresel akış oranı, HES tesisine ait depolama veya saptırma yapısının (regülatör) mansabında kalan kısmı için proje bazında son on yıldaki ortalama akış miktarının en az% 10'u olarak tanımlanmaktadır. Bununla birlikte, bu oran bazı nehir yataklarında asla yeterli olmadığı gibi, diğer projeler veya mansapdaki halk sulamaları tarafından kullanılmakta veya aralıklı olarak bırakılmaktadır. Bu nedenle, derenin etrafındaki yaşam alanı yok olmakla karşı karşıyadır. Bu nedenle, % 10 olarak belirlenen çevresel akış, çeşitli habitat simülasyon modeli, halk sulamaları için su gereksinimi ve tahsis edilen su miktarı depolama tesislerinden veya saptırma yapılarından mansaba kesintisiz olarak bırakılmalıdır. Ekosistemlerin sürdürülebilirliğini sağlamak için yeterli ekolojik su kaynakları ile birlikte ekolojik yaşam için gerekli su miktarı ve bırakılan suyun koşulları bilimsel bir yöntemle belirlenmelidir. Türkiye'de, 2000'li yılların başında çevresel akış yıllık ortalama akışın % 1'i kadardı. Daha sonra % 2,5'a, sonra % 5'e yükseltildi ve mevcut durumda ortalama yıllık akışın % 10'udur. Ancak, nehir yaşamındaki farklılıklar dikkate alınmadığı için nehir akışında minimum standart seviyesi problem olmaktadır. Türkiye'de bu konuda çalışan uzmanlara göre, nehir ekosistemlerini sürdürmek için gerekli olan su, ortalama yıllık akışın % 40-60'ı olmalıdır (Şekercioğlu ve ark., 2010; TMMOB, 2011). Türkiye'de Batı Akdeniz ve Büyük Menderes Havzalarında araştırılan HES'ler de ekolojik yaşam için bırakılan suyun miktarı, HES'in üzerinde inşa edildiği nehir ve derenin yıllık ortalama akışının %10'udur (Koç, 2012). Bu oran, su ihtiyaçları, zaman ve miktar açısından Su İhtiyaç Raporları, Çevre Etkileşim Değerlendirmesi Raporu ve Su Hakları Raporları ile Su Kullanım Hakkı Anlaşması'nda yer almalı ve doğru ölçülmelidir. Bu miktarı uygulamayan HES tesislerine veya bu suya müdahale eden kullanıcılara gerekli cezai işlemler yapılmalıdır.

-Yapısal ve işlevsel balık geçişleri depolama tesislerinde ve regülatörlerde inşa edilmesine karşın, çoğu tesiste balık geçişi yok yada işlevselliğinden oldukça uzaktır. Balık geçidinin inşasına karar vermek için göç dönemi, mevcut balık türleri, HES'in inşa edileceği dereye ait balık büyüklüğü gibi bilgilere ihtiyaç vardır. Bu bilgiler fizibilite raporlarına dahil edilmelidir. Ayrıca, balık geçidi yapılarına ait imalatlar fizibilite raporunda ayrıntılı olarak belirtilmelidir. Topografyanın uygun olduğu projelerde öncelikle doğal tip balık geçidi tercih edilmelidir. Larinier (2008), Fransa'da, yaptığı çalışmada, teknik olarak uygun olmayan ve yeterli suyu bırakmama gibi nedenler ile en uygun balık geçitlerinin bile balıkların göçünde bir miktar gecikme yarattığını ve türbinlerin balık ölümlerine neden olduğunu bildirmiştir. Balıklara zarar vermeyen türbin tipleri tercih edilmelidir. Buna ek olarak, ana kanal ve cebri boru girişi, balıkların geçmesini önlemek için filtre, ses ve ışık kovucular ve çöp rafı yerleştirilmelidir. Ayrıca, mevcut balık geçidinin işlevselliğine dikkat edilmeli ve sorunlar çözülmelidir.

-HES'in memba ve mansabında çevreyi ve enerji üretimini olumsuz etkileyen sedimentin miktarı ve davranışı tanımlanmalıdır. Su kalitesi, su, hava, toprak ve gürültü kirliliğini belirlemek için Enerji Şirketi ve DSİ 3 yılda bir ortak bir çalışma yapmalı, nihai raporlar düzenlenmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır. Ayrıca, bu duruma uygun bir madde Su Kullanım Hakkı Anlaşması'na eklenmelidir.

-Sulama şebekeleri ile bütünleşik olarak çalıştırılacağı öngörülen HES projelerinin inşaatı süresince ve işletme aşamasında, DSİ, Şirket ve Su Kullanıcı Organizasyonları, ortaya çıkan her türlü atığın ve kazıdan çıkan malzemenin çevre mevzuatına göre nereye ve nasıl taşınacağı ve depolanacağı ve doğal geri dönüşüm için hangi teknolojilerin (sosyal yaşam, ağaçlandırma, yeşil arazi koridorları vb.) uygulanacağı ve doğanın tekrar eski durumuna geri getirileceği konularında ortaklaşa çalışmalıdır.

-Sulama Birlikleri, diğer paydaşlar ve yerel yönetimler, baraj gölleri, kanallar, servis yolları kenarı ve ortak tesisler (sulama ve enerjiye hizmet veren tesis) de dahil olmak üzere kamulaştırılmış alanlar yürüyüş yollarının ağaçlandırılması, Regülatördeki yeşil alan koridorları, gibi parklar ve rekreasyon alanları oluşturmak için işbirliği içinde çalışmalıdır.

## **4. 2. İşletme, bakım ve yönetim problemleri**

- İşletmeye açılmış barajların hidrolojik ve meteorolojik (akış, yağış, kar, buharlaşma, göl seviyeleri, rezervuar giriş ve çıkış akışları vb.) verileri, baraj işletme özelliklerine (maksimum ve minimum işletme seviyesi, taşkın kontrol eğrisi, alan-hacim-seviye tabloları, buharlaşma seviye tabloları, aktif hacim değişiklikleri, özel su tüketim eğrisi, vb.) ilişkin proje bilgileri toplanıp, değerlendirildikten sonra, enerji, sulama ve içme suyu için toplam su ihtiyaçları belirlenir ve baraj giriş akışları tahmin edilerek yıllık baraj işletme programları hazırlanır. Rezervuarı besleyen su kaynaklarının potansiyeli ve rezervuar hacmine bağlı olarak taşkın kontrolü sağlamak için dolusavaktan su atılmaması veya mümkün olan en az miktarda suyun atılmasını öngören baraj işletme programları yardımıyla ülkenin enerji ihtiyaçlarını ve su taleplerini dikkate alan Kamu Elektrik Üretim Kurumu, enerjinin düzenli olarak dağıtımını ve paylaşımını sağlar. Ancak, depolama yapılmaksızın doğal akışları temel alan enerji üretimi öngörüldüğü zaman kanal HES'leri için herhangi bir işletme programı yapılamamaktadır. Regülatör ve depolama tesislerine bütünleşik HES'lerde işletme programlarının uygulanmasından kaynaklanan önemli sorunlar vardır. Enerji fiyatlarının düşük olduğu saatlerde mansaba yeterli su bırakmaksızın su depolaması yapılması ve enerji fiyatının yüksek olduğu saatlerde mansaptaki diğer projeler veya sulama şebekesine bütünleşik veya birbirini izleyen HES'lerde enerjiyi yüksek fiyat ile satmak için üretilmesi mansap projelerinin işletilmesini engellemekte, özellikle mansapdaki sulama projelerinin işletmesini kesintiye uğratmakta ve sorunların ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Buna ek olarak, mansapta yer alan bazı HES tesisleri, enerji fiyatlarının yüksek olduğu saatlerde (puant saat) memba bulunan HES tesisinden bırakılan suyu kullanabilecek şekilde tasarlanmadığından, puant saatte bırakılan tüm suyun enerjisini alamaz ve kalan suyu nehir yatağına bırakmak zorunda kalır. Diğer yandan, enerji fiyatının yüksek olduğu saatlerde biriken suyun nehir yatağına aniden bırakılması, nehir yatağının ve diğer tesislere ait su alma yapılarının şekillerinin değişmesine ve bozulmasına, ayrıca doğal yaşam üzerinde olumsuz olaylara neden olabilmektedir.

-Suyun regülatörden veya barajdan kanala saptırıldığı nokta ile HES'de enerji üretiminin tamamlanmasından sonra suyun nehir yatağına ulaştığı nokta arasındaki kuru dere yatağı için "Mansap Su Hakları Raporu" ve "HES enerji üretiminden sonra kuyruk suyu çıkışının mansabında bulunan alan için "Kuyruk suyu Sonra Su Hakları Raporu" hazırlanmalıdır. Her bir HES için hazırlanacak bu iki



rapor ekonomik risk analizini de içermelidir. Bu nedenle, bu hüküm yeni Su Kullanım Hakkı Anlaşmasına girmiştir. Kuyruk suyundan sonraki alanlar için ekonomik analiz ve su hakları raporlarının hazırlanması henüz uygulanmamıştır. Depolama yapıları veya memba kısmında yer alan halk sulaması, içme ve kullanma, su değirmeni gibi tesislere tahsis edilmeyen suyun miktarı ve zamanını dikkate alan bir düzenleme ve envanter içeren bu raporların hazırlanması ve yürütülmesine mümkün olan en kısa sürede başlanmalıdır. Özellikle, halk sulama projelerinin bitki örtüsü, bitki su ihtiyacı ve sulama alanları belirlenerek, ihtiyaç duyulan sulama suyu sosyal devlet kavramı dikkate alınarak sağlanmalıdır. Çevre akışları (ekolojik akış), eski su hakları ve tahsis edilen su miktarı, regülatör ve baraj HES tesislerine ait Su Hakları Raporları ve Çevresel Etkileşim ve Değerlendirme (ÇED) raporlarında tanımlanmalıdır, ancak ÇED raporu gerektirmeyen projelerde, DSİ tarafından onaylanan çevresel akışlar (ekolojik akış), su hakları ve tahsis edilen su miktarı nehir yatağının mansabına kesintisiz olarak bırakılmalıdır.

-Özel sektör tarafından işletilen HES tesisleriyle önceden yapılan Su Kullanım Hakkı Anlaşması hükümlerine ve sulama şebekelerinin işletme, bakım ve yönetim hizmetlerini devralan Su Kullanıcı Birlikleri ile yapılan Devir Anlaşması hükümlerine uyulması koşuluyla, zaman ve su miktarı açısından paylaşım konuları, tesislerin bakım ve yenilemenin yapılması, tesislerin işletme ve bakımı, belirlenen değerlerin ödenmesi, maliyetin ödenmesi, hisse başına miktar (Koç ve Bayazıt, 2015), söz konusu işlerin kimin tarafından yapılacağı, kesin hesapların nasıl uygulanacağı, mahsuplaşma ve yıl sonuna kadar nasıl hesapların tamamlanacağı konularını kapsayan 'Ek Sözleşme' yapılmalıdır (Koç, 2011). Diğer yandan, HES Şirketleriyle sulama şebekelerini işleten Su Kullanıcıları Birlikleriyle yapılacak Ek Sözleşme, Su Kullanıcı Hakları Anlaşmasına göre hükme bağlanmalıdır. Ancak, Su Kullanıcı Birliklerinin bu sözleşmeyi imzalamak için herhangi bir mevzuatı bulunmamaktadır. Bu nedenle, bazı HES şirketleri ve Sulama Birlikleri bu ek sözleşmeyi imzalamayı reddetmektedir.

- Nehir ve derelerdeki suyun akış güvenliğini kesintiye uğratan müdahaleler yapılmaktadır. Suyu kullanan paydaşlar, nehir ve akarsuların akış düzenini kesintiye uğratabilecek şekilde sabit tesis veya su alma yapılarını izinsiz kuran, suyu izinsiz ve kontrolsüz kullanan halk sulama sistemlerinin nasıl disipline edileceği konularında ortak çaba ve işbirliği yapılmalıdır. Ayrıca, vandalizm nedeniyle, özellikle ortak tesislerde önemli bir hasar problemi oluşmaktadır. Sorunların çözümü için işbirliği yapılmalı ve kurallara uymayan eylemleri hakkında cezai yaptırımların uygulanmasına gerekli özen gösterilmelidirler.

- HES'lerin işletilmesinde kullanılan türbin debisi, sulama için ihtiyaç duyulan debiyle örtüşecek şekilde planlanmalıdır. Barajlardan bırakılan suyun sulama şebekelerine verilmeden önce enerjisi alınmakta ve daha sonra sulama şebekelerinde kullanılmaktadır. Havzada paydaşların katılımı ile hazırlanan Havza Genel Sulama Planında kullanılacak debilerin belirlenmesinde baraj ve kanal hidroelektrik santrallerinin minimum ve maksimum debileri dikkate alınmalıdır (Koç ve ark, 2010; Koç, 2015). Su kaynakları için sadece tek bir sektörü temel alan yaklaşımlar geçmişte etkili olmuş ve günümüzde de faaliyetlerine devam etmektedir. Bu tür bir yaklaşım, kaynakların geliştirilmesi ve yönetiminde koordinasyon eksikliğine ve bölünmeye yol açar (Cap-Net, 2008).

- Havzalarda inşa edilen HES'ler sulama planlarıyla yakından ilişkilidir. Özellikle, sulama sistemleriyle bütünleşik HES tesislerinde önce barajlardan bırakılan suyun enerjisi alınır ve daha sonra su sulama için sulama şebekesine saptırılır. Bu nedenle, Genel Havza Sulama Planları hazırlanırken barajlardan sulamaya bırakılan debinin HES'de kullanılan debiler ile örtüşmesi dikkate alınmalıdır. Koç (2011, 2012; Koç ve ark., 2016) yaptığı çalışmalarda, sulama şebekeleriyle bütünleşik kanal HES'lerinin işletilmesinin sulama ve enerji üretimi açısından çok önemli olduğunu belirtmiştir. Hidroelektrik enerji üretimi ve sulama gelirlerini en üst düzeye çıkarmak için, havzalardaki sulama şebekeleri için hazırlanan sulama programlarının enerji üretim koşullarını da dikkate alması gerekmektedir. Koç (2011) yaptığı çalışmada, kanal HES'lerinin üzerinde inşa edildiği sulama kanalı kapasitesinin uygunluğu, sulama mevsiminde kullanılan sulama suyunun miktarı ve sulama mevsimindeki dağılımını temel alan türbin debilerinin seçilmesi enerji üretimini maksimuma çıkardığını belirtmiştir.

-Kurumlar arasında uzlaşmazlık yaratan ve yönetsel işleyişi yavaşlatan çok başlı ve karmaşık kurumsal yapıdan uzaklaşmak için gerekli önlemler alınmalıdır. Bunun için en etkin yöntem, Kamu kurumu, su yönetimi, karar vericiler ve denetleme kurumu için temel planlamanın göz önüne alınmasıdır.

-HES tesislerinin planlama, inşaat ve özellikle işletme aşamalarında her türlü kontrol ve yaptırımların uygulanması için gerekli mevzuat çalışmaları acilen yapılmalıdır. Kurumların görev, yetki ve sorumlulukları açıkça tanımlanmalıdır. Her nehir ve çevresi için "Nehir Çevre Yönetimi ve Denetimi Programı" oluşturulmalı ve program ilgili birimler tarafından dikkatle uygulanmalıdır.

-Enerji, sulama, çevresel akışlar, su tahsisi olan veya olmayan su miktarını belirlemek için kullanılan ölçüm tesisleri DSİ kriterlerine (Koç, 2018; Koç ve ark., 2017) göre su kullanıcı organizasyonları tarafından maliyetleri karşılanan uzaktan algılama sistemleriyle birlikte kurulmalı ve DSİ anlık izleme için gerekli çalışmaları başlatmalıdır.

-Sulama, enerji, çevresel akışlar ve diğer tahsisler bırakılan suyun miktarını belirlemek için kullanılan ölçüm tesislerinden güvenilir veri elde edilememesi, ölçüm yapan kişinin yeterli titizliği göstermemesi, sağlıklı olarak çalıştırılmaması, uygun olmayan kesite kurulması, ölçüm tesislerinin sayısal olarak yetersiz olması gibi durumlar ilgili su yönetim bölümleri arasında koordinasyon ile giderilmelidir.

-İzleme ve değerlendirme için başlatılan Coğrafi Bilgi Sistemlerine (CBS) dayalı yazılım programı tamamlanmalı ve kullanıma sunulmalıdır (Koç, 2018).

## 5. Sonuç ve öneriler

Ülkemizde kanal HES'lerinin inşaatı, ekonomik ve uygulanabilir olmaları koşuluyla ülkenin enerji ihtiyaçlarının karşılanmasına katkıda bulunacaktır. Kanal HES'leri için en büyük sorun, rezervuarlarının bulunmaması ve bu nedenle su akışının yeterince kontrol

edilememesidir. Sonuç olarak, elektrik üretimi mevsimden mevsime büyük ölçüde değişir, ayrıca bulunduğu bölgeye bağlı olarak, üretim birkaç ay içinde sifıra düşebilir. Sulama amacıyla inşa edilecek kanalların enerji amaçları için kullanıldığı düşünülürse, kanal güzergahının jeolojik yapısı, kanal tasarımı ve inşaatı detaylı olarak planlanması ve oluşabilecek tüm durumlar planlama aşamasında düzeltilmelidir. Santralin kanal HES'leri için kanal üzerine kurulduğu nokta, üretilebilecek enerji miktarını belirler. Enerji Şirketleri ve Sulama Birlikleri çalışma koşullarını ve sorumluluklarını belirleyen Ek Sözleşmenin hazırlanması ve imzalanması, hizmetlerin gecikmeksizin verimli bir şekilde yürütülmesini sağlamaktadır. Enerji santrallerinin inşa edildiği sulama kanallarında; sulama hizmetleri öncelikli olduğundan, enerji şirketleri sulama hizmetlerini aksatıcı faaliyetlerde bulunmamalıdır (enerji fiyatlarının yüksek olduğu ve fisibilite raporunda belirlenen çalışma saatleri dışında enerji santrallerini işletmek). Sulama kanalları üzerine kurulu ardışık enerji santrallerini yöneten şirketler ile sulama hizmetlerini yöneten Sulama Birlikleri arasında bir işbirliği olmalıdır. Hazırlanan santral fizibilite raporları uygulama koşullarını yansıtmalı ve gerçekçi olmalıdır. Enerji işletiminde, fizibilite hidrolojisi dikkate alınmalıdır.

Enerji şirketleri, sulama sezonunda gerçekleşen sulama hidrolojisine göre türbin debisini seçmelidir. Sulama Birlikleri ve DSI tarafından hazırlanan Havza Genel Sulama Planlaması, santralin minimum türbin debisini mümkün olduğunca dikkate almalıdır. Sulama mevsiminde mevcut su miktarı sulama gereksinimini aşarsa, enerji üretimi devreye alınmalıdır. Enerji Şirketleri ve Sulama Birlikleri su kaynaklarını yöneten DSI ile sürekli koordinasyon içinde olmalı ve kesintisiz bilgi akışı sağlanmalı ve tüm taraflar kendi bilgi veritabanlarını oluşturmalıdır. Sulama ve enerji üretim tesisleri, entegre havza yönetiminin bir parçası olarak planlanmalı, inşa edilmeli ve işletilmelidir. Kanal HES'in işletilmesinde nehir yataklarında bulunan eko-sistemlerin varlığı ve sürdürülebilirliği dikkate alınmalıdır. Özellikle, büyük kapasiteli ana kanallar üzerine inşa edilen HES'lerde ana kanal işletimi önemlidir. Ana kanal Sulama Birliği ve Enerji Şirketleri tarafından kurulan bir ekip tarafından işletilmelidir. Kanal HES'lerinin inşa edildiği yerde kanal HES'e giren ve çıkan suyu ölçmek için, elektronik ölçüm cihazları kurulmalı ve arıza veya hata durumunda ölçümleri yapabilmek için gerekli önlemler alınmalıdır. Kanal HES binaları yapısal, görsel ve estetik açıdan mevcut doğal dokuya uygun olarak inşa edilmeli ve ağaçlandırılmalıdır.

## **Kaynakça**

- Brown, A., S. Müller, & Z. Dobrotková. (2011). Renewable energy markets and prospects by technology. Paris: International Energy Agency (IEA)/OECD.
- Cap-Net. (2008) Performance and Capacity of River Basin Organizations, Cross-case Comparison of four available at: RBOs” [http://cap-net.org/sites/cap-netorg/files/RBO %20 performance.doc.2008](http://cap-net.org/sites/cap-netorg/files/RBO%20performance.doc.2008).
- DSI (State Hydraulic Works) (2015). Hydroelectric energy generation in Turkey. Accessed May 23, 2015. [http://www.DSI.gov.tr/english/ser vice/enerjie.htm](http://www.DSI.gov.tr/english/service/enerjie.htm).
- IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) (2011). Special report renewable energy sources and climate change mitigation. Working Group III-Mitigation of Climate Change, IPCC.
- Kingsford, R.T. (2000) Ecological impacts of dams, water diversions and river management on floodplain wetlands in Australia”. *Austral Ecology*, Volume 25, Issue 2: 109-127.
- Koç, C. (2011). Co-operation of irrigation and canal hydropower plants. 2nd Istanbul International Water Forum. May 3–5, Istanbul, Theme 3, Side activity, 5. Session (May 5, 2011) Kağıthane Hall, Turkey.
- Koç, C. (2012). Problems and solutions related to hydroelectric power plants constructed on the Buyuk Menderes and the West Mediterranean Basin”. *Energy Sources. Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 34 (15), 1416–1425.
- Koç, C. (2015). A study on the role and importance of irrigation management in integrated river basin management. *Environ Monit Assess.* 187:488.
- Koç, C. (2017). A study on importance and role of irrigation and hydropower plant operation in integrated river basin management. *Computational Water, Energy, and Environmental Engineering* 6:1– 10.
- Koç, C. (2018). Entegre Havza Yönetiminde Su Kaynaklarını Modern Yöntemler ile Ölçme, İzleme ve Değerlendirme Olanaklarının Araştırılması. *European Journal of Science and Technology*. No. 14, pp. 222-227.
- Koç, C., & Bayazıt, Y. (2015). A study on assessment financing of irrigation schemes. *Irrigation and Drainage*, ISSN 1531-0361. Volume 64, Issue 4, 535-545.
- Koç, C., Özdemir, K., Fayrap, A. (2010). Entegre Nehir Havza Yönetiminde Sulama İşletme Hizmetlerinin Yeri ve Önemi Üzerine Büyük Menderes Havzasında Yürütülen Bir Çalışma”. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu 27–29 Mayıs, Kahraman Maraş, Bildiriler Kitabı, 187–200, 2010
- Koç, C., Y. Bayazıt, & R. Bakış. (2016). A study on determining the hydropower potential of Çine Dam in Turkey. *Computer Water, Energy Environment Engineering* 5:79–85.
- Larinier, M. (2008). Fish passage experience at small-scale hydro-electric power plants in France”. In: *Hydrobiologia*, 609.1, pp. 97–108, 2008
- Malmqvist, B., and Rundle, S. (2002). Threats to the running water ecosystems of the world”. *Environ. Conserv.* 29:134–153, 2002
- Sekercioglu, C.H., Anderson, S., Akcay, E., Bilgin, R., Can, Ö.E., Semiz, G., Tavsanoglu, Ç., Yokes, M.B., Soyumert, A., İpekdal, K., Sağlam, İ.K., Yücel, M., & Dalfes, N. (2010). Turkey's globally important biodiversity in crisis. *Biol Conserv.*, 144(12):2752–69, 2010
- SHERPA. (2010). Hydropower and environment—technical and operational procedures to better integrate small hydropower plants in the environment”. *Intelligent energy for Europe and small hydropower energy efficiency campaign action (SHERPA)*. Italy: APER; p. 23,
- TMMOB (Union of Chamber of Turkish Architects Engineers). (2011).The report on hydropower projects”, ([www.tmmob.org.tr/resimler/ekler/682384b57-999789\\_ek.pdf](http://www.tmmob.org.tr/resimler/ekler/682384b57-999789_ek.pdf)); 2011 [accessed 15.11.2011].



# Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Hız Kontrolünü Gerçekleştirmek İçin PID/PD Kontrolcü Tasarımı ve Performans İncelemesi

Abdulsamed Tabak<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8832-6408)

(İlk Geliş Tarihi 21 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.707004)

**ATIF/REFERENCE:** Tabak, A. (2020). Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Hız Kontrolünü Gerçekleştirmek İçin PID/PD Kontrolcü Tasarımı ve Performans İncelemesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 145-155.

## Öz

Fırçasız doğru akım (FDA) motorlarının kullanımı, düzgün mekanik tork sağlaması ve yüksek güç yoğunluğuna sahip olması gibi avantajlarından dolayı günden güne artmaktadır. FDA motorlarının kullanımı yaygınlaştıkça bu motorların kontrolü ile ilgili yeni çalışmalar ortaya konmaktadır. Bizim çalışmamızda, çıkıştaki maksimum aşma miktarı ve oturma zamanı gibi değerlerin düşürülmesi amacıyla ilk olarak FDA motorun PID kontrolü yapılmış ve kontrolcünün parametreleri Balina Optimizasyon Algoritması (BOA) ile elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar literatürde aynı parametrelere sahip FDA motorun genetik algoritma (GA), parçacık sürü optimizasyonu (PSO), LQR ve LQ yöntemleri ile optimize edilen PID kontrolcülerinin kullanıldığı sistemin sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bunun yanında PID yerine PID/PD kontrolcü kullanılarak aynı sistemin kontrolü tekrar yapılmış ve parametrelerin belirlenmesi için yine BOA'dan faydalanılmıştır. PID/PD kontrolcü ile tasarlanan sistem; maksimum aşma, oturma zamanı ve yükselme zamanı gibi performans kriterleri açısından PID kontrolcülü sistemlerle karşılaştırılmıştır. Ardından hem PID hem de PID/PD kontrolcülerin dinamik testini gerçekleştirmek amacıyla motorun hızı artırılarak sonuçlar elde edilmiş, irdelenmiş ve birbirleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlara bakıldığında ise BOA-PID'nin diğer yöntemlerle elde edilen PID sonuçlarından daha iyi performans gösterdiği, BOA-PID/PD'nin ise PID'nin kullanıldığı tüm çalışmalardan daha iyi performans sergilediği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Fırçasız DA motoru, PID kontrol, PID/PD kontrol, Balina optimizasyon algoritması, Parametrelerin belirlenmesi.

## Design and Performance Analyze of PID/PD Controller to Perform Speed Control of Brushless DC Motors

### Abstract

The usage of brushless DC motors (BLDC) is increasing day by day due to its advantages such as providing constant mechanical torque and high power density. As the use of BLDC motors becomes widespread, a number of new studies have been introduced in terms of control of these motors. In our study, firstly the PID control of the BLDC motor was performed to reduce the values such as the maximum overshoot and the settling time at the output, and the controller's parameters were obtained by the Whale Optimization Algorithm (WOA). The results were compared with the results of the system with the same parameters of the BLDC motor in the literature using PID controllers optimized by the genetic algorithm (GA), particle swarm optimization (PSO), LQR and LQ methods. In addition, PID/PD controller was utilized instead of PID for the same system and WOA was again used to determine parameters. The system designed with PID/PD controller has been compared with the system designed with PID controller systems in terms of performance criteria such as maximum overshoot, settling time and rise time. Then, in order to perform the dynamic test of both PID and PID/PD controllers, the speed of the motor was increased and the results were obtained, examined and compared with each other.

\* Sorumlu Yazar: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8832-6408, [atabak@erbakan.edu.tr](mailto:atabak@erbakan.edu.tr)

As a result, it was observed that BOA-PID performed better than PID results obtained by other methods, while BOA-PID PD performed better than all studies using PID.

**Keywords:** Brushless DC motor, PID control, PID/PD control, Whale optimization algorithm, Determination of parameters.

## 1. Giriş

Fırçasız DA (FDA) motorlar; yüksek verimlilik, sessiz çalışma, uzun ömürlü olma, daha az bakım gerektirme, sabit tork sağlama, geniş hız ve tork kontrol aralığına sahip olma gibi özelliklerinden dolayı son yıllarda endüstri, otomotiv, askeri ekipmanlar, evsel cihazlar ve otomasyon sistemlerinde yaygın halde kullanılmaktadır (Grigorie, Khan, Botez, Mamou, & Mébarki, 2019; Lu, Zhang, & Qu, 2008). Fırçalı motorlardaki komütasyon işleminde yardımcı olan fırçalar zamanla aşınarak motorun bozulması, verim kaybı ve kıvılcım oluşturması gibi birtakım sorunlara neden olmaktadır. Fırçasız DA motorlarda komütasyon işlemi mekanik olmak yerine Hall sensörleri ve güç elektroniği tabanlı anahtarlama devreleri sayesinde gerçekleşir. Bu yüzden FDA motorlara elektronik komütasyonlu motor da denmektedir ve fırçalı motorlara iyi bir alternatif olarak görülmektedir (Xu, Li, & Tang, 2008).

FDA motorlar kullanım amacına ve isteğe göre hız, konum ya da moment açısından kontrol edilebilirler. FDA motorlar farklı açılardan kontrol edilebildiği gibi farklı kontrolcülerle de kontrol edilebilirler. Birçok gelişmiş kontrol yöntemi olmasına rağmen, orantı-integral-türev (PID) kontrol; kararlılığı, karmaşık olmayan yapısı, geniş bir alana uygulanabilirliği ve dijital/analog platformlarda uygulama kolaylığı gibi nedenlerden dolayı hala endüstride en çok tercih edilen ve kullanılan kontrol yöntemidir (Anwar & Pan, 2013).

PID kontrole sahip klasik bir sistemde PID yapısı ileri yönde beslemeli şekilde kullanılır. Fakat bazı çalışmalarda sistemin çıkış sinyalinin iyileştirme amacıyla PID'deki orantı-integral-türev özelliklerinin sistemde yaptığı değişiklikler değerlendirilerek bunlar geri beslemede de kullanılmıştır.

Kumar ve arkadaşları değiştirilmiş PID (I-PD) yapısıyla FDA motorunun kontrolünü yapmış ve ileri beslemeli PID kontrolden daha başarılı sonuçlar elde etmişlerdir. Çalışmada ileri yönde I(integral) yapısı kullanılırken I'nın çıkışına geri besleme olarak PD yapısı eklenmiştir (Kumar, Swain, & Neogi, 2017).

Kim ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada ise ileri beslemeli PID yapısına geri beslemeli kontrol bileşenleri eklenerek klasik ileri yönlü beslemeli PID kontrol sistemine karşı üstünlükler ortaya konmuştur (Kim, Yang, Lim, & Suh, 2010). Shekhar ve arkadaşları ise çalışmasında I-PD kontrolcünün ileri beslemeli PID'den daha iyi sonuçlar verdiğini teyit etmiş fakat ileri beslemeli PID kontrolcüsünün parametrelerini LQR (linear quadratic regulator) yardımıyla elde ederek I-PD gibi geliştirilmiş PID yapılarından daha üstün bir kontrolcü elde edilebileceğini ifade etmiştir. Böylece kontrolcü parametrelerinin belirlenmesinin de kontrolcü yapısı kadar performans açısından önemli olduğunu göstermiştir (Shekhar, Saha, & Thakura, 2020).

PID kontrollerde, kontrolcü parametrelerinin belirlenmesinde en yaygın kullanılan yöntem Ziegler-Nichols metodu olsa da son yıllarda yapay zeka optimizasyon algoritmalarının da çokça kullanıldığı görülmektedir. Bunlardan (Ibrahim, Hassan, & Shomer, 2014)'de parçacık sürü optimizasyonu (PSO), (Ansari, Alam, & Jafri, 2011)'de genetik algoritma (GA), (Tarczewski & Grzesiak, 2018)'de yapay arı kolonisi algoritması (YAKA) ve çiçek tozlaşma algoritması (ÇTA) PID kontrolcünün parametrelerinin belirlenmesinde kullanılmış ve hepsinde de başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

Gün geçtikçe yeni yapay zeka optimizasyon algoritmaları keşfedilmekte ve mevcut problemler üzerinde denenmektedir (Tabak, Özkaymak, Tahir, & Oktay, 2017). Kambur balinaların besleme yöntemlerinden esinlenilerek ortaya çıkan ve başarılı uygulamaları olan Balina Optimizasyon Algoritması (BOA), son zamanlarda bulunan metasezgisel algoritmalarından bir tanesidir.

Literatürde BOA'nın uygulandığı çalışmalara bakıldığında, enerji kayıplarının azaltılması için bataryaların boyutlandırılması ve yerleşiminde (Ai, Ramachandaramurthy, Walker, & Taylor, 2019), PV panellerin parametre tahmininde (Long, Wu, Jiao, Tang, & Xu, 2020), elektrikli araç şarj istasyonlarının yeterli kapasite ile yerleştirilmesi probleminde (H. Zhang, Tang, Yang, & Lan, 2019) ve yakıt pili terminal voltajı kontrolünde (Cao, Li, Zhang, Jermstiparsert, & Nasser, 2020) kullanıldığı görülmektedir.

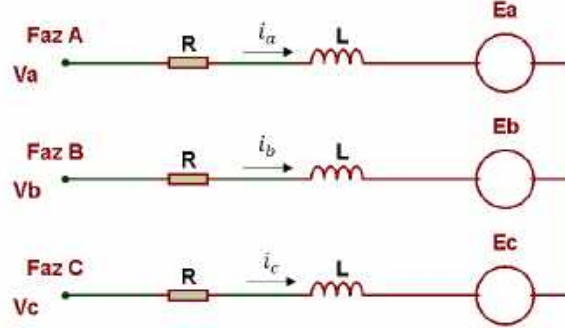
Bizim çalışmamızda ise FDA motorların hız kontrolünü gerçekleştirmek amacıyla ileri yönlü beslemeli PID'ye ek olarak geri beslemeli PD yapısı eklenerek işaretin maksimum aşma miktarının ve oturma zamanının düşürülmesi amaçlanmıştır. Yeni elde edilen PID/PD kontrolcüye sahip sistem ile ileri yönlü beslemeli PID kontrolcüye sahip sistem performans açısından karşılaştırılmıştır. Çalışmada kontrolcü parametrelerinin belirlenmesi için az sayıda parametre kullanması ve yerel optimum tuzaklarından kaçınması gibi üstünlüklerinden (Nasiri & Khyabani, 2018) dolayı BOA tercih edilmiştir. Bunun yanında parametreleri BOA vasıtasıyla elde edilen ileri yönlü PID beslemeli sistemin sonuçları literatürdeki benzer çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Son olarak motorun hızı 1.5 katına çıkarılarak sistemin dinamik testi gerçekleştirilmiş ve PID ile PID/PD kontrolcüye sahip sistemler performans kriterleri açısından birbirleri ile karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Fırçasız DA Motorlar ve Modellenmesi

Fırçasız DA motorların sabit mekanik tork sağlama (düzgün ikizkenar yamuk şeklindeki ters-e.m.k. ve stator faz komütasyonunun doğru uygulandığı zamanlar) ve yüksek mekanik güç yoğunluğuna sahip olması gibi nedenlerden dolayı kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır (Siostrzonek & Pirog, 2007). Şekil 1'de 3 fazlı bir FDA motorun elektrik eş değer devresi görülmektedir.





Şekil 1. FDA motorun elektrik eş değer devre ile gösterimi

Denklem 1-4 arasında FDA motorların temel eşitlikleri verilmiştir. Burada  $V_a$ ,  $i_a$ ,  $R_a$  ve  $L_a$  sırasıyla armatür gerilimi (V), akımı (A), direnci ( $\Omega$ ) ve indüktansını (H) temsil etmektedir.  $E_a$  ters e.m.k. gerilimi (V),  $T_{em}$  elektromanyetik moment (N.m),  $J$  rotor atalet momenti ( $\text{kg.m}^2$ ),  $B$  motor sürtünme katsayısı ( $\text{kg.m.s/rad}$ ),  $w$  açısal hızı (rad/s) göstermektedir.

$$V_a = i_a R_a + L_a \frac{di_a}{dt} + E_a \quad (1)$$

$$T_{em} = J \frac{dw}{dt} + Bw + T_L \quad (2)$$

$$E_a = K_e \cdot w \quad (3)$$

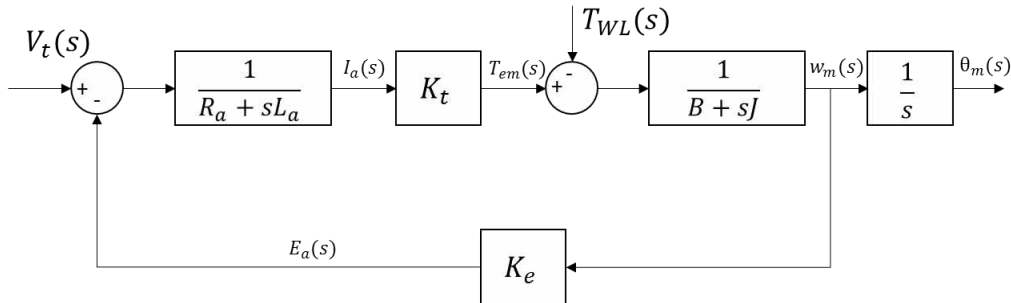
$$T_{em} = K_t \cdot i_a \quad (4)$$

Burada  $K_e$  ters e.m.k. sabitini,  $K_t$  motorun armatür sabitini ifade etmektedir. Bu iki değer motorun manyetik alan kuvveti ve bobin sargı sayısı gibi fiziksel özellikleri ile ilgilidir (Mohan, Undeland, & Robbins, 2007). Tablo 1 simülasyon çalışmasında kullanılan motora ait parametreleri göstermektedir.

Tablo1. Kullanılan Motorun Parametreleri

Parametre	Değer
Armatür Direnci ( $R_a$ )	21.2 $\Omega$
Armatür Endüktansı ( $L_a$ )	0.052 H
Atalet Momenti ( $J$ )	$1 \times 10^{-5}$ $\text{kg.m}^2$
Ters e.m.k. sabiti ( $K_e$ )	0.1433 V.s/rad
Motor sürtünme katsayısı ( $B$ )	$1 \times 10^{-4}$ $\text{kg.m.s/rad}$
Armatür sabiti ( $K_t$ )	0.1433 $\text{kg.m/A}$

Şekil 2’de FDA motorun blok diyagramı verilmiştir. Burada  $V_t(s)$  giriş işaretini,  $w_m(s)$  motor açısal hızını göstermektedir.



Şekil 2. FDA motor ve yükün blok diyagramı

Denklem 5’te FDA motorun transfer fonksiyonu verilmiştir.

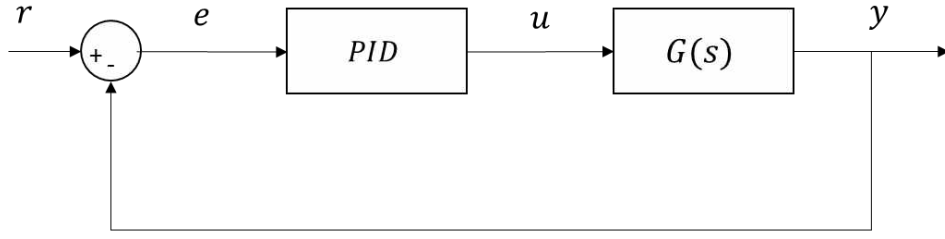
$$G(s) = \frac{W(s)}{V_t(s)} = \frac{K_t}{J.L.s^2 + (J.R + L.B).s + (B.R + K_e.K_t)} \quad (5)$$

## 2.2. Sistemin Kontrolü

Çalışmada FDA motorun hız kontrolünü gerçekleştirebilmek için PID ve PID/PD kontrolcüler kullanılmıştır.

### 2.2.1. PID Kontrol

PID kontrol en yaygın kullanılan kontrolcü çeşididir. Şekil 3'te PID kontrolün kullanıldığı klasik bir sistemin blok diyagramı gösterilmektedir. Burada  $r$  referans girişini,  $e$  giriş ile sistem geri beslemenin farkı olan hatayı,  $u$  kontrolcü çıkışını,  $y$  ise sistemin çıkışını ifade etmektedir.



Şekil 3. PID kontrolün kullanıldığı klasik bir sistemin blok diyagramı ile gösterimi

Denklem 6'da PID kontrolcünün parametrelerini içeren transfer fonksiyonu verilmiştir. PID içerisindeki  $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_d$  parametreleri en uygun değerleri alarak sistem çıkışı ile referans girişi arasındaki farkı ifade eden hata değerini sıfıra indirmiş olur.

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d s \quad (6)$$

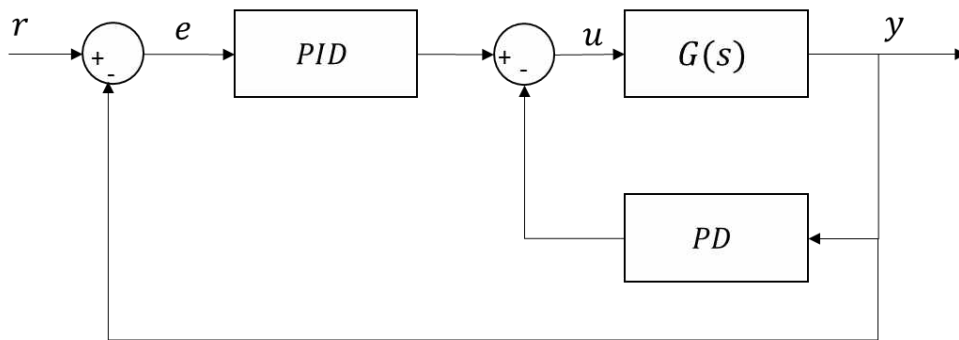
PID kontrol yapısının kullanıldığı klasik bir sistemin girişi ve çıkışı arasındaki kapalı döngü transfer fonksiyonu Denklem 7'de verilmiştir. Burada  $G(s)$  kontrol edilecek sistemin,  $C(s)$  ise kontrolcünün transfer fonksiyonunu ifade etmektedir.

$$\frac{y}{r} = \frac{G(s) C(s)}{1 + G(s) C(s)} \quad (7)$$

### 2.2.2. PID/PD Kontrol

PID kontrolde  $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_d$  parametrelerinin her biri sistemin çıkışını farklı etkilemektedir. Örneğin  $K_p$  ve  $K_i$  parametreleri maksimum aşmayı artırırken  $K_d$  parametresi maksimum aşmayı azaltmaktadır.  $K_p$  ve  $K_i$  parametreleri yükselme zamanını düşürür. Oturma zamanına etkisi açısından değerlendirildiğinde  $K_i$  bu zamanı artırırken  $K_d$  azaltır (Syed Hussien, Jaafar, Ghazali, & Abdul Razif, 2015).

Bu bilgiler eşliğinde sistemin dizaynı değiştirilebilir. Çalışmada kullanılan geliştirilmiş PID (PID/PD) kontrol yapısı Şekil 4'te gösterilmiştir. Burada ileri yönde PID kontrolcü kullanılırken geri yönde PD kontrolcü ile PID çıkışına negatif geri besleme yapılmıştır. Bu geri beslemeli sistemdeki asıl amaç ilk etapta oluşan maksimum aşma miktarını ve oturma zamanını en aza indirerek klasik PID kontrol yapısına göre sistemde iyileştirme yapmaktır.



Şekil 4. Geliştirilmiş PID (PID/PD) kontrol yapısının blok diyagramı ile gösterimi

Denklem 8'de geliştirilmiş PID (PID/PD) yapısının kullanıldığı sistemin girişi-çıkışı arasındaki transfer fonksiyonu verilmiştir.

$$\frac{y}{r} = \frac{G(s) C_1(s)}{1 + G(s)(C_1(s) + C_2(s))} \quad (8)$$

Burada  $G(s)$  kontrol edilecek sistemin transfer fonksiyonunu,  $C_1(s)$  ve  $C_2(s)$  sırasıyla kontrolcülerin transfer fonksiyonunu göstermektedir ve Denklem 9 ile 10'da verilmiştir.

$$C_1(s) = K_{p1} + \frac{K_{i1}}{s} + K_{d1} s \quad (9)$$

$$C_2(s) = K_{p2} + K_{d2} s \quad (10)$$

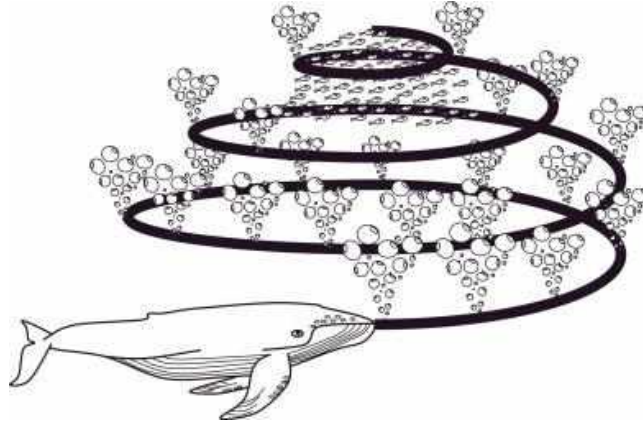
Denklem 9 ve 10'da iki farklı kontrolcü yapısı olduğu için ifadelerde 1-2 rakamları kullanılmıştır.

### 2.2.3. Kontrolcü Parametrelerinin Belirlenmesi

Kontrolcü parametrelerinin belirlenmesi de kontrolcü yapısının oluşturulması kadar önemlidir. PID kontrolde parametrelerin belirlenmesi için Cohen-Coon yöntemi, Tyreus-Luyben yöntemi ve Ziegler-Nichols yöntemi gibi birtakım temel yöntemler mevcuttur. Bunlardan Ziegler-Nichols yöntemi halen en çok kullanılan ayar yöntemlerinden birisidir (Uysal, 2010). Ancak yapılan çalışmalara bakıldığında geleneksel parametre ayarlama yöntemleri; yüksek aşma miktarı, düşük doğruluk oranı ve ayar süresinin uzun olması gibi dezavantajlarından dolayı yapay zeka optimizasyon algoritmaları kadar başarılı olamamaktadır (Y. Zhang, Zhang, & Dong, 2019). Çalışmada yapay zeka optimizasyon algoritmalarından olan BOA yöntemi kontrolcü parametrelerinin belirlenmesi için kullanılmıştır.

### 2.2.4. Balina Optimizasyon Algoritması

Balina optimizasyon algoritması, Mirjalili ve Lewis tarafından 2016 yılında, kambur balinaların yaptığı ve hava kabarcığı yöntemi olarak tabir edilen bir avlanma yönteminden esinlenerek ortaya atılmıştır. Yedi farklı balina türünden biri olan kambur balinalar genellikle kriller ve yüzeye yakın balıklarla beslenmektedirler. Avlanma esnasında balinalar avın etrafında bir daire veya "9" şeklinde spiral çizerek kabarcık oluştururlar. Bu kabarcık sayesinde avdan kendini gizleyebilir, avın dikkatini dağıtabilir ve avlanma işlemini kolaylaştırabilirler. Kabarcıkların oluşumundan sonra kambur balinalar yüzeye doğru hızlıca yüzerek avlarını elde ederler (Goldbogen et al., 2013). Şekil 5 kambur balinaların hava kabarcığı oluşturarak avlanmasını göstermektedir. BOA'da avlanma stratejisi; avın etrafını sarma, ava saldırı ve avı arama olmak üzere 3 kısımda modellenmiştir.



Şekil 5. Kambur balinaların hava kabarcığı yöntemi ile beslenme davranışı

#### 2.2.4.1. Avın Etrafını Sarma

Kambur balinalar avlarının yerlerini tahmin ederek onların çevresini hava kabarcıkları ile sararlar. BOA'da av, ulaşılması mümkün optimum nokta olarak kabul edilir. Öncelikle en iyi arama aracı belirlenir, ardından diğer arama araçlarının pozisyonu en iyi arama aracına göre güncellenir. Bu hareketin matematiksel modeli Denklem 11 ve 12'deki gibidir (Mirjalili & Lewis, 2016).

$$\vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}^*(t) - \vec{X}(t)| \quad (11)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}^*(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (12)$$

Buradaki 't' o anki iterasyonu  $\vec{A}$  ve  $\vec{C}$  katsayılar vektörünü,  $\vec{X}$  pozisyon vektörünü,  $X^*$  karşılaşılan en iyi çözüm vektörünü, '.' matris çarpımını göstermektedir. Eğer burada daha iyi bir çözüm elde edilirse  $X^*$  güncellenir.  $\vec{A}$  ve  $\vec{C}$  katsayı vektörlerinin hesaplanması için Denklem 13 ve 14'ten faydalanılır.

$$\vec{A} = 2\vec{a} \cdot \vec{r} - \vec{a} \quad (13)$$

$$\vec{C} = 2 \cdot \vec{r} \quad (14)$$

Burada  $\vec{a}$ , her iterasyonda 2'den başlayıp 0'a doğru lineer olarak azalan bir vektör,  $\vec{r}$  ise [0,1] aralığında rastgele değişen bir vektörü ifade etmektedir.

#### 2.2.4.2. Ava Doğru Hareket Etme

Bu davranış avın etrafındaki çemberi daraltma ve spiral oluşturma hareketi olarak iki aşamada modellenmiştir. Denklem 13'teki  $\vec{a}$  değeri azaltılarak avın etrafındaki çemberin daralması sağlanır. Spiral oluşturma hareketinde ise hedef konum ile arama aracı arasındaki mesafe hesaplanarak Denklem 15 elde edilir.

$$\vec{X}(t + 1) = \vec{D}' \cdot e^{bl} \cdot \cos(2\pi l) + \vec{X}^*(t) \quad (15)$$

Denklem 15'te arama aracı ile elde edilen en iyi nokta arasındaki mesafeyi veren  $\vec{D}' = |\vec{X}^*(t) - \vec{X}(t)|$  formülünden faydalanılır. Ayrıca Denklem 15'teki  $b$  spiralin şeklinin belirlenmesinde kullanılan logaritmik sabit,  $l$   $[-1,1]$  arasında rastgele değişen bir değerdir. Kambur balinalar yüzeye yakın noktalarındaki avına doğru yüzerken aynı zamanda spiral oluşturma hareketini yaparlar. Spiral oluşturma şeklinde ya da doğrusal şekilde hareketten hangisinin yapılacağına ise Denklem 16'da verildiği gibi olasılık üzerinden karar verilir. İki hareketten hangisinin seçileceği 0.5 olasılıkla tanımlanmıştır.

$$\vec{X}(t + 1) = \begin{cases} \vec{X}^*(t) - \vec{A} \cdot \vec{D}' & , p < 0.5 \\ \vec{D}' \cdot e^{bl} \cdot \cos(2\pi l) + \vec{X}^*(t) & , p > 0.5 \end{cases} \quad (16)$$

Denklem 16'daki  $p$  değeri  $[0,1]$  arasında değişen rastgele bir değerdir.

#### 2.2.4.3. Av Arama

Global arama için arama araçlarının yeni konumlarının belirlenmesi, elde edilen en iyi noktaya göre değil rastgele seçilen arama aracı etrafında yapılır. Bu durum Denklem 17 ve 18'de verilmiştir.

$$\vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}_{rand} - \vec{X}| \quad (17)$$

$$\vec{X}(t + 1) = \vec{X}_{rand} - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (18)$$

Burada  $\vec{X}_{rand}$ , rastgele seçilen arama aracını göstermektedir. Global veya yerel aramalar arasındaki seçim ise  $\vec{A}'$ 'nin değerine göre belirlenir. Burada  $\vec{A}' > 1$  ve  $\vec{A}' < -1$  olduğu durumlarda arama global arama olarak algılanır ve Denklem 17 ve 18'de uygulanır (Mirjalili & Lewis, 2016).

### 3. Analiz ve Simülasyon Sonuçları

Kontrolcü parametrelerinin belirlenmesinde yapay zeka optimizasyon algoritmalarının kullanılabilmesi için bir amaç fonksiyonuna ihtiyaç duyulmaktadır. Aslında optimizasyon algoritması bir fonksiyonun değerini minimuma indirirken o fonksiyonu oluşturan değişkenlerin değerlerini optimum değere taşır. O yüzden minimum yapılacak fonksiyona amaç fonksiyonu denir (Tabak, Kayabasi, Guneser, & Ozkaymak, 2019). PID kontrolde kullanılmak üzere farklı amaç fonksiyonları mevcuttur. Bu amaç fonksiyonlarından en çok tercih edilenleri; hata karelerinin toplamı (ISE), mutlak hataların toplamı (IAE), zaman ağırlıklı hata karelerinin toplamı (ITSE), zaman ağırlıklı mutlak hataların toplamı (ITAE) şeklindedir (Hajjalsalm & Altaş, 2014). Bizim çalışmamızda hata karelerinin toplamı şeklindeki amaç fonksiyonundan faydalanılmıştır. BOA yönteminde popülasyon sayısı 50, iterasyon sayısı da 250 olarak alınmış ve çalışma MATLAB 2016a programında simüle edilmiştir.

Çalışmada ilk olarak PID kontrolcünün kullanıldığı sistemin optimizasyonu yapılarak sistemin cevabı literatürde daha önce yapılan çalışmaların sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Ardından PID/PD yapısı kullanılarak elde edilen sistem BOA ile optimize edilmiştir. PID/PD yapısının kullanıldığı sistem ile PID kontrolcünün kullanıldığı sistem performans açısından karşılaştırılmıştır. Tablo 2'de FDA motorun kontrolünde farklı algoritmalarla elde edilen PID/PD ve PID kontrolcülerin parametreleri gösterilmiştir. BOA-PID/PD ve BOA-PID çalışması literatürde yapılan GA-PID, PSO-PID, LQ-PID ve LQR-PID yöntemleri ile karşılaştırılmıştır.  $K_{p2}$  ve  $K_{d2}$  değerleri BOA-PID/PD çalışmasındaki PD parametrelerini temsil etmektedir.

Tablo 2. Algoritmalara göre kontrolcü parametrelerinin değerleri

Parametreler	BOA-PID/PD	BOA-PID	LQ-PID (Kim et al., 2010)	GA-PID (Kim et al., 2010)	PSO-PID (Kim et al., 2010)	LQR-PID (Yu & Hwang, 2004) (Kim et al., 2010)
$K_p$	3.2009	124.6917	72.423	93.162	190.018	70.556
$K_i$	0.1998	33.3382	14.515	38.623	50	10
$K_d$	0.7978	0.0436	0.0311	0.0278	0.0396	0.022
$K_{p2}$	1.00018	-	-	-	-	-
$K_{d2}$	20.0184	-	-	-	-	-

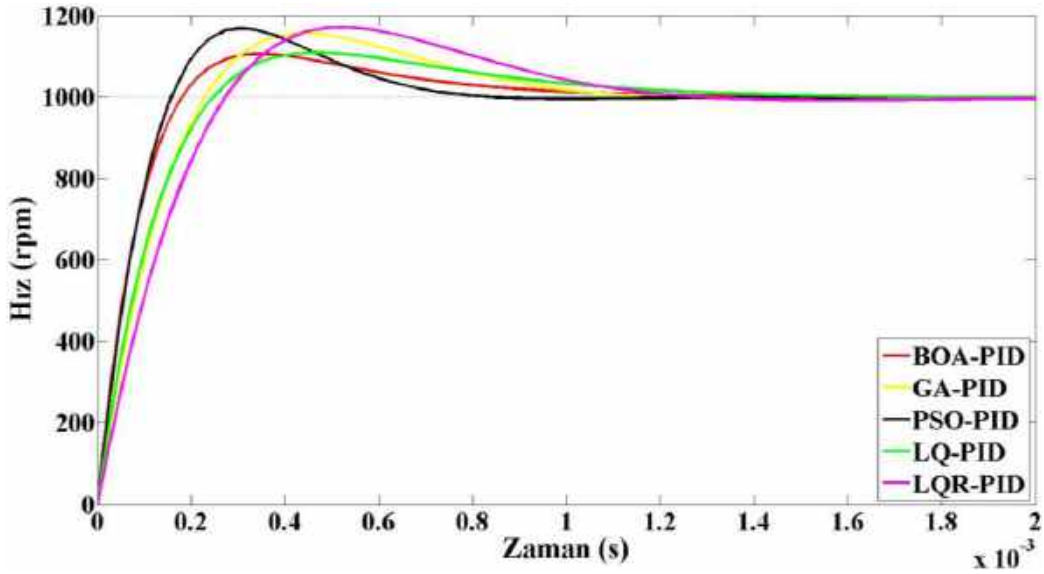
Tablo 3'te optimizasyonda farklı algoritmaların kullanılması sonucu elde edilen performans çıktıları görülmektedir. Buna göre BOA-PID/PD %0.05524'lük maksimum aşma ve 0.36007 ms'lik oturma zamanı açısından PID kontrolcülerden çok daha iyi performans göstermiştir. Yükselme zamanı açısından karşılaştırıldığında ise diğer yöntemlerin çok az gerisinde kalmaktadır fakat 3 kriter birlikte değerlendirildiğinde BOA-PID/PD'nin üstünlüğünden söz etmek mümkündür. Diğer yandan PID kontrolcülerin kendi içindeki karşılaştırmaya bakacak olursak BOA-PID %10.685'lik maksimum aşma ile en iyi değere sahiptir. Bunun yanında yükselme zamanı ve oturma zamanı açısından PSO-PID'nin az bir farkla gerisinde kalmaktadır. Fakat PSO-PID'deki maksimum aşmanın %16.85 olduğu göz önünde bulundurulursa BOA-PID'nin üstünlüğünden söz edilebilir. BOA-PID'nin diğer bir karşılaştırması da LQ-PID ile yapılabilir. Çünkü LQ-PID maksimum aşma açısından BOA-PID'nin hemen arkasından ikinci sırada gelmektedir. Yükselme zamanı ve oturma zamanı açısından da değerlendirilecek olunursa BOA-PID, LQ-PID'den her alanda daha iyi performans göstermiş diyebiliriz. Son olarak tabloya bakarak BOA-PID'nin üç kriter açısından da GA-PID ve LQR-PID'den üstün performans gösterdiğini söyleyebiliriz.



Tablo 3. Algoritmaların performans karşılaştırmaları

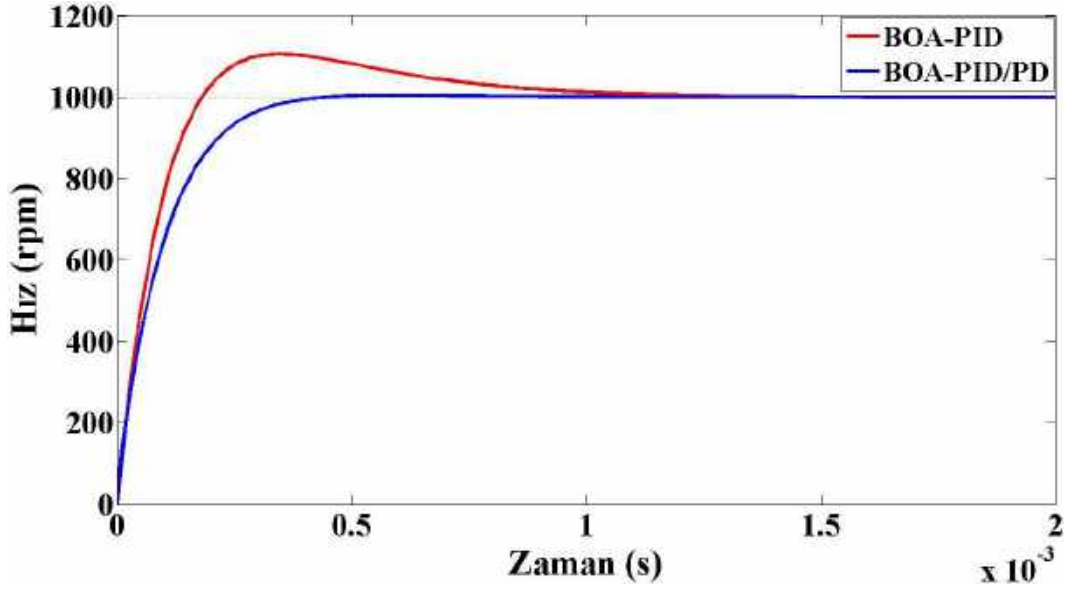
Yöntem	Maksimum Aşma (%)	Yükselme Zamanı (ms)	Oturma Zamanı (ms)
BOA-PID/PD	0.05524	0.21108	0.36007
BOA-PID	10.685	0.128212	0.91363
GA-PID (Kim et al., 2010)	15.878	0.171	1.006
PSO- PID (Kim et al., 2010)	16.85	0.118	0.70
LQ-PID (Kim et al., 2010)	10.98	0.176	1.167
LQR-PID (Yu & Hwang, 2004)(Kim et al., 2010)	17.545	0.204	1.146

Şekil 6'da algoritmalarla göre PID kontrolcüye sahip sistemlerin performans karşılaştırmaları gösterilmiştir. Daha doğru bir karşılaştırma yapabilmek için literatürde aynı parametrelere sahip motorlar üzerinde yapılmış çalışmalar göz önünde bulundurulmuştur ve referans hız 1000 rpm olarak alınmıştır. Farklı algoritmalarla optimize edilen sistemin çıkışlarına bakıldığında maksimum aşmanın %10 seviyesinin üzerinde olduğu ve içlerinde en düşüğünün %10.685 ile BOA-PID'nin olduğu görülmektedir. Yine şekilden de anlaşılacağı gibi tüm performans kriterleri beraber düşünüldüğünde BOA-PID diğer yöntemlere karşı daha iyi durumdadır.



Şekil 6. PID kontrolde farklı algoritmaların performans karşılaştırması

Şekil 7'de BOA kullanılarak parametreleri belirlenen PID ile PID/PD'nin performanslarının karşılaştırması görülmektedir. Şekilden de görüldüğü gibi PID/PD kontrol yapısının kullanıldığı sistem PID kontrolcünün kullanıldığı sisteme göre maksimum aşma ve oturma zamanı açısından daha üstün performans sergilemiştir. PID kontrolcüye sahip sistem yükselme zamanı açısından 0.08287 ms'lik farkla daha iyi performans göstermiş durumdadır. PID/PD kontrol yapısının kullanıldığı sistemde az miktarda yükselme zamanı artışına karşılık maksimum aşma ve oturma zamanında çok daha fazla iyileşme gözlenmiştir. Performans karşılaştırmasına sayısal olarak bakıldığında ise BOA-PID/PD'nin BOA-PID'den oturma zamanı açısından 0.55356 ms daha hızlı, maksimum aşma açısından da yaklaşık 193 kat daha iyi olduğu görülmektedir.



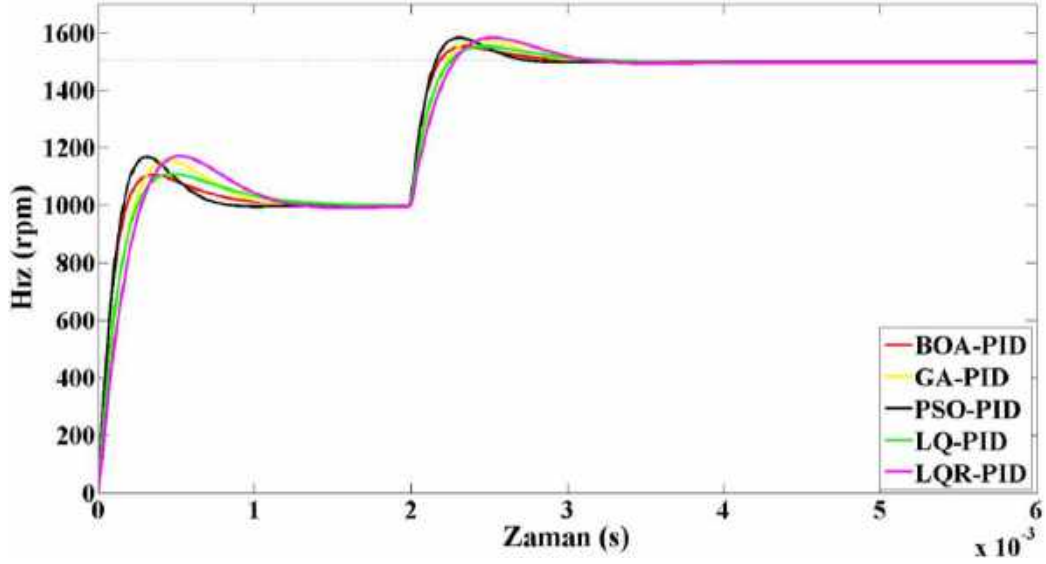
Şekil 7. PID-PID/PD kontrolcülerin performans karşılaştırması

FDA motorun dinamik testinin yapılması amacıyla 1000 rpm hızında çalışan motorun hızı aniden 1500 rpm'e çıkarılmıştır. Tablo 4'te hızı 1.5 kat artırılan sistemin algoritmaları göre performans çıktıları verilmiştir. Tablodan da anlaşılacağı gibi ilk kalkış anında BOA-PID/PD'deki %0.05524'lük maksimum aşmanın %0'a düştüğü, BOA-PID'deki maksimum aşmanın üçte birine düştüğü ve diğer yöntemlerle elde edilen maksimum aşmaların %3-5'ler seviyesine düştüğü görülmektedir. BOA-PID/PD'nin FDA motordaki hızlanmaya karşın maksimum aşmayı sıfıra indirmesi ve oturma zamanında ciddi düşüş sergilemesi diğer sistemlere olan üstünlüğünü ortaya koymaktadır. Diğer yandan FDA motordaki hız değişimine karşı BOA-PID, PSO-PID'den maksimum aşma göz önünde bulundurulduğunda 1.572 kat daha iyi performans gösterirken yükselme zamanı ve oturma zamanı açısından az da olsa PSO-PID'nin arkasındadır. Fakat 3 kriter de dikkate alındığında BOA-PID'nin PSO-PID'den az bir yükselme ve oturma zamanı karşılığında yüksek maksimum aşma farkı oluşturmasından dolayı tercih sebebi olacağı söylenebilir. BOA-PID'yi hız değişimi sonrasında maksimum aşma, oturma zamanı ve yükselme zamanı açısından GA-PID, LQ-PID ve LQR-PID ile karşılaştırılacak olunursa hepsinden daha iyi performans gösterdiği söylenebilir.

Tablo 4. Hız değişimi sonrasında algoritmaların performans karşılaştırmaları

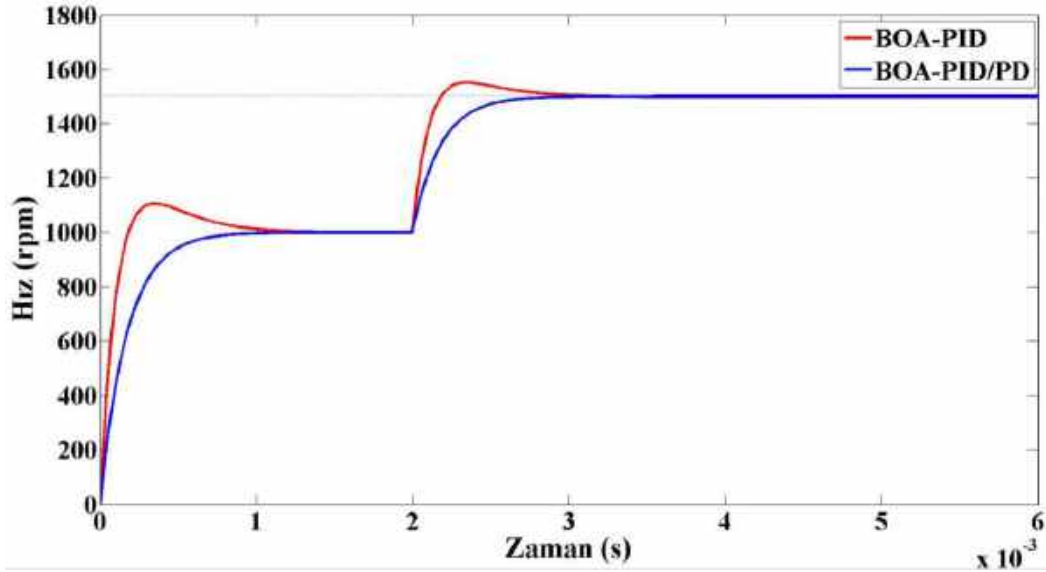
Yöntem	Maksimum Aşma (%)	Yükselme Zamanı (ms)	Oturma Zamanı (ms)
BOA-PID/PD	0	0.1808	0.4910
BOA-PID	3.571	0.07036	0.6195
GA-PID (Kim et al., 2010)	5.2790	0.100158	0.81114
PSO- PID (Kim et al., 2010)	5.6139	0.06887	0.5759
LQ-PID (Kim et al., 2010)	3.70688	0.097947	0.826619
LQR-PID (Yu & Hwang, 2004)(Kim et al., 2010)	5.7845	0.12255	0.948599

Şekil 8, PID kontrolcünün kullanıldığı sistemde hızın t=2 ms'de, 1000 rpm'den 1500 rpm'e çıkarılması sonucunda çıkışın algoritmaları göre cevaplarını göstermektedir. BOA-PID ilk kalkışta olduğu gibi hızın 1.5 katına çıktığı durumda da maksimum aşma açısından diğer algoritmalarından daha iyi sonuç vermiştir.



Şekil 8. PID kontrolde hız değişimi sonrası farklı algoritmaların performans karşılaştırması

Şekil 9'da FDA motorunun hızının 1.5 katına çıkarılması sonucunda BOA-PID/PD ve BOA-PID'nin karşılaştırması görülmektedir. Grafikten de anlaşılabilirdiği gibi PID/PD kontrol yapısının kullanıldığı sistemde hız artışına karşın aşma miktarı %0'dır. Bu haliyle BOA-PID/PD, BOA-PID'den hem maksimum aşma hem de oturma zamanı açısından daha yüksek performans göstermiştir. Yükselme zamanı açısından BOA-PID bir miktar daha iyi görünse de tüm kriterler değerlendirildiğinde BOA-PID/PD'nin daha üstün olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 9. PID-PID/PD kontrolcülerin hız değişimi sonrası performans karşılaştırması

#### 4. Sonuç

Yapılan çalışmada, FDA motorunun hız kontrolü hem PID hem de PID/PD kontrolcü ile gerçekleştirilmiş olup maksimum aşma, oturma zamanı ve yükselme zamanı gibi kriterler açısından performansları karşılaştırılmıştır. Kontrol performansının artırılmasında kontrolcü yapısının önemi kadar parametre belirleme yönteminin de önemli olmasından dolayı son yıllarda bulunan ve farklı uygulamalarda başarılı sonuçlar veren BOA kullanılmıştır.

BOA ile elde edilen PID kontrolcünün sonuçları daha önce literatürde aynı özelliklere sahip FDA motorun hız kontrolünde kullanılan ve GA, PSO, LQ ve LQR metotları ile optimize edilen PID kontrolleri ile karşılaştırılmış, maksimum aşma konusunda diğer yöntemlerden daha iyi sonuç verdiği görülmüştür. Oturma zamanı ve yükselme zamanı açısından PSO-PID, BOA-PID'den çok az farkla daha iyi olsa da maksimum aşma oranı BOA-PID'nin 1.58 katıdır ve diğer tüm yöntemler içerisinde maksimum aşma oranı en yüksek olanıdır. Ayrıca BOA-PID üç kriter açısından da incelendiğinde GA-PID, LQ-PID ve LQR-PID'den daha iyi performans sergilediği görülmüştür. PID kontrolcülerin kullanıldığı çalışmaların içinde kriterlerin üçü de değerlendirildiğinde BOA-PID tercih edilmelidir.

PID/PD kontrolcünün kullanıldığı sistem, çalışmanın asıl amacı olan maksimum aşmayı minimuma indirme ve oturma zamanını kısaltma gibi kriterler açısından bakıldığında PID kontrolcünün kullanıldığı sistemlerden çok daha üstün performans göstermiştir. Şöyle ki PID kontrolcülerin kullanıldığı sistemlerin içerisinde maksimum aşmanın en iyi olduğu yöntem %10.685'lik oran ile BOA-PID iken BOA-PID/PD'de bu değer %0.05524'tür. Yine aynı şekilde PID kontrolcülerin kullanıldığı sistemlerin içerisinde en düşük oturma zamanına sahip olan yöntem 0.70 ms'lik zaman ile PSO-PID iken BOA-PID/PD'de bu değer 0.36007 ms'dir. Yükselme zamanı açısından incelendiğinde PID/PD kontrolcü yapısına sahip sistem PID kontrolcülü sistemlerin hemen arkasında olduğu fakat üç kriter birlikte değerlendirildiğinde PID/PD'nin PID'ye karşı baskın bir üstünlüğe sahip olduğu görülmektedir.

Ayrıca dinamik testi gerçekleştirmek amacıyla FDA motorun hızı 1.5 katına çıkarılarak hem PID ile PID/PD kontrolcüler karşılaştırılmış hem de PID kontrolcünün farklı optimizasyon algoritmaları ile elde edilen sonuçları karşılaştırılmıştır. Buradan elde edilen sonuç ise BOA-PID'nin diğer PID kontrolcülere göre daha iyi performans sergilemiş olmasıdır. PID/PD kontrolcü, maksimum aşmayı %0'a ve oturma zamanını 0.4910 ms'ye çekerek PID'ye karşı olan üstünlüğünü göstermiştir. Daha sonraki çalışmalarda geliştirilmiş PID yapıları, FDA motorların tork kontrolü gibi uygulamalarında kullanılabilir. Bunu gerçekleştiren de farklı, yeni ve güçlü yapay zeka optimizasyon algoritmalarından faydalanılabilir.

## Kaynakça

- Ai, L., Ramachandaramurthy, V. K., Walker, S. L., & Taylor, P. (2019). Optimal placement and sizing of battery energy storage system for losses reduction using whale optimization algorithm. *Journal of Energy Storage*, 26(May), 100892. <https://doi.org/10.1016/j.est.2019.100892>
- Ansari, U., Alam, S., & Jafri, S. M. U. N. (2011). Modeling and control of three phase BLDC motor using PID with genetic algorithm. *Proceedings - 2011 UKSim 13th International Conference on Modelling and Simulation, UKSim 2011*, 189–194. <https://doi.org/10.1109/UKSIM.2011.44>
- Anwar, M. N., & Pan, S. (2013). Synthesis of the PID controller using desired closed-loop response. In *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* (Vol. 10). <https://doi.org/10.3182/20131218-3-IN-2045.00023>
- Cao, Y., Li, Y., Zhang, G., Jermittiparsert, K., & Nasser, M. (2020). An efficient terminal voltage control for PEMFC based on an improved version of whale optimization algorithm. *Energy Reports*, 6, 530–542. <https://doi.org/10.1016/j.egy.2020.02.035>
- Goldbogen, J. A., Friedlaender, A. S., Calambokidis, J., McKenna, M. F., Simon, M., & Nowacek, D. P. (2013). Integrative Approaches to the Study of Baleen Whale Diving Behavior, Feeding Performance, and Foraging Ecology. *BioScience*, 63(2), 90–100. <https://doi.org/10.1525/bio.2013.63.2.5>
- GRIGORIE, T. L., KHAN, S., BOTEZ, R. M., MAMOU, M., & MÉBARKI, Y. (2019). Design and experimental testing of a control system for a morphing wing model actuated with miniature BLDC motors. *Chinese Journal of Aeronautics*. <https://doi.org/10.1016/j.cja.2019.08.007>
- Hajİsalm, A., & Altaş, İ. H. (2014). *Hibrit Rüzgar / F V Enerji Sistemleri İçin P ID Denetleyici Parametrelerinin PSO ve GA ile Optimizasyonu Optimization of PID Controller Parameters in Wind / PV Energy Systems Using PSO and GA Elektrik - Elektronik Mühendisliği Bölümü Elektrik - Elektronik*. 27–29.
- Ibrahim, H. E. A., Hassan, F. N., & Shomer, A. O. (2014). Optimal PID control of a brushless DC motor using PSO and BF techniques. *Ain Shams Engineering Journal*, 5(2), 391–398. <https://doi.org/10.1016/j.asej.2013.09.013>
- Kim, C. H., Yang, J. H., Lim, D. G., & Suh, B. S. (2010). An enhanced PID controller for speed control of brushless DC motors based on convex set optimization. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*, 8(PART 1), 75–80. <https://doi.org/10.3182/20100929-3-ro-4017.00014>
- Kumar, B., Swain, S. K., & Neogi, N. (2017). Controller design for closed loop speed control of BLDC motor. *International Journal on Electrical Engineering and Informatics*, 9(1), 146–160. <https://doi.org/10.15676/ijeei.2017.9.1.10>
- Long, W., Wu, T., Jiao, J., Tang, M., & Xu, M. (2020). Engineering Applications of Artificial Intelligence Refraction-learning-based whale optimization algorithm for high-dimensional problems and parameter estimation of PV model ☆. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 89(November 2019), 103457. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2019.103457>
- Lu, H., Zhang, L., & Qu, W. (2008). A new torque control method for torque ripple minimization of BLDC motors with un-ideal back EMF. *IEEE Transactions on Power Electronics*, 23(2), 950–958. <https://doi.org/10.1109/TPEL.2007.915667>
- Mirjalili, S., & Lewis, A. (2016). The Whale Optimization Algorithm. *Advances in Engineering Software*, 95, 51–67. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2016.01.008>
- MOHAN, N., UNDELAND, T. M., & ROBBINS, W. (2007). *Güç Elektroniği Çeviriciler, Uygulamalar ve Tasarım* (2. Baskı). Literatür Yayıncılık, Dağıtım, Pazarlama San. ve Tic. Ltd. Şti.
- Nasiri, J., & Khyabani, F. M. (2018). A whale optimization algorithm (WOA) approach for clustering. *Cogent Mathematics & Statistics*, 5(1), 1–13. <https://doi.org/10.1080/25742558.2018.1483565>
- Shekhar, S., Saha, P. K., & Thakura, P. R. (2020). *Optimal PID Tuning of BLDC Drive using LQR Technique*. 2, 57–574. <https://doi.org/10.1109/icisgt44072.2019.00028>
- Siostrzonek, T., & Pirog, S. (2007). *Motor the Practical Results I*. 1541–1545.
- Syed Hussien, S. Y., Jaafar, H. I., Ghazali, R., & Abdul Razif, N. R. (2015). The effects of auto-tuned method in PID and PD control scheme for gantry crane system. *International Journal of Soft Computing and Engineering (IJSCE)*, (6), 121–125. Retrieved from [http://eprints.utm.edu.my/14047/1/%5B1%5D\\_F2492014615.pdf](http://eprints.utm.edu.my/14047/1/%5B1%5D_F2492014615.pdf)
- Tabak, A., Kayabasi, E., Guneser, M. T., & Ozkaymak, M. (2019). Grey wolf optimization for optimum sizing and controlling of a PV/WT/BM hybrid energy system considering TNPC, LPSP, and LCOE concepts. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*. <https://doi.org/10.1080/15567036.2019.1668880>
- Tabak, A., Özkaymak, M., Tahir, M., & Oktay, H. (2017). Optimization and Evaluation of Hybrid PV/WT/BM System in Different



- Initial Costs and LPSP Conditions. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 8(11), 123–131. <https://doi.org/10.14569/ijacsa.2017.081116>
- Tarczewski, T., & Grzesiak, L. M. (2018). An Application of Novel Nature-Inspired Optimization Algorithms to Auto-Tuning State Feedback Speed Controller for PMSM. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 54(3), 2913–2925. <https://doi.org/10.1109/TIA.2018.2805300>
- Uysal, O. (2010). *Ekzotermik (Isı Yayan) Kimyasal Reaktörü Simüle Eden Bir Isıl Sistemin Dinamik Davranışının İncelenmesi*. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Xu, F., Li, T., & Tang, P. (2008). A Low Cost Drive Strategy for BLDC motor with low torque ripples. *2008 3rd IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications, ICIEA 2008, 1*, 2499–2502. <https://doi.org/10.1109/ICIEA.2008.4582968>
- Yu, G. R., & Hwang, R. C. (2004). Optimal PID speed control of brush less DC motors using LQR approach. *Conference Proceedings - IEEE International Conference on Systems, Man and Cybernetics, 1*, 473–478. <https://doi.org/10.1109/ICSMC.2004.1398343>
- Zhang, H., Tang, L., Yang, C., & Lan, S. (2019). Advanced Engineering Informatics Locating electric vehicle charging stations with service capacity using the improved whale optimization algorithm. *Advanced Engineering Informatics*, 41(May 2018), 100901. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2019.02.006>
- Zhang, Y., Zhang, L., & Dong, Z. (2019). An MEA-Tuning Method for Design of the PID Controller. *Mathematical Problems in Engineering*, 2019. <https://doi.org/10.1155/2019/1378783>



## Biotechnological production of lipids and carotenoids from *Rhodospiridium toruloides* Y27012

Furat Alakraa<sup>1</sup>, Ayşe Saygün<sup>1</sup>, Neşe Şahin Yeşilçubuk<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1484-9721: 0000-0002-4179-1932)

(First received 24 March 2020 and in final form 23 May 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.708556)

**ATIF/REFERENCE:** Alakraa, F., Saygün, A. & Şahin Yeşilçubuk, N. (2020). Biotechnological production of lipids and carotenoids from *Rhodospiridium toruloides* Y27012. *European Journal of Science and Technology*, (19), 156-164.

### Abstract

Microbial oils are lipids formed by various microorganisms. Microorganisms that are able to accumulate lipids more than 20% of their biomass are named as "oleaginous microorganisms". These oleaginous microorganisms such as bacteria, yeasts, moulds, and algae are able to accumulate SCO (Single Cell Oil) during secondary metabolic growth. *Rhodospiridium toruloides* Y27012 is an oleaginous red yeast, which accumulates both lipids and carotenoids by using different carbon and nitrogen sources. The aim of this present study was to investigate the effects of different nitrogen, carbon sources, C/N (carbon to nitrogen) ratios, and some additives on cell growth, lipid accumulation and carotenoids production by *R. toruloides* Y27012. The maximum biomass, lipid accumulation and carotenoids yield were observed with yeast extract and glucose when used as nitrogen and carbon sources, respectively. *R. toruloides* Y27012 gave the highest values of both biomass and lipid content (53.41±0.93 g/L, 49.83±2.53 %) at C/N ratio of 60, whereas higher nitrogen levels such as C/N ratio of 20 enhanced the production of carotenoids (1001.51±17.87 µg/g). Among the tested additives, ethanol at 10 g/L increased the carotenoids yield up to 1732.17±39.45 µg/g comparing with the control sample at 1001.51±17.87 µg/g. Biomass and lipid contents were found to be higher when acetic acid at 5 g/L was added as an activator (41.97±1.02 g/L, 61.27%±1.77 g/L, respectively). Furthermore, optimization studies for lipid and carotenoids production from *R. toruloides* Y27012 could be achieved and also cost of fermentation could be reduced by using agro-industrial wastes as an alternative cheap carbon and nitrogen sources to produce value-added metabolites.

**Keywords:** *Rhodospiridium toruloides*, single cell oil, carotenoids, lipid accumulation, biomass.

## *Rhodospiridium toruloides* Y27012 mayasından lipit ve karotenoidlerin biyoteknolojik yolla üretimi

### Öz

Mikrobiyal yağlar, çeşitli mikroorganizmalar tarafından üretilen lipitlerdir. Biyokütlelerinin % 20'sinden daha fazla lipit üretebilmek kapasitesine sahip mikroorganizmalara "oleosus mikroorganizmalar" adı verilmektedir. Bakteri, maya, küf ve algleri içerebilen bu oleosus mikroorganizmalar, sekonder metabolik büyüme sırasında Tek Hücre Yağı (THY) depolayabilmektedir. *Rhodospiridium toruloides* Y27012, farklı karbon ve azot kaynaklarını kullanarak hem lipitleri hem de karotenoidleri üretebilen kırmızı renge sahip oleosus bir mayadır. Bu çalışmanın amacı, farklı azot ve karbon kaynakları, farklı Karbon / Azot (K / A) oranları ve bazı katkı maddelerinin *R. toruloides* Y27012 mayasının gelişimi, lipit ve karotenoid üretimi üzerindeki etkilerini araştırmaktır. Maksimum biyokütle, lipit ve karotenoid verimi, azot ve karbon kaynakları olarak sırasıyla maya ekstraktı ve glukoz kullanıldığında elde edilmiştir. En yüksek biyokütle ve lipit değerleri (53.41 ± 0.93 g / L, % 49.83 ± 2.53) K / A oranı 60 olduğunda, maksimum karotenoid miktarı (1001.51 ± 17.87 ug / g) ise yüksek azot oranında (K / A= 20) elde edilmiştir. Test edilen katkı maddeleri arasında, 10 g / L'deki etanol, kontrol numunesi 1001.51 ± 17.87 ug / g olan karotenoid verimini, 1732.17 ± 39.45 ug / g değerine kadar artırmıştır. Aktivatör olarak 5 g / L'deki asetik asit eklendiğinde biyokütle ve lipit içeriğinin (sırasıyla 41.97 ± 1.02 g / L, % 61.27 ± 1.77 g / L) daha yüksek olduğu bulunmuştur. Ayrıca, *R. toruloides* Y27012 mayasından lipit ve karotenoid üretimi için optimizasyon çalışmaları gerçekleştirilebilir ve alternatif ucuz karbon ve azot kaynakları olarak tarımsal ve / veya endüstriyel atıklar kullanılarak katma değeri yüksek metabolit üretimi için fermantasyon maliyeti de azaltılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** *Rhodospiridium toruloides*, tek hücre yağı, karotenoid, lipit birikimi, biyokütle

\* Sorumlu Yazar: İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4179-1932, [sahinnes@itu.edu.tr](mailto:sahinnes@itu.edu.tr)

## 1. Introduction

Microbial oils are oils that are formed using microorganisms such as bacteria, yeasts, fungi, and microalgae. Although all microorganisms have to synthesize minimum amount of lipid for their membranes and other structures, only small number of microorganisms can accumulate lipid more than 20% of their biomass. Therefore, they are named as “oleaginous microorganisms” (RATLEDGE, 2002). These oleaginous microorganisms are able to accumulate SCO (Single Cell Oil) during secondary metabolic growth in the media that contains excess amounts of carbon sources and limited amounts of nitrogen sources.

Examples of oleaginous species are yeasts, such as *Rhodotorula* sp., *Yarrowia lipolytica*, *Cryptococcus* sp., *Lipomyces* sp., *Rhodospiridium* sp. and *Trichosporon* sp. (RATLEDGE, 2002). Among these microorganisms, *R. toruloides* is able to accumulate lipids over 72%, which make it an excellent storage lipid producer (RATLEDGE, 2002; LI et al., 2007; WU et al., 2010). It can grow on many substrates such as glucose, xylose, also lignocellulosic hydrolysate, and excess sludge hydrolysate as well (LI et al., 2007; WANG et al., 2012).

The fatty acid profile of *R. toruloides* is very similar to that of vegetable oils like soybean oil. Such feature makes it attractive for the edible food and biodiesel industry (LI et al., 2007; LIU and ZHAO, 2007; ZHAO et al., 2011). Furthermore, SCOs are now attracting interest since they might include polyunsaturated fatty acids having nutritional, medical and dietetical importance (LI et al., 2007; PAPANIKOLAOU and AGGELIS, 2011; ECONOMOU et al., 2011).

In addition to lipids, *R. toruloides* can also produce carotenoids and biotechnologically important enzymes, such as cephalosporin esterase and epoxide hydrolase (BUZZINI et al., 2007; POLITINO et al., 1997). *R. toruloides* can produce carotenoids including predominantly torulene, torularhodin  $\gamma$  carotene, and  $\beta$  carotene (BERTACCHI et al., 2020; BUZZINI et al., 2007). Carotenoids are yellow to orange-red, lipid-soluble pigments that are ubiquitous in nature (WAITES et al., 2001). They act as membrane protective antioxidants that efficiently scavenge  $O_2$  and peroxy radicals. Their antioxidative efficiency is apparently related to their structure (GOODWIN and BRITTON et al., 1988). Carotenoids consist of carotenes (are strictly hydrocarbons) and xanthophylls (are oxygenated derivatives) (ARMSTRONG, 1994). Carotenoids can be used for a wide range of commercial applications because of their pharmaceutical, biotechnological and nutraceutical properties (FRENGOVA and BESHKOVA, 2009). There are several papers investigating carotenoid production from different strains. In a study conducted by Aksu and Eren (2005), different glucose concentrations were tested for carotenoids production by the yeast *Rhodotorula glutinis* (AKSU and EREN, 2005). And furthermore, Fontana et al. (1996) studied the production of carotenoids from *Phaffia rhodozyma*. They compared the use of depolymerized bagasse and raw sugarcane juice as a medium for astaxanthin production (FONTANA et al., 1996). PHAM et al. (2020) investigated the effect of light on carotenoid and lipid production by *R. toruloides* (PHAM et al., 2020). According to our literature research, this is the first study on the production of carotenoids from *R. toruloides* Y27012 strain.

In recent years, carotenoid production has become one of the most interesting applications in biotechnology. The usage of carotenoids that obtained from biological sources especially in the food industry is accelerating. Natural carotenoids attracts more attention against chemically synthesized ones. Therefore, microbial carotenoid production finds important applications in commercial area, the reason for which consumer preferences, cost effectiveness and safety issues are becoming an attractive matter. Also microbial production systems need to be improved for their industrial applications to become more competitive and economically viable because of some difficulties about biotechnological applications (MACHADO et al., 2019; BELLOU et al., 2014).

The objectives of this research were to investigate the effects of various nitrogen, carbon sources, different ratios of C/N, and additives on cell growth, lipid accumulation and carotenoids yield by *R. toruloides* Y27012. Furthermore, ultrasonic assisted and HCl assisted methods were carried out in carotenoids extraction from *R. toruloides* Y27012 and compared with a control method.

## 2. Material and Method

### 2.1. Microorganism and culture conditions

*R. toruloides* Y27012 strain was provided from the NRRL (Northern Regional Research Laboratory) Culture Collection, IL, USA. The microorganism was kept on the medium of Potato Dextrose Agar (PDA) (Fluka) at +4°C. The culture was sub-cultured twice a month (Hu et al., 2009). During the experiments the strain was cultivated in 250 mL erlenmeyers containing 50 mL of sterile growth medium at 30°C and 200 rpm. The composition of the medium was: 2 % glucose, 0.1 %  $KH_2PO_4$ , 0.05 % yeast extract and 0.02 %  $(NH_4)_2SO_4$  (Merck, Darmstadt, Germany) (BUZZINI et al. 2007; ZHAO et al., 2011).

The total biomass, lipid accumulation and carotenoids production by *R. toruloides* Y27012 were studied in a cultured medium as described above having glucose (40 g/L) as carbon source and different nitrogenous compounds such as yeast extract (3.72 g/L), peptone (3.38 g/L), and ammonium sulfate (1.73 g/L) as nitrogen sources at C/N ratio of 40:1. Then different carbon sources such as glycerol, and xylose were evaluated with yeast extract (3.72 g/L) as the sole nitrogen source at C/N ratio of 40:1. Besides, the growth conditions for *R. toruloides* Y27012 were investigated for growth, lipid accumulation, and carotenoids yields with different C/N ratios of 60:1 and 20:1 by using different glucose concentrations and constant concentration of yeast extract (HU et al., 2009; LATHA et al., 2005). Additives were included at different concentrations to glucose and yeast extract containing growth medium at C/N ratio of 20:1 to

examine the effects of activators on the growth, lipid accumulation, and carotenoids production by *R. toruloides* Y27012 (AKSU and EREN, 2005; TAOKA et al., 2011).

Cultures were cultivated in 250 mL flasks containing 100 mL of the given medium. Each flask was inoculated with 2 mL (2% inoculum volume fraction) of 24 h exponential pre-culture ( $\sim 3 \times 10^8$  cfu/mL) and incubated in a shaker (New Brunswick Scientific Co., Inc., USA) operating at 200 rpm and 30 °C. The incubation period was five days, since the optimal period for lipid and carotenoids production by *R. toruloides* strains was reported in literature (BUZZINI et al., 2007; LIU and ZHAO, 2007). The pH of the medium was not adjusted during fermentation.

### 2.1.1. Determination of Biomass

Biomass content was expressed as dry matter per liter of fermentation broth. Cells in 10 mL culture broth was washed twice with distilled water, and then dried at 80°C until obtaining constant weight (ECONOMOU et al., 2011; HU et al., 2009). All measurements were performed in triplicate.

### 2.1.2. Lipid Extraction

Total lipid that produced in the cells was extracted with chloroform:methanol (2:1; v/v) solvents and then solvents were removed by evaporation with a rotary evaporator (BuchiRotavapor RII, Switzerland) at 40 °C (FOLCH et al., 1957).

### 2.1.3. Carotenoids Extraction

Two methods of ultrasound assisted and HCl-assisted extraction were compared with the control extraction method, in which acetone was used for extraction, in terms of efficiency (GU et al., 2008). Glucose as carbon source (40 g/L) and yeast extract as nitrogen source (3.72 g/L) were used in the medium of the batch fermentation to have C/N ratio of 40:1. The extraction process of each method is described as follows:

- (1) Ultrasound-assisted extraction procedure: The dried biomass of *R. toruloides* Y27012 was put into 250 mL Erlenmeyer and acetone was added at 40 mL/g (liquid /solid) ratio. Ultrasonic treatment procedure was done for 10 min. in ultrasonic crusher (VWR, 75 D, Radnor, PA, USA) at 0°C, the flask was kept in water bath at 100 rpm for 30 min at 28 °C in order to break the cells of yeast. The sample was centrifuged at 3305 g for 20 min to obtain the supernatant containing carotenoids (GU et al., 2008).
- (2) HCl-assisted extraction procedure: The dried biomass of *R. toruloides* Y27012 was soaked into 3 M HCl solution at 28°C, shaking at 100 rpm for 30 min, and then centrifuged at 3305 g for 20 min. The supernatant was cast off, and then acetone was added to the broken cells at 40 mL/g (v/w). Thereafter, extraction of carotenoids was carried out at 100 rpm and 30°C for 30 min, and then centrifuged at 3305 g for 20 min (GU et al., 2008; DEMING et al., 2006; WANG et al., 2008).

### 2.1.4. Total Carotenoids Content

Total carotenoids content (measured as  $\beta$ -carotene) was determined by measuring the optical density at 480 nm with UV-Vis spectrophotometer (UV-1700, Shimadzu, Japan). Following equation was used to determine the carotenoids yield (GU et al., 2008).

$$\text{Carotenoids yield } x = \frac{1000ADV}{0.16*W} \text{ (}\mu\text{g/g dry biomass)}$$

Whereas; A is the absorption at 480 nm, D is the dilution ratio, V is the volume of acetone, 0.16 is the extinction coefficient of carotenoids, W is the weight of dry cell (g)

#### Statistical analysis

Data were statistically analyzed by ANOVA, General Linear Model, confidence level 95.0 Tukey test with MINITAB program.

## 3. Results & Discussion

### 3.1. Carotenoids Extraction Methods

In this work two different extraction methods including ultrasound (US)-assisted and HCl-assisted methods were employed and compared with the control method. Effects of extraction methods on the carotenoids yield are given in Figure 1.

It can be seen from Figure 1 that, HCl-assisted extraction of carotenoids was the most effective method with a carotenoids yield of  $977 \pm 43.25$   $\mu\text{g/g}$ , whereas lower yields of carotenoids ( $394.71 \pm 73.95$   $\mu\text{g/g}$  and  $544.98 \pm 32.10$   $\mu\text{g/g}$ ) was obtained by ultrasound-assisted and control methods, respectively. Although, duration and intensity of US-assisted extraction procedure were sufficient, yield was the lowest in this method.

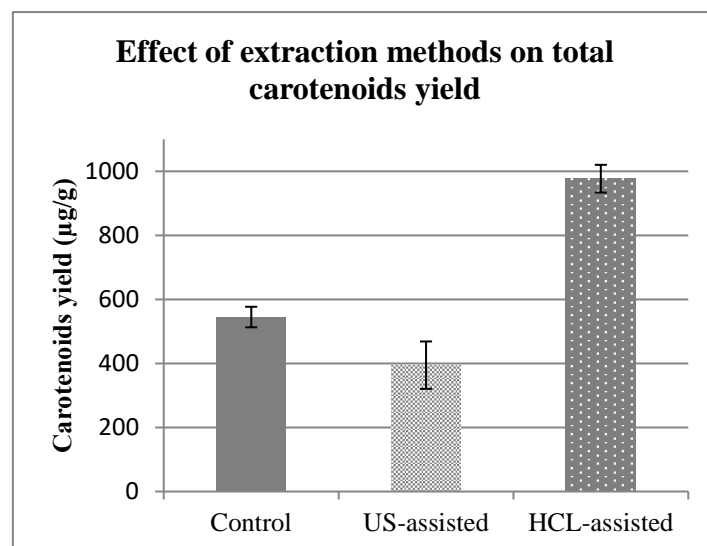


Figure 1. Effect of extraction methods on total carotenoids yield

Studies have been reported on extraction of carotenoids from different microorganisms by various cell disruption techniques (GU et al., 2008; MICHELON et al., 2012). In our study, HCl-assisted extraction revealed HCl-assisted extraction as a promising technique. In contrary, US-assisted extraction revealed lower efficiency for carotenoids. This might be due to the ineffective disruption of cell walls which prevented solubilization of carotenoids from *R. toruloides* cells getting into the acetone solution.

Gu et al. (2008) compared three methods such as grinding, US and HCl assisted extraction on carotenoids extraction yield from *Rhodobactersphaeroides* and as a result HCl-assisted method gave the highest yield of carotenoids such as 4650 µg/g, whereas US assisted extraction gave 664 µg/g carotenoids yield similar to our study (GU et al., 2008). In another study conducted by Michelonet et al. (2012), different techniques of cell disruption for extracting carotenoids produced by *Phaffia rhodozyma* NRRL Y-17268 were compared (MICHELON et al., 2012). Hurdle technologies of freezing biomass maceration with using diatomaceous earth and enzymatic lysis at pH 4.5 resulted with highest carotenoids concentration (190.35 µg/g) and carotenoid extractability (122.25%). More research involving different mechanical, chemical and enzymatic techniques is required to enhance extraction of carotenoids from *R.toruloides*Y27012 which contains high amounts of carotenoids (MICHELON et al., 2012).

### 3.2. Effect of nitrogen sources

Nitrogen sources promote growth of microorganisms; high concentrations of nitrogen sources also suppress the biosynthesis of lipids and other secondary metabolites. A number of researchers have tested the effects of nitrogen sources on biomass, lipid content, and carotenoids yield of various microorganisms (WANG et al., 2012; AKSU and EREN, 2005; SAENGE et al., 2011; BHOSALE and GADRE, 2001). In this study, the medium was supplemented with various nitrogen sources such as peptone and ammonium sulfate. The effects of the nitrogen sources on biomass, lipid content, and carotenoids from *R.toruloides* Y27012 are shown in Table 1. Organic or inorganic nitrogen sources were found to increase the lipid content, biomass and carotenoids production. The highest values for biomass, lipid content, and carotenoids yield were obtained with yeast extract when used as nitrogen source (35.41±1.28 g/L, 44.78±5.42 %, and 977.12±43.25 µg/g, respectively), followed by peptone (34.39±0.61 g/L, 27.46±0.59 %, and 626.08±63.21 µg/g, respectively).

Table 1. Effect of nitrogen sources on biomass, lipid content and carotenoids yield from *R.toruloides*Y27012

Index	Biomass (g/L)	Lipid content (%)	Carotenoids yield (µg/g)
Yeast extract	35.41±1.28 <sup>a</sup>	44.78±5.42 <sup>a</sup>	977.12±43.25 <sup>a</sup>
Peptone	34.39±0.61 <sup>a</sup>	27.46±0.59 <sup>b</sup>	626.08±63.21 <sup>b</sup>
Ammonium sulfate	34.29±1.94 <sup>a</sup>	22.30±1.28 <sup>b</sup>	334.22±57.76 <sup>c</sup>

Results were expressed as mean ± SD deviations of triplicate measurements

C/N ratio=40, 40 g/l glucose, 3.72 g/l yeast extract, 3.38 g/l peptone, 1.73 g/l ammonium sulfate.

T= 30°C, 200 rpm for 5 days



For the evaluation of nitrogen sources for biomass, lipid content and carotenoids yield, yeast extract was found to be the best source followed by peptone. Furthermore, biomass obtained with ammonium sulfate was comparable to those with yeast extract and peptone. This suggested that certain essential amino acids could be synthesized from inorganic nitrogen sources by *R. toruloides* Y27012. When the effect of yeast extract, ammonium sulfate, peptone and other nitrogen sources were investigated on the carotenoids and lipid production by *Rhodotorula glutinis*, yeast extract gave the highest biomass, lipid content and carotenoids concentrations as 6.33 g/L, 32.63%, and 129.94 mg/L, respectively (SAENGE et al., 2011).

Aksu and Eren (2005) used ammonium sulfate as the single nitrogen source for *Rhodotorulamucilaginosagrowth*, and it had been noticed that total carotenoids production and organism growth rates increased with increasing initial ammonium sulfate concentration up to 2 g/L. Carotenoids concentration and yield were 63.0 mg/L and 4.2 mg/g, respectively AKSU and EREN, 2005).

### 3.3. Effect of Carbon Sources

Yeast metabolism depends on the type of carbon source present in the growth medium. Yeasts in general are able to utilize different carbon sources for the production of biomass, lipids and carotenoids. In this study, the effects of different carbon sources such as xylose and glycerol on the cell growth, lipid accumulation and carotenoids production of *R. toruloides* Y27012 were examined. Table 2 indicates the variations in dry biomass, lipid content and carotenoids yield with the change in carbon sources.

Table 2. Effect of carbon sources on biomass, lipid content and carotenoids production from *R.toruloides*Y27012

Index	Biomass (g/L)	Lipid content (%)	Carotenoids yield (µg/g)
Glucose	35.41±1.28 <sup>a</sup>	44.78±5.42 <sup>a</sup>	977.12±43.28 <sup>a</sup>
Xylose	34.62±1.23 <sup>a</sup>	41.77±7.92 <sup>a</sup>	732.89±45.83 <sup>a</sup>
Glycerol	34.93±1.39 <sup>a</sup>	44.32±4.59 <sup>a</sup>	692.73±95.53 <sup>a</sup>

Results were expressed as mean ± SD deviations of triplicate measurements

C/N ratio=40, 3.72 g/L yeast extract, T= 30°C, 200 rpm for 5 days

*R. toruloides* is known as biogenic yeast and the results presented here confirm its ability to accumulate over 40% of its biomass as lipid. However, lipid accumulation was strongly affected by the nature of the carbon source provided. It was noticed from this research that there was no clear difference between lipid content among glucose, xylose and glycerol sources (Table 2).

Utilization of different sugars as carbon source by *R. toruloides* Y27012 for its pigmentation shows that highest carotenoids yield was 977.12±43.28 µg/g when glucose was used as carbon source at a C/N ratio of 40:1.

In case of carbon sources, glycerol, xylose and glucose had similar results on lipid content. Wiebe et al. (2012) compared the lipid content from *R. toruloides* CBS14 between two carbon sources; glucose and xylose. They showed that glucose increased biomass and lipid content (9 g/L, 56%), whereas when xylose was used as carbon source biomass and lipid content was 8 g/L and 45%, respectively (WIEBE et al., 2012).

To our knowledge, this is the first study on production of carotenoids from *R. toruloides* Y27012, so comparing the results with *Rhodotorula glutinis* at different glucose concentrations showed that carotenoids formation enhanced with the increase in glucose concentration. The highest carotenoids production yield of 13.8 mg/g was observed by *R. glutinis* at 20 g/L glucose content (Aksu and Eren, 2005). Varying the carbon sources in the culture medium affected carotenoids production by *R. glutinis* mutant 32. Glucose yielded a proportionally higher production of carotenoids comparing with glycerol (9.8 mg/L, 2.9 mg/g) and xylose (23.9 mg/L, 2.2 mg/g) (BHOSALE and GADRE, 2001).

### 3.4. Effect of C/N Ratios

Generally, microbial lipid production by yeasts requires growth medium with high amount of carbon source and limited amount of nitrogen source (RATLEDGE, 1988). Thus, microbial lipid production capacity is significantly affected by the C/N ratio of the culture. At a high C/N ratio, excess C source is used to produce microbial lipids (SAENGE et al., 2011). In this study, the highest biomass and lipid contents were obtained at a C/N ratio of 60 and a nitrogen concentration of 3.72 g/L (53.41±0.93 g/L biomass, 49.83 ±2.53 % lipids of the dry biomass). At lower C/N ratio of 20, biomass content was 24.76±1.78 g/L and lipid content was 40.28 ±2.44 % as seen in Table 3.

Table 3. Effect of C/N ratios on biomass, lipid content and carotenoids yield from *R.toruloides* Y27012

Index	Biomass (g/L)	Lipid content (%)	Carotenoids yield (µg/g)
C/N=20	24.76±1.78 <sup>a</sup>	40.28±2.44 <sup>a</sup>	1001±17.87 <sup>a</sup>
C/N=40	35.41±1.28 <sup>b</sup>	44.78±5.42 <sup>a</sup>	977.12±43.28 <sup>a</sup>
C/N=60	53.41±0.93 <sup>c</sup>	49.83±2.53 <sup>a</sup>	445.38±40.88 <sup>b</sup>

Results were expressed as mean ± SD deviations of triplicate measurements

Glucose as carbon source, 3.72 g/l yeast extract, T= 30°C, 200 rpm for 5 days

The influence of C/N ratio on carotenoids production has remained elusive until now. In this study it was observed that increasing C/N ratios caused decrease in carotenoid yield. At C/N ratio of 20, carotenoids yield (1001±17.87 µg/g) was higher than carotenoids yield (445.38±40.88 µg/g) at C/N ratio of 60. C/N ratio of 20 was statistically different from 40 and 60 ratios by means of carotenoids yield.

Since carotenoids and lipid production share acetyl CoA as common precursor, it cannot be excluded that there are certain interactions between both production pathways at certain C/N ratios. Park (2005) indicated that the best carotenoid production occurred at a C/N ratio of approximately 44.5 by *Rhodotorulaglutinis* whereas C/N ratio of 31.6 gave the highest biomass (PARK et al., 2005). Somashekar and Joseph (2000) found that a medium with a high C/N ratio tended to produce lipids rather than carotenoids (SOMASHEKAR and JOSEPH, 2000). Also, the C/N ratio of 44.5 observed in the study of Park (2005) for maximum carotenoids production differed from the results of Somashekar and Joseph (2000). They investigated carotenoids production from semi-defined minimal salts media with three different C/N ratios by the yeast *R. gracilis*, and found that a C/N ratio of 10 favored maximum carotenoids production. This result might be due to the different types of medium and yeast strain used (SOMASHEKAR and JOSEPH, 2000).

In another study conducted by Libkind and Brook (2006), low C/N ratio enhanced biomass yield while different C/N ratios did not have any effect on carotenoids yield from *Rhodotorulamucilaginoso* CRUB 0138 (LIBKIND and VAN BROOCK, 2006).

In another research conducted by Libkind et al. (2004), maximum carotenoids yield (2.32 mg/L) were obtained from *Rhodotorulamucilaginoso* CRUB 0138 at C/N of 5 in culture medium containing 10 and 40 g/L glucose, respectively. Different C/N ratios did not influence carotenoid pigment production but low C/N ratio enhanced biomass yield (LIBKIND et al., 2004). The optimized conditions showed that cell growth required low C/N, whereas highest C/N caused increase in lipid content and carotenoids production by *R. glutinis*, at C/N of 170 the lipid content and carotenoids production were 39.74 g/L, 148.77 mg/L, respectively (SAENGE et al., 2011).

It was observed in the medium at different C/N ratios between 10/1 and 70/1, that C/N ratio had no effect on cellular pigment accumulation by *R. glutinis* mutant 32. However, a low ratio resulted in high volumetric production of carotenoids (33 mg/L, 2.90 mg/g) due to high cell mass yield (BHOSALE and GADRE, 2001).

There are many studies that considered C/N factor in lipid production from yeasts. Nitrogen amount should be taken into consideration, because C/N ratio was important for lipid production. C/N ratio of 70 was enough for lipid production, and a higher C/N ratio gave higher lipid content. However, lipid productivity could be decreased when nitrogen sources were extremely scarce (PAPANIKOLAOU and AGGELIS, 2011).

The results have showed that the culture with a C/N molar ratio of 14.3 gave a slightly higher biomass but a lower lipid yield than those with a C/N ratio of 22.3. Both biomass and lipid contents decreased as culture C/N molar ratios went down. Lipid contents almost held constant at around 60% even the C/N molar ratio reduced to 6.1 (WU et al., 2010).

### 3.4. Effect of Additives

Some agents such as surfactants and detergent additives are known to have ability to increase lipid production (KIM et al., 2006). Although the mechanism is not completely understood, these additives can cause variations in membrane fluidity. In this study, a number of surfactants and solvents including Tween 20 and 80 at 0.1 % and 1 % concentrations, ethanol (10 g/L) and acetic acid (5 g/L) were tested for enhancement of growth, lipid and carotenoids production by *R. toruloides* Y27012 cultivated on glucose and yeast extract.

Effects of Tween 20, Tween 80, ethanol and acetic acid on biomass, total lipid and carotenoids yield are given in Table 4. It can be concluded that, when Tween 20 and Tween 80 were added at a level of 0.1 %, carotenoids yield decreased (606.50±30.16 µg/g, 754.68±33.65 µg/g, respectively) along with a little increase in lipid content (42.38±1.36 %, 41.96±3.01 %, respectively) comparing with the control. It can be noticed that lipid contents reached to 44.92±5.44 % and 41.34±7.94 %, respectively with Tween 80 and 20 at 1 % (v/v). Also an increase in carotenoids yield was observed as 1014.46 ±68.44 µg/g when Tween 80 was used in the medium with glucose, yeast extract, and C/N of 20 as can be seen in Table 4. Ethanol at 10 g/L causes an increase in both lipid content and carotenoids yield (45.21%±0.87, 1732.17±39.45 µg/g, respectively) with lower biomass (13.33±0.05 g/L) comparing with control sample as seen in Table 4. Acetic acid also gave the highest lipid content as 61.27±1.77 % among the additives tested (Table 4).

Table 4. Effect of additives on biomass, lipid content and total carotenoids yield

Index	Biomass(g/L)	Lipid content (%)	Carotenoids yield (µg/g)
Control	24.76±1.78 <sup>a</sup>	40.28±2.44 <sup>a</sup>	1001.51±17.87 <sup>a</sup>
0.1 %Tween 20	35.41±1.30 <sup>b</sup>	42.38±1.36 <sup>a</sup>	606.50±30.16 <sup>b</sup>
0.1% Tween 80	28.60±2.80 <sup>c</sup>	41.96±3.01 <sup>a</sup>	754.68±33.65 <sup>c</sup>
1 %Tween 20	25.00±1.13 <sup>a</sup>	41.34±7.94 <sup>a</sup>	1002.79±46.87 <sup>a</sup>
1% Tween 80	24.00±0.46 <sup>a</sup>	44.92±5.43 <sup>a</sup>	1014.46±68.44 <sup>a</sup>
Ethanol (10 g/L)	13.33±0.05 <sup>d</sup>	45.21±0.87 <sup>a</sup>	1732.17±39.45 <sup>d</sup>
Acetic acid (5 g/L)	41.97±1.02 <sup>c</sup>	61.27±1.77 <sup>b</sup>	NR

Results were expressed as mean ± SD deviations of triplicate measurements, NR not released

C/N ratio=20, Glucose as carbon source, 3.72 g/L yeast extract, T= 30°C, 200 rpm for 5 days

The results of effects of Tween 80 on carotenoids production are consistent with the results of Aksu and Eren (2007). In their study, addition of Tween 80 has increased total carotenoids concentration (AKSU and EREN, 2007). Tween 80 and Tween 20 not only act as carbon sources but also act as enhancer of nutrient uptake into the cell bodies, meaning that the permeability of the cell membrane increases (TAOKA et al., 2011).

An increase in both lipid content and carotenoids yield was observed when ethanol was used as an additive. Taking into consideration that the theoretical yield of lipid production per 1 g of ethanol is 0.54 g; it can also be considered as a very proper additive since no residual carbon arises from its uses in fermentation processes (RATLEDGE, 1988). Detailed studies revealed that ethanol activates oxidative metabolism with induction of HMG-CoA (3-hydroxy-3-methyl-glutaryl-CoA) reductase, which in turn enhances carotenoids production. Similarly, many studies reported increased carotenoids production upon addition of ethanol to cultures of many types of yeasts (KIM et al., 2003; GU et al., 1997). Ethanol has been considered as a potential substrate for the *de novo* lipid production of the oleaginous microorganisms since they have the ability to utilize ethanol. With the presence of alcohol dehydrogenase, yeast converts ethanol to acetaldehyde, and acetaldehyde dehydrogenase enzyme converts acetaldehyde to acetate that will be further converted to acetyl-coA (RATLEDGE, 1988).

Among the additives tested; acetic acid gave the highest lipid content. Acetic acid has been equally considered as substrates for SCO production in many studies. Roux et al. (1995) had used acetic acid as a carbon source and the lipid content observed was 47 % of the biomass (ROUX et al., 1995). The major reasons for this improved lipid production would appear to originate from both acetic acid and ethanol feeding directly into the pool of acetyl-CoA which is necessary for lipogenesis. In glucose-grown cells, the main flux of carbon involves glucose uptake, glycolysis, transport of pyruvate into the mitochondria, conversion of pyruvate into citrate, transport of citrate into the cytosol, and cleavage of citrate by adenosine triphosphate (ATP): citrate lyase to acetyl-CoA (RATLEDGE and WYNN, 2002).

#### 4. Conclusions and Recommendations

The strain of *R. toruloides* Y27012 was cultivated on various carbon and nitrogen sources with different C/N ratios and in the presence of various additives. The effects of nitrogen, carbon sources, different C/N ratios, and some additives on cell growth, lipid accumulation and carotenoids production from *R. toruloides* Y27012 were determined by measuring dry biomass, lipid and carotenoids yield.

According to ANOVA analysis of the results, there was no significant difference between nitrogen sources on biomass production but nitrogen sources had significantly affected the lipid and carotenoid production. Among carbon sources, there was no significant difference on biomass, lipid and carotenoid production. C/N ratio was found to be important on biomass and carotenoid production, in contrast there was not any significant effect on lipid contents. Additives, except 1% Tween 80 and Tween 20, changed the biomass and carotenoid content significantly while only acetic acid was found to be statistically important on lipid content.

The results showed that HCl-assisted extraction method of carotenoids was found to be the most effective method for carotenoids extraction from *R. toruloides* Y27012. Among the nitrogen and carbon sources that were investigated, yeast extract and glucose were found as the best sources for cell growth, lipid accumulation, and carotenoids yield. Highest biomass and lipid production was favoured with high C/N ratios whereas lower C/N ratios caused high carotenoids production. Lipid content and carotenoids yield were increased when Tween 80 and Tween 20 were added at 1 % (v/v) and at C/N ratio of 20. Ethanol (10 g/L) when used as an additive also caused an increase in carotenoids production.

Further studies should focus on the optimization of temperature, light, pH, and aeration for lipid and carotenoids production from *R. toruloides* Y27012 since there is limited research on this subject. On the other hand, agro-industrial wastes and by-products such as

whey, fruit waste extracts, sugar cane juice and sugar beet molasses, corn hydrolysate can be used in the growth medium as low-cost substrates and these substrates should be explored as alternative cheap carbon and nitrogen sources.

## 4. Acknowledge

This research was supported from ITU BAP Project No. 37573 (ITU Scientific Research Projects Department).

## References

- RATLEDGE., C. (2002). Regulation of lipid accumulation in oleaginous microorganisms. *Biochem. Soc. Trans*, 30: 1047.
- LI, Y.H., ZHAO, Z.B., BAI, F.W. (2007). High-density cultivation of oleaginous yeast *Rhodospiridium toruloides* Y4 in fed-batch culture. *Enzyme Microb. Tech*, 41: 312. <https://doi.org/10.1016/j.enzmictec.2007.02.008>.
- BUZZINI, P., INNOCENTI, M., TURCHETTI, B., LIBKIND, D., VAN BROECK, M., MULINACCI, N. (2007). Carotenoids profiles of yeasts belonging to the genera *Rhodotorula*, *Rhodospiridium*, *Sporobolomyces* and *Sporidiobolus*. *Can. J. Microbiol*, 53: 1024. <https://doi.org/10.1139/W07-068>.
- POLITINO, M., TONZI, S.M., BURNETT, W.V., ROMANCIK G., USHER, J.J. (1997). Purification and characterization of cephalosporin esterase from *Rhodospiridium toruloides*. *Appl. Environ. Microbiol*, 63(12): 4807.
- WANG, Q., GUO, F., RONG, Y., MING-CHI, Z. (2012). Lipid production from hydrolysate of cassava starch by *Rhodospiridium toruloides*. *Renew. Energy*, 46: 164-168. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.03.002>.
- LIU, B. & ZHAO, Z.K. (2007). Biodiesel production by direct methanolysis of oleaginous microbial biomass. *J. Chem. Technol. Biotechnol*, 82: 775. <https://doi.org/10.1002/jctb.1744>.
- ZHAO, X., HU, C., WU, S., SHEN, H., ZHAO, Z.K. (2011). Lipid production by *Rhodospiridiumtoruloides* Y4 using different substrate feeding strategies. *J. Ind. Microbiol. Biotech*, 38(5): 627. <https://doi.org/10.1007/s10295-010-0808-4>.
- PAPANIKOLAOU, S. & AGGELIS, G. (2011). Lipids of oleaginous yeasts. Part I: Biochemistry of single cell oil production. *Eur. J. Lipid Sci. Tech*, 113: 1031. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201100014>.
- ECONOMOU, C.N., VASILIOU, I.A., AGGELIS, G., PAVLOU, S., VAYENAS, D.V. (2011). Modeling of oleaginous fungal biofilm developed on semi-solid media. *Bioresour. Technol*, 102: 9697-9704. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.08.003>.
- BERTACCHI, S., PORRO, D., BETTIGA, M., BRANDUARDI, P. 2020. Camelina sativa meal hydrolysate as sustainable biomass for the production of carotenoids by *Rhodospiridium toruloides*. *Biotechnology for Biofuels* 13(1). <https://doi.org/10.1186/s13068-020-01682-3>.
- WAITES, J., MORGAN, N.L., ROCKEY, J.S., HIGTON, G. (2001). Food additives and supplements. In: *Industrial microbiology: An introduction*. London: Blackwell Scientific, Oxford, UK, pp. 210-217.
- GOODWIN, T. & BRITTON, G. (1988). Distribution and Analysis of Carotenoids. In: *Plant Pigments*. Academic Press, London, UK.
- ARMSTRONG, G.A. (1994). Eubacteria show their true colors: genetics of carotenoid pigment biosynthesis from microbes to plants. *J. Bacteriol*, 176: 4795-4802.
- FRENGOVA, G.I. & BESHKOVA, D.M. (2009). Carotenoids from *Rhodotorula* and *Phaffia*: Yeasts of biotechnological importance. *J. Ind. Microbiol. Biot*, 36: 163. <https://doi.org/10.1007/s10295-008-0492-9>.
- AKSU, Z. & EREN, A.T. (2005). Carotenoids production by the yeast *Rhodotorulamucilaginosa*, use of agricultural wastes as a carbon source. *Process. Biochem*, 40: 2985-2991. doi: 10.1016/j.procbio.2005.01.011.
- FONTANA, J.D., GUIMARÃES, M.F., MARTINS, N.T., FONTANA, C.A., BARON, M. (1996). Culture of the astaxanthinogenic yeast *Phaffia rhodozyma* in low-cost media. *Appl. Biochem. Biotechnol*, 57-58: 413. <https://doi.org/10.1007/BF02941721>.
- PHAM, K.D., SHIDA, Y., MIYATA, A., TAKAMIZAWA, T., SUZUKI, Y., ARA, S., YAMAZAKI, H., MASAKI, K., MORI, K., ABURATANI, S., HIRAKAWA, H., TASHIRO, K., KUHARA, S., TAKAKU, H., OGASAWARA, W. 2020. Effect of light on carotenoid and lipid production in the oleaginous yeast *Rhodospiridium toruloides*. *Biosci Biotechnol Biochem*. 19:1-12. <https://doi.org/10.1080/09168451.2020.1740581>.
- MACHADO, W.R.M., SILVA, L.G., VANZELA, E.S.L., Del BIANCHI, V.L. 2019. Production of carotenoids by *Rhodotorula toruloides* isolated from Brazilian tropical savannah. *International Food Research Journal* 26(4): 1259-1267.
- BELLOU, S., BAESHEN, M.N., ELAZZAZY, A.M., AGGELI, D., SAYEGH, F., AGGELIS, G. (2014). Microalgal lipids biochemistry and biotechnological perspectives. *Biotechnol. Adv*, 32: 1476-1493. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2014.10.003>.
- HU, C.M., ZHAO, X., ZHAO, J., WU, S.G., ZHAO, Z.K. (2009). Effects of biomass hydrolysis by-products on oleaginous yeast *Rhodospiridium toruloides*. *Bioresour. Technol*, 100: 4843-4847. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.04.041>.
- LATHA, B.V., JEEVARATNAM, K., MURALI, H.S., MANJA, K.S. (2005). Influence of growth factors on carotenoid pigmentation of *Rhodotorula glutinis* DER-PDY from natural source. *Indian J. Biotechnol*, 4: 353-357.
- TAOKA, Y., NAGONO, N., OKITA, Y., IZUMIDA, H., SUGIMOTO, S., HAYASHI, M. (2011). Effect of Tween 80 on the growth, lipid accumulation and fatty acid composition of *Thraustochytriummaureum* ATCC34304. *J. Biosci. Bioeng*, 11(4): 420-424. <https://doi.org/10.1016/j.jbiosc.2010.12.010>.
- FOLCH, J., LEES, M., STANLEY, G.H.S. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem*, 226(1): 497.
- GU, Z., CHEN, D., HAN, Y., CHEN, Z., GU, F. (2008). Optimization of carotenoids extraction from *Rhodobacter sphaeroides*. *LWT*, 41(6): 1082-1088. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2007.07.005>.



25. DEMING, C., YONBIN, H., ZHENXIN, G. (2006). Application of statistical methodology to the optimization of fermentative medium for carotenoids production by *Rhodobacter sphaeroides*. *Process Biochem*, 41: 1773-1778. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2006.03.023>.
26. WANG, S., SUN, J., HAN, Z., WU, X. (2008). Enhanced  $\beta$ -carotene production by *Rhodotorula glutinis* using high hydrostatic pressure. *Korean J. Chem. Eng.* 25(3), 513-516. <https://doi.org/10.1007/s11814-008-0086-2>.
27. MICHELON, M., MATOS DE BORBA, T., RUAN DE SILVA, R., VEIGA BURKERT, C.A., DE MEDEIROS BURKERT, J.F. (2012). Extraction of carotenoids from *Phaffia rhodozyma*: A comparison between different techniques of cell disruption. *Food Sci. Biotech*, 21: 1-8. <https://doi.org/10.1007/s10068-012-0001-9>.
28. SAENGE, C., CHEIRSILP, B., SUKSAROGE, T.T., BOURTOOM, T. (2011). Efficient concomitant production of lipids and carotenoids by oleaginous red yeast *Rhodotorula glutinis* cultured in palm oil mill effluent and application of lipids for biodiesel production. *Biotech. Bioprocess. Eng*, 16: 23-33. <https://doi.org/10.1007/s12257-010-0083-2>.
29. BHOSALE, P. & GADRE. R.V. (2001). Production of  $\beta$ -carotene by a mutant of *Rhodotorula glutinis*. *Appl. Microbiol. Biotechnol*, 55: 423.
30. WIEBE, M.G., KOIVURANTA, K., PENTTILA, M., RUOHONEN, L. (2012). Lipid production in batch and fed-batch cultures of *Rhodospiridium toruloides* from 5 and 6 carbon carbohydrates. *BMC Biotechnol*, 12: 26. <https://doi.org/10.1186/1472-6750-12-26>.
31. RATLEDGE. C. 1988. Biochemistry, Stoichiometry, Substrate and Economics. In: R. S. Moreton (Ed.) *Single Cell Oil*. Longman, London, UK, pp. 33-70.
32. PARK, P.K., CHO, D.H., KIM, E.Y., CHU, K.H. (2005). Optimization of carotenoid production by *Rhodotorula glutinis* using statistical experimental design. *World J. Microbiol. Biotechnol*, 21(4): 429-434. <https://doi.org/10.1007/s11274-004-1891-3>.
33. SOMASHEKAR, D. & JOSEPH. R. (2000). Inverse relationship between carotenoid and lipid formation in *Rhodotorulagracili* according to the C/N ratio of the growth medium. *World J. Microbiol. Biotechnol*, 16: 491-493. <https://doi.org/10.1023/A:1008917612616>.
34. LIBKIND, D. & VAN BROOCK, M. (2006). Biomass and carotenoid pigment production by Patagonian native yeasts. *World J. Microbiol. Biotechnol*, 22: 687-692. <https://doi.org/10.1007/s11274-005-9091-3>.
35. LIBKIND, D., BRIZZIO, S., VAN BROOCK, M. (2004). *Rhodotorula mucilaginosa*, a carotenoid producing yeast strain from a patagonian high-altitude lake. *Folia Microbiol*, 49(1): 19-25. <https://doi.org/10.1007/bf02931640>.
36. WU, S., HU, C., JIN, G., ZHAO, X., ZHAO, Z.K. (2010). Phosphate-limitation mediated lipid production by *Rhodospiridium toruloides*. *Bioresource Technol*, 101: 6124-6129. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.02.111>.
37. KIM, S.W., KIM, J.B., JUNG, W.H., KIM, J.H., JUNG, J.K. (2006). Over-production of beta-carotene from metabolically engineered *Escherichia coli*. *Biotechnol. Lett*, 28: 897-904. <https://doi.org/10.1007/s10529-006-9023-9>.
38. AKSU, Z. & EREN, A.T. (2007). Production of carotenoids by the isolated yeast of *Rhodotorula glutinis*. *Biochem. Eng. J*, 35(2): 107-113. <https://doi.org/10.1016/j.bej.2007.01.004>.
39. KIM, S.J., KIM, G.J., PARK, D.H., RYU, Y.W. (2003). High-level production of astaxanthin by fed-batch culture of mutant strain *Phaffia rhodozyma* AJ-6-1. *J. Microbiol. Biotechnol*, 13(2): 175-181.
40. GU, W.L., AN, G.H., JOHNSON, E.A. (1997). Ethanol increases carotenoid production in *Phaffia rhodozyma*. *J. Ind. Microbiol. Biotechnol*, 19: 114-117. <https://doi.org/10.1038/sj.jim.2900425>.
41. ROUX, M.P., KOCK, J.L.F., PREEZ, J.C., BOTHA, A. (1995). Influence of dissolved oxygen tension on the production of cocoa butter equivalents and gamma-linolenic acid by *Mucor circinelloides*. *Syst. Appl. Microbiol*, 18(3): 329-334. [https://doi.org/10.1016/S0723-2020\(11\)80423-6](https://doi.org/10.1016/S0723-2020(11)80423-6).
42. RATLEDGE, C. & WYNN, J.P. (2002). The biochemistry and molecular biology of lipid accumulation in oleaginous microorganisms. *Adv. Appl. Microbiol*, 51: 1-51. [https://doi.org/10.1016/s0065-2164\(02\)51000-5](https://doi.org/10.1016/s0065-2164(02)51000-5).





# İşgörenlerin Demografik Özelliklerinin Örgütsel İklim Algısına Etkisinin İstatistiksel Analizi: Süreyya Paşa Göğüs Hastalıkları Hastanesi Örneği

Cemil Örg ev<sup>1</sup>, Bayram Topal<sup>2</sup>, Hasan Şahin<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3521-4266)

<sup>2</sup>Sakarya Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Sakarya Türkiye (ORCID: 0000-0002-9027-0965)

<sup>3</sup>Bandırma Onyed i Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bandırma/ Balıkesir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8915-000X)

(İlk Geliş Tarihi 26 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.709785)

**ATIF/REFERENCE:** Örg ev, C., Topal, B., & Şahin, H. (2020). İşgörenlerin Demografik Özelliklerinin Örgütsel İklim Algısına Etkisinin İstatistiksel Analizi: Süreyya Paşa Göğüs Hastalıkları Hastanesi Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 165-175.

## Öz

İşletme olarak hastaneler, her türlü sağlık hizmetinin üretildiği, karmaşık yapılı ve yüksek düzeyde uzmanlaşmayı gerektiren sağlık kurumlarıdır. Hastaneler hem emek hem de sermaye yoğun işletme özelliğine sahip sağlık kurumlarıdır. Sağlık sektöründe giderek artan bir rekabet ortamı oluşmaktadır. Böyle bir ortamda rakiplerden önde olabilmek için örgütsel iklim ve örgütsel bağlılık kadar bu iki kavramı etkileyen faktörler de son derece önemlidir. Bir örgütte çalışanların örgüt amaçlarını benimsemeleri, değer yargılarını kabul etmeleri, inanç ve kurallara uygun davranışlarda bulunmaları ve kendilerinden beklenen davranışları göstermelerinin anahtarı olarak "örgütsel iklim"; işletmelerin rekabet avantajı sağlayabilmeleri ve vasıflı iş görenleri bünyelerinde tutabilmeleri için ise "örgütsel bağlılık" vazgeçilmez olarak görülebilir. Bu çalışma sağlık çalışanlarının algıladıkları hizmetkâr liderlik anlayışı çerçevesinde örgütsel iklim ve örgütsel bağlılık arasında anlamlı bir ilişkinin var olup olmadığını belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışma 30.10.2017 ile 30.12.2017 tarihleri arasında İstanbul İli Kamu Hastaneler Birliğine bağlı bir devlet hastanesinde aktif olarak çalışan 495 sağlık personelinin 254'üne uygulanmıştır. Örneklem, rastgele örneklem seçim tekniği olup katılım %52,93'dür. Çalışmada veri toplama aracı olarak; Robert Stringer tarafından geliştirilmiş, örgüt iklimi ölçeği; Meyer ve Allen tarafından geliştirilmiş örgütsel bağlılık ölçeği ve çalışanların sosyal-demografik niteliklerinden oluşan bir anket formu kullanılmıştır. Ölçek ve alt boyut puanları normal dağılım gösterdiğinden cinsiyet, medeni durum; yaş, öğrenim düzeyi, kadro durumu, kıdem, kamuda çalışma süresi, toplam aylık gelir değişkenlerine göre karşılaştırılmıştır. Gruplar arasındaki anlamlı farklılık için de ikili karşılaştırmalar yapılmıştır. Örgütsel iklim ölçeği ve alt boyut puanlarının hem cinsiyete hem de medeni duruma göre, aynı zamanda yaş gruplarına, öğrenim düzeyine, mesleki kıdemine, kamuda çalışma süresine göre anlamlı farklılık göstermediği belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Örgütsel İklim, Örgütsel Bağlılık, Hizmetkâr Liderlik, Müşteri Memnuniyeti.

## Statistical Analysis of the Impact of Employees' Demographic Characteristics on Organizational Climate Perception: The Case of Süreyya Paşa Chest Diseases Hospital

### Abstract

As an enterprise, hospitals are health institutions where all kinds of health services are produced, complex structured and requiring high level of specialization. Hospitals are both health-intensive and capital-intensive health institutions. There is an increasing competitive environment in the health sector. In this competitive environment, the factors affecting these two concepts are as important as the organizational climate and organizational commitment to be ahead of the competitors. "Organizational climate" is the key for people

\*Sorumlu Yazar: Bandırma Onyed i Eylül Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Bandırma/ Balıkesir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8915-000X, [hsahin@bandirma.edu.tr](mailto:hsahin@bandirma.edu.tr)

working in an organization to adopt organizational goals, accept value judgments, engage in relationships that conform to beliefs and norms, and demonstrate expected behavior. “Organizational commitment” can be seen as indispensable for enterprises to gain competitive advantage and to retain qualified employees. This study was conducted to determine whether there is a meaningful relationship between the perceived servant leadership understanding of healthcare personnel and organizational climate and organizational commitment. The study was applied to 254 out of 495 health personnel who were actively working in a public hospital affiliated with the Public Hospitals Association of Istanbul between 30.10.2017 and 30.12.2017. The sample was randomly selected and the participation rate was 52,93%. In the study, servant leadership scale was used as a data collection tool; Organizational climate scale developed by Robert Stringer; Organizational commitment scale developed by Meyer and Allen and a questionnaire consisting of organizational commitment scale and social-demographic characteristics of employees. As the scale and subscale scores showed normal distribution, gender, marital status; age, education level, staff status, seniority, working time in public sector, total monthly income were compared. Pairwise comparisons were also made for the significant difference between the groups. It was found that the organizational climate scale and sub-dimension scores did not differ significantly according to both gender and marital status, age groups, education level, professional seniority, and duration of work in the public sector.

**Keywords:** Organizational Climate, Organizational Commitment, Servant Leadership, Customer Satisfaction.

## 1. Giriş

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)’ye göre sağlık “sadece herhangi bir hastalık ve sakatlık halinin olmaması değil, fiziksel, ruhsal ve sosyal yönden tam bir iyilik hali” (Öztek, 2006) olarak tanımlanmıştır. Örgüt iklimi; örgütün yapısını oluşturan, örgütleri birbirinden ayıran, örgütü tasvir eden, örgüte hakim olan, örgütün iç yapısının son derece kararlı, değişmez, sürekli niteliğine sahip ve örgütteki bireylerin tutum ve davranışlarını etkileyen ve onlardan etkilenen, somut bir şekilde gözle görülüp elle tutulamayan, ancak örgütteki kişilerce hissedilip algılanabilen ve tüm bu özellikleri kapsayan psikolojik bir terim (Yüceler, 2009) olarak ifade edilebilir. Ayrıca örgüt iklimi kavramı çok boyutlu bir kavram olup; örgüt yapısı, örgütsel destek, sorumluluk, çatışma, ödül, risk, samimiyet, standartlar ve aidiyet kavramlarından oluşmaktadır (Demirbaş, 2017). Genellikle örgüt iklimi ile örgüt kültürü kavramları birbirinin yerine kullanılmaktadır. Örgütler kültür ve iklimlerini geliştirme aşamasında çeşitli gelenekler, yasaklar ve ahlak ilkelerinden faydalanırlar. Bir örgütün iklimi ve kültürü hem biçimsel örgütün davranış kalıplarını ve değerlerini hem de bunların doğal örgütteki yorumlarını ifade eder. Nasıl ki bir toplumun kültür bir mirası varsa, sosyal örgütlerde de örgüte yeni katılan üyelere bırakılan örgütle ilgili kalıplaşmış normlar ve değerler vardır (Güçlü, 2003).

Örgütsel iklimle ilgili bazıları tanımlar şunlardır: Acaray ve Pelenk (2018) göre iklim, belli bir yerde işgörenler tarafından hissedilen ve onların davranışlarını etkileyen tüm çevrenin özellikleridir. Karcıoğlu (2001) iklimi, “bir örgütü diğer bir örgütten ayıran özellikler veya nitelikler setini ifade eder” şeklinde tanımlarken devamında, “bu tanım, kişilik kavramına benzemekte olup, gerçekte örgüt iklimi, sık sık örgütün kişiliği olarak ima edilir” ifadesini kullanmaktadır. Örgütsel iklim, işgörenlerin örgütteki mevcut atmosferi algılaması sonucu ortaya çıkan, hissedilen ve ölçülebilen özelliklerin toplamıdır. Her örgütün kendine has bir iklimi, kimliği ve ortamı vardır (Deniz ve Çoban, 2016). Örgüt ikliminin için en yaygın tanımlardan bir diğerine göre örgüt iklimi, iş çevresinde işgörenler tarafından direkt veya indirekt olarak algılanan ve çalışanların davranış ve motivasyonlarını etkilediği düşünülen, ölçülebilir özellikler kümesidir (İşcan ve Karabey, 2007). Taymaz (2003)’e göre, bir örgütte örgütsel iklimin oluşmasında örgütsel kültürün önemli rol oynamaktadır. Örgüt iklimi; örgütün genel kişiliğini, örgüt üyelerinin ortak algılarını ve örgüt üyelerinin davranış ve tutumlarını etkilemek gibi özellikleri vardır (Saraç, 2015). Örgüt iklimle ilgili ilk referans Lewin ve arkadaşlarının genç grupların sosyal iklim yaratan tecrübelerinden söz eden çalışmalarıdır. Örgütsel iklimin işgörenler üzerindeki etkisine yönelik çalışmalar Hawthorne araştırmalarına kadar uzanmaktadır. Bu çalışmalarda, işgörenlerin motivasyonları, iş tatminleri, performansları ve verimlilikleri arasında ilişkiler belirlenmeye çalışılmış ve netice olarak çalışanların örgütsel iklimi olumlu algılamalarının performansları üzerinde de olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir (Tutar ve Altınöz, 2010). Tutar ve Altınöz (2010)’ün Zammuto ve Krackover’dan (1991) aktardığına göre, örgütsel iklimi ölçmek ve değerlendirmek için 7 farklı boyutun söz edilmektedir. Bunlar “güven, çatışma, birlik ruhu, ödüller, değişime direnç, lider güvenilirliği ve baskı” olarak ifade edilmiştir. Örgüt iklimi, örgütsel değerler, normlar, inançlar, yöntem ve faaliyetlerle ilgili oluşan ortak bir algı olarak tanımlanmaktadır (Aşık, 2018). Örgütsel iklimin, açıklık, standartlar, sorumluluk, esneklik, ödüller ve takım taahhüdü şeklinde 6 farklı iklim boyutu olup Tablo 1’de gösterilmektedir (Nair, 2006).

Tablo 1. Örgütsel İklim İçin Boyut ve Maddeler

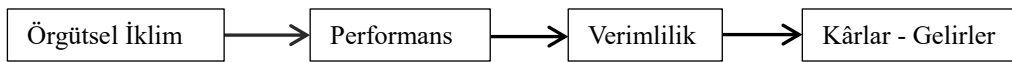
Boyut	Madde
Açıklık	Sizden ne beklendiğini bilmek,
	Bu beklentilerin kurumun takım taahhüdü hedefleriyle nasıl ilişkili olduğunu anlamak.
Standartlar	Olumlu bir şekilde birlikte çalışmak ve örgütsel yapılar arasında iş birliği yapmak.
	Zorlu ancak ulaşılabilir hedeflerin belirlendiği seviye, Sıradanlığa tolerans gösterilmeyen kapsam.
Sorumluluk	Size yetki verilmiş olduğunu hissetmek,
	İşinizi mikro yönetilmeden yapabileceğinizi hissetmek, Hesap verebilirlik.
Esneklik	Gereksiz kurallar veya prosedürler olmadığını düşündüğünüz seviye,
	Yeni fikirlerin kolay kabul edildiğini hissetmek.
Ödüller	İyi iş için tanınmak,
	Tanınmanın doğrudan performans düzeyleriyle ilişkili olduğu derece.
Takım Taahhüdü	Organizasyona ait olmaktan gurur duyuyor ve gurur duyduğunu ifade ediyor,
	Herkesin ortak bir hedefe doğru çalıştığına güvenmek,
	Olumlu bir şekilde birlikte çalışmak ve örgütsel yapılar arasında iş birliği yapmak.

Örgütsel bağlılık, hem işletmelere rekabet avantajı sağlaması, hem de vasıflı iş gücünü istihdam edebilme ve sürekli bir aidiyet kazandırması bakımından olmazsa olmaz bir kavramdır (Örgev ve Sütü, 2018). Örgütsel bağlılık hakkındaki ilk çalışmalar örgütsel bağlılığı örgütsel değerlerin benimsenmesini ifade eden tek boyutlu bir yapı olarak betimleseler de Meyer ve Allen örgütsel bağlılığın duygusal, sürekli ve normatif bağlılık olmak üzere üç farklı boyuta sahip olduğunu saptamışlardır (Yüceler, 2009). Örgütsel bağlılıkta öncelikle örgütün hedef ve değerlerine içtenlikle inanış ve bunları kabulleniş, her şeyini örgütü için gönüllü olarak ortaya koyma ve örgüte üyeliğin sürekliliği noktasında güçlü bir iradenin oluşturulması gibi faktörler öne çıkmaktadır (Deniz ve Çoban, 2016).

Mowday, Porter ve Steers örgütsel bağlılığı etkileyen üç faktörden bahsetmişlerdir. Bunları Kişisel faktörler, Örgütsel faktörler ve Örgütsel olmayan faktörler şeklinde ortaya koymuşlardır. Örgütsel bağlılık açısından psikolojik kontrat da önemlidir. Literatürde psikolojik kontrat, çalışanlarla örgüt arasında yazılı olmayan karşılıklı beklentilerin tümü şeklinde tanımlanmaktadır (Yağcı, 2007). Ayrıca örgütsel bağlılık, bireyin bir işletmeye veya eylemin seyrine bağlanma durumu olarak tanımlanırken başka bir ifadeyle ise işletmelerin hedeflerine ulaşması için çalışanların daha fazla çaba göstermesini sağlar şeklinde tanımlanmaktadır (Buluş ve Gümüş, 2018).

Örgütsel bağlılık son 30 yılda Amerika başta olmak üzere birçok ülkede araştırma konusu olmuştur. Giderek küçülen dünyada iktisadi ve ticari açıdan ülkeler arasında sınırların kalktığı, rekabetin arttığı bir ortamda örgütlerin hayatta kalabilmeleri ve geleceğe daha güçlü adımlarla ilerleyebilmeleri için örgütsel bağlılık kavramının önemi daha da artmıştır (Çelik, 2012). Netice olarak örgütsel bağlılık, çalışanların kurumsal hedef ve değerleri kabul etmesi, bu hedeflere ulaşılması için gayret etmesi ve örgüt üyeliğini sürdürme arzusudur. Bu bağlamda örgütsel bağlılıkta esas olarak üzerinde durulan faktörler: örgütten için her şeyini feda etmeye gönüllü olma, örgütün amaç ve değerlerine inanma ve nihayet örgütün bir üyesi olarak kalmaya istekliliktir (Yeniçeri ve Yücel, 2009).

Örgüt iklimi önemli kabul edilir: Bu konudaki algı, motive olmuş çalışanın daha yüksek verimlilikle, iş için daha fazla tutkuyla ve müşterilerle daha derin bir ilişki kurmasıyla sonuçlanacağı yönündedir. Olumlu bir iklim, çalışanların üretkenliğini teşvik eder ve çalışan sirkülasyonunu azaltır. Şekil 1, örgütsel iklimin performans üzerindeki etkisini açıklamaktadır (Permarupan ve ark., 2013).



Şekil 1. Örgütsel iklimin performans üzerindeki etkisi

## 2. Literatür İncelemesi

Örgütsel iklim, “örgütsel hayatta farkına varılan ve tanımlanması güç olan bir duygusal etkileşim” (Mullins, 2007) olarak tanımlanabilir. Başka bir tanımda ise örgüt iklimi, “işgörenlerin deneyimlediği politika, uygulama ve prosedürlerin paylaşılan algılamaları ve anlamları ile ödüllendirildiği gözlemlenen, desteklenen ve beklenen davranışlar” (Yalçınsoy, 2016) olarak tanımlanabilir. Örgütsel iklim, örgüt kültürü gibi, örgütlerin kendilerine has özelliklerini yansıtmakta olup bu durum örgütün tüm departmanları için de geçerlidir. Örgüt ikliminin bir başka özelliği de, örgütün formal yapısına benzemeyip informal bir özelliğe sahip olmasıdır. Örgütün fiziksel yapısı tüm işgörenler tarafından aynı görülmesine karşın, psikolojik yapısını ifade eden örgütsel iklim algısı çalışan sayısınca farklılık gösterebilir (Tutar ve Altınöz, 2010).

Literatür incelendiğinde örgüt iklimi ve çalışma hayatı arasındaki etkiyi inceleyen çok sayıda araştırma vardır. Fabiene ve Kachchhap (2016), Filipinler’de kantitatif yöntemler kullanarak sağlık çalışanlarının iş tatminini etkileyen faktörlerle ilgili yaptıkları çalışmada örgütsel iklim ve örgütsel bağlılık arasında pozitif bir ilişkiye rastlanmıştır. Konaklama işletmelerinde çalışanların örgütsel bağlılıklarını etkileyen faktörlerin araştırıldığı bir çalışma yapılmıştır (Yağcı, 2007). Bu çalışmada otel çalışanlarının örgütsel bağlılık ve yaşam kalitesi düzeylerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bu çalışmada örgütsel bağlılık skorlarının cinsiyet, yaş, eğitim, medeni hal ve kıdem gibi bağımsız değişkenler açısından nasıl bir ilişki olduğu araştırılmıştır. Nojehdehi ve ark. (2016), İran’daki Tahran Tıp Bilimleri Üniversitesi’nde yaptıkları çalışmada, örgüt ikliminin örgütsel bağlılık ve işten ayrılma niyeti üzerinde endrekt etkisi olduğunu, örgüt iklimindeki olumlu bir değişimin çalışanların işten ayrılma niyetinin azalmasına sebep olduğunu tesbit etmiştir. Günay ve ark. (2017), yapısal eşitlik modeli ile turizm sektöründeki yöneticilerin işkoliklik ve örgütsel iklim boyutları arasındaki nedensellik ilişkilerini araştırmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre örgütsel iklim alt boyutlarından bireysel sorumluluk alt boyutunun işkoliklik üzerinde etkili olduğu, ödüllendirme boyutunun işkoliklik alt boyutlarından sadece güdülenme üzerinde etkili olduğu saptanmıştır. Uysal (2013), örgüt iklimi altındaki güven-saygı, liderin tutumu, tatmin olma, iletişim ve destek algısı alt faktörlerini mesleki bağlılık ile ilişkilendirmiştir. Buna göre örgüt ikliminin alt boyutları ile stajyer çalışanların mesleki bağlılık gelişimleri arasında anlamlı ilişkiler bulunmuştur. Tsai, Tayvan’da yaptığı araştırmada çalışanların işletme türü ile örgütsel iklim’in yakından ilişkili olduğunu tespit etmiştir (Tsai, 2014).

Gürkan ve Koçoğlu (2014) hem vakıf hem de devlet üniversitesinde görev yapan öğretim elemanlarının yaratıcı örgüt iklimi algılarının kariyer tatminleri üzerindeki etkisinde duygusal bağlılığın kısmi aracı rolü olduğunu belirlemiştir. Güner (2015) çalışmasında örgütsel iklimin iş tatminine etkisini ve bu bağlamda iş görenin iş tatminini artıran etkenleri incelemiştir. Araştırma sonucu örgütsel iklim ve iş tatmini arasındaki anlamlı ve olumlu bir etkinin olduğunu belirlemiştir. Tutar (2016), örgütsel iklim alt boyutlarını, belirsizlik toleransı, çevresel faktörler, örgütsel iletişim, çalışan özellikleri, işin yapısı, liderlik türü, örgüt yapısı, amaçları, değer ve normları, yönetim şekli, güven ve destek, ödüllendirme ve cezalandırma, standartlar ve örgütsel ortamda tanınma olarak ortaya koymuştur. Deniz ve Çoban (2016), Malatya’da Esenlik Şirketi üretim departmanında 233 çalışan üzerinde yaptıkları araştırmada örgütsel iklim ile örgütsel bağlılık arasında pozitif yönde önemli bir ilişkinin olduğunu görmüşlerdir. Buna göre örgütsel iklimin, örgütsel bağlılık ve alt boyutlarını pozitif yönde etkilediğini ortaya saptanmıştır. Hashemi ve Sadeqi (2016)’nin İran’da yaptıkları araştırmada çalışanlar arasında örgütsel iklim bileşenleri ile iş tatmini arasındaki ilişkiyi incelemişler ve pozitif ilişki olduğu tespit etmişlerdir. Yüksekbilgili ve Küçüközkan (2017), sağlık kurumlarında çalışanların örgütsel iklimi algılarının iş performansları ile ilişkisini ve iş performansı üzerindeki etkisini belirlemiştir. Buna göre çalışanların olumlu örgüt iklimi algısının iş performansı ile anlamlı ve pozitif yönde olduğunu saptamışlardır. Ak (2018), Bartın İli’nde Bartın 112 acil sağlık hizmetleri istasyonları evreninde görev yapan personeller nezdinde gerçekleştirilen örgütsel iklim anketi sonucunda ortaya çıkan bulgulara yer vermiştir. Baş ve ark. (2018), Sağlık çalışanlarının örgütsel iklimin örgütsel bağlılığa etkisini incelemiş ve pozitif yönlü güçlü ilişki bulmuşlardır. Ögeve ve Sütlü (2018), sağlık personelinin hizmetkâr liderlik algıları ile örgütsel iklim ve örgütsel bağlılık arasındaki ilişkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre hizmetkâr liderliğin örgütsel bağlılığı anlamlı ve olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Sarı (2019), yöneticilerin kullandıkları algı yönetimi taktiklerinin öğretmen motivasyonunu nasıl etkilediğini ve yöneticilerin kullandıkları algı yönetimi taktiklerinin öğretmen motivasyonuna etkisinin okul iklimine aracılık rolü tespit etmiştir. Filiz ve Bardakçı (2020), sağlık çalışanlarının örgütsel iklim algıları ile örgütsel güven düzeyleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Göreci (2019), İstanbul’da faaliyet gösteren bir otomotiv firmasından elde ettiği verilerden faydalanarak farklılıkların yönetimi ile örgüt iklimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Kılıç (2019), etik iklimin, örgütsel bağlılık ve öğretmen performansı üzerindeki etkisini incelemiştir. Ertem ve Gökalp (2019), lisansüstü eğitim düzeyinde örgüt iklimini ölçmeye yönelik bir ölçek geliştirmişlerdir. Akgemci, Abdul-Kareem, Kızıloğlu (2020), çalışanların örgüt iklimine ilişkin algılarının örgüt temelli özsaygı ve öznel iyi oluş üzerindeki etkisini belirlemiştir. Ertürk ve Zıblım (2020), okullardaki örgütsel sapma algısının örgütsel iklim değişkeni tarafından yordanıp yordanmadığını belirlemeye çalışmışlardır. Mikail ve Çora (2020), örgüt ikliminin özel sağlık kuruluşlarında hizmet kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir. Buna göre örgütsel iklimin, örgütsel bağlılık ve alt boyutlarını pozitif yönde etkilediği saptanmıştır.

### **3. Uygulama**

#### **3.1. Araştırmanın Amaç ve Kapsamı**

Sağlık işletmelerinde özellikle hastanelerde (kamu veya özel) gerek medikal teknoloji gücü gerekse vasıflı iş gücü yönünden giderek artan bir rekabet ortamı oluşmaktadır. Bu pazarda tercih edilip rakiplerin önüne geçebilmek için gerekli olan “örgütsel iklim ve örgütsel bağlılık” kadar bu iki kavrama anlam veren unsurlar da önem arz etmektedir. Çalışma ile sağlık çalışanlarının algıladıkları hizmetkâr liderlik anlayışı çerçevesinde çalışanların demografik özellikleri ile örgütsel iklim ve alt boyutları örgütsel katılım ve örgütsel bağlılık arasındaki ilişkilerin varlığının araştırılması amaçlanmıştır.

Bu çalışma 30.10.2017 ile 30.12.2017 tarihleri arasında aktif olarak 495 kişinin çalıştığı İstanbul İli Kamu Hastaneler Birliğine bağlı bir devlet hastanesinde 254 sağlık personeline uygulanmıştır. Rastgele örneklem seçim tekniği ile Örneklem oluşturulmuştur. Verilerin toplanmasında hizmetkâr liderlik ölçeği; Robert Stringer tarafından geliştirilmiş, örgütsel iklim ölçeği; Meyer ve Allen tarafından geliştirilen örgütsel bağlılık ölçeği ve çalışanların sosyal-demografik özelliklerini içeren bir anket formu kullanılmıştır. Anketin geçerli ve güvenilir olduğu, “için örgütsel iklim” ve “örgütsel bağlılık” ölçeklerinin geçerlilik ve güvenilirlik analizleri yapılarak belirlenmiştir. Sonuçların değerlendirilmesinde, SPSS aracılığıyla, betimsel istatistikler, korelasyon analizi, regresyon analizi, ANOVA ve t testi gibi analizler kullanılmıştır.

#### **3.2. Araştırmanın Hipotezleri**

Araştırmanın amacı doğrultusunda aşağıdaki hipotezler geliştirilmiştir.

H<sub>1</sub>: Çalışanların örgütsel iklim algısı cinsiyete göre farklılık göstermektedir.

H<sub>2</sub>: Çalışanların örgütsel iklim algısı medeni durumua göre farklılık göstermektedir.

H<sub>3</sub>: Çalışanların örgütsel iklim algısı yaşa göre farklılık göstermektedir.

H<sub>4</sub>: Çalışanların örgütsel iklim algısı öğrenim düzeyine göre farklılık göstermektedir.

H<sub>5</sub>: Çalışanların örgütsel iklim algısı kadro pozisyonuna göre farklılık göstermektedir.

H<sub>6</sub>: Çalışanların örgütsel iklim algısı kıdeme göre farklılık göstermektedir.

H<sub>7</sub>: Çalışanların örgütsel iklim algısı kamu sektöründe çalışma süresine göre farklılık göstermektedir..

H<sub>8</sub>: Çalışanların örgütsel iklim algısı gelir düzeyine göre farklılık göstermektedir.

### 3.3. Veri Toplama Aracı

Araştırmada anket formu iki bölümden oluşturulmuştur. İlk bölümde cinsiyet, yaş, medeni durum, öğrenim düzeyi, kadro durumu, kıdem, kamuda çalışma süresi, toplam aylık gelir gibi katılımcıların demografik niteliklerini belirlemeye dönük sorulara yer verilmiştir. Anketin ikinci bölümde hizmetkâr liderlik ölçeği; Robert Stringer tarafından geliştirilmiş, örgütsel iklim ölçeği; Meyer ve Allen tarafından geliştirilen örgütsel bağlılık ölçeğinden oluşan (Özdemir, 2006; Ak, 2018) sorulardan oluşmuştur. Ölçek beşli Likert tipinde (1: hiç katılmıyorum, 5: kesinlikle katılıyorum) cevap seçeneklerini içermektedir. Alt boyut ve ölçek genelinde yüksek puan, örgütsel iklimle ilişkin algının yüksek düzeyde olumlu olduğunu ifade etmektedir. Cronbach Alpha katsayısı ölçeğin tümü için 0,79; alt boyutlardan katılım için 0,79 ve bağlılık için 0,62 olarak tespit edilmiştir.

### 3.4. Veri Analizi

Verilerin analizinde SPSS 21.0 yazılımı kullanılmıştır. Verinin normalliğinin sınımasında çeşitli testler kullanılmaktadır. Normal dağılım göstermeyen veriler karekök, logaritmik veya ters dönüşüm yöntemleri kullanılarak normalleştirilerek parametrik testler kullanılabileceği gibi non-parametrik testler de kullanılabilir (Büyüköztürk, 2011). Parametrik testler non-parametrik testlere göre daha güçlü olduklarından tercih edilirler. Yapılan normallik sınımasına göre (Tablo 2) verilerin normal dağıldığı anlaşılmıştır. Buna göre ölçek ve alt boyutlarının cinsiyet, medeni hal şıklarına göre karşılaştırılmasında bağımsız örneklem t testinden; yaş, öğrenim düzeyi, kadro durumu, kıdem, kamuda çalışma süresi, toplam aylık gelir değişkenlerinin şıklarına göre karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (ANOVA) kullanılmıştır. ANOVA testinde gruplar arasında anlamlı farklılık olması halinde farkın hangi gruplardan kaynaklandığını belirlemek amacıyla ikili karşılaştırmalar için LSD post hoc testi kullanılmıştır. Analizlerde anlamlılık seviyesi 0,05 ( $p < 0,05$ ) olarak uygulanmıştır.

Tablo 2. Normallik Testi

Alt Boyut	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	İstatistik	Serbestlik derecesi	Anlamlılık	İstatistik	Serbestlik derecesi	Anlamlılık
<i>Katılım</i>	,057	203	,200*	,988	203	,096*
<i>Bağlılık</i>	,096	203	,000	,986	203	,052*
<i>Toplam</i>	,062	203	,064*	,984	203	,022

(\*) Normal dağılım gösteriyor.

## 4. Bulgular ve Analizler

### 4.1. Betimleyici İstatistikler

Tablo 3’de katılımcıların demografik özelliklerinin frekans ve yüzde dağılımı gösterilmiştir.



*Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*  
Tablo 3. Katılımcıların Demografik Özelliklerine Göre Dağılımı

Demografik Değişken	Grup	n	%
Cinsiyet	Kadın	139	68,5
	Erkek	64	31,5
Medeni durum	Evli	85	41,9
	Bekâr	118	58,1
Yaş	20-29 yaş	72	35,5
	30-39 yaş	97	47,8
	40-49 yaş	34	16,7
Öğrenim düzeyi	Lise	89	43,8
	Ön lisans	39	19,2
	Lisans	75	36,9
Kadro durumu	Sağlık hizmetleri	100	49,3
	İdari hizmetler	22	10,8
	Yardımcı hizmetler	81	39,9
Mesleki kıdem	1 yıldan az	67	33,0
	1-5 yıl	41	20,2
	5-8 yıl	56	27,6
	9 yıl ve üstü	39	19,2
Kamuda çalışma süresi	1-5 yıl	36	17,7
	6-10 yıl	57	28,1
	11-15 yıl	77	37,9
	16-20 yıl	33	16,3
Aylık gelir	3000TL ve altı	42	20,7
	3001-4000TL	104	51,2
	4001TL ve üstü	57	28,1

Tablo 3'e göre araştırmaya katılan 203 kişiden %68,5'i gibi önemli bir kısmı kadınlardan oluşmaktadır. Katılımcıların %58,1'inin bekâr, %83,3'ünün 39 yaş altında olduğu görülmüştür. Eğitim düzeyi açısından katılımcıların %43,8'i lise, %19,2'si ön lisans, %36,9'u lisans düzeyinde öğrenim görmüştür. Katılımcıların %49,3'ü sağlık hizmetleri, %10,8'i idari hizmetler, %39,9'i yardımcı hizmetler kadrosundadır. Katılımcıların %50,3'ü 5 yıldan daha az kıdeme sahip iken, %54,2'si en az 11 yıldır kamu sektöründe çalışmaktadır. Katılımcıların %20,7'sinin aylık geliri 3000TL ve altı, %51,2'sinin 3001-4000TL, %28,1'inin 4001TL ve üstüdür.

Tablo 4'de ölçek ve alt boyutlarını tasvir eden ortalama, standart sapma ve çarpıklık (Skewness), basıklık (Kurtosis) ölçüleri verilmiştir.

Tablo 4. Ölçeklere Ait Betimleyici İstatistikler

Alt Boyut	n	Min.	Maks.	$\bar{X}$	SS	Çarpıklık	Basıklık
Katılım	203	2,09	4,82	3,52	0,52	-0,32	0,437
Bağlılık	203	1,33	5,00	3,46	0,57	0,07	-0,104
TOPLAM	203	1,85	4,83	3,49	0,49	0,10	0,525

Örgütsel iklim ölçeği puanlarının ortalama ve standart sapması  $3,49 \pm 0,49$ ; katılım alt boyutu için  $3,52 \pm 0,52$  ve bağlılık alt boyutu için  $3,46 \pm 0,57$  olarak tespit edilmiştir. Ölçek ve alt boyutlarda alınabilecek en düşük (1) ve en yüksek (5) puanlar dikkate alındığında katılımcıların örgütsel iklim algısının “yüksek düzeyde olumlu” olduğu söylenebilir (Ölçek ve alt boyutlardan alınabilecek en düşük (1) ve en yüksek (5) puanlara göre düzey aralıkları  $5-1=4/5=0,80$ ;  $1,0-1,80$ : “çok düşük”;  $1,81-2,60$ : “düşük”;  $2,61-3,40$ : “orta”;  $3,41-4,20$ : “yüksek”;  $4,21-5,00$ : “çok yüksek”) (Tablo 4). Benzer şekilde örgütsel iklim alt boyutları katılım ve bağlılık algısının da yüksek düzeyde olumlu olduğu anlaşılmaktadır.

## 4.2. Örgütsel İklm Ölçeği Maddeleri İçin Analiz Sonuçları

Örgütsel iklim ölçeği alt maddeleri ile ilgili olarak yapılan tek örneklem t testi sonucunda 4 alt maddede işgörenlerin büyük oranda pozitif bir görüşe sahip oldukları belirlenmiştir. Bu 4 alt madde “Yöneticiler işlerine çok önem vermektedirler” ( $t=4,59$ ;  $p=0,000$ ), “Yöneticiler ve işgörenler, işle ilgili hedefleri ve sorumlulukları paylaşmaktadırlar” ( $t=2,94$ ;  $p=0,004$ ), “Yöneticiler çalışanlardan gelen yeni fikirleri ciddiye alır ve uygularlar” ( $t=3,41$ ;  $p=0,001$ ) ve “Yöneticiler tüm çalışanlara karşı saygılı davranmaktadırlar” ( $t=2,91$ ;  $p=0,004$ ) pozitif ve anlamlı olup çalışanların yöneticilerinden genel olarak memnun oldukları anlaşılmaktadır.

Ayrıca cinsiyet ve medeni durum açısından örgütsel iklim ölçeği maddelerine uygulanan bağımsız örneklem t testi sonuçlarına göre bir madde dışında anlamlı bir farka rastlanmamıştır. Buna göre cinsiyete göre “Başka bir kurumdan teklif gelse bile çoğu çalışan, burada çalışmayı tercih eder” maddesinde anlamlı bir fark gözlenmiştir ( $t=-2,83$ ;  $p=0,005$ ). Kadınların bu düşüncüyü erkeklere göre

daha fazla desteklemiştir. Buna göre kadınların örgütsel bağlılığının erkeklere göre daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Yine medeni hal faktörüne göre yapılan t testinde “Başka bir kurumdan teklif gelse bile çoğu çalışan, burada çalışmayı tercih eder” maddesinde anlamlı bir fark gözlenmiştir ( $t=-3,144$ ;  $p=0,002$ ). Bu sonuç bekârların evlilere göre bu düşüncüyü daha yüksek düzeyde desteklediklerini ve örgütsel bağlılıklarının evlilere göre daha yüksek olduğunu göstermektedir.

İkiden fazla grubun farkı için ANOVA testi yapılmış olup yaş gruplarına, öğrenim durumlarına ve çalışanların kadro durumuna göre örgütsel iklim ölçek maddeleri puanları arasında anlamlı bir fark bulunmamıştır. Ancak örgütsel bağlılık maddelerinden sadece “Yöneticiler çalışarlardan gelen yeni fikirleri ciddiye alıp ve uyguladıkları ” konusunda çalışanların kıdemine göre ( $F=2,91$ ;  $p=0,021$ ) farklılık olduğu görülmüştür. Bu konuda kıdemi fazla olan çalışanların daha olumlu bir görüşe sahip oldukları anlaşılmıştır.

Gelir seviyesine göre örgütsel iklim maddelerinin farkı için uygulanan ANOVA testine göre sadece “Yöneticiler ve çalışanlar arasında iyi iş ilişkileri vardır” maddesinde farklılığa rastlanmıştır ( $F=3,51$ ;  $p=0,016$ ). Bu konuda daha çok yüksek gelirli çalışanların daha olumlu görüşe sahip oldukları anlaşılmaktadır. Sonuç olarak gelir düzeyinin yükselmesiyle çalışanların yönetimden memnuniyetler de artış göstermektedir.

### 4.3. Örgütsel İklim ve Alt Boyutlarının Demografik Özelliklere Göre Karşılaştırılması

Örgütsel iklim ölçeği ve alt boyut puanlarının kişilerin cinsiyetine vasfının şıklarına göre karşılaştırılması için bağımsız örneklem t testi yapılmış ve sonuçlar tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Örgütsel İklim ve Alt Boyutlarının Cinsiyet Vasfının Şıklarına Göre Karşılaştırılması

Alt Boyut	Cinsiyet	N	$\bar{X}$	SS	t	P
Katılım	Kadın	139	3,55	0,51	1,06	0,291
	Erkek	64	3,46	0,55		
Bağlılık	Kadın	139	3,49	0,56	1,05	0,292
	Erkek	64	3,40	0,60		
TOPLAM	Kadın	139	3,52	0,48	1,18	0,238
	Erkek	64	3,43	0,51		

Tablo 5’e göre örgütsel iklim ölçeği ve alt boyut puanlarının cinsiyete göre anlamlı farklılık göstermediği ( $p>0,05$ ) tespit edildiğinden “örgütsel iklim” konusunda kadınların ve erkeklerin benzer bir algıya sahip oldukları söylenebilir.

Örgütsel iklim ve alt boyutlarına ait puanlarının katılımcıların medeni durumuna göre karşılaştırılmış bağımsız iki örneklem t testi ile yapılmış ve sonuçlar tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Örgütsel İklim ve Alt Boyutlarının Medeni Durumun Şıklarına Göre Karşılaştırılması

Alt Boyut	Medeni Durum	N	$\bar{X}$	SS	t	P
Katılım	Evli	85	3,50	0,49	-0,52	0,601
	Bekar	118	3,54	0,55		
Bağlılık	Evli	85	3,44	0,45	-0,36	0,720
	Bekar	118	3,47	0,65		
TOPLAM	Evli	85	3,47	0,41	-0,49	0,624
	Bekar	118	3,50	0,54		

Yukarıdaki tablodan görüleceği üzere örgütsel iklim ölçeği ve alt boyut puanlarının medeni duruma göre anlamlı farklılık göstermediği ( $p>0,05$ ) tespit edilmiştir. Kişilerin medeni haline göre örgütsel iklim algısı farklılık göstermemektedir.

Tablo 7’de örgütsel iklim ve alt boyut puanlarının katılımcıların yaş gruplarına göre farklılığını belirlemek için yapılan ANOVA testi verilmiştir.

Tablo 7. Örgütsel İklim ve Alt Boyutlarının Yaş Gruplarına Göre Karşılaştırılması

Alt Boyut	Yaş Grubu	N	$\bar{X}$	SS	F	P
Katılım	A-20-29 yaş	72	3,46	0,51	1,02	0,361
	B-30-39 yaş	97	3,57	0,49		
	C-40-49 yaş	34	3,48	0,64		
Bağlılık	A-20-29 yaş	72	3,38	0,57	1,84	0,162
	B-30-39 yaş	97	3,54	0,55		
	C-40-49 yaş	34	3,40	0,61		
TOPLAM	A-20-29 yaş	72	3,42	0,48	1,78	0,171
	B-30-39 yaş	97	3,56	0,46		
	C-40-49 yaş	34	3,44	0,56		

Tablo 7’den örgütsel iklim ölçeği ve alt boyutları katılım ve bağlılık puanlarının yaş gruplarına göre anlamlı farklılık göstermediği ( $p>0,05$ ) tespit edilmiştir. Buna göre sağlık çalışanlarının örgütsel iklim algısı yaşa göre farklılık göstermemektedir.

Örgütsel iklim ölçeği ve alt boyutları katılım ve bağlılık puanlarının katılımcıların öğrenim düzeyine göre farklılık gösterip göstermediği ANOVA testi ile araştırılmış ve sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Örgütsel İklim ve Alt Boyutlarının Öğrenim Düzeylerine Göre Karşılaştırılması

Alt Boyut	Öğrenim Düzeyi	N	$\bar{X}$	SS	F	P
Katılım	A-Lise	89	3,45	0,53	1,85	0,160
	B-Ön lisans	39	3,53	0,57		
	C-Lisans	75	3,60	0,48		
Bağlılık	A-Lise	89	3,40	0,54	0,92	0,401
	B-Ön lisans	39	3,50	0,67		
	C-Lisans	75	3,51	0,55		
TOPLAM	A-Lise	89	3,42	0,48	1,63	0,199
	B-Ön lisans	39	3,51	0,56		
	C-Lisans	75	3,56	0,45		

Örgütsel iklim ölçeği ve alt boyutları katılım ve bağlılık puanlarının öğrenim düzeyine göre anlamlı bir farklılık göstermediği ( $p>0,05$ ) yukarıdaki tablodan görülmektedir. Eğitim düzeyine göre örgütsel iklim algısı önemli bir fark göstermemektedir.

Örgütsel iklim ölçeği ve alt boyutları puanlarının katılımcıların çalıştığı kurumdaki kadro pozisyonuna göre farklılık gösterip göstermediği ANOVA testine göre analiz edilmiş ve sonuçlar tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Örgütsel İklim ve Alt Boyutlarının Kadro Durumuna Göre Karşılaştırılması

Alt Boyut	Kadro Durumu	N	$\bar{X}$	SS	F	p	Anlamlı Fark
Katılım	A-Sağlık hizmetleri	100	3,62	0,52	3,43	0,034	A>B,C
	B-İdari hizmetler	22	3,44	0,65			
	C-Yardımcı hizmetler	81	3,42	0,48			
Bağlılık	A-Sağlık hizmetleri	100	3,52	0,58	1,21	0,299	
	B-İdari hizmetler	22	3,35	0,76			
	C-Yardımcı hizmetler	81	3,41	0,49			
TOPLAM	A-Sağlık hizmetleri	100	3,57	0,49	2,59	0,078	
	B-İdari hizmetler	22	3,40	0,68			
	C-Yardımcı hizmetler	81	3,42	0,41			

Yukarıdaki tabloya göre katılım alt boyut puanlarının kadro pozisyonlarına göre anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir ( $F=3,43$ ;  $p<0,05$ ). Sağlık hizmetleri kadrosunda yer alan katılımcıların katılım alt boyut puanları, idari hizmetler ve yardımcı hizmetler kadrolarındaki katılımcıların puanlarından anlamlı düzeyde yüksektir. Şu halde örgütsel iklim toplam puanları ve alt boyutu bağlılık puanları sağlık çalışanlarının kadro pozisyonlarına göre önemli bir fark göstermemektedir.

Örgütsel iklim ölçeği ve alt boyutları katılım ve bağlılık puanlarının katılımcıların mesleki kıdemine göre karşılaştırılması ANOVA testi ile araştırılmış ve sonuçlar Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Örgütsel İklim ve Alt Boyutlarının Mesleki Kıdeme Göre Karşılaştırılması

Alt Boyut	Mesleki Kıdem	N	$\bar{X}$	SS	F	p	Anlamlı Fark
Katılım	A-1 yıldan az	67	3,44	0,48	1,74	0,161	
	B-1-5 yıl	41	3,48	0,47			
	C-5-8 yıl	56	3,65	0,55			
	D-9 yıl ve üstü	39	3,51	0,59			
Bağlılık	A-1 yıldan az	67	3,43	0,48	1,73	0,162	
	B-1-5 yıl	41	3,43	0,55			
	C-5-8 yıl	56	3,60	0,60			
	D-9 yıl ve üstü	39	3,34	0,67			
TOPLAM	A-1 yıldan az	67	3,43	0,41	1,96	0,122	
	B-1-5 yıl	41	3,45	0,45			
	C-5-8 yıl	56	3,62	0,51			
	D-9 yıl ve üstü	39	3,43	0,59			

Yukarıdaki tablodan örgütsel iklim ve alt boyutları katılım ve bağlılık puanlarının mesleki kıdeme göre anlamlı farklılık göstermediği ( $p>0,05$ ) tespit edilmiş olup mesleki kıdemin (tecrübe) Örgütsel iklim algısı üzerinde önemli bir farklılığa sebep olmadığı anlaşılmaktadır.

Örgütsel iklim ölçeği ve alt boyut puanlarının katılımcıların kamuda çalışma süreslerine göre karşılaştırılması ANOVA testi ile araştırılmış ve sonuçlarına Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11. Örgütsel İklim ve Alt Boyutlarının Kamuda Çalışma Sürelerine Göre Karşılaştırılması

Alt Boyut	Kamuda Çalışma Süresi	N	$\bar{X}$	SS	F	p	Anlamlı Fark
Katılım	A-1-5 yıl	36	3,55	0,48	1,01	0,392	
	B-6-10 yıl	57	3,55	0,50			
	C-11-15 yıl	77	3,44	0,56			
	D-16 yıl ve üstü	33	3,61	0,53			
Bağlılık	A-1-5 yıl	36	3,46	0,49	0,19	0,902	
	B-6-10 yıl	57	3,50	0,61			
	C-11-15 yıl	77	3,42	0,57			
	D-16 yıl ve üstü	33	3,46	0,60			
TOPLAM	A-1-5 yıl	36	3,51	0,42	0,54	0,654	
	B-6-10 yıl	57	3,52	0,51			
	C-11-15 yıl	77	3,43	0,51			
	D-16 yıl ve üstü	33	3,54	0,50			

Yukarıdaki tabloya göre örgütsel iklim ölçeği ve alt boyut puanlarının kamuda çalışma süresine göre anlamlı bir farklılık göstermediği ( $p>0,05$ ) saptanmıştır.

Örgütsel iklim ölçeği ve alt boyut puanlarının katılımcıların aylık gelirdüzeylerine göre farklılığı ANOVA testi ile araştırılmış ve sonuçları Tablo 12’de verilmiştir.

Tablo 12. Örgütsel İklim ve Alt Boyutlarının Aylık Gelir Düzeylerine Göre Karşılaştırılması

Alt Boyut	Aylık Gelir	N	$\bar{X}$	SS	F	p	Anlamlı Fark
Katılım	A-3000TL ve altı	42	3,36	0,48	5,37	0,005	C>A,B
	B-3001-4000TL	104	3,49	0,54			
	C-4001TL ve üstü	57	3,69	0,48			
Bağlılık	A-3000TL ve altı	42	3,38	0,43	2,11	0,123	
	B-3001-4000TL	104	3,42	0,61			
	C-4001TL ve üstü	57	3,59	0,58			
TOPLAM	A-3000TL ve altı	42	3,37	0,39	4,31	0,015	C>A,B
	B-3001-4000TL	104	3,45	0,52			
	C-4001TL ve üstü	57	3,64	0,47			

Tablo 12’de görüldüğü üzere örgütsel iklim toplam ( $F= 4,31$ ;  $p=0,015$ ) ve katılım alt boyutu puanlarının ( $F=5,37$ ;  $p<0,05$ ) aylık gelir düzeyine göre anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Aylık geliri 4000TL ve üstü olan katılımcıların örgütsel iklim ve katılım

alt boyutu puanları, aylık geliri 4000TL altında olan katılımcıların puanlarından anlamlı düzeyde daha yüksektir. Buna göre yüksek ücret alan sağlık çalışanlarının örgütsel iklim ölçeği ve katılım alt boyutu için daha pozitif bir görüşe sahip olduğu anlaşılmaktadır. Ancak, bağlılık alt boyutu puanlarında gelir düzeyine göre önemli bir farka rastlanmamıştır.

## 5. Sonuç ve Öneriler

Sağlık kurumları emek yoğun hizmet veren kuruluşlar olup gün geçtikçe bu alanda artan bir rekabet ortamı oluşmaktadır. Bu rekabet ortamında rakiplerden önde olabilmek için örgütsel iklim ve örgütsel bağlılık kadar bu iki kavramı etkileyen faktörler de oldukça önemlidir. Bu çalışmada örgütsel iklim ve alt boyutları katılım ve bağlılığın sağlık çalışanlarının demografik özelliklerine göre farklılık gösterip göstermediği incelenmiştir. Örgütsel iklim ölçeği ve alt boyut puanları normal dağılım gösterdiğinden cinsiyet, medeni durum, yaş, öğrenim düzeyi, kadro durumu, kıdem, kamuda çalışma süresi, toplam aylık gelir değişkenlerine göre karşılaştırılmıştır. Bunun için t testleri ve varyans analizi yapılmıştır.

Ölçek maddeleri için yapılan testlerde çalışanların genel olarak yöneticilerinden memnun olduğu görülmüştür. Kadınların örgütsel bağlılığının erkeklere göre daha yüksek olduğu anlaşılmıştır. Kıdemi fazla olan çalışanlar yöneticilerin fikirlerine değer verip uyguladıklarını düşünmektedirler. Çalışanların gelir düzeyinin artmasının yönetimden memnuniyetlerinin de artmasına sebep olduğu anlaşılmaktadır.

Örgütsel iklim ölçeği puanı  $3,52 \pm 0,52$ ; katılım alt boyut puanı  $3,46 \pm 0,57$  ve bağlılık alt boyut puanı  $3,49 \pm 0,49$  olarak tespit edilmiştir. Ölçek ve alt boyutları için alınabilecek en düşük (1) ve en yüksek (5) puanlar dikkate alındığında katılımcıların örgütsel iklim ve alt boyutları katılım ve bağlılık algısının “yüksek düzeyde olumlu” olduğu söylenebilir.

Örgütsel iklim ölçeği ve alt boyut puanlarının katılımcıların cinsiyetine ve medeni durumuna göre anlamlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Buna göre örgütsel iklim algısı sağlık çalışanların erkek ya da kadın olmasına, evli ya da bekâr olmasına göre değişmemektedir. Benzer şekilde sağlık çalışanlarının örgütsel bağlılık düzeylerinde cinsiyetin anlamlı bir fark oluşturmadığı belirtilmiştir (Özdemir, 2006; Akbolat ve ark., 2015). Ayrıca örgütsel iklim ölçeği ve alt boyut puanlarının katılımcıların yaş gruplarına, öğrenim düzeyine, mesleki kıdemine, kamuda çalışma süresine göre anlamlı farklılık göstermediği tespit edilmiştir. Çalışmada çalışanların öğrenim düzeyine göre örgütsel bağlılıklarında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmasa da literatürde tersi sonuçlara da rastlanmıştır (Tekingündüz ve Tengilimoğlu, 2013; Akbolat ve ark., 2016).

Örgütsel iklim ölçeği ve alt boyut puanlarının katılımcıların kadro durumuna göre anlamlı farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Sağlık hizmetleri kadrosunda yer alan katılımcıların katılım alt boyut puanları, idari hizmetler ve yardımcı hizmetler kadrolarındaki katılımcıların puanlarından anlamlı düzeyde yüksektir.

Örgütsel iklim ölçeği katılım alt boyutu puanlarının gelir düzeyine göre anlamlı farklılıklar gösterdiği tespit edilmiştir ( $F=5,37$ ;  $p<0,05$ ). Aylık geliri 4000 TL'nin üstünde olan çalışanların katılım alt boyutu puanları, geliri 4000 TL'nin altında olanlara göre anlamlı düzeyde daha yüksektir. Şu halde gelir düzeyinin yükselmesine paralel olarak kişilerin örgütsel iklim algı puanlarında da bir artış gözlenmektedir.

Yapmış olduğumuz bu çalışma İstanbul ilinde Kamu Hastaneleri Birliğine bağlı hastane personelini kapsamaktadır. Çalışmanın daha kapsamlı ve genelleyici sonuçlara ulaşabilmesi için daha geniş bir yelpazede yapılması faydalı olacaktır. Bu bağlamda çalışma kamu hastanelerinin yanı sıra özel hastaneleri de kapsayacak şekilde genişletilerek karşılaştırmalı analizler yapılabilir. Öte yandan çalışma il bazında yapılabileceği gibi daha geniş bir çerçevede bölge ve ülke bazında yapılarak genişletilebilir.

## Kaynakça

- Acaray, A. & Pelenk, S. E. (2018). İşe adanmışlığın güçlendirme iklimi ve bireysel performans ile ilişkisinin incelenmesi: hizmet sektöründe bir araştırma. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 7(5), 154-177.
- Ak, M. (2018). Kamu sağlık sektöründe örgütsel iklim analizi: Bartın 112 istasyonları örneği. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(2), 340-371.
- Akbolat, M., Işık, O. & Tengilimoğlu, D. (2015). Personel uygulamalarının örgütsel bağlılık ve örgütsel bağlılığın iş tatminine etkisi. *İş, Güç Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi*, 17(2), 3-37.
- Akbolat, M., Kahraman, G. & Öztürk, T. (2016). Sağlık çalışanlarının iş yaşamlarında karşılaştıkları iş aile çatışması örgütsel bağlılıklarını etkiler mi? Sakarya ili örneği. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 19(2), 153-169.
- Akgemci, T., Abdul-Kareem, A. & Kızıloğlu, E. (2020). Örgüt ikliminin örgüt temelli özsaygı ve öznel iyi oluş üzerindeki etkisi: Kobi'ler üzerinde bir araştırma. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12(1), 65-78.
- Aşık, N. A. (2018). Örgüt iklimi ve işe yabancılaşma ilişkisini belirlemeye yönelik bir araştırma. *Güncel Turizm Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 29-41.
- Baş, T., Amarat M., Ünal, Ö., Durmuş A. & Boz, Ş. (2018). Örgütsel iklimin örgütsel bağlılığa etkisi: Özel hastane örneği. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 5(3), 538-548.
- Bulşu, Ç. & Gümüş, M. (2018). Farklılıkların yönetimi ve örgütsel bağlılığın işten ayrılma niyetine etkisi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 6(4), 322-344.
- Büyüköztürk, Ş. (2011). *Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı* (14. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Çelik, H. (2012). *Aile hekimliğinde çalışan sağlık personelinin örgütsel bağlılık ve iş tatmini ilişkisi üzerine bir araştırma*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Deniz, M. & Çoban R. (2016). Örgütsel iklimin çalışan bağlılığına etkisi ve bir araştırma. *Birey ve Toplum Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2), 49-72.



- Demirbaş, Z. (2017). *Sağlık işletmelerinde örgüt iklimi ve çalışan memnuniyeti ilişkisi üzerine bir araştırma*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul.
- Ertem, H. Y. & Gökalp, G. (2019). Lisansüstü eğitim’de örgüt iklimi ölçeği’nin geliştirilmesi. *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 20(3), 784-797.
- Erturk, A. & Zıblım, L. (2020). Is the perception of organizational deviation affected by the organizational climate? Research in schools. *Eurasian Journal of Educational Research*, 20(85), 1-22.
- Fabiene, E. E. & Kachchhap, S. L. (2016). Determinants of employee’s commitment among healthcare professionals. *International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences*, 6(2), 44-52.
- Filiz, M. & Bardakçı, S. (2020). Sağlık çalışanlarının örgütsel iklim algıları ve örgütsel güven düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi: Artvin ili örneği. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(73), 436-449.
- Göreci, E. (2019). Örgütlerde farklılıkların yönetiminin örgüt iklimi üzerine etkisinin araştırılması. *Journal of International Social Research*, 12(64), 743-755
- Güçlü, N. (2003). Örgüt kültürü. *Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(2), 61-85.
- Günay, G. Y., Demiralay, T. & Gürkan, G. Ç. (2017). Örgütsel iklimin işkoliklik üzerindeki etkileri: Türk zincir otel yöneticileri üzerinde bir araştırma. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 33, 87-104.
- Güner, F. (2015). *Çalışma hayatında örgütsel iklim ve iş doyumu*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Beykent Üniversitesi, İstanbul.
- Gürkan, G. Ç. & Koçoğlu, M. (2014). Yaratıcı örgüt ikliminin iş tatmini üzerinde duygusal bağlılığın aracı değişken rolü: Türkiye’de bir vakıf ve bir devlet üniversitesinde karşılaştırmalı bir araştırma. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 29(7), 588-602.
- Hashemi, J. & Sadeqi, D. (2016). The relationship between job satisfaction and organizational climate: A case study of government departments in divandarreh. *World Scientific News*, 45(2), 373-383.
- İşcan, Ö. F. & Karabey, C. N. (2007). Örgüt iklimi ile yeniliğe destek algısı arasındaki ilişki. *Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(2), 180-193.
- Karcıoğlu, F. (2001). Örgüt kültürü ve örgüt iklimi ilişkisi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 15(1-2), 265-283.
- Kılıç, M. Y. (2019). Okullarda yöneticinin sağladığı etik iklimin, örgütsel bağlılık ve öğretmen performansına etkisi. *Cumhuriyet Uluslararası Eğitim Dergisi*, 8(3), 807-836.
- Mikail, E. H. & Çora, H. (2020). Örgüt ikliminin özel sağlık sektöründe hizmet kalitesi üzerine yansımalarına ilişkin bir çalışma. *Turkish Studies*, 15(1), 481-498.
- Mullins, L. J. (2007). *Management and Organizational Behaviour*. London: Prentice Hall.
- Nair, R. (2006). Climate studies and associated best practices to improve climate issues in the workplace. Proceedings of the 2006, WEPAN Conference, WEPAN-Woman in Engineering Programs and Advocates Network.
- Nojehdehi, M. M., Farahani, M. A., Rafii, F. & Bahrani, N. (2016). A comparison of organizational climate and nurses’ intention to leave among excellence awarded hospitals and other hospitals in 2013. *Iran Red Crescent Med J.*, 17(5), 1-6.
- Örgev, C. & Sütlü, E. S. (2018). Sağlık çalışanlarının hizmetkâr liderlik algılarının örgüt iklimi ve örgütsel bağlılık üzerine etkileri: Bir kamu hastanesi örneği. *Sağlık Akademisyenleri Dergisi*, 5(1), 47-53.
- Özdemir, F. (2006). *Örgütsel iklimin iş tatmin düzeyine etkisi: Tekstil sektöründe bir araştırma*. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Öztek, S. (2006). *Sağlık İşletmeleri*, Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Permarupan, P. Y., Saufi, R. A., Kasim, R. S. R. & Balakrishnan, B. K. (2013). The impact of organizational climate on employee’s work passion and organizational commitment. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 107, 88-95.
- Saraç, K. (2015). *Okul ikliminin ortaokul öğrencilerinin algılarına göre değerlendirilmesi*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir.
- Sarı, T. (2019). *Okul yöneticilerinin algı yönetimi taktikleri, örgüt iklimi ve öğretmen motivasyonu arasındaki ilişkiler*. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Denizli.
- Taymaz, H. (2003). *Okul Yönetimi*, Ankara: Pegem Yayınları.
- Tekingündüz, S. & Tengilimoğlu, D. (2013). Hastane çalışanlarının iş tatmini, örgütsel bağlılık ve örgütsel güven düzeylerinin belirlenmesi. *Sayıştay Dergisi*, 91, 77-103.
- Tsai, C. (2014). The organizational climate and employees’ job satisfaction in the terminal operation context of kaohsiung port. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 30(3), 373-392.
- Tutar, H. (2016). *Örgütsel Davranış (Örgüt Teorileri ve Çağdaş Yaklaşımlar Açısından)*. 1.baskı. Ankara: Detay Yayıncılık.
- Tutar, H. & Altınöz, M. (2010). Örgütsel iklimin işgören performansı üzerine etkisi: Ostim imalat işletmeleri çalışanları üzerine bir araştırma. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 65(2), 195- 218.
- Uysal, H. T. (2013). Stajyer çalışanların mesleki bağlılık gelişimine örgüt ikliminin etkisi. *Business and Economics Research Journal*, 4(3), 93-110.
- Yağcı, K. (2007). Meyer-Allen örgütsel bağlılık modeli yaklaşımıyla otel işletmeleri işgörenlerinin örgütsel bağlılık düzeylerinin ölçülmesine yönelik bir araştırma. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(3), 114-129.
- Yalçınsoy, A. (2016). Örgüt kültürü ve örgüt ikliminin örgütsel sessizlik üzerindeki etkisinin analizi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 7(2), 67-77.
- Yeniçeri, T. & Yücel, İ. (2009). Müşteri ilişkileri, örgütsel bağlılık, planlama, öğrenme yönlülük, uyum sağlayıcı davranış ile satış performansı arasındaki ilişkinin incelenmesi. *C.Ü İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 10(1), 137-157.
- Yüceler, A. (2009). Örgütsel bağlılık ve örgüt iklimi ilişkisi: teorik ve uygulamalı bir çalışma. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 446-457.
- Yüksekbilgili, Z. & Küçüközan, Y. (2017). Sağlık işletmelerinde örgüt iklimi ile çalışanların iş performansı arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Vizyoner Dergisi*, 8(17), 34-46.



# Physicochemical and Sensory Quality Properties of Yellow Hawthorn Fruit (*Crataegus tanacetifolia*) Vinegar Produced by Traditional Fermentation Method

Oktay Tomar<sup>1\*</sup>, Abdullah Çağlar<sup>2</sup>, Gökhan Akarca<sup>3</sup>, Hülya Vatanserver<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Kocaeli University, Faculty of Agriculture and Natural Science, Arslanbey Campus, 41285, Kocaeli, Turkey (ORCID: 0000-0001-5761-7157)

<sup>2</sup> Kocaeli University, Faculty of Agriculture and Natural Science, Arslanbey Campus, 41285, Kocaeli, Turkey (ORCID: 0000-0002-9716-8795)

<sup>3</sup> Kocatepe University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 03200, Afyonkarahisar, Turkey (ORCID: 0000-0002-5055-2722)

<sup>4</sup> Kocatepe University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 03200, Afyonkarahisar, Turkey (ORCID: 0000-0002-6368-4169)

(First received 7 April 2020 and in final form 23 May 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.715699)

**ATIF/REFERENCE:** Tomar, O., Çağlar, A., Akarca, G. & Vatanserver, H. (2020). Physicochemical and Sensory Quality Properties of Yellow Hawthorn Fruit (*Crataegus tanacetifolia*) Vinegar Produced by Traditional Fermentation Method. *European Journal of Science and Technology*, (19), 176-181.

## Abstract

In this study, some physical, chemical and sensory properties of vinegar produced from hawthorn (*Crataegus tanacetifolia*) by conventional method were investigated. According to the results of the analyses performed, dry matter, pH, total acidity, ash and conductivity values were determined to be  $2.08\pm 0.09\%$ ,  $2.69\pm 0.08$ ,  $20.49\pm 0.13$  g/L,  $2.2\pm 0.10$  g/L and  $1.36\pm 0.08$   $\mu$ S/cm, respectively. As a result of the alcohol analysis performed after 9 months of storage, no alcohol was detected in the samples. Furthermore, total antioxidant activity and total phenolic content in vinegar samples were determined to be  $86.23\pm 8.12$   $\mu$ g trolox equivalent (TE)/mL and  $751.11\pm 15.71$  mg gallic acid equivalent (GAE)/L, respectively. In hawthorn vinegar samples, it was determined that the brix value was  $2.24\pm 0.07$ , density was  $1.018\pm 0.02$  g/cm<sup>3</sup>, mean color values; L\* values were  $27.80\pm 0.51$ ; a\* values were  $1.33\pm 0.04$  and b\* values were  $-0.30\pm 0.13$ .  $47.30\pm 0.76$  ppm Na,  $3.38\pm 0.04$  ppm Mg,  $197.14\pm 3.50$  ppm K,  $2.59\pm 0.47$  ppm Ca,  $83.20\pm 0.43$  ppm P,  $0.42\pm 0.01$  ppm Fe,  $0.02\pm 0.01$  ppm Cu,  $0.33\pm 0.00$  ppm B,  $0.18\pm 0.00$  ppm Zn,  $0.75\pm 0.01$  ppm Al,  $0.02\pm 0.00$  ppb Cr,  $4.42\pm 0.01$  ppb Sn were found in hawthorn vinegar, which is rich in mineral content. According to the sensory analysis results, it was determined that the color scores of vinegar samples were  $7.20\pm 0.28$ , the aroma value was  $6.25\pm 0.32$ , the odor value was  $6.75\pm 0.37$ , the appearance value was  $6.25\pm 0.22$ , and the general appreciation value was  $7.25\pm 0.53$ .

**Keywords:** Hawthorn, Vinegar, Fermentation, Antioxidant activity, Phenolic content.

## Geleneksel Fermantasyon Yöntemiyle Üretilen Sarı Alıç Meyve (*Crataegus tanacetifolia*) Sirkesinin Fizikokimyasal ve Duyusal Kalite Özellikleri

### Öz

Bu çalışmada geleneksel yöntemle alıçtan (*Crataegus tanacetifolia*) üretilen sirkenin bazı fiziksel, kimyasal ve duyusal özellikleri araştırılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre; kuru madde, pH, toplam asitlik, kül, iletkenlik değerleri sırasıyla  $2.08\pm 0.09\%$ ,  $2.69\pm 0.08$ ,  $20.49\pm 0.13$  g/L,  $2.2\pm 0.10$  g/L,  $1.36\pm 0.08$   $\mu$ S/cm olarak belirlenmiştir. 9 aylık depolama sonrasında yapılan alkol analizi sonucunda örneklerde alkol tespit edilmemiştir. Ayrıca sirke örneklerinde toplam antioksidan aktivite ve toplam fenolik madde miktarı sırasıyla  $86.23\pm 8.12$   $\mu$ g troloks eşdeğeri (TE)/mL ve  $751.11\pm 15.71$  mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/L olarak belirlenmiştir. Alıç

\* Corresponding Author: Kocaeli University, Faculty of Agriculture and Natural Science, Arslanbey Campus, 41285, Kocaeli, Turkey, ORCID: 0000-0001-5761-7157, oktay.tomar@kocaeli.edu.tr

sirkesi örneklerinde; briks değeri  $2.24 \pm 0.07$ , yoğunluk ( $\text{g/cm}^3$ )  $1.018 \pm 0.02$ , ortalama renk değerleri;  $L^*$  değerleri  $27.80 \pm 0.51$ ;  $a^*$  değerleri  $1.33 \pm 0.04$  ve  $b^*$  değerleri  $-0.30 \pm 0.13$  olarak saptanmıştır. Mineral içeriği bakımından zengin olan alıç sirkesinde;  $47.30 \pm 0.76$  ppm Na,  $3.38 \pm 0.04$  ppm Mg,  $197.14 \pm 3.50$  ppm K,  $2.59 \pm 0.47$  ppm Ca,  $83.20 \pm 0.43$  ppm P,  $0.42 \pm 0.01$  ppm Fe,  $0.02 \pm 0.01$  ppm Cu,  $0.33 \pm 0.00$  ppm B,  $0.18 \pm 0.00$  ppm Zn,  $0.75 \pm 0.01$  ppm Al,  $0.02 \pm 0.00$  ppb Cr,  $4.42 \pm 0.01$  ppb Sn belirlenmiştir. Duyusal analiz sonuçlarına göre ise sirke örneklerinin renk skorları  $7.20 \pm 0.28$ , aroma değeri  $6.25 \pm 0.32$ , koku değeri  $6.75 \pm 0.37$ , görünüş değeri  $6.25 \pm 0.22$ , genel beğeni değeri  $7.25 \pm 0.53$  olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Alıç, Sirke, Fermantasyon, Antioksidant aktivite, Fenolik içerik.

## 1. Introduction

Vinegar is a fermented food produced by successive ethyl alcohol and acetic acid fermentation of fruits and vegetables containing sugar or starch (FAO/WHO, 2000; Plessi, 2003). The first stage of vinegar production is the alcohol fermentation in which sugars that can be fermented by yeasts, usually of *Saccharomyces* species are converted to ethanol and  $\text{CO}_2$  under anaerobic conditions. In the stage, the resulting ethanol is converted to acetic acid and water by acetic acid bacteria of *Acetobacter pastorianus*, *Acetobacter aceti*, and *Acetobacter hansenii* species under aerobic conditions (Plessi, 2003; Aktan & Kalkan, 2011). The positive effect of vinegar on health is due to the bioactive components it contains originating from the raw material used in vinegar production (Tan, 2003). It is reported that bioactive components including vitamins E and C, phenolic compounds and carotenoids and phytosterols, which are responsible for the antioxidant activity of vinegar, have preventive effects on chronic diseases and oxidative stress (Cullum, 2003; Charoenkiatkul et al., 2016). It is known that vinegar containing various and different amounts of polyphenols may have positive effects especially on cardiovascular diseases (Soleas et al., 2002; Verzelloni et al., 2007).

Hawthorn (*Crataegus*), one of the members of the *Rosaceae* family, has been used as food and medicine for centuries in the world (Rigelsky & Sweet, 2002). While *Crataegus* species, most of which have edible fruits, are known by the name hawthorn among people in Turkey, they are also known by different region names such as bird food, wormwood, goshawk hawthorn, and godan hawthorn (Ergezen, 1999). The composition of hawthorn fruits contains chemical components such as 0.1-1% flavonoids, 1-3% oligomeric proanthocyanidins (OPC), 0.5-1.4% triterpene acids, 2-6% organic acids, vitamin C, sterols and trace amounts of cardioactive amines. Among the components, flavonoids and OPCs constitute the two most important groups of bioactive components. Furthermore, hawthorn fruits also have high amounts of Ca, P, Mg, Na and K minerals (Petkov, 1979; Baytop, 1984; Bahorun et al., 1994; Chang et al., 2002; Ozcan et al., 2005). It is considered that the main benefit of hawthorn, which is used in the treatment of diseases such as depression, gout and kidney stone for centuries, is to support cardiovascular health (Chang et al., 2002; Gaby, 2006; Caliskan et al., 2012).

In this study, it was aimed to investigate some physical, chemical, and sensory properties of vinegar obtained from hawthorn, which is an extremely useful fruit for health, by conventional method.

## 2. Material and Method

### 2.1. Material

In this study, yellow hawthorn fruits of *Crataegus tanacetifolia* species picked from the orchards and mountain slopes in the city center of Afyonkarahisar were used as a material.

### 2.2. Methods

The kernels of hawthorn fruits (*Crataegus tanacetifolia*) were removed, and then they were washed and cleaned, and crack. Then, they were allowed to be aired in the laboratory environment for 1 day. The hawthorns prepared were added in 1/3 of 10-liter jars. Then, 100 g flower honey and 100 g grape molasses were added to them for the natural fermentation process to take place. The creation of fermentation conditions was ensured by adding 150 mL of natural fermented hawthorn vinegar and 50 g chickpeas. Water was added to the prepared product to complete 10 L. The samples in the jars prepared were covered with cheesecloth to be aired for 30 days. Furthermore, they were mixed twice a day to be aired. This process was continued for approximately 30 days until a vinegar mother appeared on the surfaces of the jars. After the formation of the vinegar mother following the fermentation process, filtration was performed, and the raw material and vinegar were separated from each other. Then, the jars were sealed and stored without exposing to light at room temperature for 9 months. At the end of the storage period, samples were analyzed under laboratory conditions. This study was conducted in triplicate were used for each repetition.

### 2.3. Analyzes

While the oven (Ecocell 55, Germany) was used in determining the dry matter content of hawthorn vinegar samples, the electromag (M 1811, Turkey) ash furnace was used in ash analyses (AOAC, 2000). In hawthorn vinegar samples, pH values were determined by Hanna (HI 2215, Germany) pH meter, brix analysis was performed by a hand refractometer (N-1E, Japan), density was determined using a pycnometer, and titration acidity values were determined according to AOAC (1990). Alcohol measurements of the samples were performed using a vinometer. The conductivity values of the samples were measured by hand conductivity, and the results were determined as  $\mu\text{S/cm}$ . Total antioxidant capacity and total phenolic content analyses were performed according to Chu and Chen (2006). While the color measurements of hawthorn vinegar samples were performed using a colorimeter (Minolta Chroma meter, CR-400, Japan) according to Voss (1992), the determination of mineral matter was performed using a microwave burning unit

(CEM MARS 6) according to Fu et al. (2013). Sensory evaluation (color, aroma, odor, appearance and general appreciation) of hawthorn vinegar samples were made according to Ilik (2019).

### 3. Results and Discussion

In hawthorn vinegar samples, it was determined that the brix value was  $2.24 \pm 0.07$  °Brix, the density value was  $1.018 \pm 0.02$  g/cm<sup>3</sup>, the color values were ( $L^*$ :  $27.80 \pm 0.51$ ,  $a^*$ :  $1.33 \pm 0.04$  and  $b^*$ :  $-0.30 \pm 0.13$ ), and with respect to sensory analysis scores, it was determined that the color value was  $7.20 \pm 0.28$ , the aroma value was  $6.25 \pm 0.32$ , the odor value was  $6.75 \pm 0.37$ , the appearance value was  $6.25 \pm 0.22$ , and the general appreciation value was  $7.25 \pm 0.53$  (Table 1).

In similar studies, °Brix values in hawthorn vinegar samples were determined to be  $5.33 \pm 0.4$  (Kadas et al., 2014),  $1.26 \pm 0.02$  (Ozturk et al., 2015) and 5.9 (Taslipinar, 2018). The °Brix values obtained in our study were found to be generally lower than the results obtained in other studies.

The density value of hawthorn vinegar was determined to be  $1.018 \pm 0.02$  g/cm<sup>3</sup>. In the studies carried out with apple cider vinegar samples, it was found that specific gravity values ranged between 0.9987-1.0517 g/mL (Budak, 2010), 1.013-1.024 g/cm<sup>3</sup> (Plessi, 2003). The results obtained in our study and the results obtained from apple cider vinegar were similar.

In the study, it was determined that the  $L^*$  values of hawthorn vinegar samples were  $27.80 \pm 0.51$ ;  $a^*$  values  $1.33 \pm 0.04$  and  $b^*$  values  $-0.30 \pm 0.13$ . In similar studies, the color values ( $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$ ) of hawthorn vinegar samples were determined to be  $31.4 \pm 5.2$ ,  $20.48 \pm 3.7$  and  $40.08 \pm 4.87$  (Kadas et al., 2014),  $18.10 \pm 0.11$ ,  $1.96 \pm 0.02$ ,  $10.67 \pm 0.04$  (Ozturk et al., 2015), respectively.  $L^*$  value, which refers to the brightness to darkness, takes a value between 0-100, including 0=black and 100=white (Anonymous, 1979). In our study, the brightness value of hawthorn vinegar samples was generally found to be lower than the results obtained in similar studies. While  $+a^*$  indicates change to redness,  $-a^*$  indicates change to greenness (Anonymous, 1979). Vinegar obtained from *tanacetifolia* species of hawthorn in yellow-green colors has a lower  $a^*$  value compared to vinegar produced from other hawthorn species. This difference is thought to be caused by the color of the hull of the hawthorn species. While  $+b^*$  indicates change to yellowness,  $-b^*$  indicates change to blueness (Anonymous 1979). When kinds of hawthorn vinegar were compared in terms of  $b^*$  values,  $b^*$  values of vinegar samples produced from hawthorn fruits used in our study were found to be lower compared to other samples.

In the study, the dry matter value of hawthorn vinegar was determined to be  $2.08 \pm 0.09\%$  (Table 2). In their study carried out in twelve different kinds of apple cider vinegar, Gerbi et al. (1998) found that the total amount of dry matter was 16.38 g/L on average.

The mean pH values of the samples after 9 months of storage were determined to be  $2.69 \pm 0.08$  (Table 2). In similar studies, the pH values of hawthorn vinegar were determined to be  $3.28 \pm 0.56$  (Kadas et al., 2014),  $3.76 \pm 0.02$  (Ozturk et al., 2015), 2.75 (Bilginer, 2018). The pH value obtained in our study was found to be lower when compared to other studies.

The mean ash value in hawthorn vinegar samples was determined to be  $2.2 \pm 0.1$  g/L. Budak (2010) reported that the ash value in apple cider vinegar samples ranged between 1.70-4.70 g/L. The results of the analysis indicated that the hawthorn used as the raw material of vinegar had a lower mineral matter content than apple.

The mean conductivity value was found to be  $1.36 \pm 0.08$  µS/cm in our samples. In similar studies, the conductivity value was determined to be  $3.86 \pm 0.45$  µS/cm (Kadas et al., 2014). The conductivity values of our samples were found to be lower when compared to the conductivity values of other studies.

No alcohol was detected in our samples after nine months of storage (Table 2). In a similar study, Taslipinar (2018) reported that no alcohol was detected on the 60th day of hawthorn vinegar fermentation. It was considered that the reason why alcohol was not detected in the product was the long-term storage of vinegar.

The mean total acidity values of hawthorn vinegar samples were  $20.49 \pm 0.13$  g/L. In similar studies, the titration acidity values of the samples were reported to be  $3.7 \pm 0.3$  g/100 mL (Kadas et al., 2014),  $0.82 \pm 0.03\%$  (Ozturk et al., 2015) and 41.75 g/L (Bilginer, 2018) in acetic acid. The analysis results obtained in our study were found to be lower compared to other similar studies.

The total amount of antioxidants in the samples was determined to be  $86.23 \pm 8.12$  (µg TE/mL) on average. In the study carried out by Kadas et al. (2014) on hawthorn vinegar, the total antioxidant capacity was found to be  $76.27 \pm 4.6\%$ . In another study, DPPH radical scavenging activity was determined to be  $55.59 \pm 3.86\%$  (Ozturk et al., 2015).

The total phenolic content of hawthorn vinegar was determined to be  $751.11 \pm 15.71$  (mg GAE/L). In similar studies, the total phenolic content in hawthorn vinegar samples was determined to be  $5.02 \pm 0.23$  mg/100 mL (Kadas et al., 2014),  $306.80 \pm 5.07$  mg GAE/ L (Ozturk et al., 2015) and  $683.78 \pm 12.7$  mg GAE/ L (Taslipinar, 2018).

The mineral matter contents of the hawthorn vinegar were determined to be  $47.30 \pm 0.76$  ppm Na,  $3.38 \pm 0.04$  ppm Mg,  $197.14 \pm 3.50$  ppm K,  $2.59 \pm 0.47$  ppm Ca,  $83.20 \pm 0.43$  ppm P,  $0.42 \pm 0.01$  ppm Fe,  $0.02 \pm 0.01$  ppm Cu,  $0.33 \pm 0.00$  ppm B,  $0.18 \pm 0.00$  ppm Zn,  $0.75 \pm 0.01$  ppm Al,  $0.02 \pm 0.00$  ppb Cr and  $4.42 \pm 0.01$  ppb Sn (Table 3). The analysis results indicated that hawthorn vinegar was an important source of mineral matter.

Table 1. Physical and Sensory Analysis Results of Hawthorn Vinegar

Analyzes										
Samples	Brix (°Brix)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	Color			Sensory Scores			General Appreciation	
			L*	a*	b*	Color	Aroma	Odor		Appearance
Hawthorn Vinegar	2.24±0.07	1.018±0.02	27.80±0.51	1.33±0.04	-0,30±0,13	7.20±0.28	6.25±0.32	6.75±0.37	6.25±0.22	7.25±0.53

Table 2. Chemical Analysis Results of Hawthorn Vinegar

Analyzes								
Samples	Dry Matter Content (%)	pH	Ash (g/L)	Conductivity (µS/cm)	Alcohol (%)	Total Acidity (g/L)	Total Antioxidant (µg TE/mL)	Total Phenolic (mg GAE/L)
Hawthorn Vinegar	2.08±0.09	2.69±0.08	2.2±0.10	1.36±0.08	-	20.49±0.13	86.23±8.12	751.11±15.71

Table 3. Mineral Analysis Results of Hawthorn Vinegar

Analyzes												
Samples	Na (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	P (ppm)	Fe (ppm)	B (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Al (ppm)	Cr (ppb)	Sn (ppb)
Hawthorn Vinegar	47.30±0.76	3.38±0.04	197.14±3.50	2.59±0.47	83.20±0.43	0.42±0.01	0.33±0.00	002±0.01	0.18±0.00	0.75±0.01	0.02±0.00	4.42±0.01



In the study carried out by Kadas et al. (2014), K, Ca, Mg, Fe, Na, Zn and Cu values in hawthorn vinegar were determined to be 6638.7±452.7, 521.4±39.5, 241.9±43.7, 240.0±28.3, 123.1±21.3, 40.1±9.8 and 0.273±0.5 ppm, respectively. In this study, hawthorn vinegar was found to be very rich in K, Ca, Mg, Fe, Na and Zn.

Cr, Mg, Mn, Zn, Fe, Cd, Ni, Pb, Ag contents of hawthorn vinegar samples were determined to be 0.040, 0.060, 0.1, 0.500, 0.210, 0.060, 4.600, 0.240 and 0.035 µg/mL, respectively (Salman & Shamar, 2013). Se, Cr, Cu, Mg, Co, Zn, Na, K, Ca, Ni, Mn amounts of hawthorn vinegar samples were determined to be 0.09±0.01, 0.04±0.00, 0.03±0.00, 61.40±3.80, 0.00±0.00, 1.50±0.36, 73.90±4.30, 864.90±42.60, 156.30±15.20, 0.07±0.01 and 0.38±0.03 mg/L, respectively (Ozturk et al., 2015).

It is considered that general differences that emerged with the comparison of the results on hawthorn vinegar in our study with similar studies were due to fruit variety, fruit species, the quantity used, fermentation conditions, and storage time.

According to the sensory analysis scores of hawthorn vinegar, it was determined that the mean color value was 7.20±0.28; the aroma value was 6.25±0.32; the odor value was 6.75±0.37; the appearance value was 6.25±0.22; and the general appreciation value was 7.25±0.53. The sensory analysis results of hawthorn vinegar in our study indicated that the product had consumable properties.

## 4. Conclusions

The results obtained from the study indicated that hawthorn vinegar had high phenolic content and high antioxidant capacity. Furthermore, this study revealed that hawthorn vinegar was also rich in mineral matter.

It is known that bioactive components in hawthorn fruit have positive effects on human health, which indicates that hawthorn can be processed into different functional products in addition to its consumption as a fruit. Thus, the recognition and economic value of the fruit will increase, and it will be an alternative product to apple cider vinegar and grape vinegar that are commonly used in our country.

Consumers should be encouraged to regularly use hawthorn vinegar since it has very strong metabolic effects in patients with cardiovascular risk and numerous beneficial effects on health such as lowering cholesterol, LDL, and triglyceride levels.

The fact that further studies are carried out to support previous studies on the health benefits of hawthorn vinegar and to find the best way to use vinegar as a possible functional food product is considered to contribute to the national economy.

## 5. Acknowledge

This research was presented as an oral presentation at the 5th International Eurasian Congress on Natural Nutrition, Healthy Life & Sport, Ankara, NATURAL 2019.

## References

- Aktan, N. & Kalkan, H. (2011). *Vinegar Technology III*. Print, Sidas Media, İzmir, Turkey.
- Anonymous. (1979). DIN, 6174, Farbmtrische Bestimmung van Farbab Standen bei Körperfarben nach der. CIELAB Formol. Beuth Vertrieb GmbH., Berlin 30, Köln 1, 1.
- AOAC. (1990). Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 13th edition. AOAC, Washington DC.
- AOAC. (2000). Association of Official Analytical Chemists, Official Methods of Analysis, 17th edition. AOAC, Washington DC.
- Bahorun, T., Trotin, F., Pommery, J., Vasseur, J. & Pinkas, M. (1994). Antioxidant activities of *Crataegus monogyna* extracts. *Planta Med*, 60, 323-328.
- Baytop, T. (1984). Treatment with plants in Turkey. İstanbul University, Faculty of Pharmacy, İstanbul, Turkey.
- Bilginer, H. (2018). Determination of some microbiological properties of the vinegars produced by traditional methods, the isolation and molecular identification of acetic acid bacteria in the microbiota. M.Sc. Thesis. Atatürk University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Erzurum, Turkey.
- Budak, H. N. (2010). A research on compositional and functional properties of vinegars produced from apple and grape. Ph.D. Thesis. Suleyman Demirel University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Isparta, Turkey.
- Caliskan, O., Gunduz, K., Serce, S., Toplu, Ci., Kamiloglu, O., Sengul, M. & Ercisli, S. (2012). Phytochemical characterization of several hawthorn (*Crataegus* spp.) species sampled from the Eastern Mediterranean region of Turkey. *Pharmacogn. Mag*, 8, 16–21.
- Chang, Q., Zuo, Z., Harrison, F. & Chow, M. S. S. (2002). Hawthorn. *J. Clin. Pharmacol*, 42, 605-612.
- Charoenkiatkul, S., Thiyajai, P. & Judprasong, K. (2016). Nutrients and bioactive compounds in popular and indigenous durian (*Durio zibethinus* Murr.). *Food Chem*, 193, 181-186.
- Chu S. C. & Chen C. (2006). Effects of origins and fermentation time on the antioxidant activities of kombucha. *Food Chem*, 98, 502–507.
- Cullum, A. (2003). Increasing fruit and vegetable consumption: The 5 A DAY 604 programme. *Nutr. Bull*, 28(2), 159-163.
- Ergezen, M. K. (1999). Study of pharmacognosy on *Crataegus tanacetifolia* (lam.) pers. Ph.D. Thesis. İstanbul University, Graduate School of Health Sciences, İstanbul, Turkey.
- FAO, WHO. (2000). Proposed Draft Revised Regional Standart for Vinegar, Codex Alimentarius Commission, Rome.
- Fu, L., Xie, H. L., Ferro & M. D. (2013). Rapid multi-element analysis of Chinese vinegar by sector field inductively coupled plasma mass spectrometry. *Eur. Food Res. Technol*, 237(5), 795-800.

- Gaby, A. R. (2006). *The natural pharmacy: complete A–Z reference to alternative treatments for common health conditions*. Crown Publishing Group, New York, USD.
- Gerbi, V., Zeppa, G., Beltramo, R., Carnacini, A. & Antonelli, A. (1998). Characterization of white vinegars of different sources with artificial neural networks, *J. Sci. Food Agric*, 78, 415-425.
- Ilik, A. (2019). *Production of Vinegar-Like Functional Beverage From Various Nuts and Some Characteristics*. M.Sc. Thesis. Afyon Kocatepe University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Afyonkarahisar, Turkey.
- Kadas, Z., Evrendilek, G. A. & Heper, G. (2014). The metabolic effects of hawthorn vinegar in patients with high cardiovascular risk group. *J. Food and Nutr. Res*, 2(9), 539-545.
- Ozturk, I., Caliskan, O., Tornuk, F., Ozcan, N., Yalcin, H., Baslar, M. & Sagdic, O. (2015). Antioxidant, antimicrobial, mineral, volatile, physicochemical and microbiological characteristics of traditional home-made Turkish vinegars. *LWT-Food Sci. Technol*, 63(1), 144-151.
- Ozcan, M., Haciseferogullari, H., Marakoglu, T. & Arslan, D. (2005). Hawthorn (*Crataegus* spp.) fruit: some physical and chemical properties. *J. Food Eng*, 69, 409-413.
- Petkov, V. (1979). Plants and hypotensive, antiatheromatous and coronarodilatating action. *Am. J. Chin. Med*, 7, 197-236.
- Plessi, M. (2003). Vinegar. In B. Caballero (Ed.), *Encyclopedia of food sciences and nutrition* (2nd ed.). (pp. 5996-6004). Oxford: Academic Press.
- Rigelsky, J. M. & Sweet, B. V. (2002). Hawthorn: pharmacology and therapeutic uses. *Am. J. Health-Syst. Ph*, 59, 417-422.
- Salman, J. D. & Shamar, J. M. (2013). Determination of some heavy metals in different vinegar samples applied in folk medicine by flame atomic absorption. *Spectrophotometry*, 19(80), 623-634.
- Soleas, G. J., Grass, L., Josephy, P. D., Goldberg, D. M. & Diamandis, E. P. (2002). A comparison of the anticarcinogenic properties of four red wine polyphenols. *Clin. Biochem*, 35, 119-124.
- Tan, S. C. (2003). *Vinegar Fermentation*. M.Sc. Thesis. Louisiana State University, School of Nutrition and Food Sciences, Lafayette, ABD.
- Taslipinar, E. S. (2018). *Effect of vinegar production process on bioactivity of some traditional fruits*. M.Sc. Thesis. Yildiz Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İstanbul, Turkey.
- Verzelloni, E., Tagliazucchi, D. & Conte, A. (2007). Relationship between the antioxidant properties and the phenolic and flavonoid content in traditional balsamic vinegar. *Food Chem*, 10, 564-571.
- Voss, D. H. (1992). Relating colorimeter measurement of plant color to the royal horticultural society colour chart. *Hortscience*, 27(12), 1256-1260.



# Bir Havalimanı Otoparkına Kurulabilecek Fotovoltaik Üretim Sisteminin Tasarımı ve Enerji Analizi

Sıtkı Güner<sup>1\*</sup>, Abdurrahman Muharremoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Arel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1085-0474)

<sup>2</sup> İstanbul Arel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9195-287X)

(İlk Geliş Tarihi 2 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.713529)

**ATIF/REFERENCE:** Güner, S. & Muharremoğlu, A. (2020). Bir Havalimanı Otoparkına Kurulabilecek Fotovoltaik Üretim Sisteminin Tasarımı ve Enerji Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 182-188.

## Öz

Dünyada karbon emisyonu azaltımı ile ilgili farkındalık artıca yenilenebilir enerjiden elektrik üretimi yatırımları buna paralellik göstermektedir. Özellikle ülkemizde son yıllarda güneş enerjisi santralleri (GES) elektrik güç sisteminin gözde konularından biridir. Fakat büyükşehirlerdeki arazi fiyatlarının yüksek olması bu santrallerin önündeki en büyük engeldir. Havalimanları gibi kamu alanlarının otoparklarına yapılacak fotovoltaik üretim sistemleri (FVÜS) hem bu alanların ikincil kullanımına imkân verirken, hem de FVÜS'nin yatırım maliyetini düşürerek yatırıma daha uygun hale gelmesini sağlar. Ayrıca otoparka kurulacak FVÜS ile araçlar için gölgelenme alanı oluşturularak güneşin araçlar üzerindeki etkisi azaltılabilir. Bu çalışmada Adnan Menderes Havalimanının otoparkına kurulabilecek bir FVÜS'nin tasarımı ve ürettiği enerji ile otoparkın enerji ihtiyacını karşılayıp karşılamadığının analizinin yapılması amaçlanmıştır. Bunun için otoparka kurulabilecek FVÜS bir benzetim programı kullanılarak oluşturulmuştur. Aylık üretim gücü benzetim programı tarafından hesaplanan FVÜS'nin bulunduğu konumun ışımaya değerleri kullanılarak gün içi saatlerdeki ortalama üretim değerleri hesaplanmıştır. Ayrıca, FVÜS'nin elektrik projelendirmesi yapılarak bağlantı şeması çizilmiştir. Daha sonra otoparkın yük bilgisi alınarak FVÜS'nin ürettiği enerji ile otoparkın ortalama günlük yük eğrisinin karşılaştırılması yapılmıştır. Otoparka kurulan FVÜS'nin gücü 534 kWp olarak hesaplanmıştır. FVÜS toplamda 2770 m<sup>2</sup> alanı kaplamaktadır. FVÜS'nde 1617 adet 330 Wp gücünde LG330N1C-A5 marka monokristal güneş paneli kullanılmıştır. Paneller 21 seri modül ve 77 paralel diziden oluşmaktadır. Daha sonra otoparkın bir aylık saatlik tüketim bilgisi kullanılarak otoparkın ortalama günlük yük eğrisi elde edilmiştir. Bu iki bilgi karşılaştırılarak havalimanının enerji analizi yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda adı geçen havalimanı otoparkına FVÜS'nin kurulumu projelendirmesi hazırlanmıştır. Bu çalışmada teorik ile uygulamanın birleştirilmesi de hedeflenmiştir. Ülkemiz güneş enerjisi bakımından dünyada çoğu ülkeden daha iyi durumdadır. Bundan dolayı güneş enerjisinden elektrik üretimini artırmak enerjide dışa bağımlılığı azaltacaktır. Bu çalışmanın sonuçları da bu konuda yapılacak uygulamalara ışık tutacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Dağıtık üretim, Fotovoltaik üretim sistemi, Güneş enerjisi santrali, Otopark, Yenilenebilir enerji kaynağı.

## Desining and Energy Analysis of PV System Installed in an Airport Parking Lot

### Abstract

As the awareness of carbon emission reduction increases around the world, investments from renewable energy sources (RESs) are parallel to this. Especially in our country, photovoltaic (PV) systems are one of the popular subjects of power systems. However, high land prices in metropolitan cities is the biggest obstacle in front of these investments. The PV system to be constructed in the parking

\* Sorumlu Yazar: İstanbul Arel Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-1085-0474, [sguner@arel.edu.tr](mailto:sguner@arel.edu.tr)

lots of public areas such as airports allows both the secondary use of the area of the parking lot and make it more suitable for investors with reducing its investment cost. In addition, the shading area for vehicles can be created to reduce the impact of the sun with the FVUS to be installed in the parking lot. In this study, it is aimed to design a PV system that can be installed in the parking lot of Adnan Menderes Airport and to analyze whether the parking lot meets the energy needs with this PV system. To do this, the PV system is created using a simulation software. Average hourly generation of the PV system is calculated by using hourly irradiation values of the location of the airport and the monthly generation of the PV system which is calculated by the simulation software. In addition, the electrical infrastructure and the connection scheme of the PV system is calculated and drawn. The rated power of the PV system installed in the parking lot is calculated as 534 kWp. The PV system covers 2770 m<sup>2</sup> area. In The PV system, 1617 pieces of 330 Wp LG330N1C-A5 brand monocrystalline solar panels are used. The panels consist of 21 serial modules and 77 parallel arrays. Then, the average daily load curve of the parking lot is obtained using one-month hourly consumption information of the parking lot. The energy analysis of the airport is made by comparing these two information. As a result of this work, the project of the installation of PV system is prepared for this airport parking lot. One of the goals of this study is to combine theory and practice. Our country is better than most countries in terms of solar energy. Therefore, increasing electricity generation from solar energy will reduce dependence on foreign energy resources. The results of this study will shed light on the applications to be made in this regard.

**Keywords:** Distributed generation, Parking lot, Photovoltaic system, Renewable energy system, Solar energy.

## 1. Giriş

### 1.1. Motivasyon

Kişi başına düşen enerji tüketimi son 10 yıllık dönemde ülkelerin gelişmişlik düzeyini belirleyen parametrelerden biri olarak kabul edilmektedir. Gelişmekte olan ülkeler üretimlerini artırırken buna paralel enerji kaynaklarına olan ihtiyaçları da artmaktadır. Son yıllarda karbon emisyonu azaltımı konusunda oluşan farkındalık ve yenilenebilir enerji kaynaklarından (YEK) elektrik üretiminin maliyetinin düşmesi ve artan enerji ihtiyacı YEK'lere olan ilgiyi artırmıştır. Özellikle fotovoltaik panellerinin fiyatlarındaki dramatik düşüş YEK yatırımlarının artmasında katalizör etkisi yapmıştır. Ayrıca akıllı şebeke ortamının dağıtık enerji sistemlerinin sisteme bağlanmasını kolaylaştırması YEK'lerden elektrik üretimine yardımcı olmaktadır.

Özellikle ülkemizin güney ve güney doğu bölgelerinde arazi fiyatlarının düşük olması fotovoltaik üretim sistemleri (FVÜS) kurulumlarının artmasını sağlamıştır. Fakat büyükşehirlerde arazi fiyatlarının yüksekliği, bu şehirlerde güneş enerjisinden yararlanılmasını engellemektedir. Bu noktada kamu alanlarının uygun bölümlerine FVÜS'leri kurmak hem bir sistemlerin kurulum maliyetini düşürecek hem de YEK'lerin güç sistemlerine katılımını artıracaktır. Havalimanlarındaki araç sirkülasyonunun fazla olması büyük otopark ihtiyacını ortaya çıkartmaktadır. Büyükşehirlerdeki havalimanlarına kurulacak FVÜS'leri güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretimini sağlarken aynı zamanda otoparktaki araçlar için gölgelenme alanı oluşturur. Bunlara ek olarak havalimanının ihtiyaç duyduğu enerjinin belli bölümü üretilebilir.

Ülkemizde yeni nesil YEK'lerden elektrik enerjisi üretimi %10'un altındadır ve bu üretimin büyük bir kısmını rüzgâr enerjisi sistemleri oluşturmaktadır. Ülkemizin kendi elektrikli aracını üretme sürecinde olduğu bu dönemde bu araçların hem karbon emisyonunun azaltılmasına yardımcı olması hem de bu araçların ihtiyaç duyduğu enerjinin yerli kaynaktan karşılanması hedeflerinin gerçekleşmesi için güneş enerjisinden elektrik enerjisi üretiminin artırılması elzemdir. Bundan dolayı YEK'lerden elektrik enerjisi üretilebilecek her alanın fizibilitesi yapılarak kullanılması güneş enerjisinin güç sistemine katılımını artıracaktır. Havaalanlarının büyük otoparklarının alanları bu amaca hizmet edecek yerlerden biridir.

Ülkemizin yılda ortalama 2741 saat güneş ışınlarından yararlanmaktadır. Ülkemizde 2019 yılı sonunda güneş enerjisi santrallerinin kurulu gücü 5.9952 GW'a ulaşmıştır (TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019). Bu üretim miktarı toplam kurulu gücü 91 GW olan ülkemiz için çok düşüktür. Ülkemizin güneşlenme süresini daha verimli olarak FVÜS'leri ile elektrik enerjisine dönüştürmek ülkemizin enerjide dışa bağımlılığını da azaltacaktır. Bundan dolayı ülkemizin güneş enerjisi potansiyelini kullanmak için yatırım maliyeti daha düşük olan kamusal alanlardan yararlanmak iyi bir çözüm olarak durmaktadır. Bu çalışmada ülkemizdeki bir büyükşehirde bulunan havalimanının otoparkına kurulacak FVÜS'nin benzetim çalışması yapılarak otoparkın enerji ihtiyacının karşılanması amaçlanmıştır. Bu çalışma kamu alanlarından ikincil fayda sağlamanın olumlu etkisini ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın sonuçları farklı kamusal alanlardan da FVÜS'leri için yararlanılmasına yardımcı olacaktır. Bu çalışmanın temel amacı, Adnan Menderes Havalimanı otoparkına kurulabilecek 534 kWp gücünde FVÜS'nin tasarımını ve otoparkın günlük yük ihtiyacına göre enerji analizini yapmaktır.

### 1.2. Literatür Özeti

Küresel ısınmanın etkileri sonucunda oluşan iklim düzensizliklerinden dolayı birçok ülke karbon emisyonunun azaltılması için eylem planları geliştirmiştir. Avrupa Birliği 2030'a kadar karbon emisyonunu 1990'daki seviyelerinden en az %40 azaltmayı ve üretilen enerjinin en az %32'sinin YEK'lerden üretmeyi planlamaktadır (European Commission, 2020). Bizim gibi petrol fakiri ülkelerin dışa bağımlılığını azaltacak tek yol YEK'lerden üretilen enerjiyi artırmaktır. Fakat YEK'lerden elektrik enerjisi üretmenin en önemli olumsuzluğu kaynakların sürekli olmayan yapısıdır ve bu durum bu üreteçler güç sistemlerinin yönetimini zorlaştırmaktadır. Fakat bu üreteçler dağıtık enerji kaynağı olarak tüketime yakın konumlandırılırsa yönetimi daha kolay olur. Bundan dolayı bir havalimanı otoparkına kurulacak bir FVÜS hem YEK'den yararlanmayı hem de üretilen enerjinin daha kolay yönetilmesini sağlamaktadır. Günümüzde maliyeti yüksek santraller kurmaktan uzak durmaktadır. Bu yüzden YEK kullanan dağıtık üretim sistemlerinin arazi maliyeti olmayan kamu alanlarına kurulması hem ekonomik hem de temiz bir çözüm olarak tercih edilebilir.

Otoparklara FVÜS kurulması yeni bir olgu değildir. Birçok ülkede örnekleri bulunmaktadır (Ingersoll ve Perkins, 1996; Solar Power World, 2019; Maryland Energy Administration, 2019; Root ve Perez, 2019). Bu çalışmalar üzeri açık otoparklarda uygulanmaktadır ve bu şekilde araçların gölgelemesi de sağlanmaktadır. Bunlara ek olarak (Figueiredo, vd. 2017)'de yapılan çalışmada bir otoparkın çatısına kurulan FVÜS'nin ortalama 7 yılda yatırım maliyetini amorti ettiği gösterilmiştir.

Literatürdeki otoparkların ve FVÜS'lerinin elektrik şebekesine göre en uygun konum veya boyut belirlenmesi ile ilgili yapılan çalışmalar yeni kurulacak otoparklara yol gösterici olacağı şüphe götürmez bir gerçektir (Fazelpour, vd., 2014; Neyestani, vd., 2015; Rahmani-Andebili ve Venayagamoorthy, 2015; Lee ve Park, 2015). Fakat mevcut otoparkların elektrikli araç kullanıcılarının memnuniyeti artırmak, FVÜS ile bütünleştirmek ve elektrik şebekesinin kalitesini geliştirmek için katkılarını artırmak, yeni bir otoparkın sistem yararına tasarlanması kadar önemlidir.

Akıllı otopark yönetim sistemleri ile YEK'lerin birleştirildiği sanal mikro şebeke çalışmaları da literatürde mevcuttur (Hoarau ve Perez, 2018; Alghoul, vd., 2018; Lee, vd., 2016). Bu çalışmalar test sistemleri kullanılmaktadır. Test sistemlerle oluşturulan çalışmalar bilim açısından önemli olsa da gerçek dünyayı gerçek sistem verileri kullanarak benzetmek daha gerçekçi sonuçlara ulaşılmasını sağlayacaktır.

(Tulpule, vd., 2013)'te, işyerlerinde bulunan otoparklar için FVÜS'nin kurulmasının uygunluğu ile ilgili araştırmalar yapılmıştır. Bunun için, iki farklı bölgenin (Columbus ve Los Angeles) yıllık güneş ışınımı ve finans yapısı farklı senaryolar uygulayarak sonuçları ortaya konmaktadır. Ayrıca, (Sedighzadeh, vd., 2109)'de, FVÜS'ne sahip otoparklara en uygun enerji yönetim sistemini tasarlamak için, Multi-Layer Perceptron Artificial Neural Network (MLP-ANN) yaklaşımını dikkate alan Approximate Dynamic Programming (ADP) ve Hybrid Big Bang Big Crunch (HBB-BC) algoritmasına dayanan iki aşamalı bir optimizasyon sistemi üzerine çalışılmıştır.

Literatürde bu çalışmanın kapsamında olmayan çalışmalar da vardır (Tushar, vd., 2016; Coffman, vd., 2017). 20 yıllık projeksiyonda otoparklara FVÜS kurulmasının faydalarından biri de otoparka gelecek elektrikli araçların şarj ihtiyaçlarını yeşil bir güç kaynağından sağlanmasıdır. Otoparklar, elektrikli araçların gün içi saatlerde şarj koordinasyonunu ve YEK'ler ile entegrasyonunu kolaylaştıran bir toplayıcıdır. Otoparklar dışında merkezi toplayıcıların tanımladığı ve elektrikli araçların şarj yükünün YEK'lerden (özellikle FVÜS'nden) karşılandığı çalışmalar da vardır (Zakariazadeh, vd., 2015; Hoarau ve Perez, 2018). Ayrıca, (Nunes, vd., 2016)'de FVÜS'ne sahip elektrikli araç otoparklarının teknik, çevre ve finansal konularda literatür taraması sunulmuştur.

### **1.3. Çalışmanın Katkıları**

Bu çalışmada gerçek bir havalimanı otoparkına kurulabilecek FVÜS'nin tasarımı her aşaması ile yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucunda hem üretim bilgileri hem de bağlantı şemaları kullanılarak ismi belirtilen havalimanına FVÜS kurulumu imkânı vermektedir. Bu çalışmanın sonuçları kamu alanlarından maksimum fayda elde etmek için kurulabilecek YEK'lerden elektrik enerjisi üreten diğer üretim sistemlerinin kurulumlarına da yol gösterici olacaktır.

Bu çalışma, aşağıdaki ana aşamalardan oluşmaktadır:

- Belirlenen otoparka kurulacak FVÜS üretim bilgilerinin hesaplanması için bir benzetim yazılımı kullanılarak otoparkın coğrafi konumu bilgisi ile beraber tasarımı yapılmıştır. Bu şekilde FVÜS'nin yılın her ayı için toplam üretim bilgisine ulaşılar.
- Otoparkın yoğun olduğu aylardan biri olan Temmuz ayına ait yük bilgileri alınarak otoparkın günlük ortalama yük eğrisi oluşturulmuştur.
- Oluşturulan iki modelin bilgileri kullanılarak otoparkın elektrik enerjisi ihtiyacının FVÜS ile nasıl karşılanacağını analizi yapılmıştır.

Bu çalışmada FVÜS üretim, sistem bilgileri ve otoparkın günlük yük eğrisinin hesaplanması ile ilgili süreçler 2. bölümde, benzetim ve enerji analizi sonuçları ise 3. bölümde anlatılmıştır. Çalışmanın sonuç kısmı 4. bölümde sunulmuştur.

## **2. Materyal ve Metot**

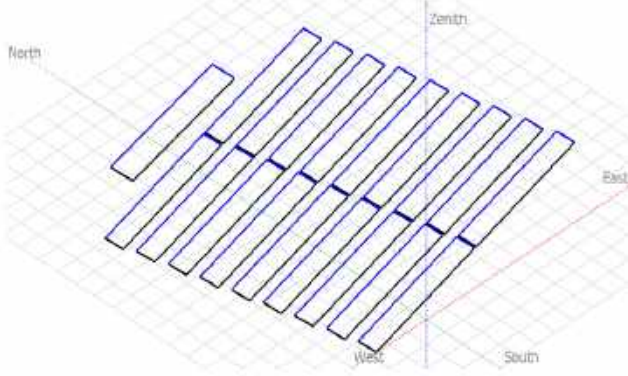
### **2.1. FVÜS Tanıtımı ve Kurulumu**

Bu çalışmada daha önce de belirtildiği gibi Adnan Menderes Havalimanı Otoparkına bir FVÜS benzetim yazılımı ile tasarlanmıştır. Bu sistemin konumu olarak 38°29' kuzey enlemi ile 27°15' doğu boylamı belirlenmiştir. FVÜS'nin panellerinin eğimi 10° belirlenmiş, azimut açısı 13° olarak hesaplanmıştır. FVÜS'nin 2770 m<sup>2</sup> alana kurulması planlanmaktadır. Ayrıca, belirtilen alanda 1617 adet 330 Wp gücünde monokristal fotovoltaik panel bulunmaktadır. Bu paneller 21 seri ve 77 paralel dizi şeklinde yerleştirilmiştir.

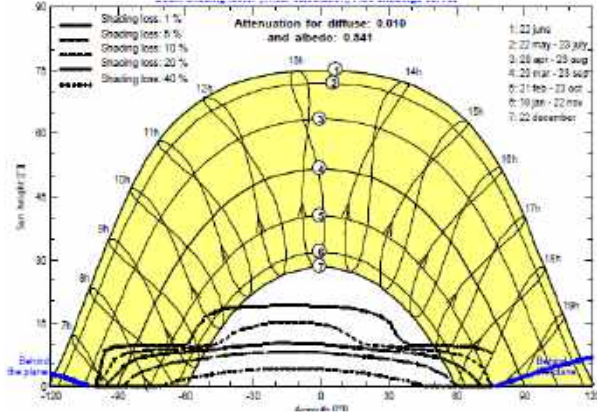
FVÜS toplamda 2770 m<sup>2</sup> alanı kaplamaktadır. FVÜS'nde 1617 adet 330 Wp gücünde LG330N1C-A5 marka monokristal güneş paneli kullanılmıştır. Paneller 21 seri modül ve 77 paralel diziden oluşmaktadır. Buna ek olarak, FVÜS'nin otopark şebekesine bağlanabilmesi için 7 adet 66 kW gücünde 3 fazlı şebekeye bağlı merkezi invertör bulunmaktadır. Bu çalışmada tasarlanan FVÜS'nin yerleşimi Şekil 1'de, FVÜS'nin yapılması planlanan konumunun iso gölgelendirmesi Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 1. FVÜS'nin Yerleşimi



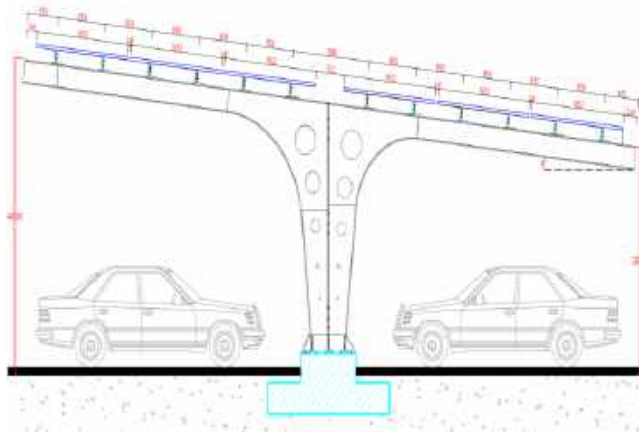
Şekil 2. FVÜS'nin bulunduğu konumun iso gölgelendirmesi



Bu FVÜS carport tipinde tasarlanmıştır. Carport tipi tasarım araçların doğa koşullarından olabildiğince az etkilenmesi için seçilmiştir. Bu FVÜS İzmir gibi güneş ışınlarının kuvvetli olduğu bir bölge olduğundan dolayı özellikle yaz aylarında sürücülerin konforunu artırması beklenmektedir. Aynı şekilde kış aylarının sert geçtiği illerde bu sistem uygulandığında kar ve dolu gibi hava olaylarından araçların korunması sağlanabilir. Bu çalışmada kullanılan tasarıma uygun dayanıma sahip çelik taşıyıcı sistem Şekil 3'de verilmiştir. Carport taşıyıcı sistem iki taraflı olarak biçimlendirilmiştir. Her carporta 2 fotovoltaik panel olmak üzere 21 seri sistem için toplam 42 adet panel yerleşimi Şekil 4'de verilmiştir. Carport taşıyıcı sistem güneydoğu yönünde 140° açıyla yerleştirilmiştir. Havalimanının otoparkının tamamını carport tipi taşıyıcılı panellerle kapatılmıştır ve carportun çatı eğimi 6° olarak belirlenmiştir. Carportun alçak tarafının yerden yüksekliği 2.9 m, yüksek tarafı 4m olarak ayarlanmıştır. 534 kWp güce sahip FVÜS'nin taşıyıcı sistemi modüler olarak hazırlanmıştır. FVÜS'nde bulunan toplam 1617 adet panelin toplam ağırlığı 270 ton olarak hesaplanmıştır.

Şekil 3. Carport Tipi Fotovoltaik Panel Çelik Taşıyıcı Sistemi

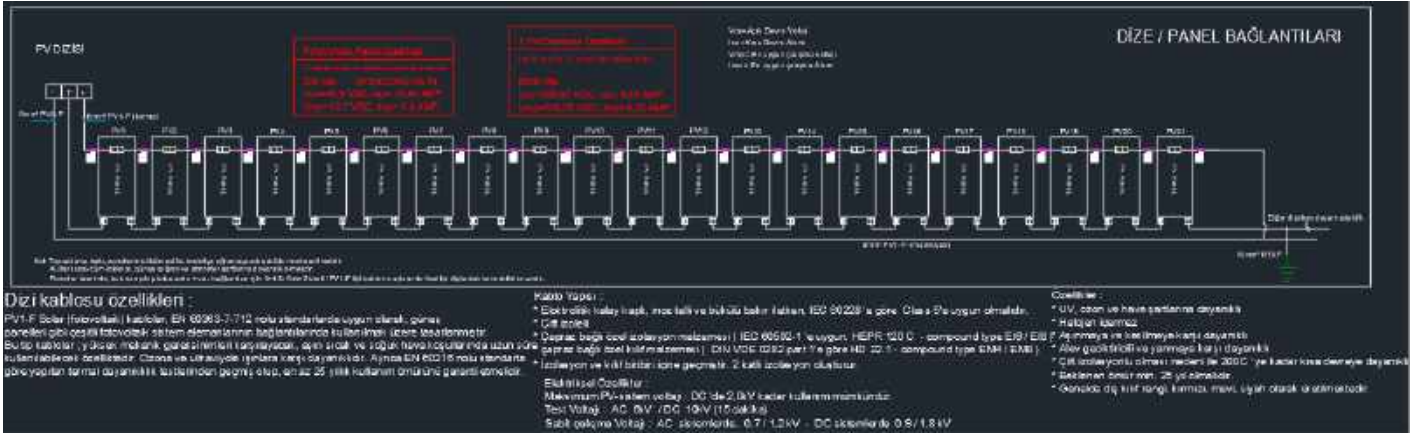
Şekil 4. Carport Fotovoltaik Panel Yerleşimi



## 2.2. FVÜS'nin Elektrik Tesisat Projesi

Bu çalışmada bahsi geçen havalimanının otoparkı 2523 araç kapasitesine sahiptir. FVÜS'ndeki panellerin bağlantı şeması Şekil 5'de verilmiştir. Bu şemada 21 seri panel dizisi birbirine seri olarak bağlanmıştır. Panel dizisinde 6 mm<sup>2</sup> PV1-F solar kablo kullanılmıştır. FVÜS'nin bağlandığı 2 adet tali dağıtım panosu bulunmaktadır ve bunlar TD1 ve TD2 olarak adlandırılmıştır. İnvertörler ile tali dağıtım panoları arasında 4\*70 mm<sup>2</sup> NYY tipi kablo kullanılmıştır. Ayrıca TD1 panosu ile ana pano arasındaki bağlantı için 2 set 4\*1\*150 mm<sup>2</sup>, TD1 panosu ile ana pano arasındaki bağlantı için 2 set 4\*1\*95 mm<sup>2</sup> NYY tipi kablo kullanılmıştır. Kablo çaplarındaki farkı TD1 panosunun kurulu gücünün 264 kW, TD2 panosunun kurulu gücünün 198 kW olması yaratmıştır.

Şekil 5. FV Panel Bağlantı Şeması

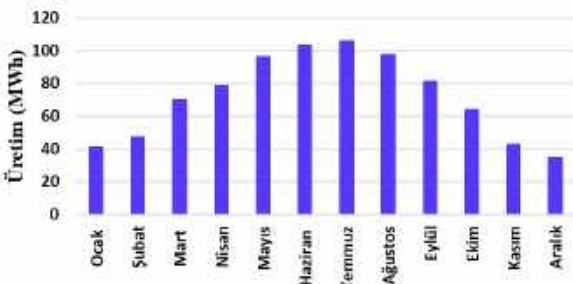


Şekil 3.11. Fotovoltaik Panel Detayları

### 2.3 FVÜS Üretim Bilgisi

Bu çalışmada tasarlanan FVÜS'nin teknik bilgileri bir önceki bölümde verilmiştir. Bu sistemin üretim bilgisi bir benzetim yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu hesaplamaların sonucunda FVÜS'nin yıllık üretim tahmini her ay için Şekil 6'de verildiği gibi bulunmuştur. Verilen grafikte de görüldüğü gibi güneşlenme süresinin en yüksek seviyeye çıktığı Temmuz ayında toplam üretim tahmini 106 MWh olarak verilmektedir. Ayrıca, kış aylarında güneşlenme süresine bağlı olarak Aralık ayında üretimin 34.4 MWh'e kadar düşmektedir. Bu FVÜS'nin yıllık toplam üretimin 862.5 MWh olarak hesaplanmıştır.

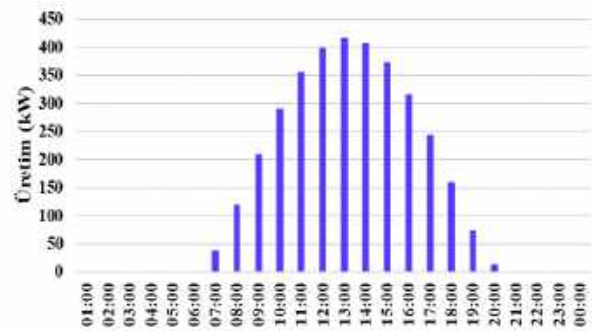
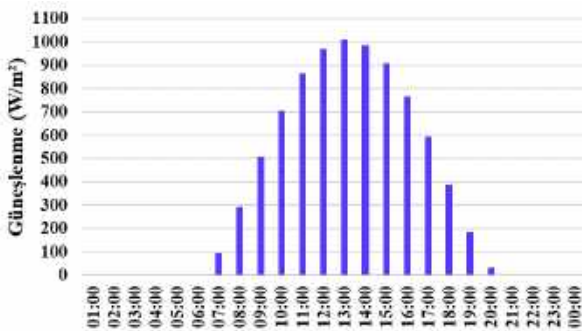
Şekil 6. FVÜS'nin Yıllık Üretim Tahmini



Bu çalışma bir havalimanı otoparkı için planlandığından dolayı hem otoparkın araç yoğunluğu hem de FVÜS'nin üretim seviyesi dikkate alınarak Temmuz ayının üretim değerlerine odaklanılmasına karar verilmiştir. Otoparkın günlük yük ihtiyacının FVÜS saatlik üretiminin karşılaştırılması için FVÜS saatlik üretim değerlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada kullanılan yazılımdan bu bilgiye ulaşılamadığından dolayı Avrupa Birliği tarafından sağlanan fotovoltaik coğrafi bilgi sistemi üzerinden FVÜS'nin konumunun Temmuz ayı için saatlik ortalama güneşlenme ışınımı bilgisi elde edilmiştir (European Commission, 2020). Şekil 7'de FVÜS'nin konumun güneşlenme ışınımı verilmiştir. Şekil 6 ve 7'da verilen bilgiler kullanılarak yapılan hesaplamada FVÜS'nin Temmuz için günlük üretim bilgisi Şekil 8'de verilmiştir. Bu şekilde de görüldüğü gibi gün ortasında FVÜS 416 kW gücünde elektrik enerjisi üretebilmektedir.

Şekil 7. FVÜS'nin Konumunu Temmuz için Güneşlenme Işınımı

Şekil 8. FVÜS'nin Temmuz için Hesaplanan Günlük Enerji Üretimi



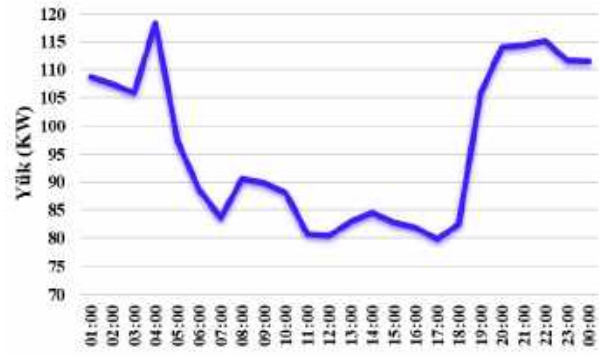
### 2.4 Otoparkın Günlük Yük Eğrisi

Adnan Menderes Havalimanı'nın otoparkı iç hatlar ve dış hatlar olmak üzere iki bölgeden oluşmaktadır. Bu iki bölgenin ayrı ayrı Temmuz 2018 ayına ait saatlik tüketim bilgisi elde edilmiştir. Bu bilgi işlenerek iki bölgenin günlük ortalama yük eğrisini belirlenmiştir. Havalimanının iç hatlar otoparkına ait günlük yük eğrisi Şekil 9'da, dış hatlar otoparkına ait günlük yük eğrisi Şekil 10'da verilmiştir.

Tahmin edileceği gibi otoparkın günlük enerji tüketimi aydınlatma ağırlıklı olduğunda dolayı gece saatlerinde tepe noktaya ulaşmaktadır. İç hatlar otoparkında tüketim ortalama maksimum 184 kW güce ulaşılırken, Dış hatlarda ise ortalama maksimum tüketim 118 kW güce ulaşmaktadır. Bu bilgiler FVÜS'nin üretim bilgileri ile karşılaştırılarak enerji analizi 3. bölümde yapılacaktır.

Şekil 9. Havalimanı İç Hatlar Otoparkının Günlük Yük Eğrisi

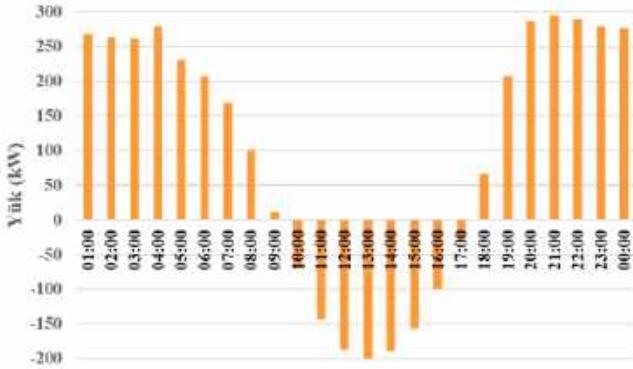
Şekil 10. Havalimanı Dış Hatlar Otoparkının Günlük Yük Eğrisi



### 3. Araştırma Sonuçları

FVÜS'nin üretim hesaplamaları ve bağlantı şeması bir önceki bölümde ayrıntılı olarak anlatılmıştır. Ayrıca, hem iç hatlar hem de dış hatlar otoparklarının günlük yük eğrisi bulunarak bu bilgiler üretim-tüketim karşılaştırılması yapılmıştır. Bu üretim-tüketim karşılaştırma grafiği Şekil 11'de verilmiştir. Bu grafikte görüldüğü gibi FVÜS her iki otoparkın gün içi saatlerdeki ihtiyacından daha fazla enerji üretmektedir. Bu üretim yaklaşık 200 kW fazla güç üretmektedir. Diğer taraftan FVÜS'nin enerji üretmediği ve otoparkın enerji ihtiyacının fazla olduğu akşam saatleri için otoparkın gün için saatlerde ürettiği fazla enerjinin depolanarak kullanılması düşünülebilir.

Şekil 11. FVÜS ile Havalimanı Otoparklarının Üretim-Tüketim Karşılaştırması



Bu çalışmanın hedeflerinden biri kamu alanlarının ikincil kullanımı ile YEK'lerden daha fazla faydalanmaktır. Ayrıca bu çalışmanın sonuçları yakın bir gelecekte kullanım sıklığı artacak elektrikli araçların YEK'den şarj edilmesine de imkân sağlayacaktır. Havalimanı gibi araçların park süreliğinin uzunluğu düşünüldüğünde elektrikli araçların sayısı arttıkça gün içi saatlerdeki FVÜS tarafından üretilen fazla enerjinin de kullanılması ve/veya depolanması düşünülebilir. Ayrıca optimum enerji yönetimi algoritmaları kullanılarak FVÜS'nin ürettiği enerji ile hem otopark yükü hem de elektrikli araç şarj ihtiyacını daha verimli karşılanabilir.

### 4. Sonuç

Gelişen ve değişen dünyada ülkeler büyük maliyetli santraller kurmaktansa küçük ölçekli tüketiciye yakın dağıtık üretim sistemleri daha olumlu bakılmaktadır. Ayrıca küresel iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması için bu dağıtık üretim sistemlerinde YEK'lerin kullanılması önemlidir. Bu çalışmada havalimanı otoparkı gibi kamu alanına kurulabilecek carport tipi FVÜS'nin kazanımları ortaya konulmuştur. Çalışmada gerçek bir havalimanına odaklanılarak çalışmanın gerçekliği ortaya konulmuştur. Ayrıca bu FVÜS'nin üretim tahminleriyle beraber elektrik tesisat projesi de çizilerek uygulanmaya hazır bir proje haline dönüştürülmüştür. Çalışmanın son bölümünde havalimanının otoparklarının günlük yük bilgileri ile FVÜS'nin üretim bilgisi karşılaştırılarak havalimanı otoparkının enerji analizi yapılmıştır.

YEK'lerden elektrik enerjisi üretilirken bu kaynakların kesikli yapısı göz ardı edilemez. Bundan dolayı FVÜS'lerinin belli bir depolama birimi bir ile çalışması kaynağın enerji kalitesini ve güvenilirliğini artıracaktır. Depolama birimi ihtiyacı yakın gelecekte sıklıkla kullanılacak elektrikli araçların bataryalarıyla da giderilebilir. Akıllı şebekelerin temel amaçlarından biri daha fazla yeşil kaynaktan küçük ölçekli üreteçlerin sayısının artırılmasıdır. Bu amaca hizmet edecek FVÜS'lerinin sayısının artırılmak için her türlü imkândan yararlanılması kuşkusuz çok önemlidir. Bu noktada havalimanı gibi arazi maliyetinin olmadığı kamu alanlarından yararlanılması yerli enerji kaynaklarının elektrik güç sistemine katılımını artıracaktır.



## **Teşekkür**

Bu çalışma 119E646 Hibe projesi kapsamında Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından desteklenmiştir.

## **Kaynakça**

- Alghoul, M. A., Hammadi, F. Y., Amin, N., Asim, N., 2018. "The role of existing infrastructure of fuel stations in deploying solar charging systems, electric vehicles and solar energy: A preliminary analysis", *Technological Forecasting & Social Change*, 137, 317 – 326.
- Coffman, M., Bernstein, P., Wee, S., 2017. "Integrating electric vehicles and residential solar PV", *Transport Policy*, 53, 30 – 38.
- European Commission, [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030\\_en](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2030_en). Son erişim tarihi: 13 Mart 2020
- European Commission, Photovoltaic Geographical Information System, [https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg\\_tools/en/tools.html](https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html). Son erişim tarihi: 13 Mart 2020.
- Fazelpour, F., Vafaeipour, M., Rahbari, O., Rosen, M. A., 2014. "Intelligent optimization to integrate a plug-in hybrid electric vehicle smart parking lot with renewable energy resources and enhance grid characteristics", *Energy Conversion and Management*, 77, 250 – 261.
- Figueiredo, R., Nunes, P., Brito, M. C., 2017. "The feasibility of solar parking lots for electric vehicles", *Energy*, 140, 1182 – 1197.
- Hoarau, Q., Perez, Y., 2018, "Interactions between electric mobility and photovoltaic generation: A review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 94, 510 – 522.
- Ingersol, J. G., Perkins, C. A. 1996. "The 2.1 kW photovoltaic electric vehicle charging station in the city of Santa Monica, California", *Conference Record of The 25th IEEE Photovoltaic Specialists Conference*, Washington, DC, USA.
- Lee, J., Park, G. L., 2015. "Dual battery management for renewable energy integration in EV charging stations", *Neurocomputing*, 148, 181 – 186.
- Lee, S., Iyengar, S., Irwin, D., Shenoy, P., 2016. "Shared solar-powered EV charging stations: feasibility and benefits", 2016 7<sup>th</sup> International Green and Sustainable Computing Conference (IGSC), Hangzhou, China.
- Maryland Energy Administration. "Parking lot solar PV canopy with EV charger grant program" <https://energy.maryland.gov/business/Pages/incentives/PVEVprogram.aspx>. Son erişim tarihi: 13 Şubat 2020
- Neystani, N., Damavandi, M.Y., Shafie-Khah, M., Contreras, J., Catalão, J. P. S., 2015. "Allocation of plug-in vehicles' parking lots in distribution systems considering network-constrained objectives", *IEEE Transaction on Power Systems*, 30(5), 2643 – 2656.
- Nunes, P., Figueiredo, R., Brito, M. C., 2016. "The use of parking lots to solar-charge electric vehicles", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 66, 679 – 693.
- Rahmani-Andebili, M., Venayagamoorthy, G.K. 2015. "SmartPark placement and operation for improving system reliability and market participation", *Electric Power System. Research*, 123, 21 – 30.
- Root L, Perez R., "Photovoltaic covered parking lots – a survey of deployable space in the Hudson River Valley, New York city, and Long Island, New York" <http://asrc.albany.edu/people/faculty/perez/publications/Other%20Papers%20and%20Applications/parkings.pdf>. Son erişim tarihi: 13 Şubat 2020.
- Sedighzadeh, M., Mohammadpour, A., Alavi, S. M. M., "A daytime optimal stochastic energy management for EV commercial parking lots by using approximate dynamic programming and hybrid big bang big crunch algorithm", *Sustainable Cities and Society*, 45, 486 – 498.
- Solar Power World. "Photoblog: Assurant celebrates earth day with new solar array" <https://www.solarpowerworldonline.com/2013/04/photoblog-assurant-celebrates-earth-day-with-new-solar-array/> Son erişim tarihi: 13 Şubat 2020
- TC Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2019, <http://www.enerji.gov.tr>. Son erişim tarihi: 13 Mart 2020.
- Tulpule, P. J., Marano, V., Yurkovich, S., Rizzoni, G., 2013. "Economic and environmental impacts of a PV powered workplace parking garage charging station", *Applied Energy*, 108, 323 – 332.
- Tushar, W., Yuen, C., Huang, S., Smith, D. B., Poor, H. V., 2016, "Cost minimization of charging stations with photovoltaics: an approach with EV classification", *IEEE Transaction on Intelligent Transportation Systems*, 17(1), 156 – 169.
- Zakariazadeh, A., Jadid, S., Siano, P., 2015. "Integrated operation of electric vehicles and renewable generation in a smart distribution system", *Energy Conversion and Management*, 89, 99 – 110.



# The Effects of Salicylic Acid Applications on miRNA Expression in Wheat Cultivars under Drought Stress

Ebru Derelli Tüfekçi<sup>1\*</sup>, Behçet İnal<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Cankiri Karatekin University, Yapraklı Vocational High School, Department of Field Crops, Cankiri, Turkey (ORCID: 0000-0003-1097-8574)

<sup>2</sup>Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Siirt, Turkey (ORCID: 0000-0003-2215-2710)

(First received 6 April 2020 and in final form 23 May 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.715266)

**ATIF/REFERENCE:** Derelli Tüfekçi, E. & İnal, B. (2020). The Effects of Salicylic Acid Applications on miRNA Expression in Wheat Varieties under Drought Stress. *European Journal of Science and Technology*, (19), 189-195.

## Abstract

Wheat cultivation in Turkey, is highly affected by environmental factors such as drought stress, which reduces yields significantly. Applying chemicals that stimulate plant growth is an easy, low-cost, low-risk and effective approach to increase stress tolerance, and salicylic acid is prominent in adapting plants to adverse environmental conditions such as drought stress, salinity, and improving plants' tolerance to stress. In the study, Gün 91 and Ankara 98 cultivars were used as drought tolerant and Ankara 98 the sensitive plant material, respectively. Two different doses (0.1 mM, 0.5mM) of salicylic acid (SA) were applied to these plants. Drought stress treatment was performed one week after SA application. Total RNAs were isolated from leaf samples collected from application and control pots. The expression levels of miR156, miR169, miR172, miR319, miR398 and the genes targeted by these miRNAs were determined. According to the results, in Gün 91, the expression levels of miR156 and miR172 was found higher in leaf tissues treated with SA under drought stress conditions. On the other hand, the level of miR169 was higher in Ankara 98. In Gün 91, miR319 expression level was higher in 0.5 mM salicylic acid + drought treatment, whereas in Ankara 98 was higher in 0.1 mM SA + drought treatment. According to the control group, miR398 expression level decreased significantly in both 91 and Ankara 98 plant groups in which SA + drought stress was applied together. As a result of this study, it was emphasized that salicylic acid is an important signal molecule in response to stress and it mitigates the effect in stress conditions, and the tolerance mechanism of drought tolerant and sensitive cultivars with salicylic acid application were different.

**Keywords:** Wheat, Drought, miRNA, Salicylic acid

## Kuraklık Stresi Altındaki Buğday Çeşitlerinde Salisilik Asit Uygulamalarının miRNA İfadesi Üzerine Etkileri

### Öz

Türkiye'de buğday yetiştiriciliği yapılan alanlarda bitki büyümesi, kuraklık stresi gibi çevresel bir faktörden yüksek oranda etkilenmektedir ve bu abiyotik stres tarımsal ürünlerin verimini önemli derecede düşürmektedir. Bitki büyümesini uyaran kimyasalların bitkilere uygulanması stres toleransını arttırmak için kolay, düşük maliyetli, düşük riskli ve etkili bir yaklaşımdır ve bunlar içerisinde salisilik asit kuraklık stresi, tuzluluk gibi olumsuz çevre koşullarına bitkilerin uyum sağlamasında ve bitkilerin strese dayanıklılık geliştirmesinde ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmada kuraklığa toleranslı çeşit olarak Gün 91, hassas çeşit olarak Ankara 98 çeşiti kullanılmıştır ve bitkilere iki farklı doz (0.1 mM, 0.5mM) salisilik asit uygulaması yapılmıştır. Salisilik asit uygulamasından bir hafta sonra kuraklık stresi uygulaması gerçekleştirilmiştir. Kuraklık stresi uygulamasının sonunda uygulama ve kontrol saksılarından toplanan

\* Corresponding Author: Cankiri Karatekin University, Yapraklı Vocational High School, Cankiri, Turkey (ORCID: 0000-0003-1097-8574), ebru.derelli@gmail.com



yaprak örneklerinden RNA'lar izole edilmiş ve miR156, miR169, miR172, miR319 ile miR398 ve bu miRNA'lara ait hedef genlerin ifade seviyeleri belirlenmiştir. Kuraklık stres koşulları altında salisilik asit ile muamele edilen yaprak dokularında; miR156 ve miR172'nin ekspresyon seviyesi kuraklık stresine toleranslı Gün 91 çeşidinde yüksek iken, miR169 seviyesi hassas Ankara 98 çeşidinde daha yüksek olarak belirlenmiştir. miR319 ifade seviyesi Gün 91 çeşidinde 0.5mM salisilik asit+kuraklık uygulamasında daha yüksek iken, Ankara 98 çeşidinde 0.1mM salisilik asit+kuraklık uygulamasında daha yüksek olarak gözlenmiştir. miR398 ekspresyon seviyesi, hem Gün 91, hem de Ankara 98 çeşitlerinde salisilik asit ile kuraklık stresinin birlikte uygulandığı bitki gruplarında miR398 ifade seviyesi kontrol grubuna göre belirgin azalma göstermiştir. Salisilik asit uygulamasının tek başına yapıldığı gruplarda ise miR398 ifade seviyesi daha yüksek olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak; bu çalışma ile salisilik asidin strese yanıtta önemli bir sinyal molekülü olduğu ve stres koşullarındaki etkiyi azalttığı ve stres tolerans mekanizmasının uygulanan salisilik asit ile kuraklığa toleranslı ve hassas buğday çeşitlerinde farklı olduğu vurgulanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Buğday, Kuraklık, miRNA, Salisilik asit

## 1. Introduction

Wheat is a plant belonging to the genus *Triticum* from the Poaceae family. Wheat, which is a monocotyl plant, is a self-pollinating, fringed roots, annual fruit with a caryopsis type (Erayman et al., 2016; Mehmood et al., 2014). Wheat has a rather large genome of  $1.6 \times 10^{10}$  bp (~17 Gb) (Flavell and Smith, 1976), genome size is 35 times higher than rice (*Oryza sativa* L.) and 6 times greater than corn (*Zea mays* L.) (Arumuganathan and Earle 1991). Hexaploid bread wheat (*Triticum aestivum* L.) was obtained by crossing tetraploid (AABB) *Triticum dicoccoides* and diploid (DD) *Aegilops tauschii* and carries three diploid genomes (A, B and D) (Erayman et al., 2016; Brenchley et al., 2012). It is considered as an indispensable product in the nutrition of the rapidly increasing world population in terms of being cultivated in diverse climates and soil conditions, containing carbohydrates, starch, protein, some vitamins and minerals in its composition, and is a valuable and inexpensive food source.

Wheat breeding in the areas of plant growth in Turkey, from environmental factors such as drought stress are affected by high rates and this abiotic stress significantly reduces the yield of agricultural products (Rahaie et al., 2010). Drought has been observed as the most common natural stress factor with a rate of 26% when available areas of the world are classified according to stress factors. In recent years, it has become an even more important meteorological phenomenon with population growth and global warming. It is a situation that occurs due to the decrease in the amount of precipitation or irregularity. Drought is mentioned as a result of the deterioration of the balance between precipitation and evaporation in a certain region. High temperature, changes in precipitation intensities, delay of the rainy season, strong wind and low humidity are among the important factors that play a role in the formation of drought. The drought is very slow and its effectiveness continues for a long time. Agricultural drought is defined as the lack of water in the soil to meet the needs of the plant. It causes a slowdown in the development of plants and a decrease in the number of crops (Miyashita et al., 2005).

Salicylic acid (SA) is a natural phenol product extracted from willow bark (*Salix sp.*) for the first time, and its use in adapting to adverse environmental conditions such as osmotic stress and salinity is among the approaches that enable plants to develop resistance to stress (Senaratna et al., 2000). There are reports that SA provides tolerance to many stress factors (such as temperature, drought and cold). In a study with tomato and bean seedlings exposed to cold and drought stress, SA caused seedlings to remain green longer (Senaratna et al., 2000), Hamada and Al-Hakimi (2001), applied 100 ppm SA to wheat seeds and then investigated the effects of applications against drought and salt stress during the seedling stage. Wheat seedlings were irrigated with water containing 160 mM NaCl for 2 weeks (salt stress) and 30% of the field capacity for 2 weeks (water stress). As a result of the experiment, they reported that SA applied wheat seedlings survived, resulting in higher photosynthesis rate, higher  $K^+$ ,  $Ca^{+2}$  and  $Mg^{+2}$  ion uptake compared to lower  $Na^+$  ion uptake compared to control plants. Bhupinder and Usha (2003); investigated physiological and biochemical changes caused by salicylic acid application on wheat seedlings (1-3 mM) under drought stress. They determined that the dry weight of the plants increased significantly in the SA applied plants compared to the ones not applied, and the humidity amount decreased due to drought stress, but the humidity amount of the plants in drought stress was higher with the SA application compared to the plants SA not applied. It has been reported with studies that miRNAs have a very important role in drought stress tolerance in plants. It was stated that the expression of miR172 increased 2-fold in the Arabidopsis plant, which was exposed to cold stress by keeping it at +4°C, compared to the plant that was not exposed to stress. In addition, it was found that the expression of miR172 increased in tobacco plant exposed to drought and salinity stress (Frazier et al. 2011; Xin et al., 2011). Excessive expression of miR159 increases susceptibility to abscisic acid and miR159 is also involved in drought, salinity, boron tolerance, and bacterial pathogen response by targeting transcription factor genes (Frazier et al., 2011; Xin et al., 2011; Alonso-Peral et al., 2012). It is known that miR167 also plays a role in stress response such as drought, salinity, cold, bacterial pathogen (Xue et al., 2009; Yanik et al., 2013). In addition, the SBP (SQUAMOSA promoter binding protein) transcription factor family involved in the plant's biological processes such as leaf morphogenesis, aging, flowering time and seed development is controlled by miR156. The expression of several miRNAs increased or decreased with one or more stresses applied. While miR393 NaCl is highly expressed with cold, drought and ABA application; miR397b and miR402 were slightly expressed in all stress applications while miR319c was over-expressed with cold stress; however, this was not observed in drought, NaCl or ABA stresses (Liu et al., 2008; Sunkar et al., 2012). The studies in barley in the case of drought revealed tissue-specific regulation of four miRNAs. While the regulation of miR169 increases, the regulation of the roots decreases. While miR156a, miR171 and miR408 were induced in the leaves, no change was observed in the roots. This shows the tissue-specific importance during miRNA studies in the whole plant (Kantar et al., 2010).

In this study, it was aim to determine the expression level / condition of miRNAs and target genes in the tolerance mechanism of drought stress tolerant and sensitive wheat varieties applied to salicylic acid.

## 2. Material and Method

### 2.1. Plant materials, Growth and Stress Conditions

In the selection of materials, wheat varieties that are prominent in terms of being tolerant and sensitive to drought stress were evaluated following the main objectives of the study. In this context, Gün 91 and Ankara 98 was used as drought stress tolerant and sensitive cultivars, respectively (given a reference). Within the scope of the study, the soil, which was first turned into a heap for growing plants, was filled in pots with a diameter of 25 cm and a depth of 30 cm. Fourteen seeds were planted in each pot, and the number of plants in the pot was reduced to 7 during the tillering period. Three replications were planted for drought stress application with control groups. Plants were grown for 15 days until they reached the 3-4 leaf stage, and 2 different doses (0.1 mM and 0.5 mM) of salicylic acid were sprayed onto the leaves. Drought stress was applied one week after the salicylic acid application. Three plant pots, which was randomly selected for drought stress factor, were placed in climate cabins previously set at 24°C during the light and 14°C at dark. In the climate cabins, light and dark times are adjusted to 16 and 8 hours, respectively, and relative humidity is 75%. In drought stress application, all pots were filled with water up to the field capacity, and no water was given to the pots from this point on the day of drought stress application. During the stress application, the amount of moisture in the soil was checked regularly, and the control pots that did not have apply salicylic acid applications were regularly irrigated. At the end of the 10<sup>th</sup> day of drought stress treatment, leaf samples were collected from the application and control pots were taken in separate transparent bags, quickly frozen in liquid nitrogen and the materials were stored in a -80°C freezer for use in RNA isolation studies.

### 2.2. RNA isolation, cDNA synthesis and RT-PCR

Total RNA was extracted by using the TRIzol reagent (Trade mark) according to the manufacturer's instructions. Total RNA libraries were enriched in terms of small RNAs by using the mirVana miRNA Isolation Kit. RNA quality was checked on 1.5% agarose gel, and the concentration of the RNA was measured via NanoDrop ND-2000c spectrophotometer. To measure the expression levels of five miRNAs and their target genes in leaf tissues of wheat, total RNA samples were exposed to synthesize first-strand cDNA primed with oligo (dT) in a 20 µl reaction mix using M-Mule Reverse Transcriptase (Trade mark) following the manufacturer's instructions. The qRT-PCR was conducted in 96-well optical plates using 100 pmol forward and reverse primers, 2 µl cDNA, 10 µl FastStart SYBR Green I Master Mix (Trade mark) and to complete the final volume to 20 µl with the nuclease-free distilled H<sub>2</sub>O. The qRT-PCR was achieved on Thermo PikoReal™ Real-Time PCR System. All reactions were designated as triplicate and the 18S rRNA gene was used for gene normalization (Inal et al., 2014). To measure the expression levels of five miRNAs (miR156, miR169, miR172, miR319 and mir398), The miRNA stem-loop reverse transcription (RT) was used as follow: 1 µg of total RNA sample, 0.5 µl 10 mM dNTP mix, 1 µM stem-loop RT primer, and 11.15 µl of nuclease-free distilled H<sub>2</sub>O were mixed. The mix was incubated at 65°C for 5 min and then put on ice for 2 min. Then, 4 µl of first-strand buffer (5X), 2 µl of 0.1 M dithiothreitol, 4 U RNaseOUT, and 50 U SuperScript III were added into each tube. Three control reactions containing all components without RT primer, RNA template, or SuperScript III were also done. qRT-PCR was conducted using the SYBR Green I Master Kit on a Thermo PikoReal™ Real-Time PCR System. Three technical and biological replicates were used for each experiment. The relative fold change for each comparison was calculated by 2<sup>-ΔΔCt</sup> (Livak and Schmittgen, 2001).

## 3. Results and Discussion

Highly expressed miR156, miR169, miR172, miR319 and miR398 conserved miRNAs, which are prominently expressed in drought stress tolerance and sensitivity. Expression levels of those miRNAs and their targets were measured with qRT-PCR (Table 1). The SBP transcription factor family, which is involved in biological processes of plants such as leaf morphogenesis, aging, flowering time and seed development, is controlled by miR156. In addition, abiotic stresses such as drought, salinity, boron excess, cold and biotic stresses such as fungal pathogens change the expression of miR156 in the plant (Eldem et al., 2013).

Table 1. miRNA and target gene information

miRNA	Mature miRNA	Target Gene
miR156	TGACAGAAGAGAGTGAGCAC	SquamosaPromoter Binding Like Protein
Pre-miRNA	GGGTAAAGGAGGTGACAGAAGAGAGTGAGCACACATGGTGTTCCTGTATGA-TATCTCCATGCTGAAGCTATGGGTGCTACCCTCTTCTGTACCCCACCACTCT-CTCTCTCTCTC	
miR169	UGAAGCUGCCAGCAUGAUCUU	Nuclear factor-Y (NF-YA)

<b>Pre-miRNA</b>	ATCGTGCCACTAGCAGATGAAGCTGCCAGCATGATCTTAACCTCGCCTTT-GATCAACATCGACTCGGGGAGAGATCAGATCATGCCGCAGCTTCACCTGTT	
<b>miR172</b>	TGAATCTTGATGATGCTACGC	<b>APETALA2 (AP2)</b>
<b>Pre-miRNA</b>	AGTCGTTTATTGCCGATGCAGCATCATCAAGATTCTCACCATCAAAGCTTTGGTA-GAGAGAGAGAGAGAGAGACTATATCAGTTTACCATCTTGCCCTTTATATGTGAATCTTGATG GTGCTAC	
<b>miR319</b>	UUGGACUGAAGGGAGCUCCC	<b>TCP4 Transcription Factor</b>
<b>Pre-miRNA</b>	GAAGAGAGCTTTCTTCAGTCCAGTTATGGGAGGCCGTAGGATTCAATTTGCTGTT-GACTCATTATCCAAATGCTGTGTAGTTGATGAGTTTTACACGGTAACTGAGTGAAT-GATGCGAGAGTCAAGTTGAATCTTAAGCTTTCTGTACTTGGACTGAAGGGAGCTCCCTT	
<b>miR398</b>	AAGCUCAGGAGGGAUAGCGCC	<b>Cu/Zn superoxide dismutases</b>
<b>Pre-miRNA</b>	AGTATAGAAGAATCTTTAAAGCTCAGGAGGGATAGCGCCGTAAGGATCTATATATT-TACATCATTAGTGGCGCTATCTATCCTGAGTTTCATGGGTTGTTCTTGCT	

In this study, as a result of qRT-PCR analysis, SA applications were found to increase the expression level of miR156 in Gün 91 wheat cultivar tolerant to drought stress compared to sensitive Ankara 98. In addition, although drought stress and different salicylic acid dosing responses were showed the different profile in tolerant and sensitive cultivars of wheat, it is concluded that salicylic acid has protective properties against drought stress and 0.5 mM salicylic acid dose on drought stress (Figure 1).

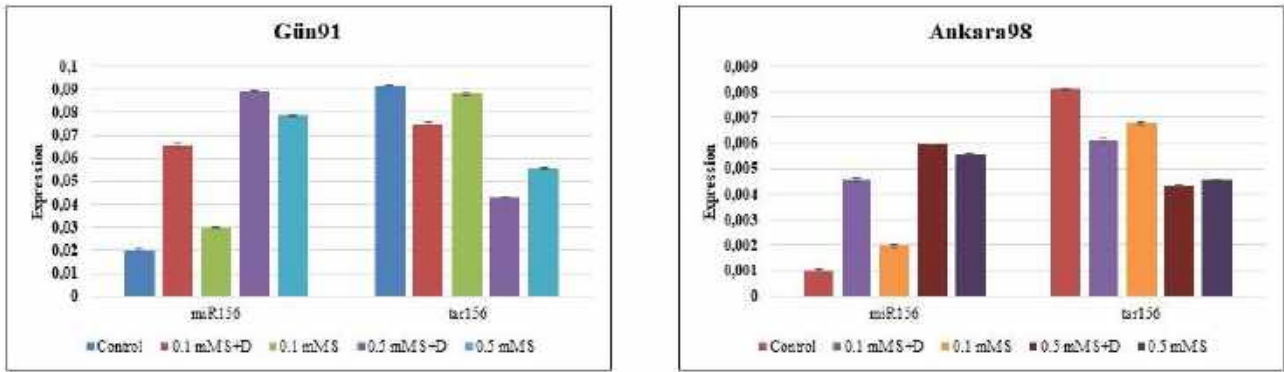


Figure 1. The expression levels of mir156 and tar156 in Gün 91 and Ankara 98 varieties

The miRNA genes target transcription factors that play a role in regulating the expression of many genes, it promises to obtain plants resistant to abiotic stress with miRNA-based RNAi technology in the coming years. Accordingly, miR169 has been found to play an important role in plant development and stress response in plants by regulating the expression of the "Nuclear Factor Y A5 (NFYA5)" transcription factor. In this study, it was observed that miR169 expression showed a decreasing profile during drought compared with the control group and increased with a salicylic acid application. It was also determined that miR169 expression level was higher in drought stress sensitive Ankara 98 than tolerant Gün 91 (Figure 2).

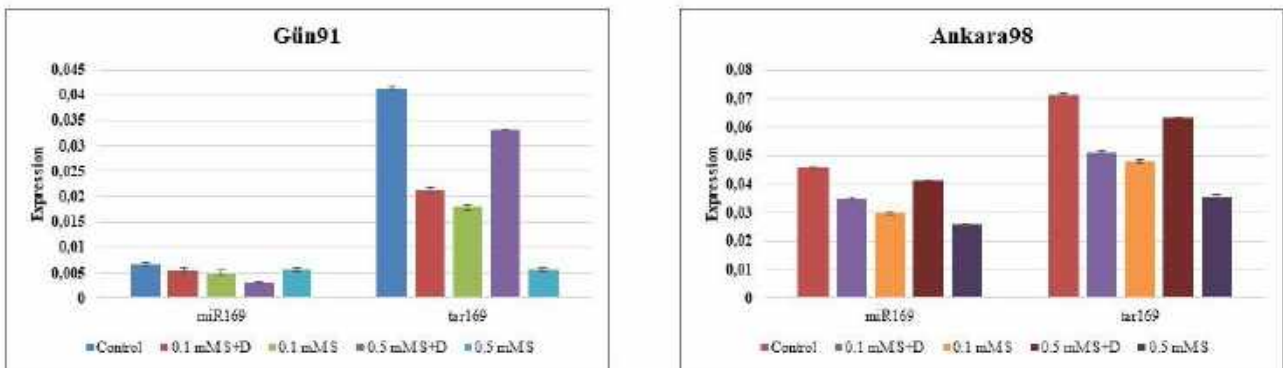


Figure 2. The expression levels of mir169 and tar169 in Gün 91 and Ankara 98 cultivars (S: SA, D: Drought)

Zhang et al. (2014) worked on drought tolerance and identified 458 known, 674 new miRNAs from the control and 471 known miRNAs in drought applied samples. Accordingly, most of the found were transcription factors and found that the expression levels of miR168 and miR166 decreased and the expression level of miR156 increased. In this study, it was determined that miR156 expression level was higher as a result of drought stress compared to the control group, and that salicylic acid applications increased the expression level. A high level of expression of miR169 increases tolerance for drought stress in tomato, while decreasing tolerance in *Arabidopsis thaliana* (Ramanjulu et al., 2012). Plant miRNAs have been showed variable results according to stress and plant species. *Apetala 2 (AP2)* carries a complementary region for miR172 and is negatively regulated by miR172. *AP2* is an important gene involved in the determination of flower organs. miR172 plays a critical role in suppressing *AP2* genes involved in determining flower organs and flowering time. In addition, it was determined by studies that the expression of miR172 increased in plants exposed to abiotic stress such as drought and salinity. In this study, as a result of drought stress application, miR172 expression increased especially in tolerant Gün 91 compared to the control group. As a result of drought stress after salicylic acid application, it was determined that miR172 expression level was higher and salicylic acid played a big role in regulating plant responses in drought stress (Figure 3).

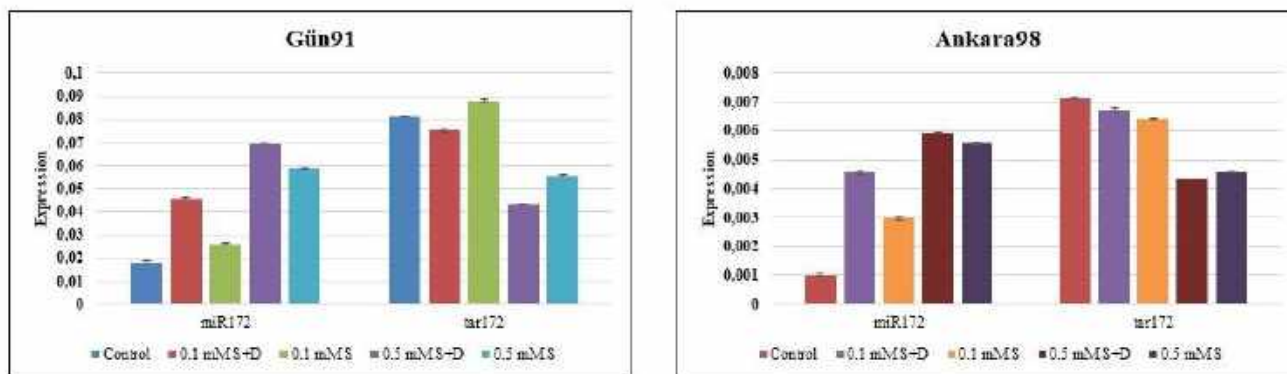


Figure 3. The expression levels of mir172 and tar172 in Gün 91 and Ankara 98 cultivars (S: SA, D: Drought)

Hwang et al. (2011) determined that the expressions of stu-miR172c, stu-miR172d, and stu-miR172e miRNAs changed under drought stress conditions. On the other hand, Yang et al. (2013) conducted a study on miRNAs in proline increase in drought stress. As a result of expression and function analysis, findings have been obtained that miR172, miR396a, miR396c and miR4233 may be involved in regulating the expression of the *P5CS* gene, one of the genes responsible for proline synthesis. In plants, miR319 has been proven by many studies that play a role in abiotic stress tolerance by targeting the “TCP (TEOSINTE BRANCHED/CYCLOIDEA/PCF)” transcription factor, and the expression of miR319 has been inversely correlated with the expression of the target gene, the TCP4 transcription factor protein. In the drought tolerant Gün 91, it was observed that miR319 expression increased significantly as a result of drought stress application especially with 0.5 mM salicylic acid. Although this situation is also observed in the sensitive cultivar, Ankara 98, miR319 expression level was found to be lower. In Gün 91, miR319 expression level was higher in 0.5mM SA+drought treatment, whereas in Ankara 98 was higher in 0.1mM SA+drought treatment (Figure 4).

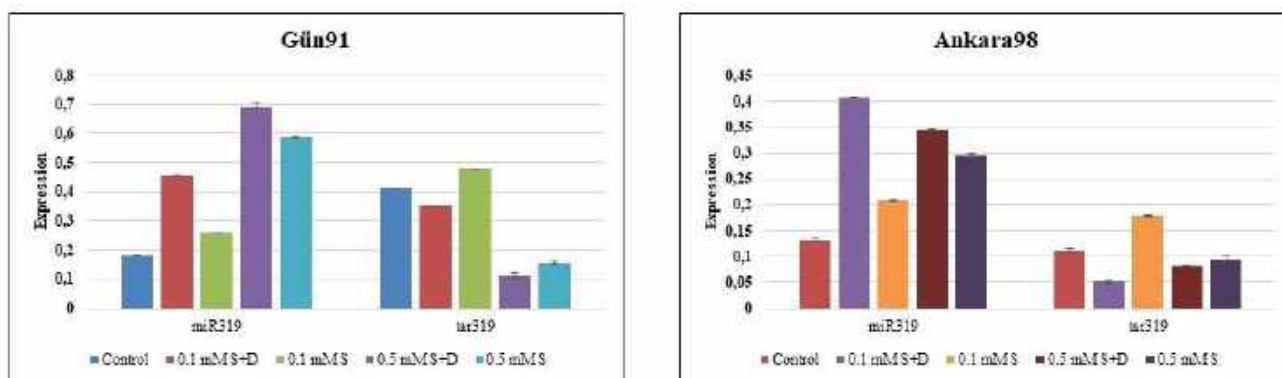


Figure 4. The expression levels of mir319 and tar319 in Gün 91 and Ankara 98 cultivars (S: SA, D: Drought)

Zhou et al. (2013) conducted a study to investigate the drought and salinity tolerance of *Agrostis stolonifera* L., a grass species, through miR319. As a result of the study, the miR319 gene has been transferred and transgenic *A. stolonifera* L. plants, which express high levels of miR319, have increased tolerance to drought and salinity. As a result of gene expression analysis, the expression of four target genes (TCP-AsPCF5, TCPAsPCF6, TCP-AsPCF8 and TCP-AsPCF14) of miR319 has been significantly reduced and increased abiotic stress tolerance may be associated with a decrease in expression of these genes. miR398 gene expression decreases with drought-like many other abiotic strains. The increased regulation of Cu/Zn superoxide dismutase (*CSD*) genes is associated with miR398.



Cytosolic CSD1 and plastidic CSD2 are both targets of miR398. In the case of oxidative stress, the expression level of miR398 decreases; thereby increasing the accumulation of CSD1 and CSD2 mRNAs. Thus, as with many drought, miR398 gene expression decreases with drought. In line with this information, both plant groups in which Gün 91 and Ankara 98 cultivars were applied with salicylic acid and drought stress, miR398 expression level decreased significantly compared to the control group. In the groups where the salicylic acid application was performed alone, the miR398 expression level was determined to be higher (Figure 5).

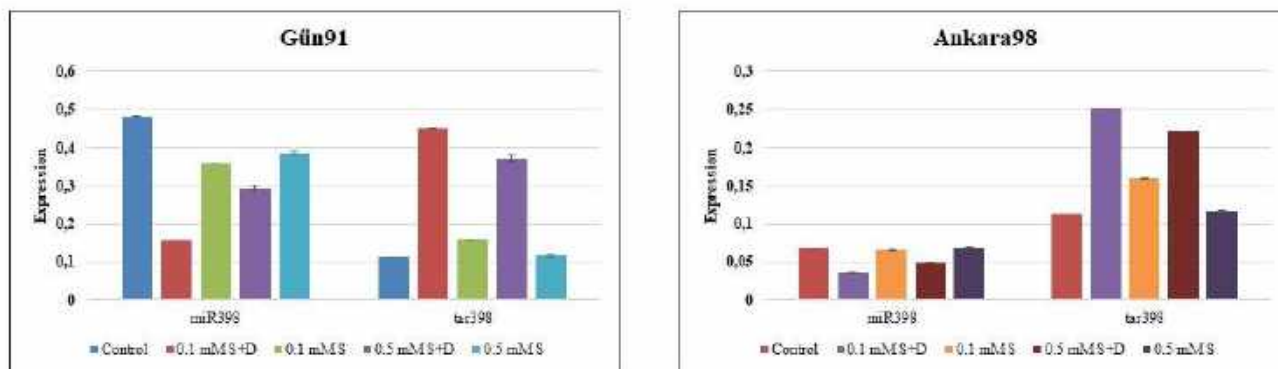


Figure 5. The expression levels of mir389 and tar389 in Gün 91 and Ankara 98 cultivars (S: SA, D: Drought)

miR398 gene expression decreases with drought-like many other abiotic strains. miR398; regulates cytoplasmic and chloroplastic Cu/Zn superoxide dismutase (CSD) genes post-transcriptionally (Zhua et al., 2011; Sunkar et al., 2012). In this study, miR398 expression level decreased significantly in both the groups of Gün 91 and Ankara 98, where salicylic acid and drought stress were applied together, compared to the control group. As a result, current study will be a guiding resource for plant physiology and nutrition and molecular studies that aim to researching the drought tolerance mechanism in plants.

## 4. Conclusions

In the current study, the tolerance mechanism of salicylic acid applications in drought tolerant and sensitive wheat cultivars was investigated in terms of expression of miRNAs and target genes. In this context, the molecular changes under the drought stress of the wheat plant were determined and most importantly, the contribution of salicylic acid to productivity in plant production and the protective effect on the plant in terms of drought tolerance were determined. In addition, it has been emphasized that salicylic acid is an important signal molecule in response to stress and mitigates the effect in stress conditions, as well as the tolerance mechanism of drought stress tolerant and sensitive wheat cultivars differed by drought stress.

## 5. Acknowledge

This study was financially supported by Çankırı Karatekin University Scientific Research Projects Coordinator (BAP) under the project numbered YM0150219B12.

## References

- Alonso-Peral, M. M., Sun, C., Millar, A. A. (2012). MicroRNA159 can act as a switch or tuning microRNA independently of its abundance in Arabidopsis. *PLoS ONE*, 7, e34751.
- Bhupinder, S., Usha, K. (2003). Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Plant Growth Regulation*, 39, 137-141.
- Brenchley, R., Spannagl, M., Pfeifer, M., Barker, G. L. A., D'Amorel, R., Allen, A. M., McKenzie, N., Kramer, M., Kerhornou, A., Bolser, D., Kay, S., Waite, D., Trick, M., Bancroft, I., Gu, Y., Huo, N., Luo, M. C., Sehgal, S., Gill, B., Kianian, S., Anderson, O., Kersey, P., Dvorak, J., McCombie, W. R., Hall, A., Mayer, K. F. X., Edwards, K. J., Bevan, M. W., Hall, N. (2012). Analysis of the bread wheat genome using whole-genome shotgun sequencing. *Nature*, 2012, 705-710.
- Eldem, V., Okay, S., Unver, T. (2013). Plant microRNAs: new players in functional genomics. *Turkish Journal Agriculture and Forestry*, 37, 1-21.
- Erayman, M., İlhan, E., Eren, A. H., Güngör, H., Akgöl, B. (2016). Diversity analysis of genetic, agronomic, and quality characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars grown in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40, 83-94.
- Flavell, R. B., Smith, D. B. (1976). Nucleotide sequence organisation in the wheat genome. *Heredity: an International Journal of Genetics*, 37, 231-252.
- Frazier, T., Sun, G., Burklew, C., Zhang, B. (2011). Salt and Drought Stresses Induce the Aberrant Expression of microRNA Genes in Tobacco. *Molecular Biotechnology*, 49, 159-65.



- Hamada, A. M, Al-Hakimi, A. M. A. (2001). Salicylic acid versus salinity-drought- induced stres on wheat seedlings. *Rostlinna Vyroba*, 47, 444-450.
- Hwang, E. W., Shin, S. J., Park, S. C., Jeong, M. J., Kwon, H. B. (2011). Identification of miR172 family members and their putative targets responding to drought stress in *Solanum tuberosum*. *Genes and Genomics*, 33, 105-110.
- Inal, B., Turktas, M., Eren, H., Ilhan, E., Okay, S., Atak, M., Erayman, M., Unver, T. (2014). Genome-wide fungal stress responsive miRNA expression in wheat. *Planta*, 240, 1287-1298.
- Kantar, M., Unver, T., Budak, H. (2010). Regulation of Barley miRNAs Upon Dehydration Stres Correlated with Target Gene Expression. *Functional Integrative Genomics*, 10, 493-507.
- Liu, H. H., Tian, X., Li, Y. J., Wu, C. A., Zheng, C. C. (2008). Microarray-based analysis of stress-regulated microRNAs in *Arabidopsis thaliana*. *RNA*, 14, 836-43.
- Livak K. J., Schmittgen T. D. (2001). Analysis of relative gene expression data using real-time quantitative PCR and the 2- $\Delta\Delta$ CT method. *Methods*, 25, 402-408.
- Mehmood, Z., Ashiq, M., Noorka, I. R., Ali, A., Tabasum, S., Iqbal, M. S. (2014). Chemical Control of Monocot Weeds in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *American Journal of Plant Sciences*, 5, 1272-1276.
- Miyashita, K., Tanakamaru, S., Maitani, T., Kimura, K. (2005). Recovery Responses of Photosynthesis, Transpiration, and Stomatal Conductance in Kidney Bean Following Drought Stress. *Environmental and Experimental Botany*, 53, 205-214.
- Rahaie, M., Xue, G. P., Naghavi, M. R., Alizadeh, H., Schenk, P. M. (2010). A MYB gene from wheat (*Triticum aestivum* L.) is up-regulated during salt and drought stresses and differentially regulated between salt-tolerant and sensitive genotypes. *Plant Cell Reports*, 29, 835-844.
- Ramanjulu S., Yang-Fang, L., Guru, J. (2012). Funtions of microRNAs in plant stress responses. *Trends in Plant Science*, 4, 196-203.
- Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., Dixon, K. (2000). Acetyl salicylic acid (Aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation*, 30, 157-161.
- Sunkar, R., Li, Y. F., Jagadeeswaran, G. (2012). Functions of microRNAs in plant stress responses. *Trends in Plant Science*, 17, 196-203.
- Shi, Q., Bao, Z., Zhu, Z., Ying, Q., Qian, Q. (2006). Effects of different treatments of salicylic acid on heat tolerance, chlorophyll fluorescence and antioxidant enzyme activity in seedlings of *Cucumis sativa* L. *Plant Growth Regulation*, 48, 127-135.
- Shi, Q., Zhu, Z. (2008). Effects of exogenous salicylic acid on manganese toxicity, element contents and antioxidative system in cucumber. *Enviromental and Experimental Botany*, 63, 317-326.
- Snyman, M., Cronjé, M. J. (2008). Modulation of heat shock factors accompanies salicylic acid-mediated potentiation of Hsp70 in tomato seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 59, 2125-2132.
- Sunkar, R., Li, Y. F., Jagadeeswaran, G. (2012). Functions of microRNAs in plant stres responses. *Trends in Plant Science*, 17, 196-203.
- Xin, M. W. Y., Yao, Y., Song, N., Hu, Z., Qin, D., Xie, C., Peng, H., Ni, Z., Sun, Q. (2011). Identification and characterization of wheat long non-protein coding RNAs responsive to powdery mildew infection and heat stress by using microarray analysis and SBS sequencing. *BMC Plant Biology*, 11, 1-13.
- Yang, J., Zhang, N., Ma, C., Qu, Y., Si, H., Wang, D. (2013). Prediction and verification of microRNAs related to prolin accumulation under drought stress in potato. *Computational Biology and Chemistry*, 46, 48-54.
- Zhang, N., Yang, J., Wang, Z., Wen, Y., Wang, J., He, W., Liu, B., Si, H., Wang, D. (2014). Identification of Novel and Conserved MicroRNAs Related to Drought Stress in Potato by Deep Sequencing. *PLoS ONE*, 9, e95489.
- Zhou, M., Li, D., Li, Z., Hu, Q., Yang, C., Zhu, L., Luo, H. (2013). Constitutive expression of a miR319 gene alters plant development and enhances salt and drought tolerance in transgenic creeping bentgrass. *Plant Physiology*, 161, 1375-1391.
- Zhua, C., Dinga, Y. Liua, H. (2011). miR398 and Plant Stress Responses. *Physiologia Plantarum*, 143, 1-9.



# Diversity in Protein Characteristics of Some Wheat Varieties

Seda Yalçın<sup>1\*</sup>, Besim Maden<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Afyon Kocatepe University, Afyon Vocational School, Food Processing Department, Afyon, Turkey (ORCID: 0000-0001-9741-0919; 0000-0003-4973-1958 )

(First received 8 April 2020 and in final form 23 May 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.716839)

**ATIF/REFERENCE:** Yalçın, S. & Maden, B. (2020). Diversity in Protein Characteristics of Some Wheat Varieties. *European Journal of Science and Technology*, (19), 196-200.

## Abstract

The objective of this study is to evaluate protein characteristics of five wheat varieties. These varieties are Tosunbey (Turkey), Urfasert (Turkey), Esperia (Italy), Odeska (Ukraine) and imported wheat blend (Russia). Tosunbey, Urfasert, Esperia and Odeska were harvested in Turkey. Protein is an important component of wheat and influences the quality of wheat products. The hectoliter weight of wheat samples and gluten quality (gluten index, zeleny sedimentation, modified sedimentation) and rheological properties (extensograph) of flour samples were analyzed. Extensibility (mm), resistance to extension (BU) and maximum resistance (BU) values of samples were determined at 45, 90 and 135 min proving time. The results showed that the wheat samples were significantly different from each other in terms of hectoliter weight. Urfasert wheat flour had the lowest gluten index value, zeleny sedimentation value and modified sedimentation value in all samples. The other samples had statistically similar gluten index values. Zeleny sedimentation and modified sedimentation values of Russian wheat blend flour were significantly higher than those of the other samples. Russian wheat blend sample had also the highest resistance to extension and maximum resistance values at 45 min proving time. The extensibility value of Tosunbey wheat sample at all proving times was statistically similar to that of other wheat samples. The highest maximum resistance values at 90 and 135 min proving time were observed for Russian wheat blend sample. It was concluded that Russian wheat blend sample imported from Russia had high gluten quality, while Urfasert wheat sample harvested in Turkey had low gluten quality.

**Keywords:** Extensograph, sedimentation, gluten

## Bazı Buğday Çeşitlerinin Protein Karakterizasyonundaki Farklılık

### Öz

Bu çalışmanın amacı, beş buğday çeşidinin protein karakterini değerlendirmektir. Bu çeşitler Tosunbey (Türkiye), Urfasert (Türkiye), Esperia (İtalya), Odeska (Ukrayna) ve ithal buğday karışımıdır (Rusya). Tosunbey, Urfasert, Esperia ve Odeska, Türkiye’de hasat edilmiştir. Protein, buğdayın önemli bir bileşenidir ve buğday ürünlerinin kalitesini etkilemektedir. Buğday örneklerinin hektolitreye ağırlığı ve gluten kalitesi (gluten indeksi, Zeleny sedimentasyon, modifiye sedimentasyon ve un örneklerinin reolojik özellikleri (ekstensograf) analiz edilmiştir. Örneklerin ekstensibilite (mm), uzamaya karşı direnç (BU) ve maksimum direnç (BU) değerleri, 45, 90 ve 135 dakika bekleme sürelerinde değerlendirilmiştir. Sonuçlar bütün buğday örneklerinin hektolitreye ağırlığı cinsinden istatistiksel olarak farklı olduğunu göstermiştir. Urfasert buğday unu tüm örneklerde en düşük gluten indeksi değeri, Zeleny sedimentasyon değeri ve modifiye sedimentasyon değerine sahiptir. Rusya buğday karışımının Zeleny sedimentasyon ve modifiye sedimentasyon değerleri, diğer buğdayların aynı değerlerinden istatistiksel olarak yüksek bulunmuştur. Rusya buğday karışımı örneği 45. Dakika beklemede en yüksek uzamaya karşı direnç ve maksimum direnç değerine sahiptir. Tosunbey buğday örneğinin, bütün sürelerdeki ekstensibilite değeri, diğer buğday örneklerinin aynı değerlerine istatistiksel olarak benzer bulunmuştur. 90 dk ve 135. dakika en yüksek maksimum direnç değerini, Rusya buğday karışımı vermiştir. Sonuçlara bakıldığında, Rusya buğday karışımı yüksek gluten kalitesine sahipken, Urfasert buğday örneği düşük gluten kalitesine sahip olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ekstensograf, sedimentasyon, gluten

\* Corresponding Author: Afyon Kocatepe University, Afyon Vocational School, Food Processing Department, Afyon, Turkey, ORCID: 0000-0001-9741-0919, [svalcin@aku.edu.tr](mailto:svalcin@aku.edu.tr)

## **1. Introduction**

Protein is an important component of wheat and affects the quality of wheat products. The ratio of gliadin and glutenin proteins in wheat influences dough properties. More varied dough properties were obtained with increasing of high molecular weight (HMW) glutenin subunit number in flour and provide to improve of bread making properties (Sissons, 2008).

Katyal et al. (2016) studied the flour and protein characteristics of Indian wheat varieties. It was reported that ash and protein contents of flours milled from various wheat samples ranged from 0.31% to 0.50% and from 8.89 % to 12.77 %, respectively. L\*, a\* and b\* color values of wheat varieties ranged from 92.12 to 94.58, from 0.11 to 0.40 and from 7.77 to 11.55, respectively. It was also reported that sedimentation values of samples ranged from 27.8 to 51 mL Ktenioudaki et al. (2010) investigated rheological properties of eight wheat samples from various geographical regions. These varieties were Hereward (UK), Raffles (Ireland), Tzeneroso (Greece), Cordrale (Ireland), Malacca (UK), Tzemele (Greece), Caphorn (France) and Canadian blend (mix of at least three wheat samples). Control flour was grist of several Irish wheat varieties. It was reported that protein content of wheat samples ranged from 8.2 % to 13.4 % and Canadian blend had the highest protein content, whereas Irish wheat samples and Greek wheat samples had the lowest protein content. Although two Irish wheat varieties and two Greek wheat samples had similar protein content differences was observed in uniaxial extension. Irish wheat samples had high maximum resistance to extension and low extensibility, while Greek wheat samples had low maximum resistance to extension and high extensibility. Aalami et al. (2007) investigated the physical properties of six Indian durum wheat and physicochemical and rheological properties of semolina samples and reported that hardness of these wheat varieties was high and relationships between semolina characteristics (total protein, scanning electron mixographs, farinographs) were strong. Kibar (2015) evaluated the effect of storage conditions (180 days) on the properties of wheat samples (cv. Bezostaja and Lancer). It was reported that zeleny sedimentation value and dry gluten content increased when stored until two months and then decreased, while falling number increased with increasing of storage period. Karaman and Sağdıç (2018) investigated the effects of phytase active lactic acid bacteria and yeast isolates on dough rheology of whole wheat bread and reported that dough rheology changed significantly according to the culture combination. Alkay et al. (2020) reported that sourdoughs provide better rheology compared to products obtained using commercial yeast. Mustafa and Dizlek (2020) reported that hectoliter weight, zeleny sedimentation and modified sedimentation values of Adana-99 were 83.1 kg, 38 mL and 31 mL while those of wheat imported from Russia were 82.7, 32 mL and 20 mL, respectively.

The aim of this study is to evaluate the differences in protein characteristics of flours milled from some wheat samples.

## **2. Material and Method**

### **2.1. Materials**

Five wheat varieties, harvested between the years of 2014 and 2015, were obtained from Tınaztepe Flour Factory (Afyon, Turkey). These samples are Tosunbey, Urfasert, Esperia, Odeska and Russian blend. Wheat varieties were milled and sifted to under 1 mm.

### **2.2. Hectoliter weight of grains**

Hectoliter weight of wheat varieties was determined according to the AACC method 55-31 (AACC, 2000).

### **2.3. Protein content**

Protein content (Nx5.70, dry weight) of the flours milled from different wheat varieties was determined according to AACC 46-10 method (AACC, 2000).

### **2.4. Gluten index value**

Gluten index value of the flours milled from different wheat samples was analyzed according to AACC 38-10 method (AACC, 2000). Gluten index value determines gluten characteristics in terms of weak or strong.

### **2.5. Sedimentation value**

Zeleny sedimentation and modified sedimentation values of the flours milled from different wheat samples were determined according to the ICC method no 116/1 (ICC, 1994).

### **2.6. Extensograph properties**

The extensibility, the maximum resistance to extension and maximum resistance values of the samples were determined according to ICC method no 114/1 (ICC, 1992) by using Brabender Extensograph (Type 860000, Brabender OHG, Duisburg, Germany). A piece of dough was moulded on the balling unit of the Extensograph and shaped into a standard cylindrical shape. The test piece was allowed to rest for 45 min, 90 min and 135 min in the Extensograph rest cabinet. After the resting period, a look stretched the dough until rupture occurred.

### **2.7. Statistical analysis**

Analysis of variance was used to test the data and the difference among the means were compared using Duncan test.

### 3. Results and Discussion

#### 3.1. Grain characteristics

Hectoliter weight of the five wheat varieties is given in Table 1. Hectoliter weight of the five wheat varieties ranged from 75.20 kg/hl to 80.90 kg/hl (Table 1). Hectoliter weight is an indicator of wheat quality and flour yield (Gooding and Davies, 1997, Posner and Hibbs, 2005; Manley et al., 2009). Urfasert wheat sample has the highest hectoliter weight, while Russian wheat blend sample showed the lowest hectoliter weight in all samples. All wheat samples had hectoliter weight values above the reference used in the synthetic index of quality (75.00 kg/ hl). The hectoliter weight value of Tosunbey wheat sample was not statistically different from that of Urfasert wheat sample and Odeska wheat sample. The hectoliter weight of Russian wheat blend sample was not statistically different from that of Esperia wheat sample and Odeska wheat sample. These values are similar to the results of the study reported by Migliorini et al. (2016). Average hectoliter weight of wheat samples cultivated in Italy was found as 74.2 kg/hl (Migliorini et al., 2016).

**Table 1.** Hectoliter weight values of the five wheat varieties

Samples	Hectoliter weight (kg/hL)
Tosunbey	79.70 ab
Urfasert	80.90 a
Esperia	75.20 d
Odeska	77.75 bc
Russian	77.00 cd

Mean values in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

#### 3.2. Protein content

Protein content of flours milled from five wheat samples ranged from 10.8 % to 12.2% (dw).

#### 3.3. Gluten index value of flour samples

Gluten index value of flours milled from five wheat samples is given in Table 2. Gluten index value of samples ranged from 75.5 to 98.0 (Table 2). Flours of Tosunbey, Esperia, Odeska wheat sample and Russian wheat blend sample showed significantly higher gluten index values than that of Urfasert wheat sample. There was no significant difference among the gluten index values of Tosunbey, Esperia, Odeska wheat samples and Russian wheat blend sample. Gluten index is an indicator of the polydisperse polymer quantity in developed gluten (Edwards et al., 2007). Optimum gluten index value is 65-80. Gluten index value more than 80 expresses strong gluten (Migliorini et al., 2016). The wheat samples except Urfasert wheat sample had strong gluten, while Urfasert wheat sample had optimum gluten index value. According to Migliorini et al. (2016), gluten index is correlated with the strength and elasticity of gluten protein. Migliorini et al. (2016) reported that wheat samples, which were cultivated in Italy, had gluten index values of 57-80.3 and affected by the year (the gluten index values of the wheat varieties of 2012 was higher than those of 2011).

#### 3.4. Sedimentation values of flour samples

Zeleny sedimentation values and modified sedimentation values of flours milled from five wheat samples are given in Table 2. Zeleny sedimentation value of flours milled from different wheat samples ranged from 21.0 to 50.5 ml, while modified sedimentation values of flours milled from different wheat samples ranged from 23.0 to 64.0 ml (Table 2). These values are similar to results of the study reported by Kaur et al. (2013). It was reported that flours milled from different Indian wheat varieties had zeleny sedimentation values between 36 and 56 ml. Katyal et al. (2016) demonstrated that there was a strong positive relation between protein content and sedimentation value ( $R=0.739$ ). Urfasert wheat sample showed the lowest zeleny sedimentation value, whereas Russian wheat blend sample showed the highest zeleny sedimentation value. The zeleny sedimentation value of Tosunbey wheat sample was not statistically different from that of Esperia wheat sample and that of Odeska wheat sample. The highest modified sedimentation value was obtained by Russian wheat blend sample, while the lowest modified sedimentation value was obtained by Urfasert wheat sample. The modified sedimentation value of Esperia wheat sample was not statistically different from that of Tosunbey wheat sample and Odeska wheat sample.

**Table 2.** Quality characteristics of the flours milled from the five wheat varieties

Samples	Gluten index	Zeleny sedimentation (mL)	Modified sedimentation (mL)
Tosunbey	95.0 a	31.5 b	32.0 c
Urfasert	75.5 b	21.0 c	23.0 d
Esperia	98.0 a	36.0 b	39.0 bc
Odeska	97.0 a	37.0 b	42.0 b
Russian	98.0 a	50.5 a	64.0 a

Mean values in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

#### 3.5. Extensograph properties

The results of the extensograph analyses are given in Table 3, 4 and 5. The rheological properties of wheat dough are considered of great importance in determining the baking quality of wheat flours. Russian wheat blend sample had the highest resistance to

extension, maximum resistance and also the highest extensibility, while Urfasert wheat sample had the lowest extensibility at 45 min proving time (Table 3). The resistance to extension of Esperia wheat sample was not statistically different from that of other wheat samples (Table 3). The extensibility of Tosunbey wheat sample was not statistically different from that of other wheat samples (Table 3). According to the results in Table 4 and Table 5, resistance to extension and extensibility of samples were not statistically different from each other at 90 min or 135 min proving time. The maximum resistance of Russian wheat blend sample was the highest at 90 min or 135 min proving time (Table 4 and Table 5). Ktenoudaki et al. (2010) reported that two Irish wheat varieties had high maximum resistance to extension and low extensibility, while two Greek wheat varieties had low maximum resistance to extension and high extensibility. Canadian blend had the highest maximum resistance to extension and the highest extensibility. Gupta et al. (1993) reported that HMW glutenin subunits affect maximum resistance, while the extensibility is affected by HMW glutenin subunits and also LMW glutenin subunits.

**Table 3** Extensograph properties of the flours milled from the five wheat varieties (Proving time: 45 min)

Samples	Resistance to extension (BU)	Extensibility (mm)	Maximum resistance (BU)
Tosunbey	348.5 b	130.0 ab	425.0 b
Urfasert	353.5 b	119.5 b	373.5 b
Esperia	437.0 ab	139.5 a	558.0 b
Odeska	380.0 b	130.0 ab	457.0 b
Russian	549.5 a	143.0 a	780.5 a

Mean values in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 4.** Extensograph properties of the flours milled from the five wheat varieties (Proving time: 90 min)

Samples	Resistance to extension (BU)	Extensibility (mm)	Maximum resistance (BU)
Tosunbey	485.0 a	114.5 a	543.0 b
Urfasert	466.0 a	117.5 a	484.5 b
Esperia	544.5 a	132.0 a	684.5 ab
Odeska	516.5 a	121.5 a	608.5 b
Russian	794.0 a	121.5 a	1046.5 a

Mean values in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

**Table 5.** Extensograph properties of the flours milled from the five wheat varieties (Proving time: 135 min)

Samples	Resistance to extension (BU)	Extensibility (mm)	Maximum resistance (BU)
Tosunbey	484.5 a	109.5 a	532.5 b
Urfasert	470.5 a	112.5 a	485.0 b
Esperia	561.5 a	121.0 a	666.5 ab
Odeska	561.0 a	112.5 a	638.0 ab
Russian	777.5 a	119.5 a	989.0 a

Mean values in the same column are significantly different ( $p < 0.05$ ).

## 4. Conclusions and Recommendations

Protein quality characteristics of different wheat varieties were evaluated in this study. Hectoliter weight of grains, gluten index value, zeleny sedimentation value, modified sedimentation value and extensograph properties (resistance to extension, extensibility and maximum resistance at 45 min, 90 min and 135 min proving time) of flours milled from five wheat varieties (Tosunbey, Urfasert, Esperia, Odeska, Russian blend) were analyzed. The highest hectoliter weight value was obtained by Urfasert wheat variety in all wheat varieties. Urfasert wheat variety had significantly lowest gluten index value, zeleny sedimentation value and extensibility in all wheat samples. Russian wheat blend sample had significantly highest zeleny sedimentation value and resistance to extension. Ranging from the weaker to stronger type, the four quality are defined as wheat for biscuits, ordinary bread making wheat, superior bread making wheat and improved wheat (Borasio, 1997). This classification is suitable for industrial processing which require grains with a high gluten content and high dough strength in order to obtain standardized loaves. Results of this study indicated that Russian wheat blend sample had high gluten quality, whereas Urfasert wheat sample had low gluten quality. This study gives important knowledge about wheat quality for flour factories.

## 4. Acknowledge

We thank Tinaztepe Flour Factory (Afyon, Turkey) for providing wheat samples.



## References

- AACC International, 2000. Approved Methods of the American Association of Cereal Chemists, tenth ed. American Association of Cereal Chemistry, St. Paul.
- ALKAY, Z., KILMANOĞLU, H., & DURAK, M. Z. Prevention of Sourdough Bread Mould Spoilage by antifungal Lactic Acid Bacteria Fermentation. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 379-388.
- Aalami, M., Rao, U. P., & Leelavathi, K. (2007). Physicochemical and biochemical characteristics of Indian durum wheat varieties: Relationship to semolina milling and spaghetti making quality. *Food Chemistry*, 102(4), 993-1005.
- Borasio, E. (1997). Classificazione merceologica del frumento con indici di qualità. *Agricoltura*, 9, 59-61.
- Edwards, N. M., Gianibelli, M. C., McCaig, T. N., Clarke, J. M., Ames, N.
- P., Larroque, O. R., & Dexter, J. E. (2007). Relationships between dough strength, polymeric protein quantity and composition for diverse durum wheat genotypes. *Journal of Cereal Science*, 45(2), 140-149.
- Gooding, M. J., & Davies, W. P. (1997). Wheat production and utilization: systems, quality and the environment. *CAB international*.
- Gupta, R. B., Khan, K., & Macritchie, F. (1993). Biochemical basis of flour properties in bread wheats. I. Effects of variation in the quantity and size distribution of polymeric protein. *Journal of Cereal Science*, 18(1), 23-41.
- ICC, (1992). International Association for Cereal Science and Technology. Standard method number 114/1.
- ICC, 1994. International Association for Cereal Science and Technology. Standard method number 116/1.
- Karaman, K., & Sağdıç, O. (2018). Fitaz aktif bazı laktik asit bakterileri ve maya izolatlarının tam buğday ekmeğinde hamur reolojisi üzerine etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (14), 1-9.
- Katyal, M., Viridi, A. S., Kaur, A., Singh, N., Kaur, S., Ahlawat, A. K., & Singh, A. M. (2016). Diversity in quality traits amongst Indian wheat varieties I: flour and protein characteristics. *Food chemistry*, 194, 337-344.
- Kaur, A., Singh, N., Ahlawat, A. K., Kaur, S., Singh, A. M., Chauhan, H., & Singh, G. P. (2013). Diversity in grain, flour, dough and gluten properties amongst Indian wheat cultivars varying in high molecular weight subunits (HMW-GS). *Food research international*, 53(1), 63-72.
- Kibar, H. (2015). Influence of storage conditions on the quality properties of wheat varieties. *Journal of Stored Products Research*, 62, 8-15.
- Ktenioudaki, A., Butler, F., & Gallagher, E. (2010). Rheological properties and baking quality of wheat varieties from various geographical regions. *Journal of Cereal Science*, 51(3), 402-408.
- Manley, M., Engelbrecht, M. L., Williams, P. C., & Kidd, M. (2009). Assessment of variance in the measurement of hectolitre mass of wheat, using equipment from different grain producing and exporting countries. *Biosystems engineering*, 103(2), 176-186.
- Migliorini, P., Spagnolo, S., Torri, L., Arnoulet, M., Lazzerini, G., & Ceccarelli, S. (2016). Agronomic and quality characteristics of old, modern and mixture wheat varieties and landraces for organic bread chain in diverse environments of northern Italy. *European journal of agronomy*, 79, 131-141.
- Posner, E. S., & Hibbs, A. N. (2005). Wheat Flour Milling, 2nd. Ed. AACC, St. Paul, Minnesota, USA P, 489.
- Mustafa, K. U. R. T., & Dizlek, H. (2020). Ekmeklik Buğdaylara (*Triticum aestivum* L.) İki Aşamalı Uygulanan Tavlama İşleminin Unun Ekmeklik Özelliklerine Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 445-453.
- Sissons, M. (2008). Role of durum wheat composition on the quality of pasta and bread. *Food*, 2(2), 75-90.



# Plazma Ark Kaynağıyla Birleştirilen AISI 410S Ferritik Paslanmaz Çeliğin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Isıl İşlemin Etkisi

Ceyhun Köse<sup>1\*</sup>, Ceyhun Topal<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tokat, and Türkiye (ORCID: 0000-0002-3907-2226)

<sup>2</sup> Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Bölümü, Tokat, and Türkiye (ORCID: 0000-0001-8820-9316)

(İlk Geliş Tarihi 10 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.717786)

**ATIF/REFERENCE:** Köse, C. & Topal, C. (2020). Plazma Ark Kaynağıyla Birleştirilen AISI 410S Ferritik Paslanmaz Çeliğin Mikroyapı ve Mekanik Özelliklerine Isıl İşlemin Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 201-212.

## Öz

Bu çalışmada, AISI 410S ferritik paslanmaz çelik saclar farklı kaynak parametreleri kullanılarak plazma ark kaynak yöntemi ile birleştirilmiştir. Plazma ark kaynaklı birleştirmelere kaynak sonrası ısıtım işlemi uygulanmıştır. Isıtım işlemli ve ısıtım işlemli olmayan birleştirmelerin mekanik özellikleri ve mikroyapısı incelenmiştir. Çalışma sonucunda, artan ısı girdisine bağlı olarak tane yapısının irileşmesi nedeniyle kaynaklı birleştirmelerin çekme dayanımı ve sertliğinde azalma meydana gelmiştir. Ayrıca ısıtım işlemi uygulanan kaynaklı birleştirmelerin sertlik ve çekme dayanımı ısıtım işlemli olmayan birleştirmelere göre daha düşük bulunurken, sünekliğin arttığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Plazma ark kaynağı, Ferritik paslanmaz çelik, Mikroyapı, Mekanik özellikler, Isıl işlem.

## Influence of Heat Treatment on Microstructure and Mechanical Properties of Plasma Arc Welded AISI 410S Ferritic Stainless Steel

### Abstract

In this study, AISI 410S ferritic stainless steel sheets were joined with plasma arc welding method by using different welding parameters. Heat treatment was applied to plasma welded joints. This study investigated mechanical properties and microstructure of heat treated and non heat treated plasma welded joints. The study revealed that, there have been decreases in tensile strength and hardness of welded joints because of grain coarsening caused by increasing heat input. Hardness and tensile strength of heat treated welded joints were lower and ductility was increasing compared to the ones of non heat treated welded joints.

**Keywords:** Plasma arc welding, Ferritic stainless steel, Microstructure, Mechanical properties, Heat treatment.

\* Sorumlu Yazar: Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3907-2226), [ceyhun.kose@gop.edu.tr](mailto:ceyhun.kose@gop.edu.tr)

## 1. Giriş

Ferritik paslanmaz çeliklerin mikroyapıları baskın bir şekilde ferrit fazından oluştuğu için paslanmaz çelik grupları içerisinde bu çelikler ferritik paslanmaz çelik olarak adlandırılmaktadırlar [1]. Ferritik paslanmaz çeliklerin, gerilmeli korozyon çatlağı, aralık korozyon ve çukurcuk korozyon dirençleri oldukça iyidir. Nikelsiz türlerinin östenitik paslanmaz çeliklere kıyasla fiyatı uygundur ve bu çeliklere iyi bir alternatif malzeme grubudur [1-4]. Mekanik özelliklerinden (dayanım, tokluk ve süneklik) ziyade iyi korozyon özellikleri nedeniyle pek çok endüstride kullanım alanı bulmaktadır. Düşük kromlu (%10,5-12,5 Cr) ferritik paslanmaz çelikler özellikle otomotiv egzoz sistemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ferritik paslanmaz çeliklerin ITAB (Isı Tesiri Altındaki Bölge) ve kaynak metalinde temel tane yapısı olarak ferrit fazının yanında, bazı koşullarda martenzit, karbür ve nitür gibi ikincil faz oluşumları da meydana gelebilmektedir [1,4]. Ferritik paslanmaz çeliklerin kaynağında ITAB, kaynak metalinde ergiyik metalin katılması sürecinde doğrudan ferrit oluşması ve bunun yanında tane irileşmesinin yaşanması bu çeliklerin kullanım alanlarını kısıtlamaktadır [1,2]. Ferritik paslanmaz çeliklerin ince taneli bir kaynak mikroyapısından oluşabilmesi için düşük ısı girdisi elde edilebilen kaynak teknikleri önerilmektedir [1,4]. Ergitmeli kaynak teknikleri arasında düşük ısı girdisine bağlı hızlı katılma oluşturan lazer kaynağı, TIG (Tungsten Inert Gas) kaynağı, Lazer-TIG hibrit kaynağı ve plazma transfer ark kaynak yöntemleri sayılabilmektedir [4,5].

Geleneksel ark kaynak teknikleriyle kıyaslandığında yüksek enerji yoğunluğu ve çabuk katılma meydana getirmesi sebebiyle plazma ark kaynağı ile birleştirilen ferritik paslanmaz çeliklerin ergime bölgesinde tane irileşmesi önlenir [4]. Plazma ark kaynağı, çok yüksek bir sıcaklığa ısıtılarak iyonize olmuş ve elektrik iletkenliği kazanmış plazma gazı sayesinde, elektrik arkının tungsten elektrodun ucundan malzemeye transfer edildiği ve böylelikle arkın oluşturulduğu bir kaynak tekniğidir [4]. Arkın oluşturduğu ısı enerjisi malzemeyi eritmektedir. Plazma ark kaynağı, düşük ısı girdisi ve yüksek soğuma oranına sahiptir. Ayrıca yüksek yoğunlaşma enerjisi, yüksek kaynak hızı, dar kaynak bölgesi, derin nüfuziyet, otomasyona uygunluk, yüksek mekanik dayanım, düşük distorsiyon ve ilave tel kullanmadan kaynak yapabilmek imkanı sağlamaktadır [3-10].

Ferritik paslanmaz çeliklerin kaynağında karşılaşılan diğer sorun da ITAB ve kaynak metalinde oluşum gösteren sigma fazıdır. Sigma fazı tokluk ve süneklilikte azalmaya sebebiyet vermektedir [1,4,11]. Kaynaklı birleştirmelerin mekanik özelliklerini iyileştirme tekniklerinden birisi kaynak sonrası ısı işlemler olarak gösterilmektedir [1,4]. Ferritik paslanmaz çelik birleştirmelere gerçekleştirilen ısı işlemler ile tokluğun, sünekliliğin ve korozyon dayanımlarının arttığı vurgulanmaktadır [1]. Kaynak sonrası ısı işleminin 750-800°C sıcaklık aralığında gerçekleştirilmesi kalıntı gerilmeleri azaltmakla birlikte mikroyapıyı önemli derece etkilememekte yalnızca martenzit temperlenmektedir [1,12]. Ayrıca bu ısı işlem sıcaklık aralığı östenitin yeniden oluşması için gerekli olan sıcaklığın altında bir sıcaklıktır [1,13]. Fakat bu sıcaklıkta tutma süresi arttıkça bazı mikroyapısal dönüşümlerin oluşabileceği gözardı edilmemelidir. Ferritik paslanmaz çeliklerin kaynağında bazı sorunlarla karşılaşabilmektedir. Kaynak işlemi sırasında özellikle ITAB'da oluşum gösteren ve toklukta önemli bir azalmaya sebep olan tane irileşmesi ve gevrek çatlak sorunu en önemli problemlerdendir.

Bu çalışmada, plazma kaynak prosesi iki farklı kaynak gücü ve sabit kaynak hızıyla gerçekleştirilerek ısı girdisi şartlarının ferritik paslanmaz çelik birleştirmelerin mekanik ve mikroyapı özelliklerine etkisi incelenmiştir. Ayrıca birleştirmelere kaynak sonrası ısı işlem uygulanmış ve ısı işleminin mekanik özelliklere ve mikroyapıya etkisi araştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Malzeme ve Kaynak İşlemi

Bu çalışmada, AISI 410S ferritik paslanmaz çelik sac levhalar deneylerde kullanılmıştır. Bu levhalar 90×180×0.6 mm ebatlarında lazer kesim tezgahında kesilmiştir. AISI 410S ferritik paslanmaz çeliğin kimyasal kompozisyonu spektral analiz ile belirlenmiş ve Tablo 1'de verilmiştir.

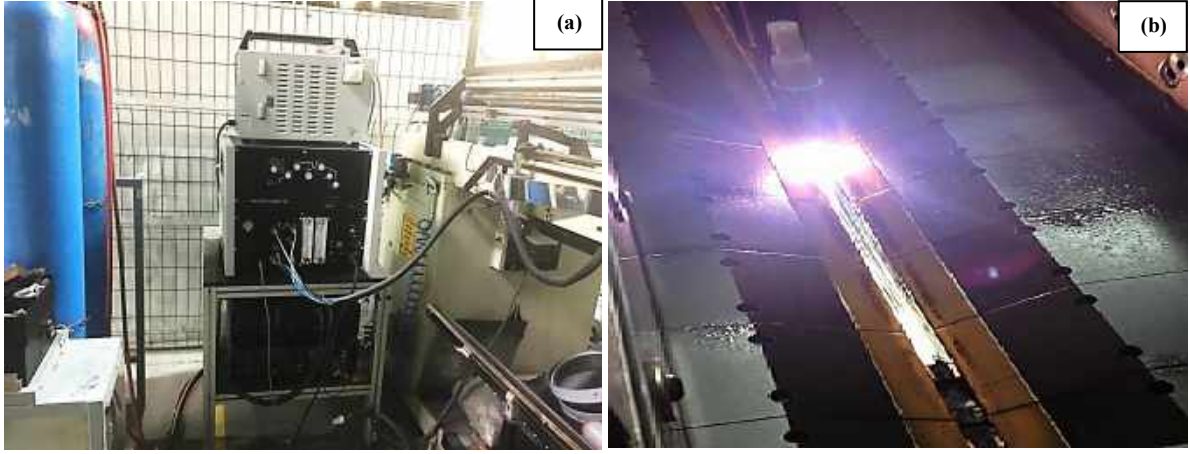
Tablo 1. AISI 410S ferritik paslanmaz çeliğin kimyasal kompozisyonu (% ağırlık).

%C	Si	Mn	P	S	Ni	Ti	Cr	Fe
0,047	0,374	0,414	0,020	0,015	<0,0001	0,060	14,065	Kalan

Ferritik paslanmaz çelik levhalar Tablo 2'de verilen parametreler kullanılarak, 50 A akıma sahip EWM marka Inverter Microplasma 50 plazma ark kaynak makinesi yardımıyla, yatay pozisyonda ve ilave metal kullanılmadan birleştirilmiştir (Şekil 1). Kaynak sonrası plazma kaynaklı numunelere fırında 770 °C'de 60 dakika ısı işlem yapılmıştır ve numuneler fırından çıkarılarak soğumaya bırakılmıştır.

Tablo 2. Plazma ark kaynak parametreleri.

Numune	Plazma ark gücü (A)	Kaynak hızı (mm/s)	Koruyucu gaz / plazma ve destek gazı	Gaz debisi (lt/dk)	Isı girdisi (kJ/mm)
B1	20	1	Argohid-5 / Saf Argon	20	0.48
B2	22	1	Argohid-5 / Saf Argon	20	0.52



Şekil 1. (a) Plazma ark kaynak makinesi, (b) kaynak işlemi.

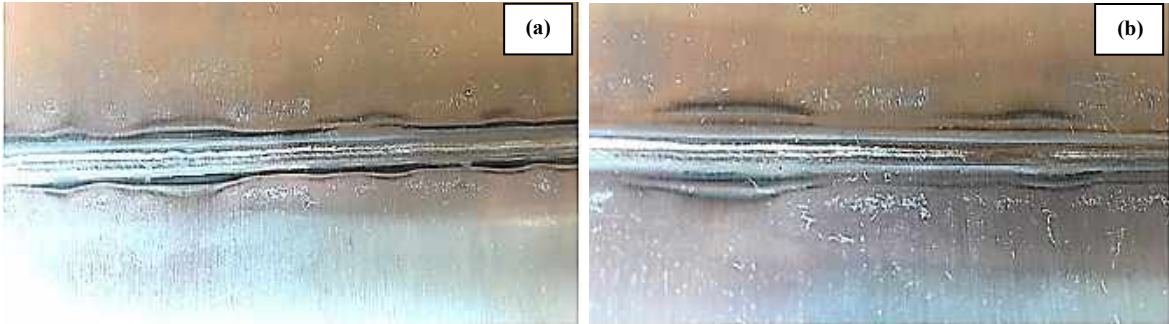
## 2.2. Mikroyapı ve Mekanik Özellikler

Lazer kesimle elde edilen deney numunelerinin mikroyapı incelemeleri için Kalling No.2 çözeltisinde 20 saniye süreyle dağlama uygulanmıştır. Mikroyapı incelemeleri NIKON marka optik mikroskop, JEOL JSM 6060 LV marka taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve Enerji Dağılım Spektrometresi (EDS) donanımıyla gerçekleştirilmiştir. Makroyapı incelemeleri ise NIKON SMZ25 marka optik stereoskop ile belirlenmiştir. X-Işını Difraksiyonu (XRD) analizi RIGAKU Smart Lab cihazı ile elde edilmiştir. Çekme testi için her bir parametreden üçer adet numune hazırlanmış ve çekme testi INSTRON marka çekme testi cihazıyla 10 mm/dk. çekme hızında gerçekleştirilmiştir. Kaynaklı birleştirmelerin ana malzeme, ITAB ve kaynak metali sertlik ölçümü ise, WILSON Hardness 402MVD marka Vickers sertlik ölçüm cihazı ile belirlenmiştir.

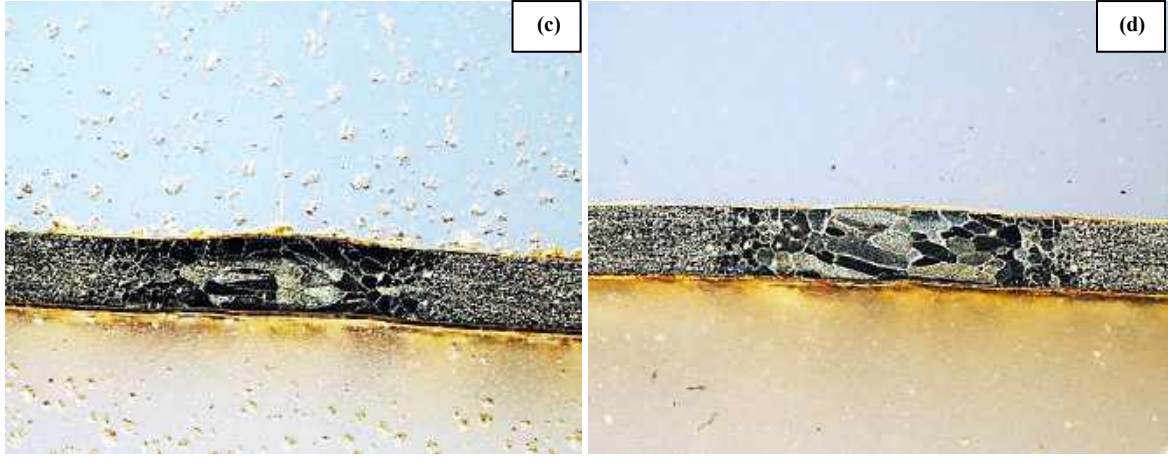
## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Makroyapı İncelemeleri

Plazma kaynağı yüksek enerji yoğunluğu ve düşük ısı girdisine sahip bir proses olması nedeniyle, kaynak dikişlerinde katılma çok hızlı bir şekilde gerçekleşmekte ve yüksek nüfuziyet/genişlik oranları meydana gelmektedir. Kaynak havuzundaki ısı ve sıvı akışı, sıcaklık değişimleriyle önemli oranda etkilenmekte ve kaynak havuzundaki sıvı akışı ve taşınımı ısı transferi sonucunda ergime bölgesinin son şekli ve nüfuziyet oranı elde edilmektedir [4]. Farklı kaynak gücüne bağlı olarak değişiklik gösteren kaynak dikiş boyutları Şekil 2'de gösterilmiştir. Artan plazma kaynak gücüne bağlı olarak artan ısı girdisinden dolayı kaynak dikişinin genişlediği gözlenmiştir.



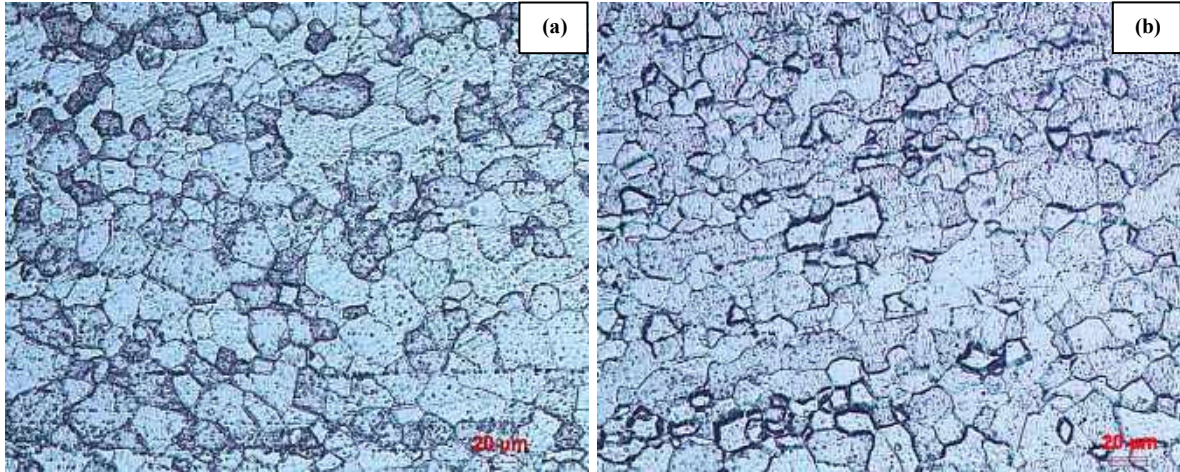




Şekil 2. B1 ve B2 numunelerinin makro görüntüsü ve kaynak dikiş profili, (a) B1 numunesinin makro görüntüsü, (b) B2 numunesinin makro görüntüsü, (c) B1 numunesinin kaynak dikiş profili, (d) B2 numunesinin kaynak dikiş profili.

### 3.2. Mikroyapı İncelemeleri

Ana malzeme mikroyapı görüntüleri incelendiğinde baskın bir şekilde eş eksenli ferrit tanelerinden meydana geldiği gözlenmektedir (Şekil 3).



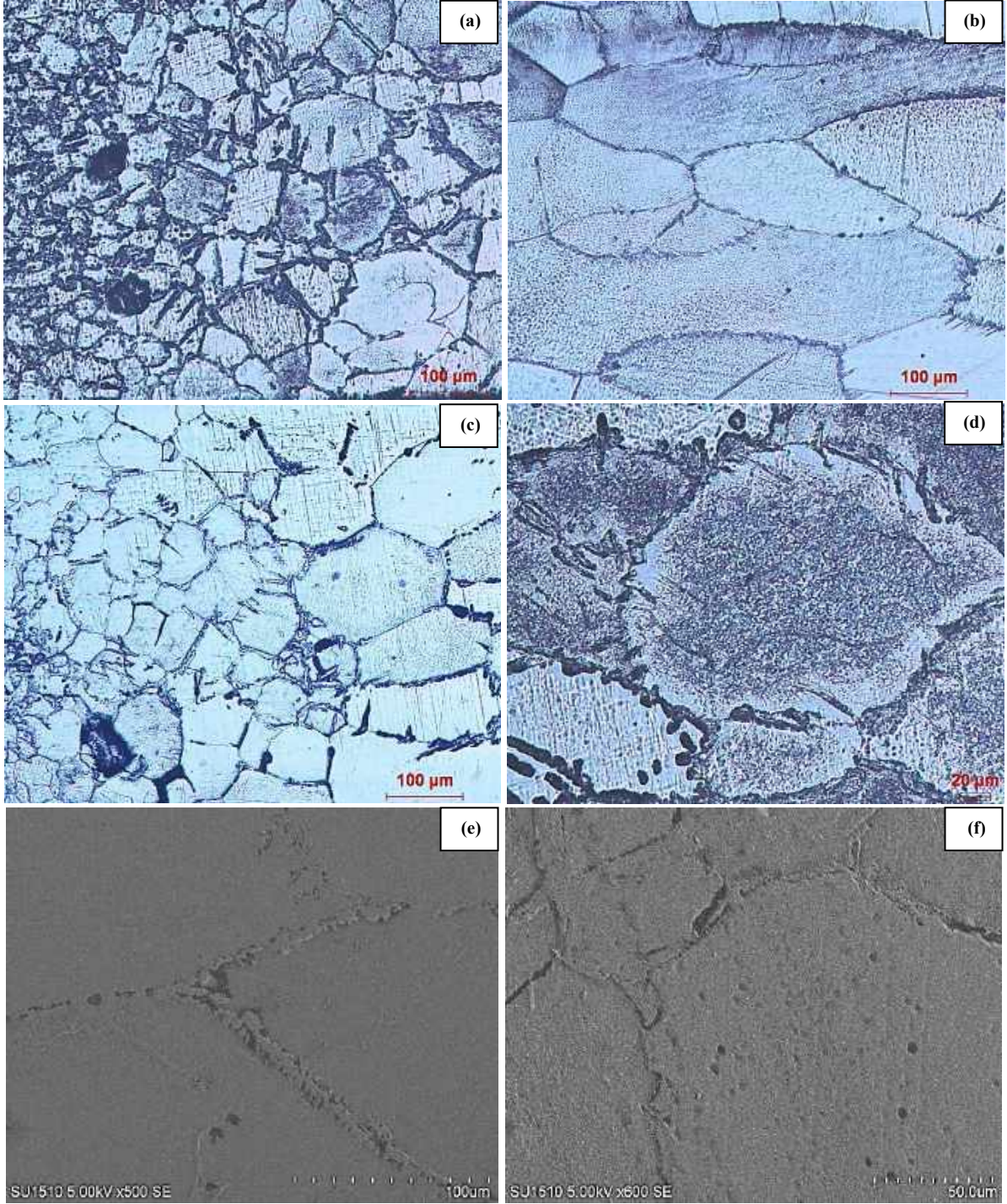
Şekil 3. AISI 410S ferritik paslanmaz çeliğin mikroyapısı; (a) ısı işlemlenmiş, (b) ısı işlemlenmemiş ana malzeme görüntüsü.

Farklı ısı girdisi ile birleştirilen numunelerin ITAB'ında belirgin olarak tane büyümesinin gerçekleştiği ve tane büyüklüğünün kaynak metali tane yapısından daha iri olduğu görülmektedir (Şekil 4). Kaynak metalinin ise kısmen sütunsal ve eşeksenli ferrit tanelerinden oluştuğu gözlenmiştir. Ferritik paslanmaz çeliğin kaynak mikroyapısı çoğunlukla birincil ferrit şeklinde oluşmaktadır [1]. Kaynak metalinin tamamı ferrit veya ferrit ve martenzit tanelerinden oluşmaktadır. Martenzit, ferrit tane sınırlarında tane sınırı martenziti şeklinde yerleşmektedir [1,14]. Düşük kaynak gücü yani düşük ısı girdisiyle birleştirilen B1 numunesinin (0,48 kJ/mm) mikroyapısı yüksek ısı girdisiyle birleştirilen B2 numunesinin (0,52 kJ/mm) mikroyapısına göre daha küçük ferrit tanelerinden meydana gelmiştir (Şekil 4). B1 numunesinin kaynak bölgesinde hızlı soğuma gerçekleşmesi sebebiyle ince taneli bir mikroyapı elde edilmiştir. Kaynak termal döngüsünün ilk safhalarında, ikili faz ( $\alpha + \gamma$ ) soğutulduklarında ITAB'da östenit çekirdeklenmesinin engellenebildiği ve tamamen ferritik mikroyapı modu elde edilebileceği ifade edilmektedir [4].

B1 numunesinin ITAB'ında ana malzemeye kıyasla küçük bir oranda tane büyümesinin oluştuğu, bu tane büyümesinin sınırlı olduğu, kaynak metalinin ise ITAB'a göre daha homojen ve ince ferrit tanesinden meydana gelmiştir. Ayrıca, tane sınırlarında küçük oranlara sahip martenzit gözlenmiştir. B2 numunesinin mikroyapısı incelendiğinde ise düşük katılma oranına bağlı olarak, ITAB'ın daha iri tanelerden oluştuğu, kaynak metalinin ise sütunsal bir tane morfolojisinden meydana geldiği görülmüştür. İri tane yapısından meydana gelen kaynaklı birleştirmelerde zayıf mekanik özellikler elde edilmektedir. Isı girdilerindeki farklılık sebebiyle, özellikle de yüksek ısı girdisiyle birleştirilen numunede sütunsal ferrit ve tane sınırı martenzitin hacim oranları değişmiş ve hacimlerinin belirgin olarak artmıştır. Ferritik paslanmaz çeliğin kaynak metalinin katılma hızı önemli bir yer tutmaktadır. Hızlı katılma durumunda martenzit tane yapısı meydana gelmektedir [15]. Ferritik paslanmaz çeliklerin kaynaklı birleştirmelerinde artan ısı girdisine, artan ısı işlem sıcaklığına ve bu yüksek sıcaklıkta uzun süre bekleme şartlarında %100 ferritik bir mikroyapı oluşmaz ise küçük hacimli östenit oluşabilir. Küçük hacimli östenit de, ısı girdisine bağlı olarak değişen katılma oranı sonucunda martenzite dönüşeceği araştırmacılar



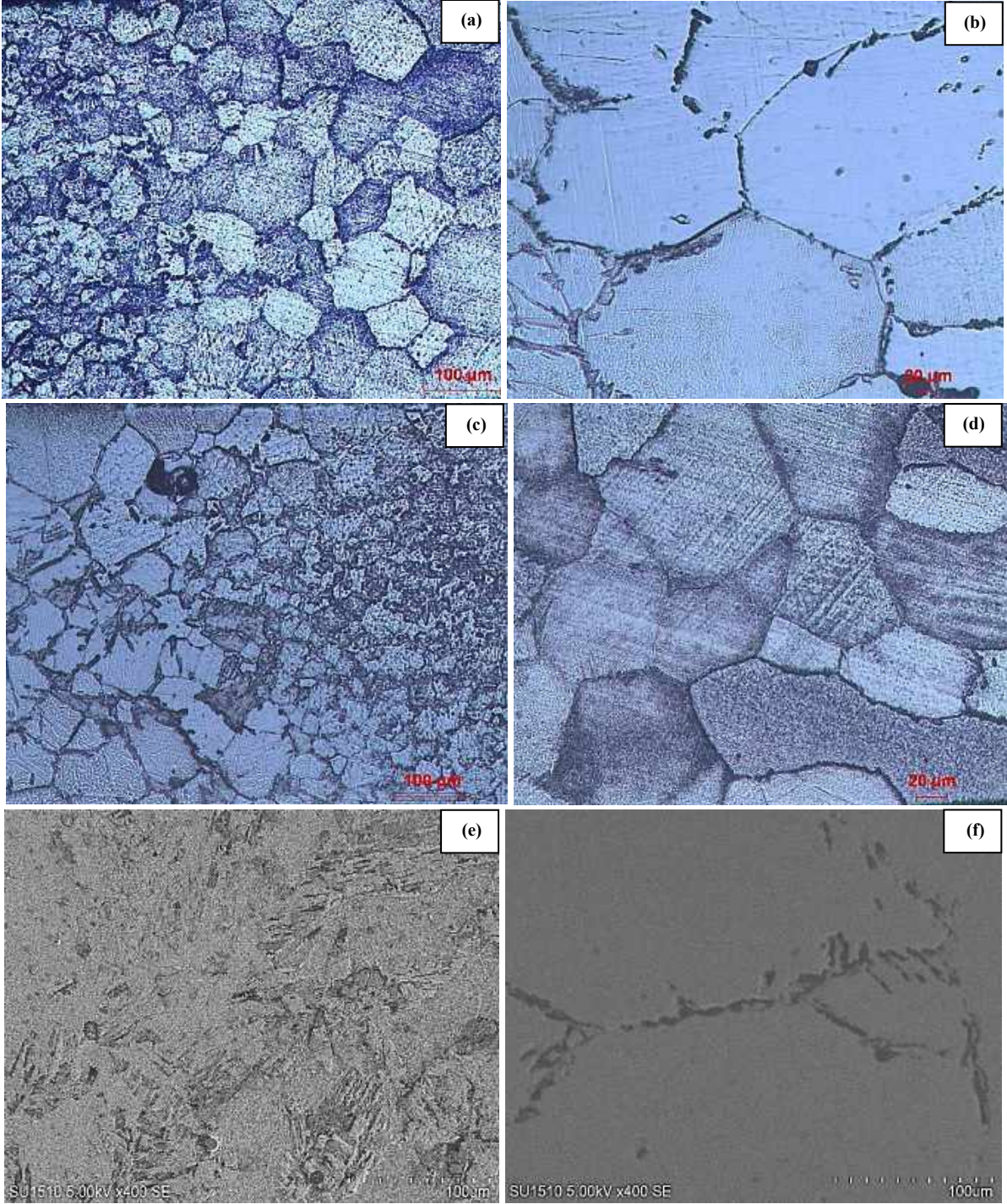
tarafından vurgulanmaktadır [16]. Eğer martenzit dönüşümü gerçekleşmez ısı girdisinin etkisiyle aşırı tane irileşmesi meydana gelirse, mekanik özelliklerin azalacağı araştırmacılar tarafından özellikle rapor edilmiştir [16]. Kaynak metali ve ITAB'da herhangi bir gözenek, süreksizlik veya çökelti oluşumları gözlenmemiştir. İkincil faz oluşumlarının tokluk ve süneklik değerlerinde azalışa sebep olacağı bilinmektedir.



Şekil 4. (a), (b) B1 numunesinin ITAB ve kaynak metali optik mikroskop görüntüsü, (c), (d) B2 numunesinin ITAB ve kaynak metali optik mikroskop görüntüsü, (e), (f) B1 ve B2 numunelerinin kaynak metali SEM görüntüsü.

Isıl işlem uygulanan kaynaklı birleştirmelerin (ısı işlemlenmiş numuneler H harfi ile kodlanmıştır) optik mikroskop ve SEM görüntüleri Şekil 5'de verilmiştir. Yüksek ısı girdisi (B2H) ve düşük ısı girdisiyle birleştirilen numunelerin (B1H) mikroyapıları incelendiğinde, B2H numunesinin ITAB'ında artan ısı girdisine, ısıl işlem sürecine ve bu sıcaklıkta tutmanın etkisiyle sütunsal tane irileşmesi görülmüştür (Şekil 5c). B2H numunesinde, ısı girdisi etkisinin yanında ısıl işlemin etkisiyle de kaynak metalinde sütunsal ve iri yapıli ferrit tanelerinin oluştuğu ve tane sınırlarında martenzit meydana geldiği gözlenmiştir (Şekil 5d). Ayrıca birleştirmelerde krom karbür gibi yapıların meydana gelmediği mikroyapı görüntülerinden anlaşılmaktadır. Bu sonuçlardan anlaşılabacağı üzere, ısıl işlemlenmiş numunelerin mikroyapılarında ısıl işlemsiz numunelere kıyasla belirgin olarak tane büyümesi oluşmuştur.

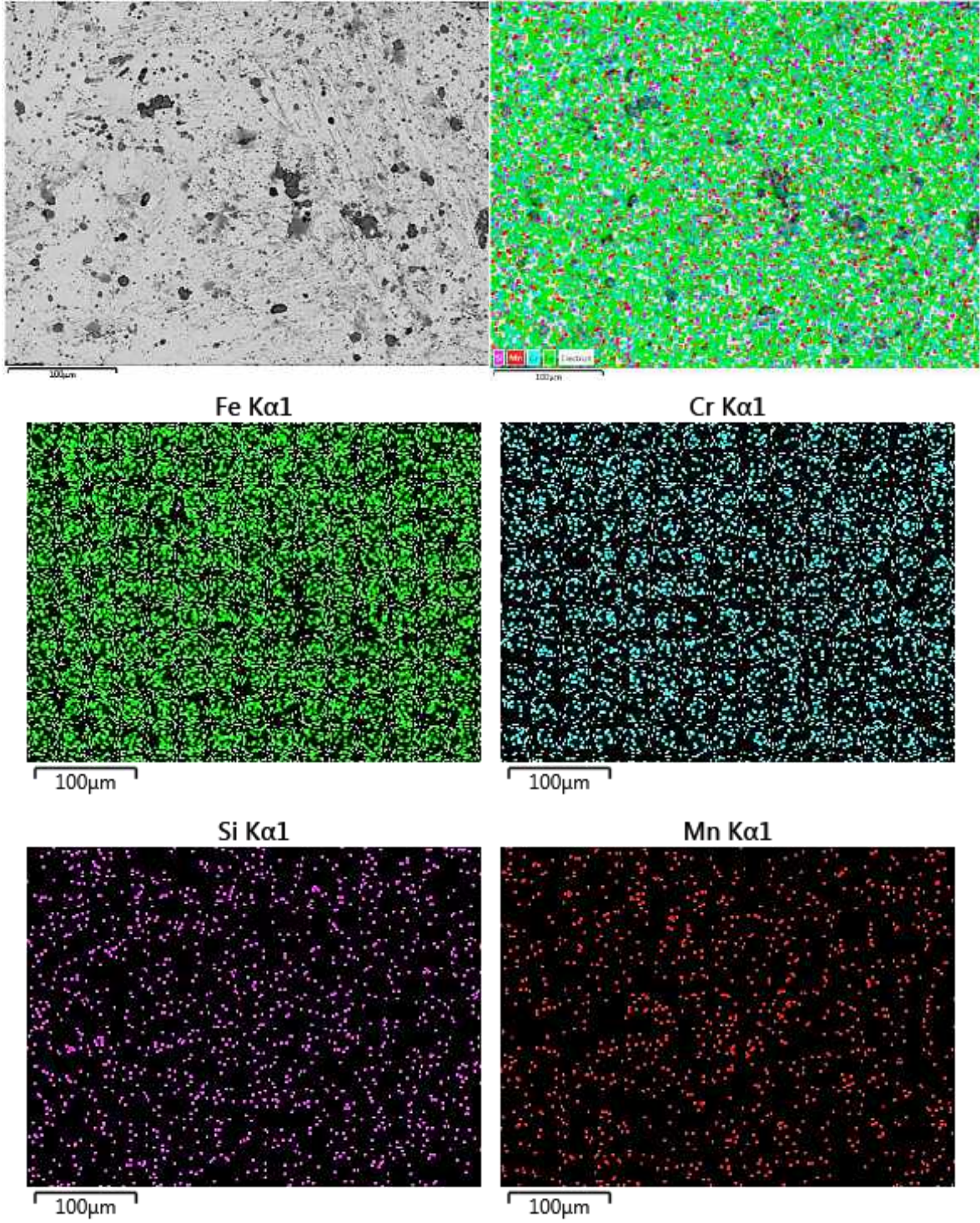




Şekil 5. (a), (b) B1H numunesinin ITAB ve kaynak metali optik mikroskop görüntüsü, (c), (d) B2H numunesinin ITAB ve kaynak metali optik mikroskop görüntüsü, (e), (f) B1H ve B2H numunelerinin kaynak metali SEM görüntüsü.

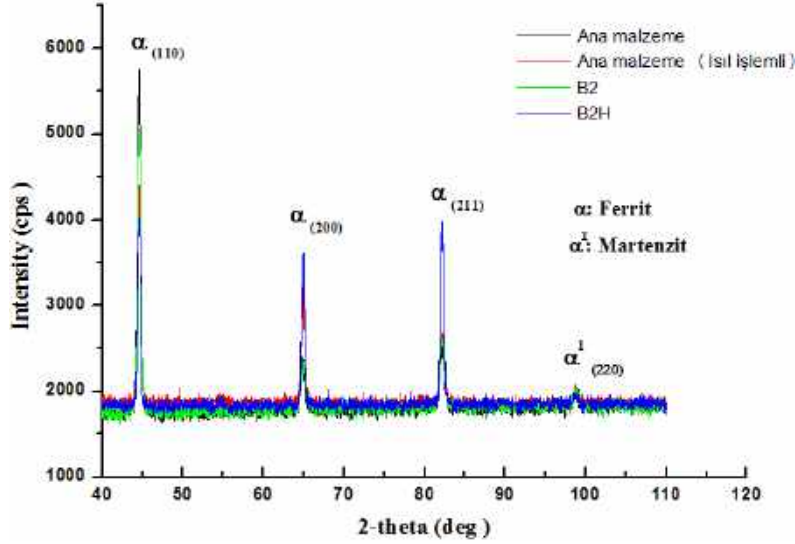
Yüksek ısı girdisiyle birleştirilen ve ısıl işlemlenmiş B2H numunesinin kaynak metali EDS analiz sonucu incelendiğinde (Şekil 6.), Tablo 1’de verilen spektral analiz sonucuyla uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Plazma ark kaynağı ve ısıl işlem nedeniyle belirgin bir alaşım elementi kaybının oluşmadığı belirlenmiştir.





Şekil 6. B2H numunesinin kaynak metalı bölgesinin SEM-EDS analizi sonuçları.

XRD analizlerinden, AISI 410S ferritik paslanmaz çelik ana malzeme ve kaynaklı birleştirmelerde ferrit ( $\alpha$ ), ve martenzit ( $\alpha'$ ) fazlarının dışında herhangi bir faz oluşumu tespit edilmemiştir (Şekil 7). Ana malzemeye ait pikler ile kaynaklı birleştirmelerin pikleri karşılaştırıldığında, kaynaklı numune piklerinde keskinlik ve sıklığın yoğun olduğu ve pik şiddetlerinde belirgin artışlar olduğu görülmüştür. Ayrıca, SEM-EDS analizleri ile tespit edilemeyen krom karbür, nitrür gibi oluşumlar, XRD vasıtasıyla da belirlenememiştir.

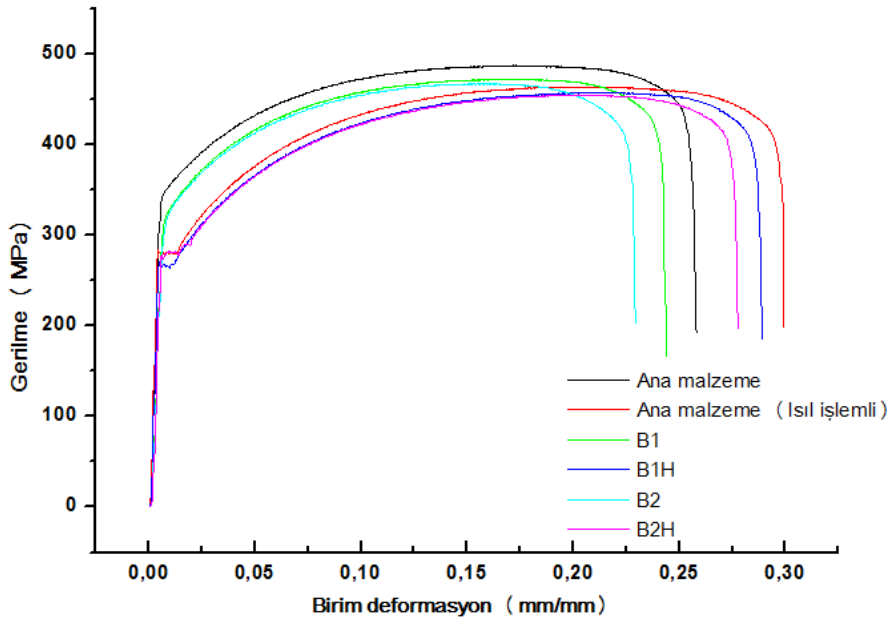


Şekil 7. XRD analizi.

### 3.3. Mekanik Özelliklerin İncelenmesi

#### 3.3.1. Çekme deneyi

Ana malzeme ve plazma kaynaklı birleştirmelerin mekanik özelliklerini belirlemek için çekme testi uygulanmış, sonuçlar sırasıyla gerilme-birim şekil değiştirme grafikleri olarak Şekil 8’de ve Tablo 3’te verilmiştir. B2 ve B2H numunelerinin çekme deneyi sonrası görüntüleri de Şekil 9’da gösterilmiştir.

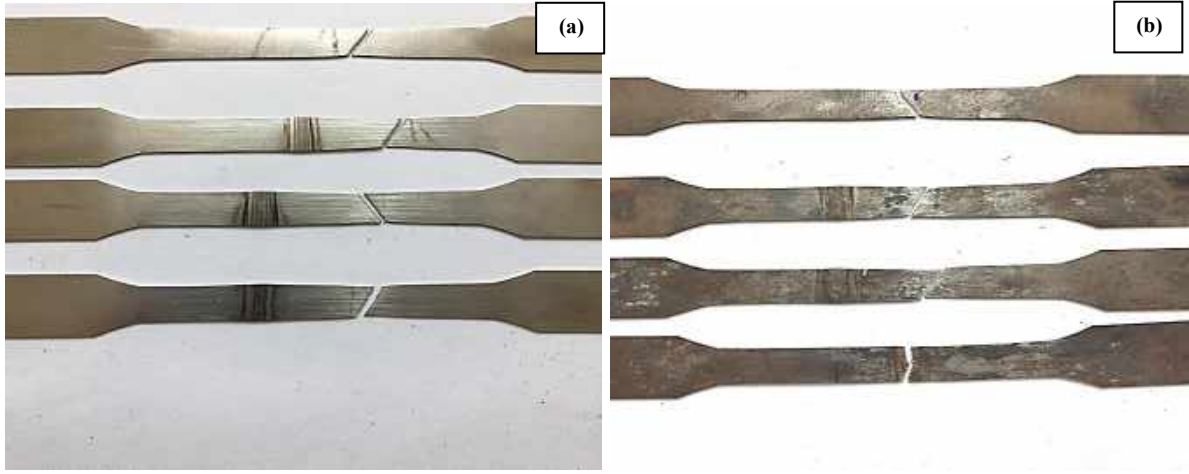


Şekil 8. Gerilme-birim şekil değiştirme diyagramı.

Tablo 3. Çekme deneyi sonuçları.

Numune	Çekme dayanımı (MPa)	Akma dayanımı (MPa)	Uzama (%)
Ana malzeme	490	349	26.5
Ana malzeme (Isil islemli)	463	290	30
B1	470	328	24.8
B1H	455	257	29
B2	465	322	22.6
B2H	452	254	27.6



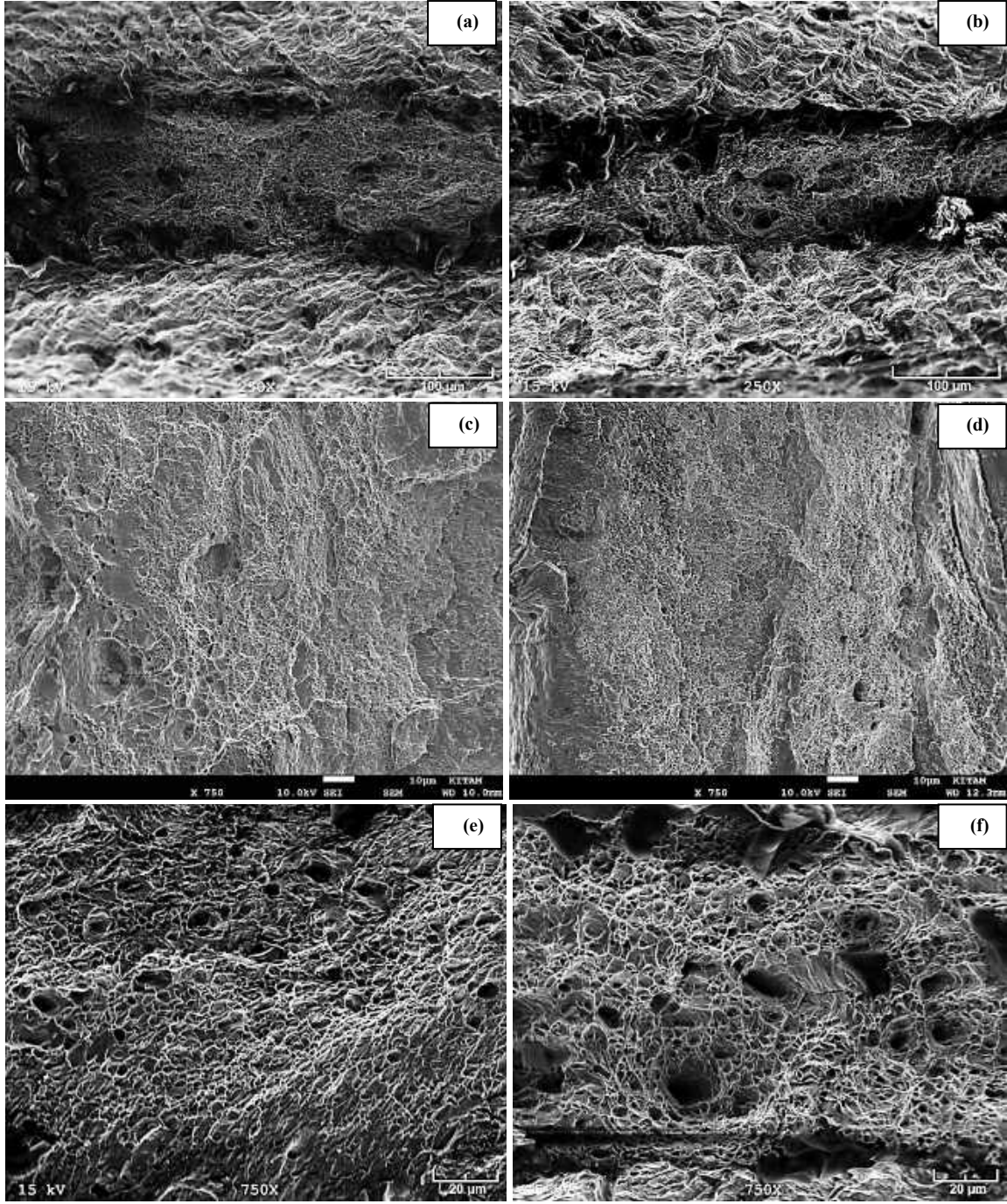


Şekil 9. (a) B2, (b) B2H numunelerinin çekme deneyi sonrası görüntüleri.

Isıl işlem uygulanan birleştirmelerin çekme deneyi sonuçları incelendiğinde (Şekil 8 ve Tablo 3), ana malzemenin çekme dayanımı, akma dayanımı ve sünekliliğinin kaynaklı birleştirmelerden daha yüksek olduğu görülmüştür. Kaynaklı numunelerin mekanik özelliklerinin ana malzemeye göre düşük çıkmasının başlıca sebebinin, kaynak esnasında kaynak dikişinde oluşum gösteren morfolojik dönüşümlerdir. Kaynak bölgesine gönderilen ısı girdisinin etkisiyle, mikroyapıda meydana gelen irileşmeler çekme ve akma dayanımındaki azalmaya neden olarak düşünülmektedir. Ferritik paslanmaz çeliklerin mikroyapıları ergime noktasından oda sıcaklığına kadar özünde tamamen ferritik olacağı araştırmacılar tarafından belirtilmektedir [1,17]. Sonuç olarak, mikroyapıda çok küçük hacim oranına sahip martenzit veya küçük orandaki östenitin martenzite dönüşümü, dayanım artışına esasen büyük bir etkisinin olmayacağı vurgulanmaktadır [1,18,19]. Özellikle karbon ve azotun varlığı sebebiyle, katı-eriyik sertleşmesiyle dayanımda belirli bir oranda artış oluşabileceği ifade edilmektedir [1,18,19]. Ancak, mikroyapıda meydana gelen martenzit hacmindeki artış ve küçük boyuttaki çökeltilerin mekanik özelliklerin artışına sebep olabileceği gözardı edilmemelidir. Çekme deneyi sonuçlarından, ana malzemenin ortalama çekme dayanımı 490MPa olarak tespit edilmiştir. Düşük ısı girdisiyle birleştirilen B1 numunesinin (0,48 kJ/mm) ortalama çekme dayanımı 470 MPa bulunurken, B2 numunesinin (0,52 kJ/mm) ortalama çekme dayanımı 465 MPa olarak tespit edilmiştir. Uzama değerlerine bakıldığında ise kaynaklı numunelerin sünekliliğinin ana malzemededen daha düşük olduğu belirlenmiştir. Sonuçlardan ayrıca, farklı ısı girdisiyle birleştirilen numunelerin çekme dayanımlarının birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir. Kaynaklı birleştirme işleminin ilave metal kullanılmadan ana metalin ergitilmesiyle gerçekleştirilmesi ve ısı girdileri arasındaki farkın çok büyük olmayışı bu sonucun alınmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Isıl işlemlili plazma kaynaklı numunelerin çekme dayanımı sonuçları incelendiğinde ise (Şekil 8 ve Tablo 3.), ana malzemenin çekme dayanımı, akma dayanımı değerleri, farklı ısı girdisiyle birleştirilen plazma ark kaynaklı numunelerden daha yüksek olduğu sonuçlardan anlaşılrsa da kaynaklı birleştirmelerin dayanımlarının ana malzemenin dayanımına çok da uzak olmadıkları tespit edilmiştir. Ana malzemenin çekme dayanımı 463 MPa olarak belirlenirken, yüksek ısı girdisiyle birleştirilen B2H numunesinin (0,52 kJ/mm) çekme dayanımı 452 MPa olarak, B1H numunesinin (0,48 kJ/mm) çekme dayanımı 455 MPa olarak bulunmuştur. Kaynak bölgesine iletilen ısı girdisi ve kaynak sonrası uygulanan ısı işlem sebebiyle, kaynak mikroyapısında meydana gelen dönüşümler ve tane irileşmeleriyle ana malzeme dayanımına kıyasla küçük düşüşler yaşandığı düşünülmektedir. Kaynak sonrası uygulanan ısı işlem nedeniyle numunelerin süneklilik değerlerinde önemli bir düşüş yaşanmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Yüzde uzama değerlerinin ana malzemenin uzama değerine yakın olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ısı işlem uygulanan numunelerin dayanımlarının ısı işlem uygulanmayan numunelere kıyasla daha düşük olduğu anlaşılmıştır. Isıl işlem nedeniyle mikroyapının daha fazla yumuşaması ve morfolojik dönüşümlerin bu sonucun ana sebebi olduğu düşünülmektedir.

Isıl işlemsiz ve ısı işlemli ana malzeme ve plazma kaynaklı numunelerin çekme deneyi sonrası kırılma yüzeylerine ait SEM görüntüleri incelendiğinde (Şekil 10), ana malzeme ve plazma kaynaklı numunelerde sünek kırılma biçimini ifade eden lokal çukurcuk yüzey morfolojisiyle birlikte kırılmanın gerçekleştiği gözlenmiştir. Birleştirmelerin kırılma yüzeyi görüntülerinde herhangi bir inklüzyon oluşumuna rastlanmamıştır.

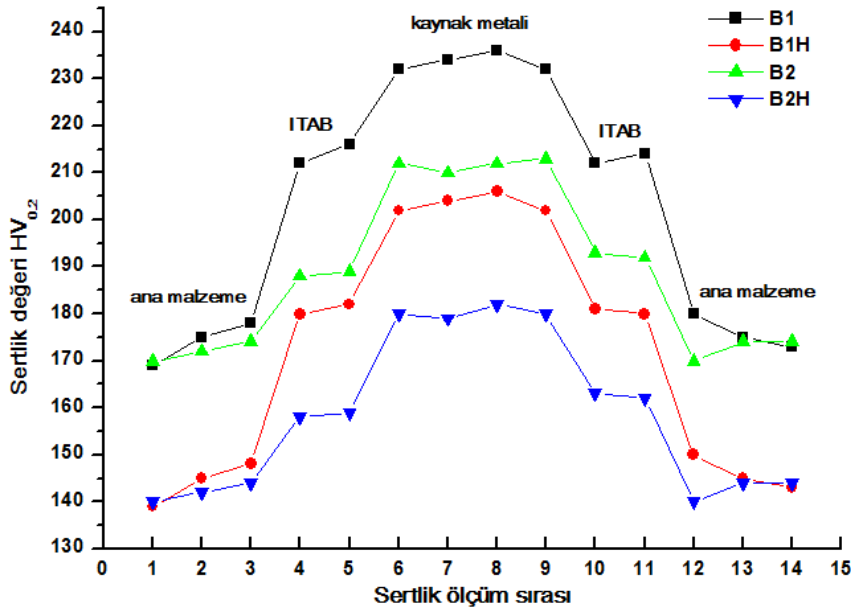


Şekil 10. Isıl işlemlenmiş ve ısıl işlemlenmemiş ana malzemeler ve plazma kaynaklı numunelerin çekme deneyi sonrası kırılma yüzeyi SEM görüntüleri; (a) Ana malzeme (b) Ana malzeme (ısıl işlemlenmiş), (c) B1, (d) B2, (e) B1H, (f) B2H.

### 3.3.2. Mikrosertlik

Plazma kaynağı geleneksel ergitmeli kaynak tekniklerine kıyasla düşük ısı girdisi ve hızlı soğuma meydana getirmesi sebebiyle daha küçük tanelerden oluşan bir mikroyapı oluşturmakta ve böylece ITAB ve kaynak metalinde yüksek sertlikler elde edilmektedir. Birleştirmelerde sertlik dağılımı temelde mikroyapıyla ilişkilidir. Ferritik paslanmaz çeliklerde martenzit oluşumu sertliğin yükselişinde önemli bir yere sahiptir. Isı girdisi ise sertlik değişimlerinde en önemli faktördür. Ayrıca mikroyapıda oluşum gösteren nitrür veya karbürler de sertlik dağılımında etkili olmaktadır. B1 ve B2 numunelerinin sertlik dağılımlarına bakıldığında (Şekil 11), kaynak metali ve ITAB sertliğinin ana metalden daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. B1 numunesinin sertlik değerinin B2 numunesinden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. B1 numunesinin düşük ısı girdisiyle birleştirilmesi nedeniyle elde edilen ince taneli mikroyapı, bu numunenin sertliğinin daha yüksek çıkmasına ana sebep olarak görülmektedir.





Şekil 11. Plazma kaynaklı birleştirmelerin sertlik dağılımları.

Isıl işlem uygulanan B1H ve B2H numunelerinin kaynak metali ve ITAB sertliklerinin ana metalden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. B1H numunesinin sertlik değerinin yüksek ısı girdisiyle birleştirilen B2H numunesinden yüksek olduğu belirlenmiştir. Isıl uygulanmamış ve ısıl işlem uygulanmış numunelerin sertlik dağılımları karşılaştırıldığında ise, ısıl işlem sebebiyle ana metal, ITAB ve kaynak metalinde açık bir şekilde sertlik azalışı olduğu sonucuna varılmıştır. Isıl işlem nedeniyle, ITAB ve kaynak metalinde gözlenen küçük hacimli martenzit tanelerinin temperlenmesinin sertlik azalmasına neden olan esas sebeplerden biri olduğu düşünülmektedir.

## 4. Sonuçlar

1. B1 numunesinin mikroyapısının neredeyse tamamı ferrit taneleri ve tane sınırlarında küçük hacimli martenzitten meydana gelmiştir. B2 numunesinin ise daha iri taneli ve sütunsal bir morfolojiden meydana geldiği gözlenmiştir. EDS analizlerinden numunelerde önemli bir element kaybı oluşmadığı tespit edilmiştir. Optik mikroskop ve SEM görüntülerinde kaynak dikişinde herhangi bir boşluk, çatlak veya karbür gözlenmemiştir. XRD analizi sonucunda da zararlı ikincil faz oluşumlarına rastlanmamıştır.

2. B1 numunesinin çekme ve akma dayanımı, B2 numunesinden daha yüksek bulunmuştur. Bu sonucun alınmasının nedeni ise, küçük yapıli ferrit tanelerinin oluşumu ve küçük hacimli tane sınırı martenzitin bulunmasıdır. Tüm birleştirmelerin süneklik değerleri ise ana malzemeden düşük bulunmuştur. Isıl işlem, tanelerin irileşmesine sebep olarak birleştirmelerin dayanımlarını negatif olarak etkilemiştir. Düşük ısı girdisi sertlik dağılımlarını yukarı yönde etkilemiş ve kaynak sonrası uygulanan ısıl işlemle sertlikte belirgin bir azalma olmuştur.

## Teşekkür

Yazarlar, malzeme temini ve plazma kaynak prosesi desteklerinden dolayı SILVERLINE Firmasına teşekkür etmektedir.

## Kaynakça

- [1] Lippold J C and Kotecki DJ 2005 *Welding Metallurgy and Weldability of Stainless Steels*. New York: A John Wiley & Sons.
- [2] Taban, E., Deleu, E., Dhooge, A. ve Kaluç, E. (2009). Laser welding of modified 12% Cr stainless steel: Strength, fatigue, toughness, microstructure and corrosion properties. *Materials and Design*, 30, 1193-1200.
- [3] Taban, E., Dhooge, A. ve Kaluç, E. (2009). Plasma arc welding of modified 12%Cr stainless steel. *Materials and Manufacturing Processes*, 24, 649-656.
- [4] Köse, C. ve Topal, C. (2019). Effect of post weld heat treatment and heat input on the microstructure and mechanical properties of plasma arc welded AISI 410S ferritic stainless steel. *Materials Research Express*, 6, 066517.
- [5] Amuda, M. O. H. ve Mridha, S. (2011). An overview of sensitization dynamics in ferritic stainless steel welds. *International Corrosion Science*, Article ID 305793, 1-9.
- [6] Correa, E. O., Costa, S. C. ve Santos, J. N. (2008). Weldability of iron-based powder metal materials using pulsed plasma arc welding process. *Journal of Materials Processing Technology*, 198, 323-329.

- [7] Taban, E. (2008). Toughness and microstructural analysis of superduplex stainless steel joined by plasma arc welding. *Journal of Materials Science*, 43, 4309-4315.
- [8] Tan, H., Wang, Z., Jiang, Y., Han, D., Hong, J., Chen, L., Jiang, L. ve Li, J. (2011) .Annealing temperature effect on the pitting corrosion resistance of plasma arc welded joints of duplex stainless steel UNS S32304 in 1.0 M NaCl. *Corrosion Science*, 53, 2191-2200.
- [9] Kökey, C., Sezgin, S., Çavuşoğlu, N., İrizalp, S.G. ve Saklakoğlu, İ.E. (2016). İnce paslanmaz çelik sacların fiber lazer ile kaynak edilebilirliğinin incelenmesi. *Mühendis ve Makina*, 57, 66-72.
- [10] Aydın, K. ve Karaağaç, İ. (2019). Lazer kaynaklı HSLA sac malzemelerde geri esnemenin deneysel araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 29-37.
- [11] Gupta, S. K., Raja, A. R., Vahista, M. ve Yusufzai, M. Z. K. (2019). Hysteresis loop analysis of gas metal arc welded ferritic stainless steel plate. *Materials Research Express*, 6, 096110.
- [12] Abioye, T. E., Omotehinse, I. S., Oladele, I. O., Olugbade, T. O. ve Ogedengbe, T. I. (2020). Effects of post-weld heat treatments on the microstructure, mechanical and corrosion properties of gas metal arc welded 304 stainless steel. *World Journal of Engineering*, 17, 87-96.
- [13] Köse, C. ve Topal, C. (2019). Laser welding of AISI 410S ferritic stainless steel. *Materials Research Express*, 6, 0865g4.
- [14] Gordon, W. ve van Bennekom, A. (1996). Review of stabilisation of ferritic stainless steels. *Materials Science and Technology*, 12, 126-131.
- [15] El-Batahgy, A. (1997). Effect of laser welding parameters on fusion zone shape and solidification structure of austenitic stainless steels. *Materials Letters*, 32, 155-163.
- [16] Kou, S. (2003). *Welding Metallurgy*. Hoboken: Second Editon A John Wiley & Sons INC. Publication.
- [17] Amuda, M. O. H. ve Mridha, S. (2013). Grain refinement and hardness distribution in cryogenically cooled ferritic stainless steel welds. *Materials and Design*, 47, 365-371.
- [18] Kah, D. H. ve Dickinson, D. W. (1981). Weldability of ferritic stainless steels. *Welding Journal*, August, 135-142.
- [19] Pekkarinen, J. ve Kujanp, V. (2010). The effects of laser welding parameters on the microstructure of ferritic and duplex stainless steels welds. *Physics Procedia*, 5, 517-523.





# An Application of Deep Neural Network for Classification of Wheat Seeds

Ayşe Eldem<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5561-1568)

(First received 13 April 2020 and in final form 23 May 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.719048)

**ATIF/REFERENCE:** Eldem, A. (2020). An Application of Deep Neural Network for Classification of Wheat Seeds. *European Journal of Science and Technology*, (19), 213-220.

## Abstract

In recent years, applications of neural network and big data have increased rapidly in agriculture-related areas. At the same time, Deep Neural Network (DNN), in which deep layers are used, achieves much better results especially for classification of big datas properly. In this study, a new DNN model is proposed for the classification of wheat seeds which was taken from UCI Machine Learning Repository. There are totally 210 data from 3 different types of wheat, namely; Kama, Rosa and Canadian. The model is divided into 70% train data and 30% test data. When the developed model was applied to dataset, 100% success rate is achieved in classification of data. In addition, 150,000 pieces of synthetic wheat seed data are generated by using a Fuzzy C-Means based algorithm. The proposed model is tested on different train and test data combinations by using UCI wheat seed and synthetically generated datasets, and 100% success rate was achieved in classification. The proposed model shows that it is the best model compared to other studies in the literature for wheat classifications.

**Keywords:** Big Data, Classification, Deep Learning, Deep Neural Network, Seed, Wheat

## Buğday Tohumlarının Derin Sinir Ağı Uygulaması ile Sınıflandırılması

### Öz

Son yıllarda, tarımla ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde sinir ağı ve büyük veri uygulamaları hızla artmaktadır. Bununla birlikte derinlemesine katmanların kullanıldığı Deep Neural Network (DNN) ile özellikle sınıflandırma alanında çok daha başarılı sonuçlar elde edilmektedir. Bu çalışmada UCI Machine Learning Repository'den alınan buğday tohumlarının sınıflandırılması için yeni bir DNN modeli önerilmiştir. Veri setinde Kama, Rosa ve Canadian olmak üzere 3 farklı buğday türünden toplam 210 veri bulunmaktadır. Veriler; %70 eğitim verisi ve %30 test verisi olarak ayrılarak geliştirilen model veri setine uygulandığında, verilerin sınıflandırılmasında %100 başarı oranı elde edilmiştir. Aynı zamanda Fuzzy C-Means tabanlı bir algoritma geliştirilerek 150.000 adet sentetik buğday tohum verisi üretilmiştir. Önerilen model UCI buğday tohumu ve sentetik olarak üretilen verileri kullanarak farklı eğitim ve test veri kombinasyonları üzerinde test edilmiş ve her birinde %100'lük bir başarı oranına sahip sınıflandırma elde edilmiştir. Önerilen model, buğday sınıflandırmaları için literatürdeki diğer çalışmalara kıyasla en iyi model olduğunu göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Büyük Veri, Sınıflandırma, Derin Öğrenme, Derin Sinir Ağı, Tohum, Buğday

\* Corresponding Author: Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5561-1568, ayseeldem@kmu.edu.tr

## 1. Introduction

As the population of the world increases, industry in agricultural areas has also increased rapidly [1]. So, the invention of better quality products and increase in product diversity are expected. The classification of the products is also the most important subject because of this expectation.

The products grown can be classified using some features like product type, size, brightness, color, surface [2], product pictures and colors of products. In this respect, detection of diseased products [3, 4], detection the freshness of products [5, 6], weed detection [7], counting of products [8], edge properties and textures [7, 9] were used for the classification of the products.

A method was developed for detecting wheat heading and flowering stages with support vector machine [10]. Wheat species were categorized according to their type by using data mining algorithms such as KNN, Naive Bayes, J48 and multilayer perceptron [11] also, K-means clustering algorithm [12], linear regression [13], Sequential Minimal Optimization (SMO) [14], Multilayer Perceptron, SMO, Navie Bayes, Logistic Classifier [15], Random Forest [16], Artificial Neural Network, Decision Tree and Discernment Analysis Classifiers [17], Complete Gradient Clustering Algorithm [18], principal component analysis and multivariate factor analysis [19], Artificial Neural Network (ANN) and Extreme Machine Learning [20]. A spike detection method was developed for images of wheat plants by using a method based on neural network [21]. Grain crop's seeds were classified by using MATLAB Computer Vision Toolbox [22]. 200 wheat grains were taken using a high-resolution camera which were classified by using artificial neural network [23]. For wheat classification ANN model was trained by artificial bee colony optimization algorithm [24].

In recent years, numerous applications have been developed for deep artificial neural networks[25]. Deep learning is frequently used in many areas such as classification, regression, image processing, commenting on pictures, sound processing, responding to questions asked, and in language translation [26]. Moreover, DNN also allows interpretation of other samples by using existing data [27]. Deep learning is different from classical neural network methods [28]. Successful classification results can be obtained by using supervised and unsupervised machine learning methods in deep neural network structures [29] [30]. Due to the increase in the size of data, the operations such as data management and analysis also become difficult. But deep learning is an important area, which can produce analytical solutions [29] on the big data that can be processed with better results in a much shorter time by using deep network.

In this study, three different types of wheat seeds taken from UCI Machine Learning Repository were classified by a deep neural network model based on deep learning for the first time. Also, 150,000 pieces of synthetic data is generated with Fuzzy C-Means based algorithm. The proposed model is tested with new synthetic data set created and the UCI data set. Schema of the model is given in Figure 1.

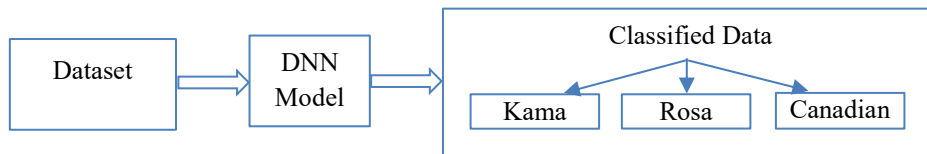


Figure 1. Schematic Diagram of The Model

## 2. Material and Method

In this study, a new deep neural network model was proposed for the classification of wheat seeds. The process steps of the proposed model are given in Figure 2. Firstly, feature extraction is used for dataset. The data is classified which are called Kama, Rosa and Canadian by proposed model. New data is generated by Fuzzy C-Means algorithm and classified by proposed model. When take the results from proposed model for UCI and new dataset, compare success rate with Ajaz and Hussain study [15]. With different combinations of data taken from UCI and generated, new classification is done.

### 2.1. Seed Set

The wheat seed dataset is taken from UCI [31]. There are 3 different wheat seed groups in the dataset called as Kama, Rosa and Canadian. There are totally 210 data. Each group consists of 70 data [32]. Research was carried out on the collected wheat seed at the Institute of Agrophysics of the Polish Academy of Sciences in Lublin. The images were recorded on 13x18 cm X-ray KODAK plates. The input and output parameters for the wheat in the data set are shown in Table 1, details of the wheat data are shown in Table 2.

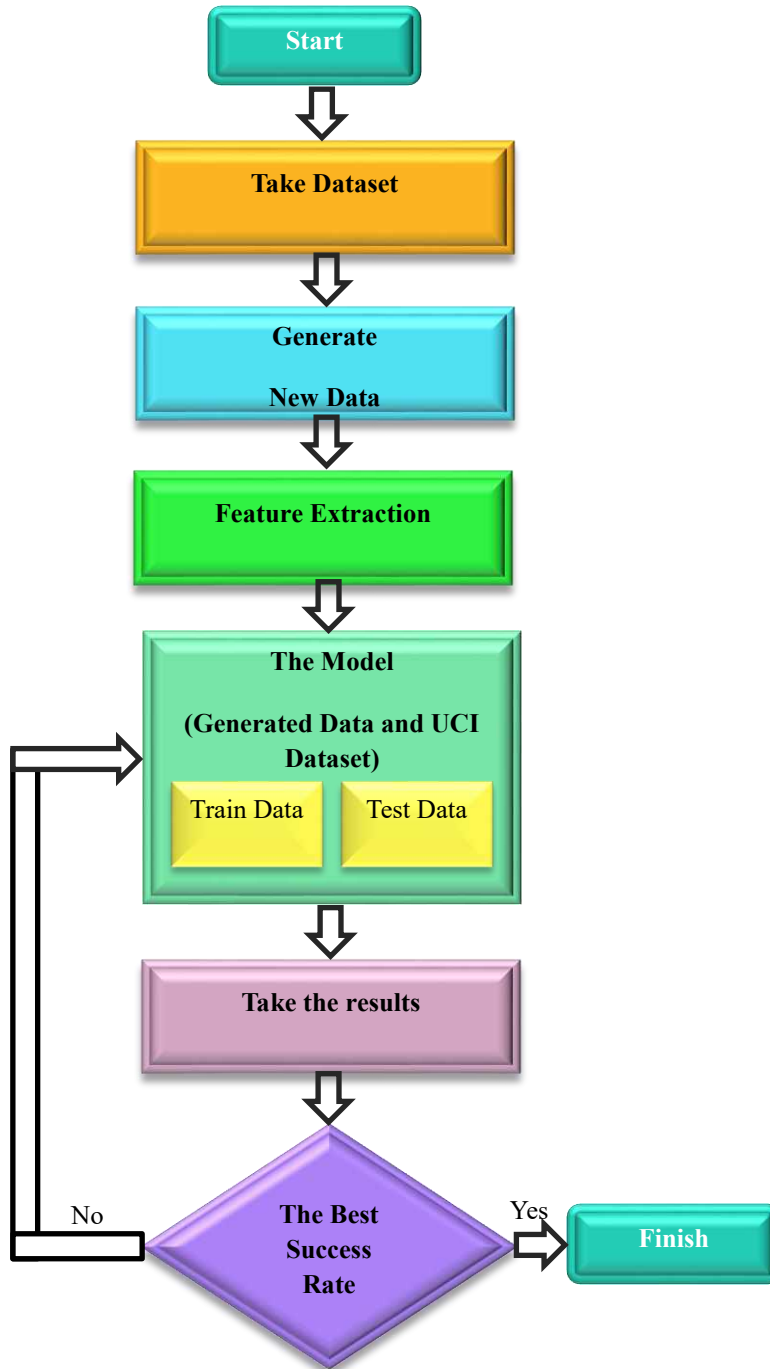


Figure 2. Process Steps

Table 1. Input and Output Values

Input	Output
Area (A)	Kama (1)
Perimeter (P)	
Compactness ( $C = 4 \cdot \pi \cdot A / P^2$ )	Rosa (2)
Length of kernel (LK)	
Width of kernel (WK)	Canadian (3)
Asymmetry coefficient (AC)	
Length of kernel groove (LKG)	

Table 2. Dataset of Wheat Seed

A	P	C	LK	WK	AC	LKG	Type
15.26	14.84	0.871	5.763	3.312	2.221	5.22	1
14.88	14.57	0.8811	5.554	3.333	1.018	4.956	1
...	...	...	...	...	...	...	...
17.63	15.98	0.8673	6.191	3.561	4.076	6.06	2
16.84	15.67	0.8623	5.998	3.484	4.675	5.877	2
...	...	...	...	...	...	...	...
11.84	13.21	0.8521	5.175	2.836	3.598	5.044	3
12.3	13.34	0.8684	5.243	2.974	5.637	5.063	3

## 2.2. Generate New Data

Big data is one of the most studied area like deep learning. Especially storing the data in many fields, generation of meaningful information from data, interpretation of the data [33] and classification of data have been achieved recently. Analysis of big data provides more effective, faster and more accurate data using machine and deep learning methods [34]. Synthetic data based on UCI wheat seed dataset is generated by an algorithm developed for this purpose. For each group, 50,000 pieces of data are generated and a total of 150,000 pieces synthetic wheat data are obtained. In algorithm, the minimum and maximum values of each feature are found and the new values are generated randomly between minimum and maximum values of each feature (in those value ranges). Then the cluster center is found for Kama, Rosa and Canadian groups by using the Fuzzy C-Means algorithm [35]. The distances are calculated between the cluster centers and each data in the new data set is generated randomly. The minimum distance value is used to determine which data set belongs to which seed type. The pseudocode of the developed algorithm is given below.

Function generate\_data()

Load(UCI dataset)

Find max and min values for each feature

new\_data = Set random value for 7 features between max and min values

cluster\_center = Determine the cluster center for each cluster in the UCI dataset using the Fuzzy C means algorithm for i=1 to 150.000

distance = Find the distance between new data and cluster centers

class(new\_data) = Min(distance)

## 2.3. Feature Extraction

Firstly, a scaling process is applied on the data in the proposed model. The value ranges of each input are shown in Figure 3. The distribution of each feature is distributed within itself. So, it was ensured that the standard deviation of the distribution was approximately 1 and the distribution of each characteristic was approximately 0. The mean and standard deviation values are calculated for each feature and the new value of the feature is scaled according to Formula 1. The graphical representation of data before and after the scaling process is shown in Figure 4.

$$x_{new} = \frac{x_i - mean(x)}{stdev(x)} \quad (1)$$



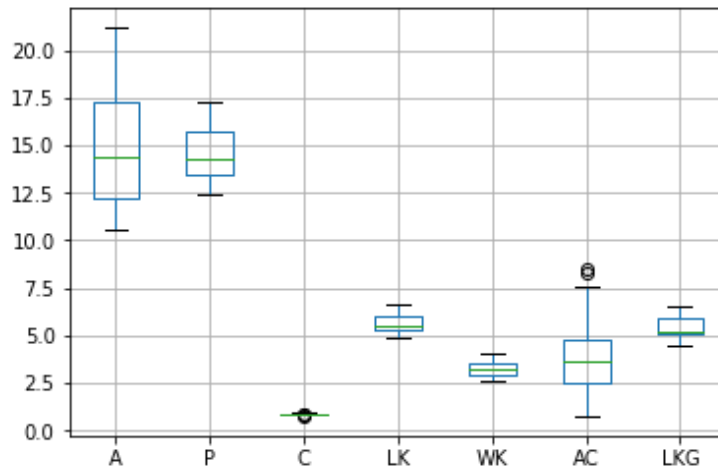


Figure 3. The Value Ranges of Each Input

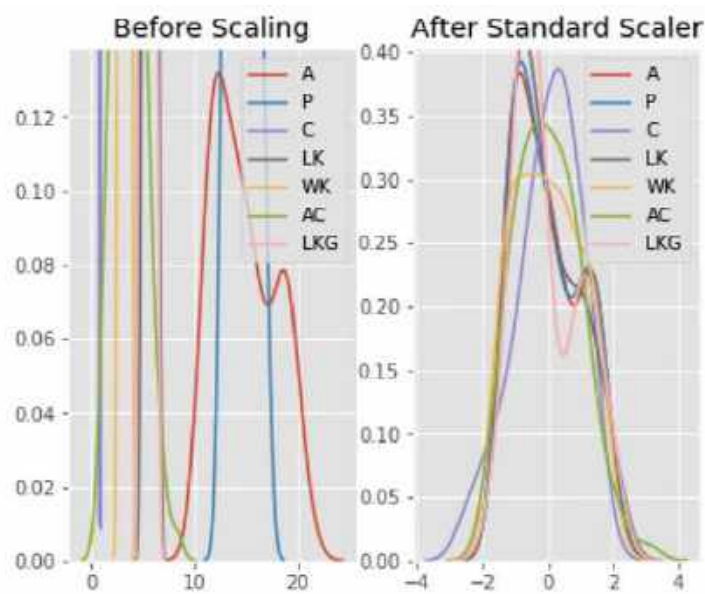


Figure 4. Scaled Data

## 2.4. Proposed Model

After the data scaling process, the wheat seed data are divided into two with 70% used as train data and 30% used as test data. The DNN model is shown in Figure 5 which has 7 input values, 4 hidden layers and 3 output values. The number of neurons in the hidden layers are 10, 8, 6 and 3, respectively. Categorical cross entropy is chosen as loss function, epoch number is selected as 500 and learning rate is used as 0.04. Keras library have been used with Python's many libraries. The training and testing process have been performed on workstation having Intel Xeon E5-1650 3.5 GHz processor, 64 GByte memory and NVIDIA® Quadro® M4000 8 GByte graphics card.

The activation function determines the output value according to the inputs. In this study, tangent hyperbolic (tanh) is used as activation function for 1st, 2nd and 3rd hidden layer by using Formula 2. And softmax activation function is also utilized for the last hidden layer by using Formula 3. The tanh activation function takes a value between -1 and +1 [36] [37] which is the scaled version of the sigmoid function. It is also a preferred function because of its non-linearity. Softmax activation function is used in multiple classifications [38] which provides the results as probabilistic. The probability sum of all cases is equal to 1. It is preferred at the last hidden layer. Thus, the output is more easily determined by using Softmax activation function.

$$f(x) = \tanh(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (2)$$

$$\sigma(x_j) = \frac{e^{x_j}}{\sum_i e^{x_i}} \quad (3)$$

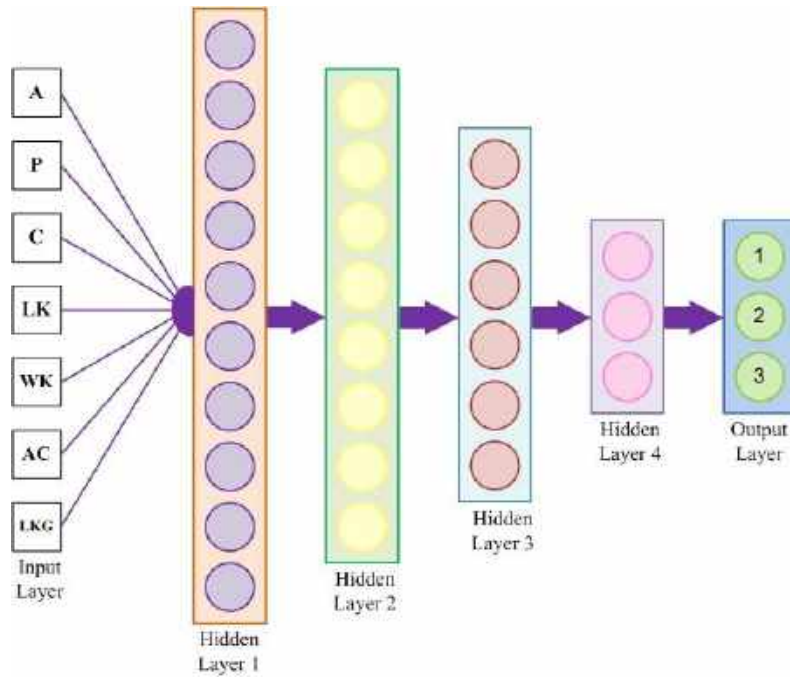


Figure 5. Proposed model

### 3. Experimental Results

In order to evaluate the performance of the proposed model, the obtained results in this study are compared with some classification studies using UCI previously presented in the literature. The methods and success rates which were obtained from other articles are detailed in Table 3. The best success rate achieved is 100% accuracy, which is obtained in the classification for the model. As seen in Table 3, Linear Regression has lower performance. Although the Multilayer Perceptron methods are better than Linear Regression and SMO, it has lower performance than the proposed model.

Table 3. Comparisons with other studies

	Success Rate (%)	Method
(Ajaz and Hussain, 2015)	99.5	Multilayer Perceptron
(Sabancı and Akkaya, 2016)	97.1429	Multilayer Perceptron
(Lalis, 2016)	89.48	Linear Regression
(Sujatha and Ezhilmaran, 2013)	93.81	SMO
(Aslan et al., 2017)	87.93	Artificial Neural Network
(Aslan et al., 2017)	94.44	Extreme Learning Machine
<b>Proposed Method</b>	<b>100</b>	<b>DNN</b>

The model is applied to the generated synthetic data as seen in Table 4. In the first application, only synthetic data are used which are separated as 70% train set and 30% test data. In the second experiment, all of the synthetic wheat data are used as train data and wheat data from UCI dataset are used as test data. In the third experiment, synthetic data and wheat data from UCI dataset are combined and separated as 70% train and 30% test data. When the results obtained are examined, it can be observed that all kinds of wheat seeds are classified with 100% accuracy by the proposed DNN model.

Table 4. Experimental Results of Synthetic Dataset and Wheat Data from UCI

Dataset	Train Data	Test Data	Success Rate (%)
UCI Dataset	70%	30%	100
Synthetic Dataset	100%	UCI Dataset	100
Synthetic Dataset + UCI Dataset	70%	30%	100

## 4. Conclusions

For this purpose, a classification process is performed on the data of wheat seeds taken from UCI. There are three types of wheat seeds called as Kama, Rosa and Canadian in the data set. The classification by the proposed DNN model achieved 100% accuracy. Moreover, DNN has a high success rate for processing and interpreting big data. For this reason, another 150,000 synthetic data are generated randomly on the UCI wheat dataset. The synthetic data is classified by using the Fuzzy C-Means algorithm. When the proposed DNN model is applied to synthetic data, success rate achieved is 100%. These results show that DNN is a good classifier especially on big data.

## 4. Acknowledge

This work was supported by Karamanoğlu Mehmetbey University, Karaman, Turkey.

## References

- [1] Kamilaris, A. and F.X. Prenafeta-Boldu, *Deep learning in agriculture: A survey*. Computers and Electronics in Agriculture, 2018. **147**: p. 70-90.
- [2] Rahman, A. and B. Cho, *Assessment of seed quality using non-destructive measurement techniques: A review*. Seed Science Research, 2016. **26**(4): p. 285-305.
- [3] Lu, Y., et al., *Identification of rice diseases using deep convolutional neural networks*. Neurocomputing, 2017. **267**: p. 378-384.
- [4] Amara, J., B. Bouaziz, and A. Algergawy, *A Deep Learning-based Approach for Banana Leaf Diseases Classification in Datenbanksysteme für Business, Technologie und Web (BTW 2017)*. 2017. p. 79-88.
- [5] Wan, P., et al., *A methodology for fresh tomato maturity detection using computer vision*. Computers and Electronics in Agriculture, 2018. **146**: p. 43-50.
- [6] Leemans, V. and M.F. Destain, *A real-time grading method of apples based on features extracted from defects*. Journal of Food Engineering, 2004. **61**(1): p. 83-89.
- [7] Bakhshipour, A. and A. Jafari, *Evaluation of support vector machine and artificial neural networks in weed detection using shape features*. Computers and Electronics in Agriculture, 2018. **145**: p. 153-160.
- [8] Chen, S.W., et al., *Counting Apples and Oranges With Deep Learning: A Data-Driven Approach*, in *IEEE Robotics and Automation Letters* 2017. p. 781-788.
- [9] Dyrmann, M., H. Karstoft, and H.S. Midtiby, *Plant species classification using deep convolutional neural network*. Biosystems Engineering, 2016. **151**: p. 72-80.
- [10] Sadeghi-Tehran, P., et al., *Automated Method to Determine Two Critical Growth Stages of Wheat: Heading and Flowering*. Frontiers in Plant Science, 2017. **8**.
- [11] Sabancı, K. and M. Akkaya, *Classification of Different Wheat Varieties by Using Data Mining Algorithms*. International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering 2016. **4**(2): p. 40-44.
- [12] Parnian, A.R. and R. Javidan, *Autonomous Wheat Seed Type Classifier System*. International Journal of Computer Applications, 2014. **96**(12): p. 14-17.
- [13] Lalis, J.T., *A New Multiclass Classification Method for Objects with Geometric Attributes Using Simple Linear Regression*. IAENG International Journal of Computer Science, 2016. **43**(2): p. 198-203.
- [14] Sujatha, R. and D. Ezhilmaran, *Evaluation of Classifiers to Enhance Model Selection*. International Journal of Computer Science & Engineering Technology (IJCSET), 2013. **4**(1): p. 16-21.
- [15] Ajaz, R.H. and L. Hussain, *Seed Classification using Machine Learning Techniques*. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology, 2015. **2**(5): p. 1098-1102.
- [16] Abad, M.S.J., A.A. Abkar, and B. Mojaradi, *Effect of the Temporal Gradient of Vegetation Indices on Early-Season Wheat Classification Using the Random Forest Classifier*. Appl. Sci., 2018. **8**(1216): p. 1-20.
- [17] Basati, Z., M. Rasekh, and Y. Abbaspour-Gilandeh, *Using different classification models in wheat grading utilizing visual features*. Int. Agrophys., 2018. **32**: p. 225-235.
- [18] Charytanowicz, M., et al., *Discrimination of Wheat Grain Varieties Using X-Ray Images*. Information Technologies in Medicine, 2016: p. 39-50.
- [19] Charytanowicz, M., et al., *An evaluation of utilizing geometric features for wheat grain classification using X-ray images*. Computers and Electronics in Agriculture, 2018. **144**: p. 260-268.
- [20] Aslan, M.F., K. Sabancı, and A. Durdu, *Different Wheat Species Classifier Application of ANN and ELM*. Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology (JMEST), 2017. **4**(9): p. 8194-8198.
- [21] Qiongyan, L., et al., *Detecting spikes of wheat plants using neural networks with Laws texture energy*. Plant Methods, 2017. **13**(83): p. 1-13.
- [22] Vlasov, A.V. and A.S. Fadeev, *A machine learning approach for grain crop's seed classification in purifying separation* Journal of Physics Conference Series 2017. **803**(1): p. 1-6.
- [23] Sabancı, K., A. Kayabaşı, and A. Toktaş, *Computer vision-based method for classification of wheat grains using artificial neural network* J Sci Food Agric, 2017. **97**: p. 2588-2593.
- [24] Kayabaşı, A., *An Application of ANN Trained by ABC Algorithm for Classification of Wheat Grains*. International Journal of Intelligent Systems and Applications in Engineering, 2018. **6**(1): p. 85-91.
- [25] Schmidhuber, J., *Deep learning in neural networks: An overview*. Neural Networks, 2015. **61**: p. 85-117.

- [26]LeCun, Y., Y. Bengio, and G. Hinton, *Deep learning*. Nature 2015. **521**: p. 436-444
- [27]Basu, S., et al., *Deep neural networks for texture classification—A theoretical analysis*. Neural Networks, 2018. **97**: p. 173-182.
- [28]Xavier, G. and B. Yoshua, *Understanding the difficulty of training deep feedforward neural networks*. 2010, PMLR. p. 249-256.
- [29]Chen, X.W. and X. Lin, *Big Data Deep Learning: Challenges and Perspectives*. IEEE Access, 2014. **2**: p. 514-525.
- [30]Najafabadi, M.M., et al., *Deep learning applications and challenges in big data analytics*. Journal of Big Data, 2015. **2**(1): p. 1.
- [31]UCI. 2018 [cited 10.03.2018; Available from: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/seeds>.
- [32]Charytanowicz, M., et al., *A Complete Gradient Clustering Algorithm for Features Analysis of X-ray Images*. Information Technologies in Biomedicine, 2010: p. 15-24.
- [33]Torrecilla, J.L. and J. Romo, *Data learning from big data*. Statistics and Probability Letters, (Article In Press), 2018.
- [34]Jan, B., et al., *Deep learning in big data Analytics: A comparative study*. Computers & Electrical Engineering, 2017.
- [35]Bezdek, J.C., R. Ehrlich, and W. Full, *FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm*. Computers & Geosciences, 1984. **10**(2): p. 191-203.
- [36]Liew, S.S., M. Khalil-Hani, and R. Bakhteri, *Bounded activation functions for enhanced training stability of deep neural networks on visual pattern recognition problems*. Neurocomputing, 2016. **216**: p. 718-734.
- [37]Eldem, A., H. Eldem, and D. Üstün. *A Model of Deep Neural Network for Iris Classification With Different Activation Functions*. in *2018 International Conference on Artificial Intelligence and Data Processing (IDAP)*. 2018.
- [38]Chen, L., et al., *Softmax regression based deep sparse autoencoder network for facial emotion recognition in human-robot interaction*. Information Sciences, 2018. **428**: p. 49-61.





# Mikroalgal Biyoyakıt Araştırmaları için Laboratuvar Ölçekli Fotobiyoreaktör Otomasyonu

Mehmet Recai Durgut<sup>1\*</sup>, Fuat Özbay<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4780-5450)

<sup>2</sup> Özel Çerkezköy OSB MTA Lisesi, Tekirdağ, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5725-5731)

(İlk Geliş Tarihi 12 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.718945)

**ATIF/REFERENCE:** Durgut, M R., & Özbay, F. (2020). Mikroalgal Biyoyakıt Araştırmaları için Laboratuvar Ölçekli Fotobiyoreaktör Otomasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 221-226.

## Öz

Bir fotobiyoreaktörün çalışması manuel olarak oldukça zordur. Fotobiyoreaktörün verimli çalışması, sistemden sık veri toplama yoluyla mümkün olan büyüme koşullarının yakın kontrolünü gerektirir. Manuel örnek toplama ve analizleri hem zahmetli hem de nispeten pahalıdır. Fotobiyoreaktörün verimli çalışması için yapılan bu çalışmada; entegre bir gerçek zamanlı biyoreaktör izleme ve kontrol sisteminin geliştirilmesi, besin maddesi eklenmesi, biyokütle hasat zamanı, ışık, CO2 besleme döngüleri ve sıcaklık ile ilgili kararlar alınması, yosun oluşumu sırasında ekonomik kayıpların önlenmesi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar göz önünde bulundurulduğunda yapımı gerçekleştirilen otomatik yetiştirme sistemi ile örnek alma, hasat ve besin ilavesi sırasında mikrobiyal kontaminasyonun minimuma indirildiği gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fotobiyoreaktör, otomasyon, mikroalgal biyoyakıt, izleme sistemi.

## Laboratory-Scale Photobioreactor Automation for Microalgae Biofuel Research

### Abstract

It is really challenging to work a photobioreactor manually. Productive working of the photobioreactor needs close check of growth conditions which is possible through continual data gathering from the system. Manual sampling gathering and analysis are both effortful and slightly expensive. In this work which is done for its efficient operation, the improvement of a combined actual-time bioreactor monitoring and management system, nutrient accession, time of the biomass collection, light, temperature-related decisions, furnishing cycles, preventing economic losses during algae formation were made. Considering the results, it's been shown that microbial contamination is minimized during sampling, gathering and nutrient accession along the programmed planting system.

**Keywords:** Photobioreactor, automation, microalgal biofuel, monitoring system.

\* Sorumlu Yazar: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7480-5450, [rdurgut@nku.edu.tr](mailto:rdurgut@nku.edu.tr)



Ultrasonik sensör olarak HC-SR04 kodlu ürün kullanılmıştır. Bunun tercih edilmesinin sebebi sıvılarda ultrasonik dalganın daha etkin ve sağlıklı bir şekilde yansıtabilmesidir. Bu çalışmada, gerçek zamanlı fotobiyoreaktör sisteminde hasat zamanına karar verebilmek için rengi ölçülebilen bir sensör sisteme entegre edilmiştir. Programlanabilen TCS3200 kodlu renk sensörü kullanılmıştır.

Sistemin kullanıcıya mesaj vermesi, bilgilendirmesi, gerçek zamanlı takibini yapmasını kolaylaştırıcı dokunmatik renkli ekran kullanılmıştır. Nextion grafik, renkli dokunmatik ekran tercih edilmiştir.

Tüm bu sistemin kısımları ana mikrodenetleyici üzerinden kontrolü sağlanmıştır. Sistem birden fazla kontrol yapısı içerdiğinden, Arduino Mega 2560 (ATmega 2560) mikrodenetleyici tercih edilmiştir (Nurrahmawati ve Harmadi 2017). Ana kontrolörün yazılımına göre veriler, bir röle modülü üzerinde gruplara ayrılıp gerekli çıktıları vererek sistemin çalışmasını sağlamaktadır.

Peristaltik pompaları fotobiyoreaktör sisteminde, yetiştirme tankından renk ölçüm istasyonuna hasat zamanının karar verilmesi için mikroalglerin aktarımında, yetiştirme tankına gübre beslemesinde kullanılmıştır. Sistemde pH'ı sabit bir aralıkta tutabilmek için gerçek zamanlı ölçüm işlemi gerçekleştirilmiştir. Sistemdeki pH dengesini sağlamak için sisteme CO2 beslemesi yapılmıştır.

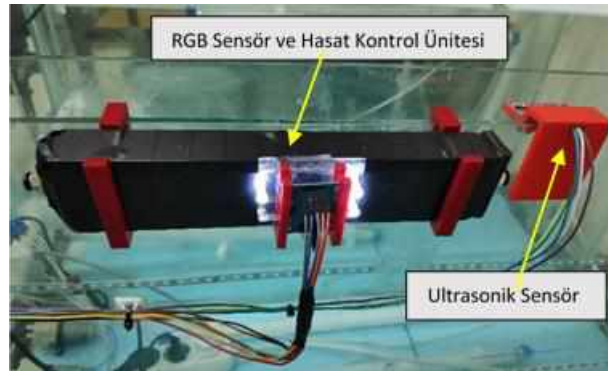
### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışacak olan tüm malzemelerin gerekli montajlarını sağlayabilmek için tasarlanan ürünlerde Solidworks 2018, tasarımların vücut bulması için ise Simplify3D programları kullanılmıştır. Prusa i3 tip 3 boyutlu yazıcı ile de tasarımı yapılan bu parçaların basımı yapılmıştır. Aynı zamanda elektronik kart tasarımı aşamasında ise Proteus 8,5 sürümü kullanılmıştır. Sistemin ana kontrolör yapısı için 12x18x9 mm uzunluklarında endüstriyel su geçirmez (IP 67) bir kutu kullanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Ana kontrolörlü endüstriyel kutu

Kullanılan TCS3200 sensörü, RGB renklerinin dalga boyları (kırmızı = 580 nm, yeşil = 540 nm ve mavi = 450 nm) dâhil olmak üzere 780 nm'de bir tepe tepkisi ile ışık spektrumunda epey hassastır (Jia vd. 2015). Bu hassasiyeti en aza indirebilmek için karanlık ortamdan oluşan bir hasat kontrol ünitesinden faydalanılmıştır (Şekil 3).



Şekil 1. RGB sensörünün algılama alanı

Algılama Alanı (Şekil 3), pleksiglas ile yapılmış optik ölçüm için uygun tasarlanmış 4 mm'lik bir test hücrelerinden oluşmuştur. Bu yapı içerisinde peristaltik pompa kullanılarak mikroalglerin sürekli olarak bu algılama alanının içerisinde geçireceği ölçümler yapılmıştır. Sensör bir tarafta kullanımı tercih edilmiştir. Dışarıdan gelen ışığın optik ölçüme zarar vermemesi için siyah ve ışık geçirmez bir kutu içerisine yerleştirilmiştir (Micaela vd. 2015).

RGB renk ölçüm sensör ile mikroalglerin renk değişimini ölçerek hasat zamanına karar verildikten sonra hasat işlemi otomatik olarak başlatılmıştır. Hasat işlemi için yetiştirme tankından boşaltılan kültürün üzerine NaOH ekleyerek yosunun çökeltmesi sağlanmıştır (Durgut vd. 2015, Keriş-Şen 2016).

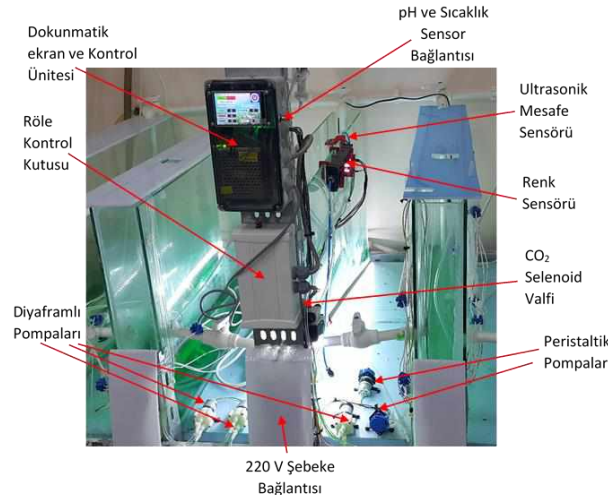
NaOH, hasat tankına verildiğinde çökeltme başlatılıp, çökeltme işlemi bitirildiğinde ise pompa çalışarak hasat işlemi bitmiş döngüyü tamamlamış bir gerçek zamanlı sistem ortaya çıkacaktır. NaOH aktarım işlemi diyaframli pompa ile yapılmaktadır.

Kullanıcı arayüzü ve bilgilendirilmesi için Arduino ile Nextion ekran seri haberleşme protokolüne bağlı olarak haberleşmektedir. Sistemde iki cihazın seri haberleşme baud rate (kanal hızı) 9600 olarak seçilmiştir (Bento 2018). Arduino ile Nextion arasındaki haberleşme prosesi kütüphanedeki seri haberleşme kesmesi protokolüne göre çalışmaktadır. Ekran üzerinde kullanıcıya sürekli olarak sistemin gerçek zamanlı bilgilendirilmesi yapılmaktadır.

Arduino içerisine yüklenen program şimdiye kadar araştırılan tüm bilgiler sentezlenerek ortaya çıkmıştır. Yazılımın açık kaynak kodlu olarak paylaşılması geliştirilmesi açısından oldukça önem arz etmektedir. Gerek içerisindeki yazılımın gerekse modül olarak kendisinin değişimi ve piyasada bulunurluk oranının da yüksek olması avantajları arasında gösterilmektedir.

Sistemde kullanılan 10'lu röle modülü sistemin çıktılarına göre görev yapan elemanların gerektiği anda çalışmasını sağlamaktadır. Röle modülü için elektronik kartın tasarımında deliksiz bakır plakette kullanılmıştır. Sistemin son hali Şekil 4'teki gibidir. Verimliliği arttıran, laboratuvar tip, gerçek zamanlı fotobiyoreaktör sistemi gerçekleştirilmiştir.

Kullanılan HMI (Human Machine Interface) görevini üstlenen kapasitif dokunmatik ekranda sistemin ilk durum kontrollerinden nihai ürün çıkış aşamasına kadar olan ekran geçişleri kullanıcıyı yönlendirmede aktif rol oynamaktadır. Fotobiyoreaktör ilk kez enerjilendiğinde Şekil 5'teki ekran görüntülenmektedir.



Şekil Hata! Belgede belirtilen stilde metne rastlanmadı.. Fotobiyoreaktör sisteminin genel görünümü

Ekranında sistem Start butonu ile başlatılmaktadır. Stop butonuna basıldığında ise hemen durmamakta, bir döngülük işlemi bitirip prosese bu işlem sonunda son vermektedir.



Şekil 5. Başlangıç ekranı, sistem başlatılıyor ve kontrol ediliyor ekranları

Sistem iki ana algoritmadan oluşmaktadır. İlki start butonuna basıldığında bir defaya mahsus tüm veriler (Su seviye durumu, pH değeri ve renk algılaması) mikrodenetleyici olarak kullanılan Arduino Mega içerisine çekiliyor ve sırası ile ekrana transfer edilmektedir. İkincisi ise her 5 dakikada bir yine tüm verileri kontrol edip karar yapısından geçirerek sistemi sürekli izlemektedir.

Start butonuna basıldıktan hemen sonra sistem başlatılıyor ve sistem kontrol ediliyor yazıları ekranda kullanıcıyı bilgilendirmektedir. Sistem kontrol algoritmasına ilk olarak yetiştirme tankındaki su seviyesini kontrol ederek başlar. Su seviyesine karar verdikten sonra durumu kullanıcıya ekranda bilgi olarak gösterir. Su seviyesi yetersiz ise su eklemesi yapar eğer su seviyesi yeterli ise bir sonraki kontrol algoritmasına geçiş yapar.

Eğer yetiştirme tankının içerisindeki su yetersiz sisteme su alınmıyor ekranı çıkacaktır. Sürekli ölçülen su seviyesi istenen değere ulaştığında Su seviyesi normal yazısı kullanıcıyı su seviyesi hakkında bilgilendirecektir.



Su seviye algoritmasını bitirdiğinde pH seviyesini kontrol eden algoritma işlevsel hale gelerek fotobiyoreaktörün içerisindeki pH değerini algılayıp kullanıcıya ekran yardımı ile bilgilendirir. pH kontrol edildiğinde 8 biriminin üzerine çıktığında CO<sub>2</sub> girdisinin başlatıldığını gösterir. pH değerini normal seyrine geçene kadar CO<sub>2</sub> aktarımı durdurulmaz. pH değeri ölçüm sonucu normal aralığına düştüğünde ise pH değeri normal bilgisini vererek bir sonraki karar algoritması olan yosun kontrol prosesine geçiş yapar.

Ph değeri ölçümünün akabinde hasat kontrol karar algoritması devreye girmektedir. Bu algoritmada sistem RGB ölçüm kapsülüne peristaltik pompa yardımı ile yetiştirme tankındaki karışımı aktarım yapmaktadır. Bu aktarımı tamamlayabilmesi için motor 10 saniye boyunca çalıştırılıp renk ölçümü yapılmaktadır. Renk ölçümü sonrasında renk hazır değilse bir sonraki karar algoritmasına geçecek, renk hazırsa hasat için hasat karar algoritmasına geçiş yapacaktır.

Eğer hasat için karar verilmemiş ise ekranda Sistem Stabil yazısı görünecektir. Bu aşamaya gelindiğinde sistem 5 dk boyunca bekleyecektir. Bu sürenin sonunda ilk karar algoritması olan su kontrolünü gerçekleştirerek aynı sırayı izleyerek otonom çalışmasını sürdürecektir.

Tasarlanan algoritmaya göre 5 dakikalık ara ile tüm bu fonksiyonları tekrar tekrar çalıştıracaktır. Yosunun hazır olduğuna otonom olarak karar veren otomasyon kullanıcıya "Yosun Hazır" bilgisini ekran üzerinden ulaştıracaktır.

Yosun hazır bilgisini alan mikrodenetleyici hasat başlama algoritmasını çalıştıracaktır. Bu algoritmanın içeriğinde ise yetiştirme tankındaki mikroalgleri diyaframli pompa yardımı ile hasat tankına aktaracaktır. Hasat tankına tamamının aktarıldığını su seviye kontrol sensörü algılayacaktır. Tamamı aktarıldıktan sonra hasat tankına NaOH ekleyerek hızlı çökertme başlayacaktır. Tüm bu işlemlerin sonunda ekranda "Sistem Başlat" yazısı belirecektir ve "Çökertme Başladı" bilgisinin görüntülenmesinden sonra kullanıcıdan sistemi tekrar başlatması istenecektir.

#### 4. Sonuç

Otomasyon sistemlerinin malzeme pahalılığı bunların fotobiyoreaktör sistemlerinde kullanım oranlarını maalesef en az seviyeye çekmektedir. Bu durumun önüne geçebilmek ve zirai alanlarında da otomasyon sistemlerinin kullanımını arttırabilmek için ucuz ve kaliteli üretim yapılmalıdır. Güncellenen sistemlerde bu durum aşılmaktadır. En önemlisi ise teknik personelin bu gibi sistemlerde etkin rol oynamasıdır. Teknik personelin yetiştirilmesi ve bu alanda tutulabilmesi yaygınlaştırılmasında büyük engel olarak karşımıza çıkmaktadır.

Endüstri 4,0'ın en önemli özelliği kişiselleşmiş ürünlerin ortaya çıkarılmasıdır. Bunun yanında sistemlerin kolaylaştırılarak ve duru hale getirilerek herkesin kullanabileceği düzeye indirgenmesidir. Bunu esas alarak tasarlanmış bu sistem, kullanıcı dostu yönlendirilmeler ile sistemin herkes tarafından anlaşılır ve kullanılabilir duruma getirilmesi hayali ile planlanmıştır. Sistemin bir özelliği de dokunmatik ekran ile durumun anlık bilgilendirilmesi ve kontrolüdür. Bu kullanıcı için karmaşıklığı ortadan kaldırabilmektedir.

Tasarım aşamasında sistemde kullanılan sensörler, hassas çalışmaktadırlar. Ortam değişkenlerine bağlı olarak ölçümlerde sürekli farklılık göstermesi sistemin başlangıç kalibre ayarlarını değiştirmekte ve zorlaştırmaktadır. Sistemin başlangıcında bu ayarların doğru kurularak sisteme entegre edilebilmesi gerekmektedir.

Fotobiyoreaktör sisteminin tüm teknolojik aletleri seçilirken kolay bulunabilmesine, kolay montajlanabilmesine ve uygun fiyatlı olmasına dikkat edilerek seçilmiştir. Sistem elemanlarının birbirleri ile uyumlu çalışabilmesi için mikrodenetleyicili, yani yazılım içerikli bir ana kumanda sistemi tercih edilmiştir. Diğer kontrol cihazları tak çıkar mantığı üzerine kurulmuştur.

Sistem tabanının veriyi kolaylıkla değiştirilebildiği bir ortam tasarlanmıştır. Bu sayede sistemin sürekli güncellenebilmesi, yeniliğe açık olabilmesi sağlanmıştır. Bunun yanı sıra verimliliği temel almış bir fotobiyoreaktör olarak planlanmıştır. En az girdi ile en çok çıktı alabilmek ana hedeflerden biri olarak alınmıştır. Yosunun verimliliğini arttırıcı müdahaleler sistem tarafından programa uygun olarak yerinde ve zamanında yapılacak şekilde uygulanmıştır.

Sistem her ne kadar en yeni teknolojiler ile tasarlanmış olsa da, laboratuvar tip olduğu düşünüldüğünde bazı kısıtlılıklar ve bunları aşmak için farklı yöntemler tercih edilebilir. Bunlardan biri sistemin anlık bilgilerinin ekranda görüntülenebildiği gibi kablolu veya kablosuz olarak internet ortamında da istenildiği yerden gerek kişisel bilgisayarlardan gerekse cep telefon aplikasyonundan da ulaşılabilir. Sistemde kullanılan algılayıcıların tamamı kablosuz hale getirilebilir. Bu pratiklik ve oluşabilecek arıza, bakım işlemlerinde kolaylık sağlayabilir. Sistem verileri sürekli kayıt edilerek geçmişe dönük mikroalg kültür denetimi ve takibi yapılabilir. Gübre tankındaki çözümü yine burada kullanıldığı gibi peristaltik pompalar yardımı ile sistem ihtiyaç duyduğunda karışımı kendi hazırlayabilir. Hasat tankına hasat olunan mikroalglerin yağ kütle ölçümleri yapıp kullanıcı yine dokunmatik ekran üzerinden bilgilendirilebilir.

#### 5. Bilgi /Teşekkür

Bu makale Fuat Özbay'ın 2019 yılında Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsünde yayınlanan Yüksek Lisans tezi'nden faydalanarak hazırlanmıştır.

## **Kaynakça**

- Becker, E.W. (1994). *Microalgae: Biotechnology and Microbiology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Benavides, M., Mailier J., Hantson A. L., Muñoz G., Vargas A., Impe J. V. ve Vande A. (2015). WouwerDesign and Test of a Low-Cost RGB Sensor for Online Measurement of Microalgae Concentration within a Photo-Bioreactor, *Sensors* 15, 4766-4780; doi:10.3390/s150304766.
- Bento, A. (2018). IoT of Nextion X TFT ILI9341. *International Research Journal Of Engineering, IT & Scientific Research*, 4(2), 14-23. doi:10.21744/irjeis.v4i2.624.
- Dipasmita, P., Goldberg I. K., Cohen Z. and Boussiba S. (2011). The effect of light, salinity, and nitrogen availability on lipid production by *Nannochloropsis* sp. *Applied Microbial And Cell Physiology* 90:1429–1441. DOI 10.1007/s00253-011-3170-1
- Doan T.Y. ve Obbard J. P. (2011). Improved Nile Red staining of *Nannochloropsis* sp. *J Appl Phycol* 23:895–901, DOI 10.1007/s10811-010-9608-5.
- Durgut M.R., Aktaş T., Kayışoğlu S. ve Yağcılar Ç. (2015). Mikroalga Yöntemiyle Mikroalg Yağından Biyodizel Üretiminde Optimum Reaksiyon Koşullarının Belirlenmesi, Namık Kemal Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri, Proje No: NKUBAP.00.24.AR.14.08
- Jia, F., Kacira M. ve Ogden K. L. (2015). Multi-Wavelength Based Optical Density Sensor for Autonomous Monitoring of Microalgae, *Sensors*, 15, 22234-22248; doi:10.3390/s150922234.
- Keriş-Şen, Ü. D. (2016). Mikroalglerin Sudan Ayrıştırılmasında Ve Biyoetanol Üretiminde Ozon Ve Ultrases Kullanımı, Doktora Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi.
- Nurrahmawati, A. ve Harmadi, H. (2017) Rancang Bangun Alat Ukur Konsentrasi Oksigen yang Dihasilkan oleh Fotobioreaktor Mikroalga *Chlorella vulgaris* Menggunakan Sensor SK-25F, *Jurnal Fisika Unand Vol. 6, No. 3*.
- Puruhito, E. (2014). *Automated Monitoring and Control Systems for an Algae Photobioreactor*, Master Thesis, Arizona State University.
- Richmond, A. ve Cheng-Wu, Z. (2000). Optimization of a flat plate glass reactor for mass production of *Nannochloropsis* sp. outdoors, *Journal of Biotechnology* 85: 259-269p.
- Richmond, A. ve Zou, N. (1999). Effect of light-path length in outdoor flat plate reactors on output rate of cell mass and of EPA in *Nannochloropsis* sp., *J Biotechnol*, 70: 351–356p.
- Zitelli, G.C., Rodolfi L. ve Tredici M.R. (2003). Mass cultivation of *Nannochloropsis* sp. in annular reactors. *Journal of Applied Phycology* 15: 107–114.



# Üç Boyutlu T1 Ağırlıklı Manyetik Rezonans Görüntülerinde Ön İşleme Yöntemleri

Muhammet Üsame Öziç<sup>1\*</sup>, Seral Özşen<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Biyomedikal Mühendisliği, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3037-2687)

<sup>2</sup> Konya Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5332-8665)

(İlk Geliş Tarihi 13 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.719062)

**ATIF/REFERENCE:** Öziç, M. Ü. & Özşen, S. (2020). Üç Boyutlu T1 Ağırlıklı Manyetik Rezonans Görüntülerinde Ön İşleme Yöntemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 227-240.

## Öz

T1 ağırlıklı üç boyutlu yapısal manyetik rezonans görüntüleme, hastalıklardan dolayı beyinde meydana gelen doku bozuklukları ve hacimsel kayıpların yüksek çözünürlükte görüntülenmesini sağlayan bir görüntüleme tekniğidir. Bu görüntüleme tekniği ile hastaya dışarıdan herhangi bir müdahale yapılmadan görüntüler alınabilmektedir. Fiziksel olarak görüntü alımının temelinde radyo frekans teknolojisi bulunmaktadır. Öncelikle beyinde bulunan hidrojen atomlarındaki protonların etkileşime gireceği bir radyo frekans dalga gönderilir. Radyo frekans dalgası durdurulduğunda protonlar eski durumlarına geri dönmek eğilimindedir. Eski durumlarına dönerken, yaydıkları enerji bir akım olarak toplanır ve indüklenir, daha sonra görüntü Fourier dönüşümleri ile elde edilir. Görüntüler isteğe göre farklı sekanslarda alınabilir. Her bir sekansın hastalığa göre klinikte farklı ayırt edici özellikleri bulunmaktadır. Manyetik rezonans görüntüleri birbirini takip eden kesitlerden oluşur. Hastalık herhangi bir kesitte gözlemlenebileceği gibi birbirini takip eden birkaç kesitin beraber analiz edilmesi ile de görülebilmektedir. Manyetik rezonans görüntü sekansları içerisinde en çok kullanılan görüntüler üç boyutlu T1 ağırlıklı görüntülerdedir. Bu sekansta yumuşak beyin dokusu yüksek çözünürlükte görüntülenebildiği için hacimsel bozukluklar, dejenerasyon, simetri bozulması, doku bozulması, beyin küçülmesi ve büyümesi gibi birçok katı değişiklikler net bir şekilde izlenebilmektedir. Elde edilen görüntüler hastanelerde radyologlar tarafından analiz edilerek yorumlanmaktadır. Ancak özellikle yapay zeka ve sınıflandırma çalışmalarında birtakım sayısal araçlara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sayısal araçların kullanılabilmesi için görüntüler üzerinde bazı ön işlemlerin yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada T1 ağırlıklı üç boyutlu yapısal manyetik rezonans görüntülerinin ön işleme yöntemlerinden olan eksen dönüştürme, görüntü reoryantasyonu, normalizasyon, modülasyon, segmentasyon, birlikte çakıştırma, gürültü ve bias giderme, yumuşatma, beyin dışı yapıların giderilmesi incelenmiştir. Ön işleme için kullanılan sayısal araçların nasıl ve hangi sırada kullanılacağı tanımlanmış ve üç boyutlu bir manyetik rezonans görüntü üzerinde uygulamaları yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Manyetik Rezonans, Ön işleme, 3B Analiz, T1 MR, Radyoloji.

## Pre-processing Methods on Three Dimensional T1 Weighted Structural Magnetic Resonance Images

### Abstract

T1 weighted three-dimensional structural magnetic resonance imaging is an imaging technique that enables high resolution imaging of tissue defects and volumetric losses in the brain due to diseases. With this imaging technique, images can be taken without any external intervention to the patient. Radio frequency technology is at the basis of physical image acquisition. Firstly, a radio frequency wave is sent in which the protons in the hydrogen atoms in the brain will interact. When the radio frequency wave is stopped, protons tend to return to their former state. While returning to their former state, the energy their emitted is collected and

\* Sorumlu Yazar: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-3037-2687, [muozic@gmail.com](mailto:muozic@gmail.com)

induced as a current, then the image is obtained by Fourier transforms. Images can be taken in different sequences upon request. Each sequence has different distinctive features in the clinic with respect to the disease. Magnetic resonance images consist of successive slices. The disease can be observed in any slice, or it can be seen by analyzing several slices in succession. Among the magnetic resonance image sequences, the most used images are in 3D T1-weighted images. Since soft brain tissue can be displayed in high resolution in this sequence, many rigid changes such as volumetric disorders, degeneration, symmetry disruption, tissue disruption, brain shrinkage and enlargement can be clearly observed. The images obtained are analyzed and interpreted by radiologists in hospitals. However, some numerical tools are needed especially in artificial intelligence and classification studies. In order to use these numerical tools, some preprocessing must be done on the images. In this study, axis conversion, image reorientation, normalization, modulation, segmentation, co-registration, noise and bias removal, smoothing, removal of non-brain structures are examined, which are the preprocessing methods of T1-weighted three-dimensional structural magnetic resonance images. How and in which order to use the numerical tools used for pre-processing has been defined and their applications are made on a three-dimensional magnetic resonance image.

**Keywords:** Magnetic Resonance, Pre-processing, 3D Analysis, T1 MR, Radiology.

## 1. Giriş

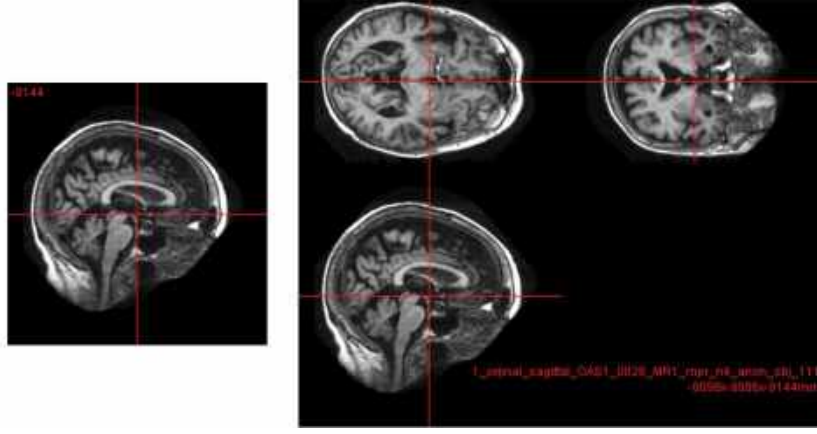
Medikal görüntüler kullanılarak görüntü işleme ve makine öğrenmesi gibi sayısal yöntemler ile hastalıkların analizi ve sınıflandırılması literatürde sıklıkla çalışılan bir konudur (Gülay & İçer, 2020; Özel, 2020; Varol & İşeri, 2019). Bu görüntüler ile bilgisayar destekli karar destek sistemleri tasarlanabilmekte, hastalıklar hakkında tahminler yapılabilmektedir. Medikal görüntüler içerisinde T1 ağırlıklı yapısal Üç Boyutlu (3B) Manyetik Rezonans (MR) görüntüleri, klinikte ve bilgisayar destekli karar destek sistemleri tasarlamak için sıklıkla kullanılmaktadır. Bu görüntüleme tekniği beyindeki yumuşak dokuları yüksek çözünürlükte gösterebildiği için nörolojik hastalıkların takibinde sıklıkla kullanılan bir tekniktir. Görüntüler üzerinde atrofi farklılığı, hacim kaybı veya artışı, dejenerasyon, simetri bozulması, doku bozulması, lezyon takibi ve analizi yapılabilmektedir. Hastanelerde çekilen görüntülerin analizi alanında tecrübeli radyologlar tarafından yapılmaktadır. Bu analizler, ilgili klinikteki doktorun teşhis koyması için yeterlidir. Ancak görüntülerin bilgisayar ortamında sayısal olarak işlenmesi, hacim, patoloji takibi, atrofi farklılıkları, segmentasyon, çakıştırma, hasta ve kontrol grupları arasındaki farklılıkların belirlenmesi, karar destek sistemlerinin tasarlanması gibi işlemlerin yapılabilmesi için öncesinde birtakım zorluklar bulunmaktadır. Cihaz manyetik alanından kaynaklanan ve diğer çevresel faktörlerden ortaya çıkan rastgele gürültüler, kemik ve zar dokusu gibi beyin dışı yapılar, hastanın cihaz içindeki kafa hareketinden kaynaklı görüntü kaymaları, her hastanın kafa boyutunun farklı olması, çekilen görüntüler arasındaki boyut farklılıkları bilgisayar destekli sayısal analizleri son derece zorlaştırmaktadır. Dolayısıyla sayısal analiz için birtakım ön işlemlerin yapılması gerekmektedir (Hemant & Anitha, 2012; Patil & Udipi, 2012). Ön işleme için çözüm önerileri literatürde sıklıkla çalışılan bir konudur. MR görüntülerinin sayısal analizi için son güncel algoritmaların içinde bulunduğu paket programlar literatürde sıklıkla kullanılmaktadır. College London Üniversitesi tarafından geliştirilen MATLAB tabanlı *Statistical Programming Mapping 8* (SPM) (UCL, 2020), Harvard Üniversitesi tarafından geliştirilen Linux tabanlı Freesurfer (Fischl, 2012), Oxford üniversitesi tarafından geliştirilen Linux tabanlı FSL (Jenkinson, Beckmann, Behrens, Woolrich, & Smith, 2012) literatürde kullanılan en popüler paket programlardır. Bu çalışmada, yapısal MR görüntülerinin 3B uzayda analiz öncesi yapılması gereken ön işleme yöntemlerinin bir uygulaması yapılmıştır. Ön işleme için MRlcro programı (Rorden, 2005), SPM8 programı ve bu programın altında çalışan VBM8 (F Kurth, Luders, & Gaser, 2010) kütüphanesi kullanılmıştır. Çalışmada uluslararası bir veri tabanı olan *The Open Access Series of Imaging Studies* (OASIS) veri tabanından alınan Klinik Demans Derecelendirmesi 1 (KDR1) alzheimer hastası kadın denek MR görüntüsü üzerinden denemeler yapılmıştır (Marcus et al., 2007). Denek görüntüsü üzerinden eksen dönüştürme, görüntü reoryantasyonu, gürültü ve bias giderme, beyin dışı yapıların atılması, segmentasyon, yumuşatma, normalizasyon, modülasyon, birlikte çakıştırma olmak üzere dokuz ön işleme yöntemi incelenmiş ve uygulamaları yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Veri

Bu çalışmada, ön işleme yöntemlerinin uygulamaları için OASIS veri tabanından alınan KDR1 alzheimer hastası bir kadın denek T1 ağırlıklı 3B MR görüntüsü kullanılmıştır (Marcus et al., 2007). 3B MR görüntüsü, ön işlemeye tabi tutulmamış "OAS1\_0028\_MR1\_mpr\_n4\_anon\_sbj\_111" önekli, 256x256 görüntü ve 1x1x1 voksel boyutlu olup 160 kesitten oluşmaktadır. Bu görüntünün çekim protokolleri TE= 4.0 msn, TR= 9.7 msn, TI= 20 msn, TD= 200 msn, FA= 10 olmak üzere Siemens (Erlangen, Germany) marka 1.5T cihaz ile alınan Magnetization Prepared Rapid Gradient Echo (MPRAGE) uzantılı volümetrik ve NIfTI dosya formatı şeklindedir (Marcus et al., 2007). NIfTI dosya formatı şeklindeki görüntüler \*.nii veya \*.img uzantılı olup MRlcro ve SPM programları üzerinden görüntülenebilmektedir. Şekil 2.1'de OAS1\_0028 nolu denek MR görüntüsünün sagittal ekseninde tek kesit ve üç eksen gösterimi verilmiştir.

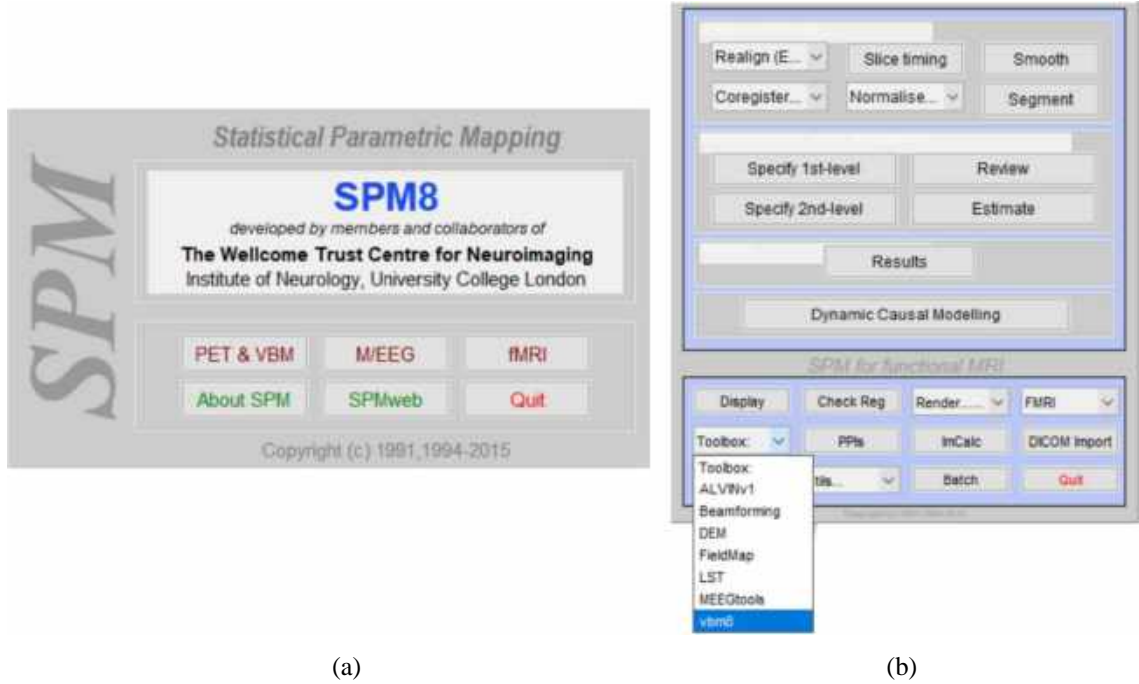


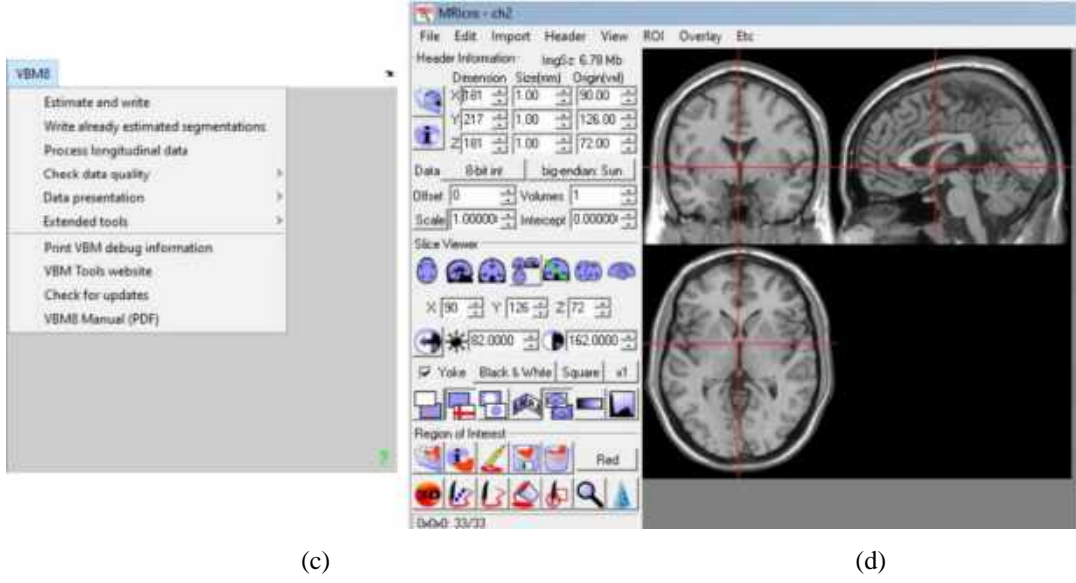


Şekil 2.1. OAS1\_0028 görüntüsünün sagittal ekseninde tek kesit ve üç eksen gösterimi

## 2.2. MRICro, SPM8 Programı ve VBM8 Kütüphanesi

SPM8 programı College London Üniversitesi Nöroloji Enstitüsü tarafından geliştirilen farklı sinyal ve görüntülerin ön işleme ve analizine imkân sağlayan MATLAB tabanlı bir programdır. Bu program ile yapısal MR, fonksiyonel MR, PET görüntüleri ile EEG/MEG sinyallerinin ön işlemleri ve analizleri yapılabilmektedir. Her bir ön işleme ve analiz araçları güncel versiyonları ile son kullanıcıya hizmet vermektedir. SPM8 programı açık kaynak olup kullanıcılar program altyapısını kullanarak kendilerine ait kütüphaneler oluşturabilmektedirler. Bu kütüphaneler SPM web sitesinden dünyadaki araştırmacıların kullanımına sunulabilmektedir. VBM8 kütüphanesi SPM8 programının altyapısını kullanarak yapısal MR için özelleştirilmiş araçları barındırmaktadır (F Kurth et al., 2010). Kullanıcı eksen dönüştürme ve reoryantasyon işlemlerini yaptıktan sonra ham MR görüntüsünü girilen parametre değerlerine göre istenilen ön işlemler yapılmış olarak elde edebilmektedir. VBM8 kütüphanesi indirildikten sonra SPM8 programının “toolbox” klasörü içerisine eklenmelidir. Kütüphane eklenmiş SPM8 aracının MATLAB programında “Addpath” seçeneği kullanılarak yolu tanımlanmalıdır. Böylece MATLAB komut ekranına “spm” yazılarak Şekil 2.2a’da verilen program arayüzüne ulaşılabilir. fMRI sekmesi ile girilen arayüzde “toolbox” seçeneğine tıkladığında listedeki “vbm8” komutu ile kütüphane aracına kolaylıkla ulaşılabilir. Şekil 2.2b ve Şekil 2.2c’de fMRI arayüzü ve VBM8 program başlangıcı gösterilmektedir. Bazı ön işleme ve basit araçları ile MRICro beyin analizlerinde kullanışlı bir programdır (Rorden, 2005). Çalışmada MRICro programı sadece eksen dönüştürme işlemi için kullanılmıştır. Şekil 2.2d’de MRICro arayüzü gösterilmektedir.

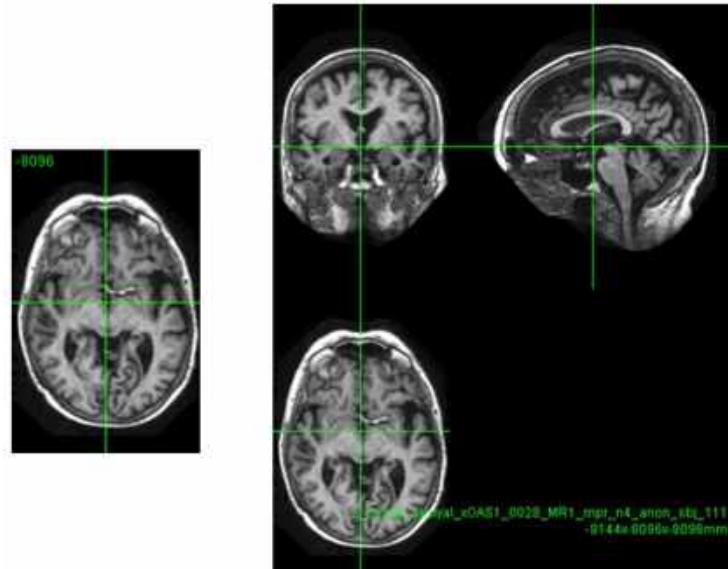




Şekil 2.2. (a) SPM8 arayüzü (b) fMRI arayüzü (c) VBM8 arayüzü (d) MRIcro arayüzü (Öziç, 2018)

### 2.3. Eksen Dönüştürme

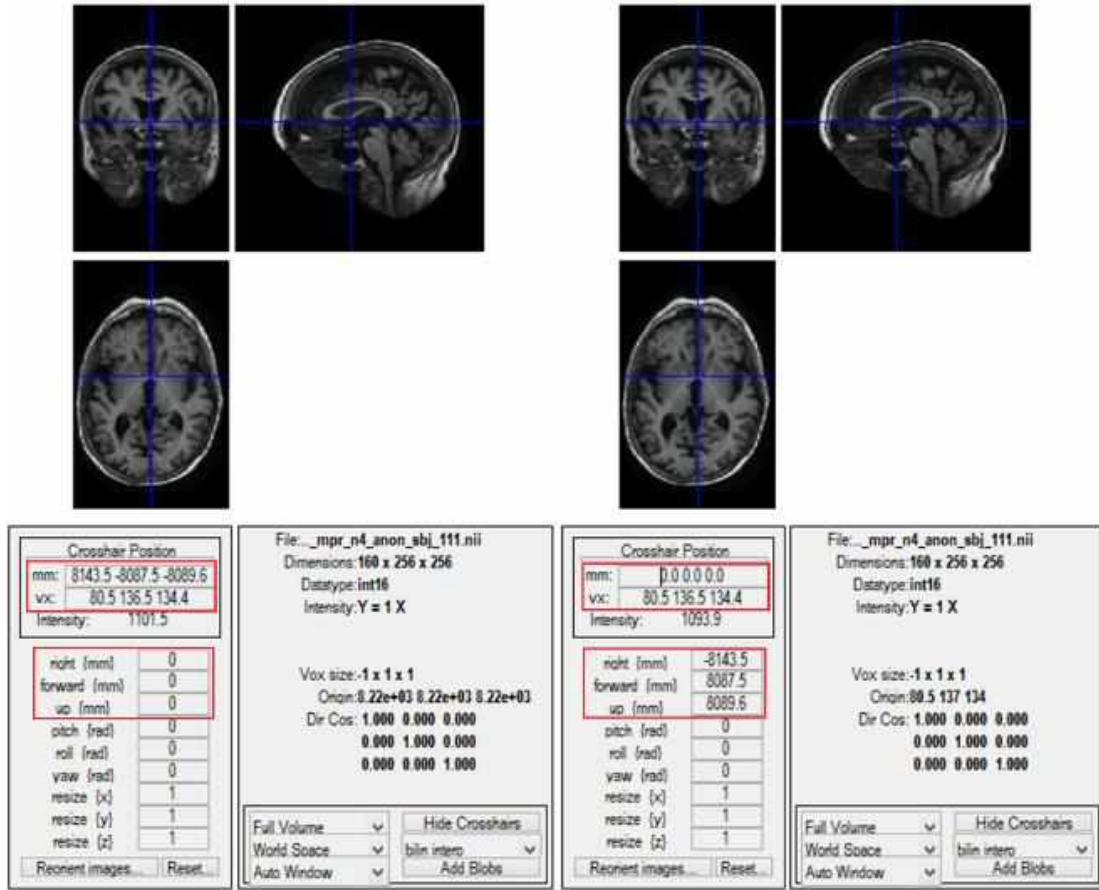
3B MR görüntüleri aksiyal, sagittal veya koronal eksenlerin herhangi birinden alınabilmektedir. SPM8 programı içerisindeki birçok şablon aksiyal eksenle tanımlandığı için görüntülerin aksiyal eksene dönüştürülmesi gerekmektedir (Ashburner et al., 2008). Görüntülerin “header” dosyalarında, hangi vokselin hangi koordinatlarda tutulduğunun bilgisi bulunmaktadır. MRIcro programı bu bilgiyi kullanarak görüntülerin çekildiği eksenle aksiyal eksene dönüştürülmesi için bir araç bünyesinde barındırmaktadır. Program görüntüleri istenilen eksenle tekrar dilimlemektedir. OASIS veri tabanından alınan 3B MR görüntüsü sagittal eksenle alındığı için aksiyal eksene dönüştürülmesi gerekmektedir. Bu işlem sonucunda görüntünün içeriğinde herhangi bir değişiklik olmamakta, sadece görüntüye bakılan yön değiştirilmektedir. Bundan dolayı aksiyal eksenle 160 kesit yerine 256 kesit oluşmakta, görüntü boyutu 256x256 yerine 160x256 görüntü boyutuna dönüşmektedir. Voksel boyutlarında herhangi bir değişiklik olmamaktadır. Şekil 2.3’te sagittal eksenle alınmış görüntünün aksiyal eksene dönüştürülmüş şekli verilmiştir.



Şekil 2.3. OAS1\_0028 görüntüsünün sagittal eksenden aksiyal eksene dönüştürülmüş tek kesit ve üç eksenle gösterimi

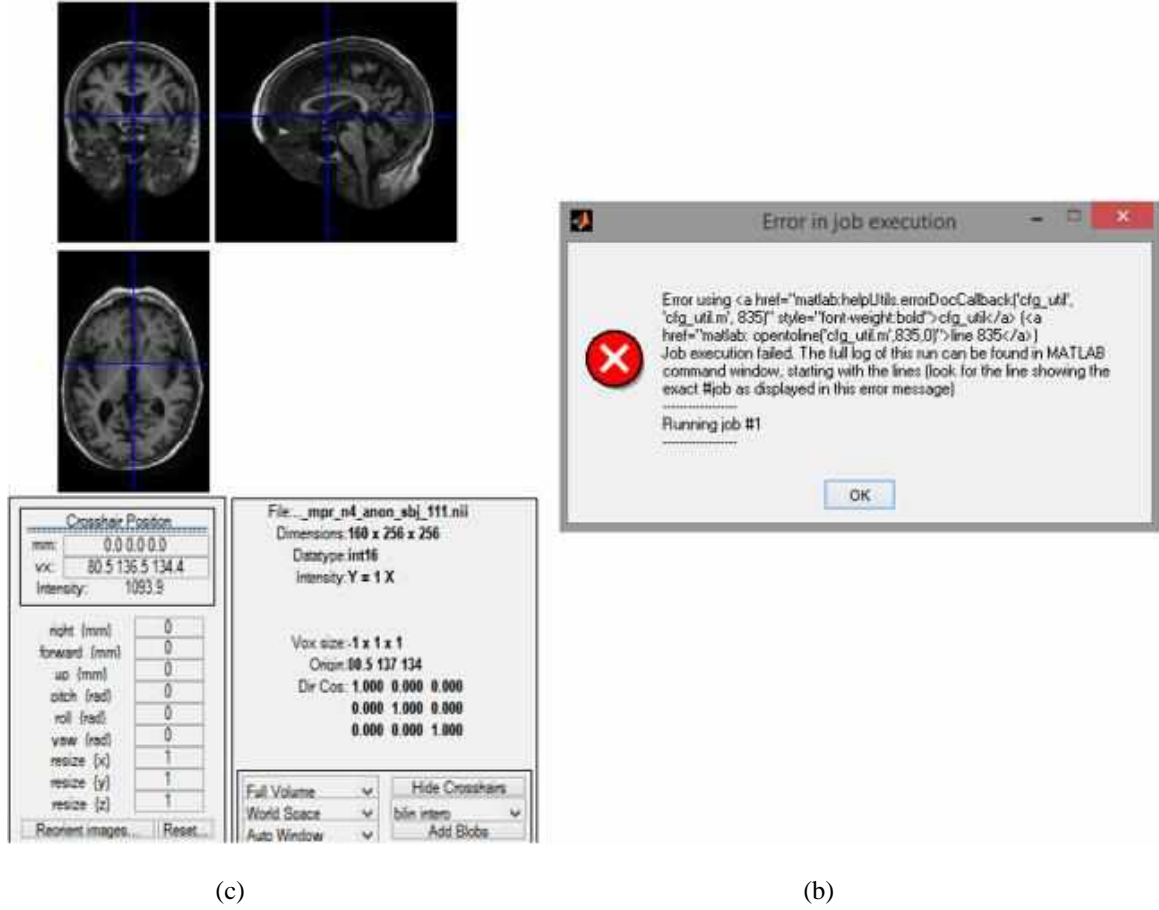
## 2.4. Görüntü Reoryantasyonu

Görüntü reoryantasyonu, beyin görüntüsünün 3B uzayda bir noktadan diğer bir noktaya kaydırılması işlemidir. Bu işlem sırasında voksellerin buldukları koordinatlarda döndürme (*rotation*) ve öteleme (*translation*) olmak üzere iki hareket yapılır. SPM8 programı üzerinde açılan bir panel kullanılarak x, y, z ve yaw, pitch, roll açıları ile altı farklı açısal kaydırma yapılabilmektedir. Tek bir yönde açısal hareket yapılabileceği gibi altı farklı giriş ile üç boyutlu hareket yaptırılmaktadır. İşlem sırasında veksellerin komşuluk intensiteleri değişmemekte olup sadece katı dönüşüm gerçekleştirilmektedir (Davis & Loh, 2011). Bu işlem cihazda görüntü eldesi sırasında hastanın kafa hareketlerinden ve beyin merkez koordinatlarının kaymasından dolayı gerekli bir ön işlemdir. 3B MR görüntülerinin merkezi x,y,z=0 Anterior Commissure (AC) noktası olarak kabul edilmektedir (Talairach & Tournoux, 1988). Anterior Commissure ve Posterior Commissure (PC) noktalarından geçen çizgi merkez orijin çizgisi, bu çizgiden çekilen düzlem ise beyin orta düzlemi (*midsagittal plane*) olarak tanımlanmıştır (Liu, Collins, & Rothfus, 2001). SPM8 programında kullanılan şablonlar AC noktasını merkez olarak belirlediği için görüntünün bu nokta kullanılarak tekrar reoryantasyon yapılması gerekmektedir. Aksi halde şablon ile görüntü tam oturmadığı için VBM8 kütüphanesi hata vermekte veya elde edilen segmentasyon görüntülerinde yer yer deformasyonlar görülebilmektedir (Florian Kurth, Gaser, & Luders, 2015). AC noktası her ne kadar tam olarak oturtulamazsa da olabildiğince yakın olmasının yeterli olacağı belirtilmiştir (Ridgway, 2010b). Şekil 2.4a'da sagittal ekseninde mavi imlecun ortasında, corpus callosum altında bulunan nokta AC noktasıdır. Ancak panel altında bulunan kırmızı dikdörtgen içerisinde bulunan koordinat değerlerinin [8143.5 8087.5 8089.6] olduğu görülmektedir. Bu değerlerin Şekil 2.4b'de verildiği gibi [0 0 0] noktasına çekilmesi için alt panelde bulunan x, y, z değerlerine bu koordinat değerlerinin zıt yönleri girilerek reoryantasyon işlemi ile düzeltme yapılmıştır. Şekil 2.4c'de görüntünün reoryantasyon yapılmış şekli, Şekil 2.4d'de reoryantasyon işlemi yapılmazsa MATLAB'ın verdiği hata gösterilmektedir.



(a)

(b)

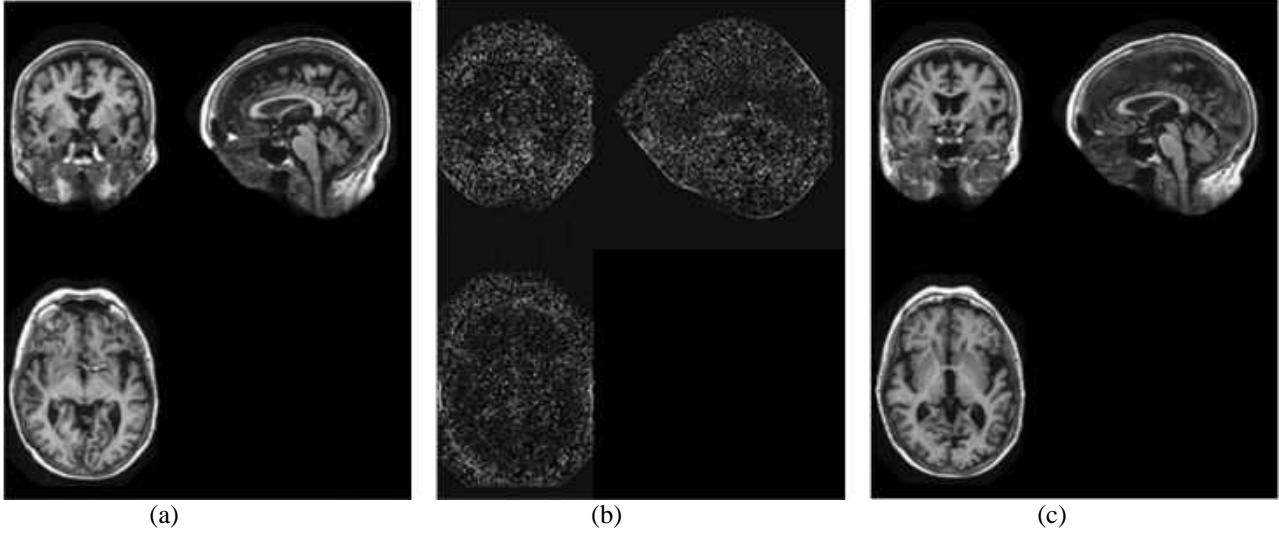


Şekil 2.4. (a) Ham görüntü ve koordinatları (kırmızı kutu içerisinde) (b) Düzeltme için girilen koordinatlar (c) Görüntünün x, y, z =0 olarak ayarlanmış durumu (d) İlgili koordinat değişimi yapılmadığında MATLAB'ın vermiş olduğu hata görüntüsü (Öziç, 2018)

## 2.5. Gürültü ve Bias Giderme

MR görüntüleri cihazdan alınırken elektromanyetik dalgalar ve çevreden gelen rastgele gürültülerden etkilenmektedir. Bu etkiden kaynaklı olarak görüntü üzerinde istenmeyen vokseller meydana gelir. İstenmeyen voksel değerleri analiz sırasında görüntülerde bozulmalar oluşturmaktadır. Gürültüler rastgele oluştuğu için klasik gürültü giderme algoritmaları ile güçlü sonuçlar alınamamaktadır. Kullanılan gürültü giderme algoritmalarının anlamlı vokselleri yok etmeden adaptif bir şekilde gürültüyü yok etmesi gerekmektedir. Genel olarak MR görüntülerinde bias ve diğer gürültüler olmak üzere iki gürültü çeşidi tanımlanmaktadır. Bias gürültüsü çekim esnasında kullanılan radyo frekans dalgalarından kaynaklı bir gölge gürültüsü oluşturur. Bu gürültü tipine literatürde hayalet (*ghost*) gürültü de denilmektedir. Diğer gürültüler ise termal ve diğer gürültülerdir. Tanımlanan iki gürültü çeşidini gidermek için literatürde birçok algoritma önerilmektedir (Ahmed, Yamany, Mohamed, Farag, & Moriarty, 2002; Gudbjartsson & Patz, 1995; Manjón et al., 2008; Manjón, Coupé, Buades, Collins, & Robles, 2012; Tustison et al., 2010; Van Leemput, Maes, Vandermeulen, & Suetens, 1999). Bias ve diğer gürültü tiplerini gidermek için literatürde tanımlanan adaptif algoritmalar SPM8 ve VBM8 kütüphanelerine gömülmüştür. Bias giderme için ayrık kosinüs dönüşümünün temel fonksiyonları kullanılmaktadır (Ridgway, 2008). Rassal gürültüler için ise markov rastgele alanları ve uzaysal adaptif yerel olmayan filtreler kullanılmaktadır (F Kurth et al., 2010; Manjón, Coupé, Martí-Bonmatí, Collins, & Robles, 2010; Rajapakse, Giedd, & Rapoport, 1997). Şekil 2.5a'da bias ve diğer rassal gürültülerin olduğu 3B MR görüntüsü, Şekil 2.5' de görüntüye binen diğer ve bias gürültüler, Şekil 2.5c'de gürültüden arındırılmış 3B görüntü verilmiştir. Şekil 2.5b'de verilen görüntü gürültülü ve gürültüden arındırılmış görüntünün birbirinden 3B uzayda çıkarılması ile elde edilmiştir.

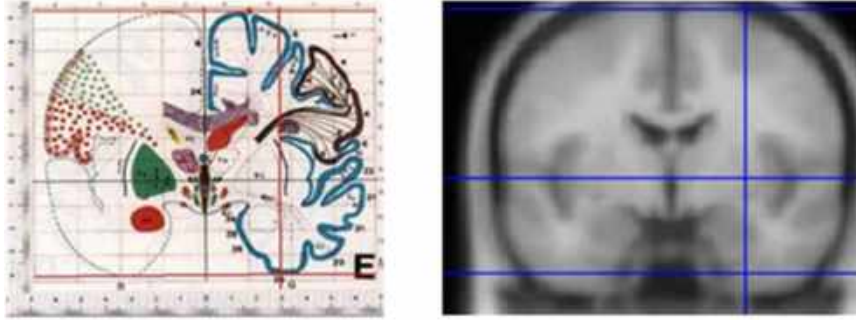




**Şekil 2.5.** (a) Bias ve rassal gürültülü görüntü (b) Görüntüden çekilen bias ve rassal gürültü (c) Bias ve rassal gürültülerden arındırılmış görüntü

## 2.6. Normalizasyon

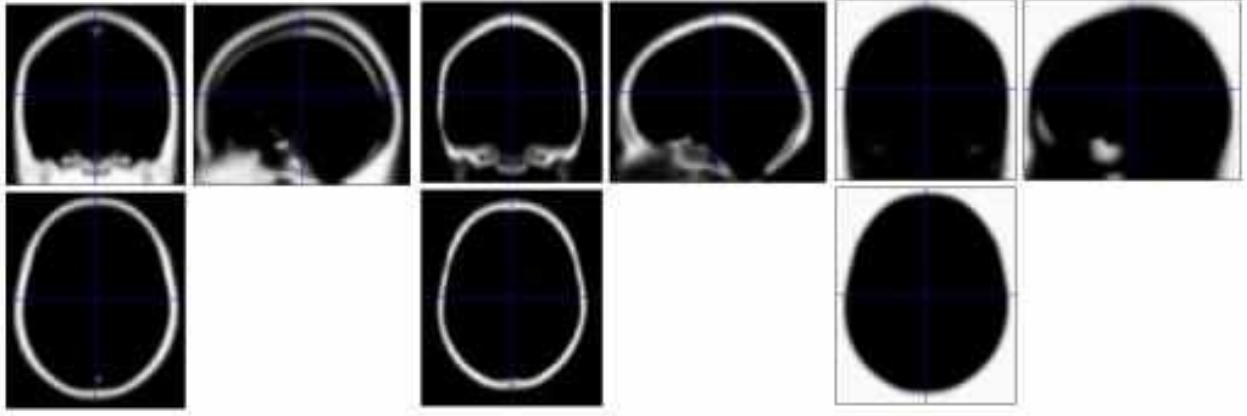
3B MR görüntülerinin grup içi ve gruplar arası karşılaştırma çalışmalarında her insanın kafa büyüklüğünün farklı olması analizi çıkmaza sokmaktadır. Bundan dolayı görüntüleri aynı koordinat düzlemine oturtulması için normalizasyon işlemi geliştirilmiştir. Normalizasyon belli kurallar çerçevesinde görüntü voksellerini tanımlanan uzaya tekrar örnekleme yapmaktadır. Görüntüler aynı koordinat sisteminde ve aynı boyutlarda olduğu için güçlü analizler yapılabilmektedir. Böylece grup içi ve gruplar arası karşılaştırmalar, hacim analizleri, atrofi farklılıkları gözlemlenebilmekte, yapılan işlemin istatistiksel gücü artırılmaktadır (Şenvardar, 2011). SPM8 programı ve VBM8 eklentisi *Montreal Neurological Institute* (MNI) uzayını normalizasyon işleminde referans almaktadır. Bu uzay da temelde 1988 yılında Talairach ve Tournoux isimli iki bilim adamının 60 yaşındaki bir Fransız kadının kafa beyininden tanımladıkları Talairach koordinat sistemini referans almaktadır. Bu sistem beyin şekil ve büyüklüğünden bağımsız olarak hiçbir atrofiden etkilenmediğini iddia ettikleri AC noktasını beyin merkezi olarak kabul etmektedir. AC/PC noktalarından geçen çizgiyi orijin çizgisi olarak kabul etmişlerdir. Önerilen teknik sadece bir insanın kafa koordinat sistemini modellemesine rağmen uzun süre sayısal işlemlerde standart olarak kullanılmıştır. Bu sistemi kullanan bilgisayar destekli sayısal analizlerde beyin tekrar boyutlandırılırken hatalar meydana gelebilmektedir (Brett, Johnsrude, & Owen, 2002; Dağdeviren, 2012; Lancaster & Fox, 2000; Talairach & Tournoux, 1988). MNI bu sistemi tüm popülasyonu temsil edebilecek şekilde tekrar revize etmiş, kendi koordinat sistemini geliştirmiştir. Aynı zamanda koordinat sistemine görüntülerin çakıştırılması için şablon görüntüler önermiştir. Önerilen koordinat sistemi iki aşamada türetilmiştir. İlk olarak 241 3B sağlıklı MR görüntüleri Talairach eksenine çakıştırılarak ortalamaları alınmış ve geçiş görüntüsü elde edilmiştir. İkinci aşamada 305 sağlıklı MR görüntüsü elde edilen geçiş görüntüsüne çakıştırılarak MNI 305 şablonu elde edilmiştir. SPM programının 96 ve 99 versiyonları MNI 305 şablon görüntüsünü kullanmıştır. Güncel versiyonları 152 beyin görüntüsünün afin dönüşümü kullanarak elde ettiği ICBM 152 şablonunu kullanmaktadır (Brett, Christoff, Cusack, & Lancaster, 2001; Dağdeviren, 2012; Evans et al., 1993; Evans, Collins, & Milner, 1992). Şekil 2.6a'da Talairach tarafından önerilmiş olan sistem, Şekil 2.6b'de MNI tarafından önerilen koordinat sistemi verilmiştir. Normalizasyon işlemi sonunda şablona çakıştırılan MR görüntüleri aynı vokselle boyutu, görüntü boyutu ve dilim sayısına eşit olmaktadır. Bu işlem sırasında beyin konsantrasyonu ya da hacim analizine göre farklı yöntemler kullanılmakta görüntü içeriğindeki bilgi değiştirilmemektedir. Literatürde normalizasyon için birçok yöntem önerilse de en güçlü algoritma John Ashburner tarafından önerilmiştir (Ashburner, 2007). *Anatomical Registration Through Exponentiated Lie Algebra* (DARTEL) yöntemi farklı normalizasyon algoritmaları içinde en iyi çakıştırmayı vermektedir. DARTEL yönteminin aynı zamanda farklı merkezlerden farklı görüntüleme protokolleri ile alınan görüntüler arasında en iyi çakıştırmayı verdiği belirtilmiştir (Goto et al., 2013; Klein et al., 2009). Normalizasyon işlemi bu çalışmada segmentasyon ve beyin dışı yapıların atılması işlemi içerisinde entegre bir şekilde yapılmıştır.



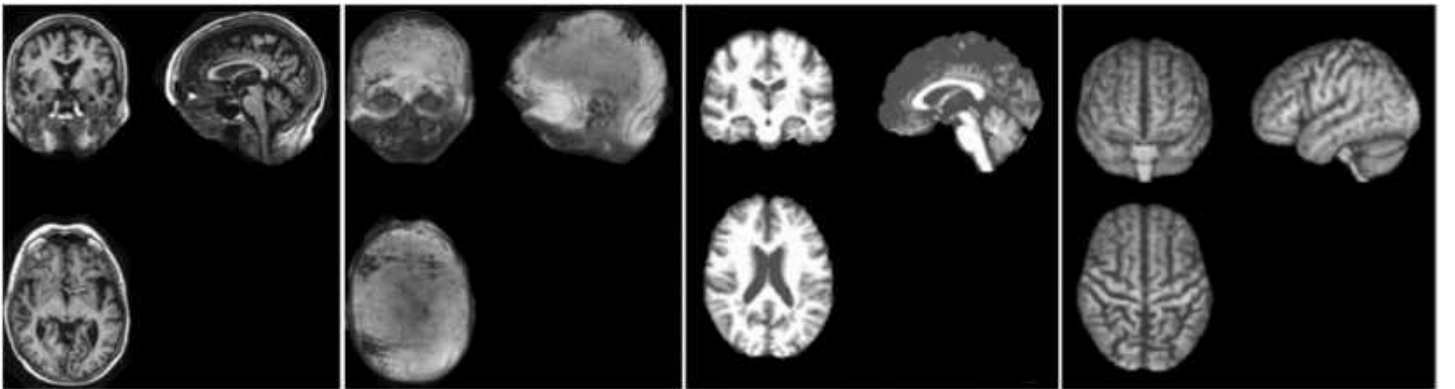
Şekil 2.6. (a) Talairach Koordinat Sistemi (b) MNI Koordinat Sistemi (Ridgway, 2010a)

## 2.7. Beyin Dışı Yapıların Atılması

3B MR görüntülerinin sayısal analizlerinde kemik, zar gibi yapılar gereksiz işlemlerin yapılmasına neden olmaktadır. Anlamli bilgilerin bulunduğu beyin dokusuna zarar vermeden beyin dışı yapıların atılması gereklidir. Bu işlem için daha önceden oluşturulmuş öncül olasılık haritalarını kullanılmaktadır (Ridgway, 2010a). Görüntüler MNI uzayına normalize edilmiş şekilde beyin dışı yapılar giderilmektedir. Şekil 2.7’de beyin dışı yapıları atmak için kullanılan öncül olasılık haritaları verilmiştir. Şekil 2.8a’da OAS1\_0028 nolu görüntünün kemikli yapısı ve 3B modeli, Şekil 2.8b’de beyin dışı yapıların atılmış olduğu görüntü ve 3B modeli verilmiştir.



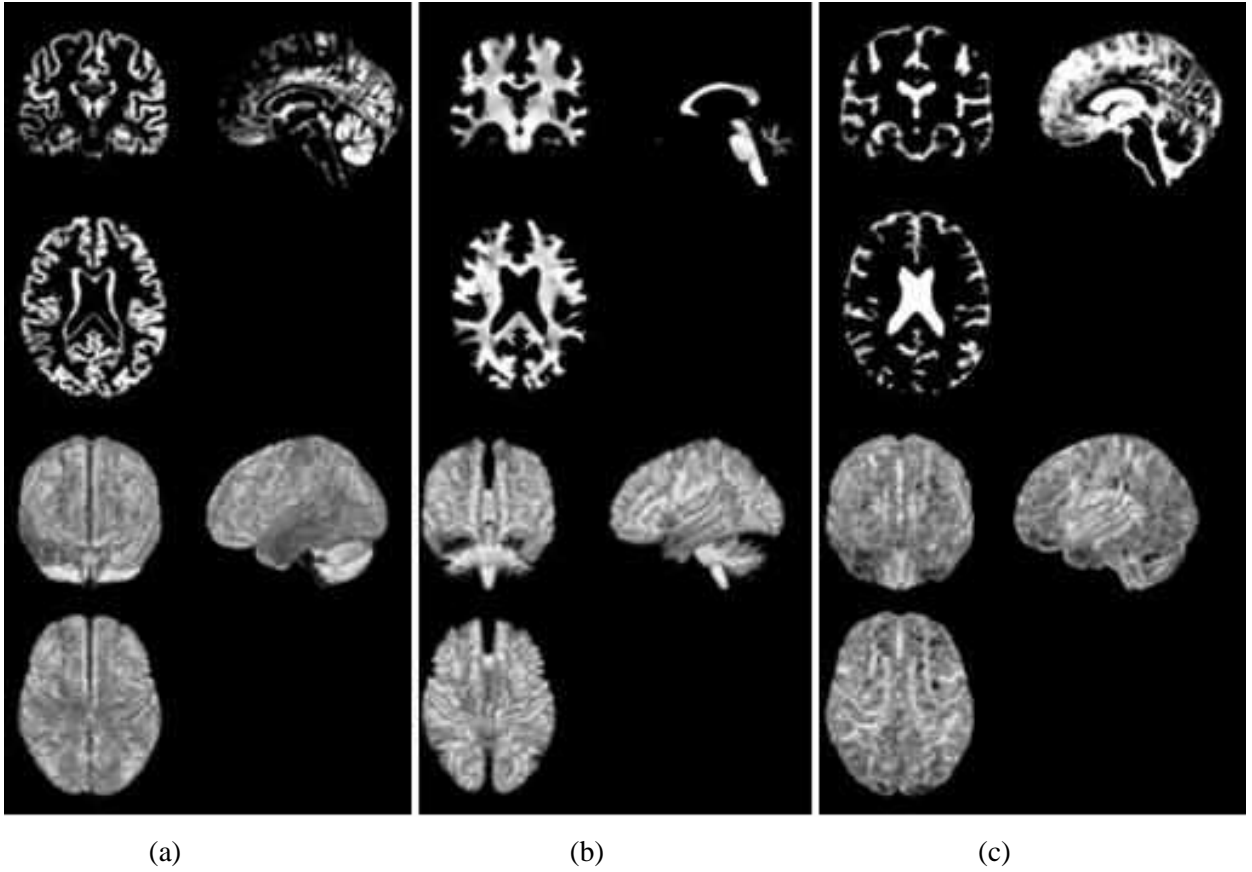
Şekil 2.7. Beyin dışı yapılar öncül olasılık haritaları(Ridgway, 2010a)



Şekil 2.8. (a) OAS1\_0028 nolu görüntü ve 3B model (b) Beyin dışı yapıların normalize koordinatlarda atılmış durumu ve 3B model (Öziç, 2018)

## 2.8. Segmentasyon

Segmentasyon işlemi beyni oluşturan Beyaz Madde (BM), Gri Madde (GM) ve Beyin Omurilik Sıvısı (BOS) bölgelerinin üç boyutlu olarak birbirinden ayrılması işlemidir. MR görüntülerinde GM gri tonda, BM beyazımsı tonda ve BOS bölgesi siyah tonda voksellerden oluşmaktadır. GM madde sinirlerin bulunduğu BM'yi kaplamakta, BOS ise bu iki bölge ve kemik dokusu arasında kalan bölgelerde sıvı halde bulunmaktadır. Bu bölgelerin 3B segmentasyonu hacim analizlerin yapılması için önemli bir aşamadır. GM ve BM 3B segmentasyonu grup içi ve gruplar arası katı karşılaştırmaların yapılabilmesi için gereklidir. Segmentasyon işlemi öncesi ve sonrası bazı ön işleme metotları kullanıldığı için ön işleme basamakları arasına dahil edilmiştir. Bölgeler arasındaki voksel intensite geçişlerine daha yakından bakıldığında hangi vokselin hangi kümeye dahil olduğu manuel olarak kestirilememektedir. SPM programının ilk versiyonları hangi vokselin hangi kümeye dahil olduğunun belirlenmesi için gauss karışım modeli kullanmıştır. Bu model bayes teoremi ve bölgeler için türetilmiş öncül olasılık haritaları kullanmış, voksellerin ilgili bölgeye ne kadar olasılıkla dahil olduğunu belirleyerek segmentasyon işlemi yapmıştır (Ashburner & Friston, 2000). SPM8 programında bias düzeltmesi, normalizasyon ve segmentasyon işleminin bir arada tanımlandığı birleştirilmiş segmentasyon (*unified segmentation*) yapılabilmektedir (Ashburner & Friston, 2005). VBM8 kütüphanesi öncül olasılık işlemine gerek kalmadan *Maximum A Posterior* ve parçalı hacim tekniği ile segmentasyon işlemi yapmaktadır. (F Kurth et al., 2010; Rajapakse et al., 1997; Tohka, Zijdenbos, & Evans, 2004) Normalizasyonlu segmentasyon işlemi için düşük dereceli uzaysal normalizasyon veya yüksek dereceli DARTEL normalizasyon işlemi seçilebilmektedir. Seçilen işleme göre kullanılan normalizasyon şablonları değişmektedir. VBM8 kütüphanesinde gerekli parametre değerleri girildiğinde ham görüntü bias ve diğer gürültülerden giderilmiş, normalizasyon ve segmentasyon işlemi yapılmış bir şekilde elde edilebilmektedir (F Kurth et al., 2010). Şekil 2.9a'da OASIS 28 nolu ham görüntünün normalize uzayda GM ve 3B modeli, Şekil 2.9b'de BM ve 3B modeli, Şekil 2.9c'de BOS ve 3B modeli verilmiştir.

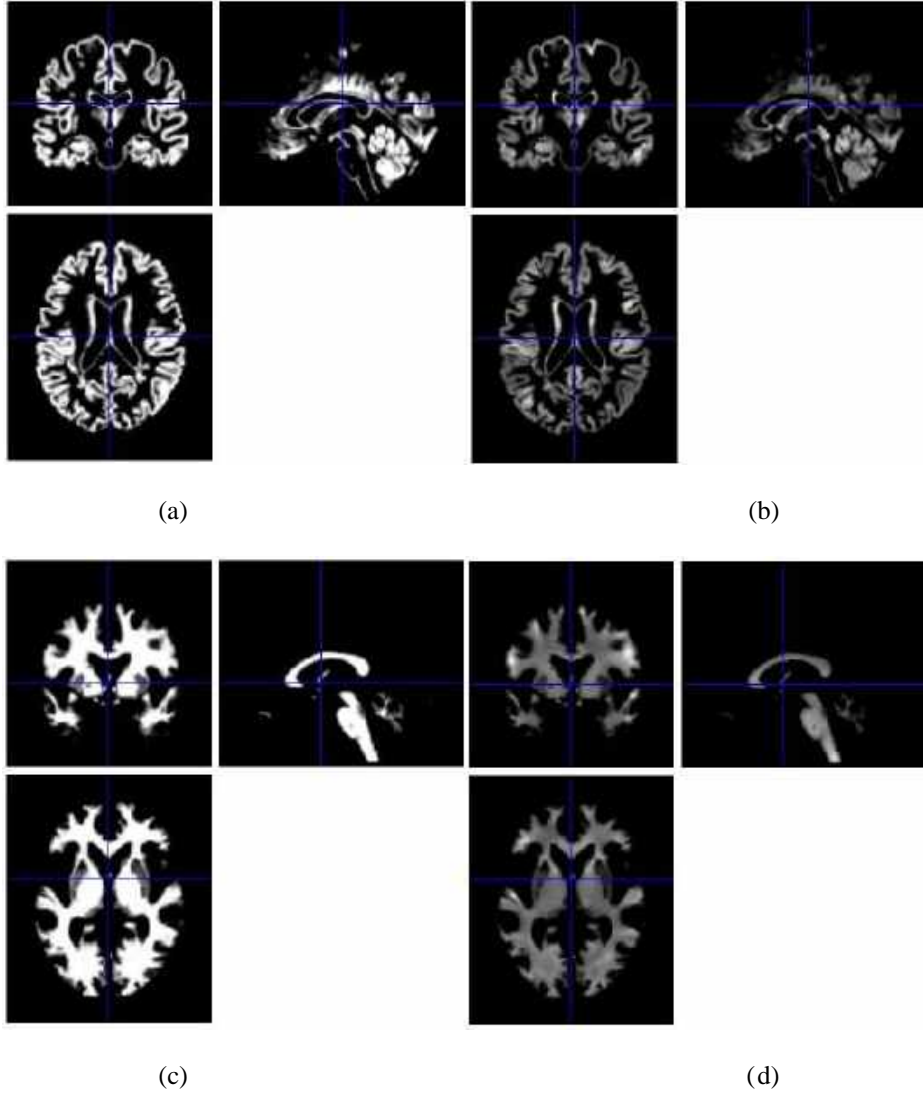


Şekil 2.9. OAS1\_0028 nolu deneğin VBM8 kütüphanesi ile (a) GM segmentasyonu ve 3B modeli (b) BM segmentasyonu ve 3B modeli (c) BOS segmentasyonu ve 3B modeli (Öziç, 2018)

## 2.9. Modülasyon

Modülasyon, segmentasyon işleminden sonra *native* uzaydaki hacmin segmente edilen uzayda da korunması için yapılan bir ön işleme yöntemidir. Normalize uzayda segmentasyon işlemi için doku konsantrasyonunun korunduğu veya hacim bilgisinin korunduğu uzay kullanıcı tarafından belirlenir. İşlem sonucu hacim analizi yapılacaksa modülasyonlu görüntüler, katı değişikliklerin incelenmesi için ise doku konsantrasyonunun korunduğu görüntüler kullanılmalıdır. Modülasyon işlemi normalizasyon işlemi sırasında voksel değerlerinin jacobian determinat işleminden geçilmesi ile uzayda vokselleri tekrar örnekleme (Mechelli, Price, Friston, & Ashburner, 2005). Amaca göre istenilen görüntüler VBM8 kütüphanesinde gerekli parametreler ayarlanarak elde edilebilmektedir. Modülasyonlu görüntüler nispeten daha gri renktedir. OAS1\_0028 nolu deneğin Şekil 2.10a'da GM normalize modülasyonsuz

görüntüsü, Şekil 2.10b’de GM normalize modülasyonlu görüntüsü, Şekil 2.10c’de BM normalize modülasyonsuz görüntüsü, Şekil 2.10d’de BM normalize modülasyonlu görüntüsü verilmektedir.

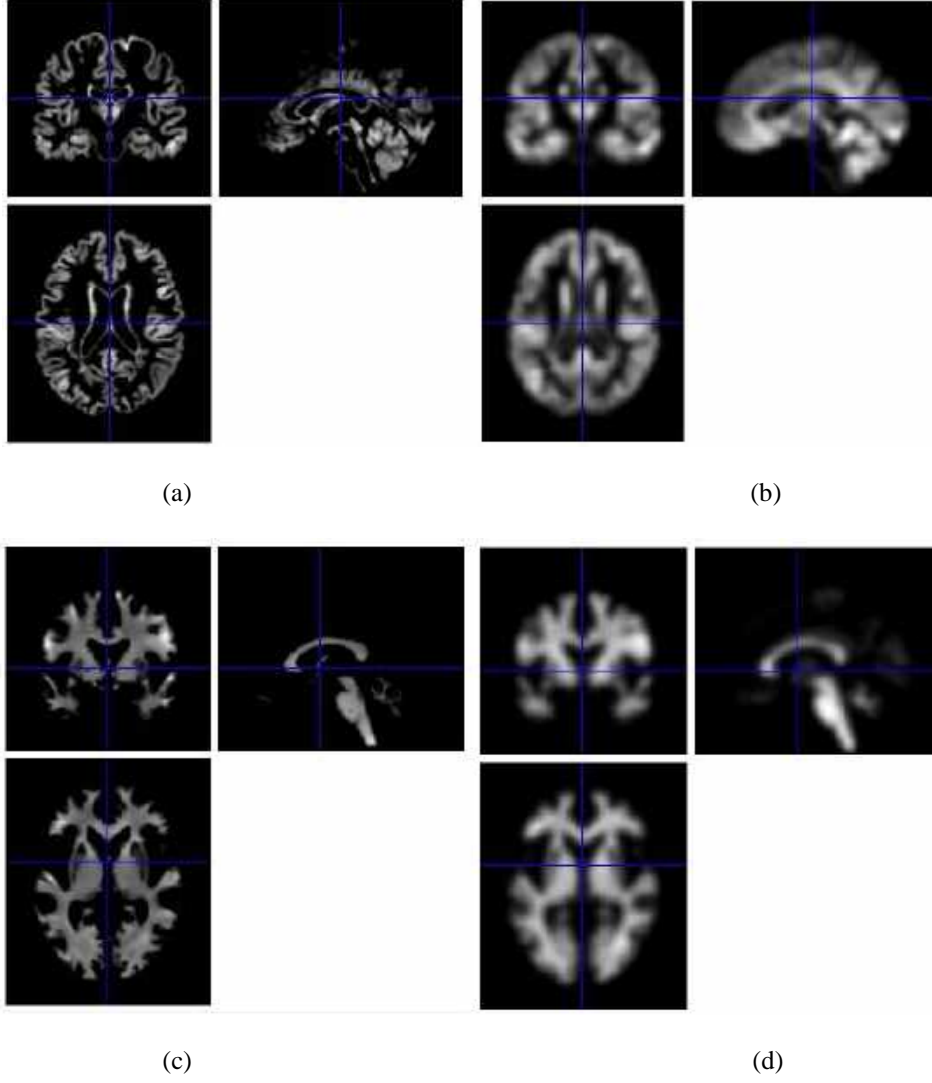


Şekil 2.10. (a) Modülasyonsuz GM (b) Modülasyonlu GM (c) Modülasyonsuz BM (d) Modülasyonlu BM (Öziç, 2018)

## 2.10. Yumuşatma

Yumuşatma işlemi segmente edilmiş modülasyonlu veya modülasyonsuz görüntülerin 3B bir gauss filtre ile yumuşatılmasıdır. Filtre ile görüntü konvolüsyon işlemine tabi tutulur. Yumuşatma 3B yapısal MR ve fonksiyonel MR görüntü gruplarının kendi içlerinde karşılaştırılmasında istatistiksel gücü artıran önemli bir parametredir. Gauss filtrenin en önemli değişkeni *Full Width at Half Maximum* (FWHM) büyüklüğüdür (Ashburner et al., 2008; Şenvardar, 2011). SPM8 programında varsayılan değer 8x8x8 mm büyüklüğündedir. Bu değer artması ve azalması ile görüntüdeki yumuşatma değişmektedir. Yapısal MR görüntülerinin voksel tabanlı morfometri analinden önce yumuşatma işlemi rutin olarak yapılmaktadır (Ridgway, 2008). Şekil 2.11a ve Şekil 2.11b’de modülasyonlu segmente normalize edilmiş GM, Şekil 2.11c ve Şekil 2.11d’de modülasyonlu segmente normalize edilmiş BM görüntülerin 8x8x8 FWHM ile yumuşatma işleminden geçirilmiş şekilleri verilmiştir.

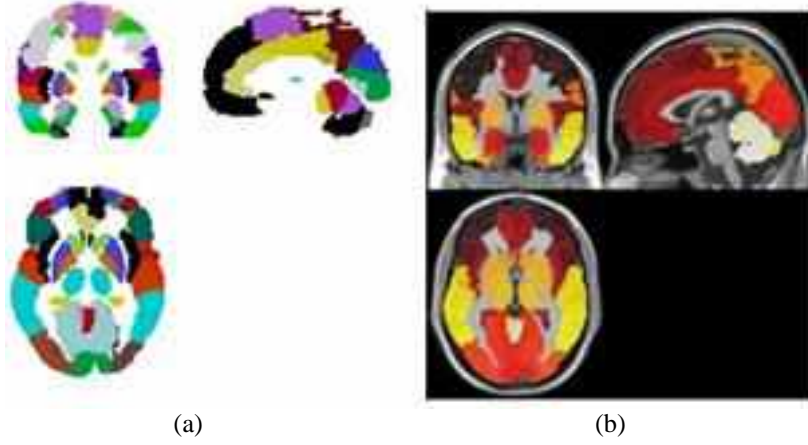




Şekil 2.11. (a) Modülasyonlu GM (b) FWHM ile yumuşatılmış modülasyonlu GM (c) Modülasyonlu BM (d) FWHM ile yumuşatılmış modülasyonlu BM (Öziç, 2018)

## 2.11. Birlikte Çakıştırma

Birlikte çakıştırma (*coregister*) iki farklı görüntü boyutlu ve vokselle boyutlu 3B görüntülerin interpolasyon işleminden geçirilerek aynı boyutlara hizalanması işlemidir. SPM8 programında “*Coregister Reslice*” aracı ile kaynak ve referans görüntüler girilerek işlem gerçekleştirilir. En önemli parametre interpolasyon işleminin belirlenmesidir. İnterpolasyon ile tekrar dilimleme esnasında vokselle komşuluklarında nasıl bir örnekleme metodu izleneceği belirlenir. Program varsayılan olarak *trilinear* seçeneğini sunmaktadır. Ancak en yakın komşu (*nearest neighbour*) ve 2-7. dereceden *BSpline* interpolasyon yöntemleri kullanıcının isteğine göre seçilebilmektedir (Ashburner et al., 2008). Şekil 2.12.’de *Automated Anatomical Labeling* (AAL) atlas ile MNI uzayına normalize edilmiş görüntünün birlikte çakıştırma işleminden sonra üst üste oturtulması gösterilmiştir. Böyle bir işlemin yapılabilmesi için her iki görüntünün de merkez noktasının aynı olması ve MNI uzayına normalize edilmiş olması gerekmektedir.



Şekil 2.12. (a) AAL atlas (b) Normalized edilmiş yapısal MR görüntüsüne çakıştırılması (Öziç, 2018)

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

MR görüntüleri medikal görüntüler içerisinde analizi son derece zor olan görüntülerdir. Beyindeki bölgelerin voksel intensite geçiş sınırlarının manuel olarak net bir şekilde çizilememesi ve keskin sınırların belirlenememesi ilgili bölgelerin ölçümlerini zorlaştırmaktadır. Aynı zamanda manuel analizlerin kişiden kişiye değişebilmesi ve bu analizlerin kullanıcı bağımlı olması sonuçları göreceli yapmaktadır. Analizlerde bir diğer problem ise süredir. Hasta sayısının fazla olması ve radyolog sayısının sınırlı olması analizlerin süre faktörünü etkilemektedir. Bir kesit üzerinde yapılacak bir ölçümün diğer kesitler üzerinde benzer şekilde yapılması çok fazla süre kaybına yola açacaktır. Bu problemlerin üstesinden gelmek için literatürde tanımlanan bilgisayar destekli sayısal araçlar bir alternatif olarak kullanılabilir. Bu çalışmada, 3B MR görüntü analizlerinde kullanılacak farklı sayısal ön işleme yöntemleri detaylı bir şekilde incelenmiştir. SPM8, MRlcro programları ve VBM8 kütüphanesi kullanılarak yöntemlerin hangi sıralamada ve nasıl kullanılacağı araştırılmıştır. Herhangi bir analizde ön işleme yöntemlerinin hepsinin kullanılmasına gerek yoktur. Hacim analizi için modülasyonlu görüntülerin elde edilmesi yeterli iken (Öziç & Özşen, 2020), voksel tabanlı morfometri gibi grup analizlerinin yapılacağı işlemlerde yumuşatılmış görüntüler elde edilmelidir. Tümör, multipl skleroz ve inme gibi lezyonların analizi görüntü işleme teknikleri ile yapılacaksa arka plandaki gereksiz detayları azaltmak için beyin dışı yapıların atılması yeterli olacaktır. Dolayısıyla ön işleme yöntemleri gerçekleştirilecek çalışmanın amacına dönük olarak belli bir düzen içinde yapılmalıdır. Bir adımda yapılacak olan herhangi bir hata diğer adımlarda problem olarak ortaya çıkmaktadır. Parametre girişlerindeki hatalarda veya bir adımın atlanmasında, işlem düzeni ya ilerlememekte ya da elde edilen görüntüler bozulmaktadır. Bundan dolayı kullanıcı parametre girişlerini dikkatli seçmeli ve istenilen çıktı için adımlarını dikkatli bir şekilde yapmalıdır. Çalışmada ortaya çıkan bir diğer sonuç istenilen adımların hızlı bir şekilde yapılabilmesidir. GM gibi bölgelerin tüm kesitlerde manuel bir şekilde segmentasyonu saatler alabilecek iken, program ile hızlı bir şekilde üretilebilmektedir. Programlar içerisinde güçlü algoritma ve modellerin kullanılması çıktıların hızlı bir şekilde elde edilmesini sağlamaktadır. Ülkemizde konu ile ilgili çok fazla çalışma olmadığından bu çalışmada belirtilen yöntem ve basamaklar araştırmacılar için faydalı bir kaynak olacak niteliktedir.

### 4. Sonuç

Medikal görüntülerin sayısal analizi için görüntülerin ön işleme süreçlerinden geçirilmesi önemli bir basamaktır. Kullanılan görüntü deneklerinin kafa büyüklüklerinin farklı olması, gürültüler, beyin dışı yapılar, standardizasyon problemleri grup içi, gruplar arası ve boyamsal veri analizlerini son derece zorlaştırmaktadır. Bu çalışmada 3B T1 ağırlıklı yapısal MR görüntüleri için ön işleme yöntemleri tanımlanmış ve bir görüntü üzerinde uygulamaları yapılmıştır. Çalışmada tanımlanan ön işleme yöntemleri kullanılarak grup içi ve gruplar arası atrofi ve hacim farklılıkları voksel tabanlı morfometri yöntemi ile incelenebilir. Modülasyonlu görüntüler üzerinden global ve lokal bölge hacimleri hesaplanabilir. Ön işleme yöntemlerinde yapılan bir eksiklik veya düzensizlik sonraki adımlarda kullanıcıya hata yaptırabilir. Bundan dolayı gerekli ön işleme araçları hedefe dönük belli bir düzen içerisinde kullanılmalı ve hedef çalışmaya dönük olmalıdır. Ön işleme yöntemlerinin sadece yapısal MR'da değil, fonksiyonel MR, difüzyon tensör görüntüleme ve pozitron emisyon tomografi görüntülerinde de benzer kullanımları vardır. Gelecek çalışmalarda diğer görüntüleme tekniklerinin ön işleme yöntemleri ile beraber sayısal analizleri incelenecektir. Ayrıca Linux tabanlı FSL ve Freesurfer programlarında kullanılan ön işleme ve analiz yöntemleri ile beraber SPM8 programındaki yöntemlerin performans karşılaştırmaları yapılacaktır. MR cihazlarından görüntü çekildikten sonra ön işleme ve analizlerin güçlü bilgisayarlar ile hızlı bir şekilde yapılması ve doktorlar önüne analizlerin bir ön bilgi olarak gelmesi gelecekte tıp alanında beklenen bir teknolojidir.

## Kaynakça

- Ahmed, M. N., Yamany, S. M., Mohamed, N., Farag, A. A., & Moriarty, T. (2002). A modified fuzzy c-means algorithm for bias field estimation and segmentation of MRI data. *IEEE transactions on medical imaging*, 21(3), 193-199.
- Ashburner, J. (2007). A fast diffeomorphic image registration algorithm. *Neuroimage*, 38(1), 95-113.
- Ashburner, J., Barnes, G., Chen, C., Daunizeau, J., Flandin, G., Friston, K., . . . Litvak, V. (2008). SPM8 manual. *Functional Imaging Laboratory, Institute of Neurology*, 41.
- Ashburner, J., & Friston, K. J. (2000). Voxel-based morphometry—the methods. *Neuroimage*, 11(6), 805-821.
- Ashburner, J., & Friston, K. J. (2005). Unified segmentation. *Neuroimage*, 26(3), 839-851.
- Brett, M., Christoff, K., Cusack, R., & Lancaster, J. J. N. (2001). Using the Talairach atlas with the MNI template. 13(6), 85-85.
- Brett, M., Johnsrude, I. S., & Owen, A. M. (2002). OPINION: The problem of functional localization in the human brain. *Nature reviews Neuroscience*, 3(3), 243.
- Dağdeviren, Z. A. (2012). *Hastaların Yapısal MR Görüntülerinin MNI görüntü Uzayına Kayıtlanması*. (Yüksek Lisans Tezi), Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Davis, E., & Loh, E. (2011). Methods for Dummies: Coregistration and Spatial Normalization. Retrieved from [http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/mfd\\_archive/2011/page1/mfd2011\\_coregistration.pptx](http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/mfd_archive/2011/page1/mfd2011_coregistration.pptx)
- Evans, A. C., Collins, D. L., Mills, S., Brown, E., Kelly, R., & Peters, T. M. (1993). *3D statistical neuroanatomical models from 305 MRI volumes*. Paper presented at the Nuclear Science Symposium and Medical Imaging Conference, 1993., 1993 IEEE Conference Record.
- Evans, A. C., Collins, D. L., & Milner, B. (1992). *An MRI-based stereotactic atlas from 250 young normal subjects*. Paper presented at the Soc. neurosci. abstr.
- Fischl, B. (2012). FreeSurfer. *Neuroimage*, 62(2), 774-781.
- Goto, M., Abe, O., Aoki, S., Hayashi, N., Miyati, T., Takao, H., . . . Mori, H. (2013). Diffeomorphic Anatomical Registration Through Exponentiated Lie Algebra provides reduced effect of scanner for cortex volumetry with atlas-based method in healthy subjects. *Neuroradiology*, 55(7), 869-875.
- Gudbjartsson, H., & Patz, S. (1995). The Rician distribution of noisy MRI data. *Magnetic resonance in medicine*, 34(6), 910-914.
- Gülay, E., & İçer, S. (2020). Evaluation of Lung Size in Patients with Pneumonia and Healthy Individuals. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 304-309.
- Hemanth, D. J., & Anitha, J. (2012). Image Pre-processing and Feature Extraction Techniques for Magnetic Resonance Brain Image Analysis. In *Computer Applications for Communication, Networking, and Digital Contents* (pp. 349-356): Springer.
- Jenkinson, M., Beckmann, C. F., Behrens, T. E., Woolrich, M. W., & Smith, S. M. (2012). Fsl. *Neuroimage*, 62(2), 782-790.
- Klein, A., Andersson, J., Ardekani, B. A., Ashburner, J., Avants, B., Chiang, M.-C., . . . Hellier, P. (2009). Evaluation of 14 nonlinear deformation algorithms applied to human brain MRI registration. *Neuroimage*, 46(3), 786-802.
- Kurth, F., Gaser, C., & Luders, E. (2015). A 12-step user guide for analyzing voxel-wise gray matter asymmetries in statistical parametric mapping (SPM). *Nature Protocols*, 10(2), 293-304.
- Kurth, F., Luders, E., & Gaser, C. (2010). VBM8 toolbox manual. *Jena: University of Jena*.
- Lancaster, J. L., & Fox, P. T. (2000). *Talairach space as a tool for intersubject standardization in the brain*. Paper presented at the Handbook of medical imaging.
- Liu, Y., Collins, R. T., & Rothfus, W. E. (2001). Robust midsagittal plane extraction from normal and pathological 3-D neuroradiology images. *IEEE transactions on medical imaging*, 20(3), 175-192.
- Manjón, J. V., Carbonell-Caballero, J., Lull, J. J., García-Martí, G., Martí-Bonmatí, L., & Robles, M. (2008). MRI denoising using non-local means. *Medical image analysis*, 12(4), 514-523.
- Manjón, J. V., Coupé, P., Buades, A., Collins, D. L., & Robles, M. (2012). New methods for MRI denoising based on sparseness and self-similarity. *Medical image analysis*, 16(1), 18-27.
- Manjón, J. V., Coupé, P., Martí-Bonmatí, L., Collins, D. L., & Robles, M. (2010). Adaptive non-local means denoising of MR images with spatially varying noise levels. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, 31(1), 192-203.
- Marcus, D. S., Wang, T. H., Parker, J., Csernansky, J. G., Morris, J. C., & Buckner, R. L. (2007). Open Access Series of Imaging Studies (OASIS): cross-sectional MRI data in young, middle aged, nondemented, and demented older adults. *Journal of cognitive neuroscience*, 19(9), 1498-1507.
- Mechelli, A., Price, C. J., Friston, K. J., & Ashburner, J. (2005). Voxel-based morphometry of the human brain: methods and applications. *Current medical imaging reviews*, 1(2), 105-113.
- Özel, P. (2020). A Decision Support System to Assess the Masses in Breast Tissue using Classification Algorithms. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 114-119.
- Öziç, M. Ü. (2018). *3B Alzheimer MR Görüntülerinin Sınıflandırılmasında Yeni Yaklaşımlar*. (Doktora Tezi), Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öziç, M. Ü., & Özşen, S. (2020). Comparison Global Brain Volume Ratios on Alzheimer's Disease Using 3D T1 Weighted MR Images. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 599-606.
- Patil, S., & Udipi, V. (2012). Preprocessing to be considered for MR and CT images containing tumors. *IOSR journal of electrical and electronics engineering*, 1(4), 54-57.
- Rajapakse, J. C., Giedd, J. N., & Rapoport, J. L. (1997). Statistical approach to segmentation of single-channel cerebral MR images. *IEEE transactions on medical imaging*, 16(2), 176-186.
- Ridgway, G. (2008). Voxel-Based Morphometry with Unified Segmentation Retrieved from [http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/course/slides08-zurich/Ged\\_seg\\_vbm.ppt](http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/course/slides08-zurich/Ged_seg_vbm.ppt)

- Ridgway, G. (2010a). Spatial Preprocessing. Retrieved from [http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/course/slides10-vancouver/01\\_Spatial\\_Preprocessing.pdf](http://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/course/slides10-vancouver/01_Spatial_Preprocessing.pdf)
- Ridgway, G. (2010b). SPM Course: Voxel Based Morphometry Practical Retrieved from [http://www0.cs.ucl.ac.uk/staff/g.ridgway/zurich/vbm\\_practical\\_zurich2010.ppt](http://www0.cs.ucl.ac.uk/staff/g.ridgway/zurich/vbm_practical_zurich2010.ppt)
- Rorden, C. (2005). MRIcro. Retrieved from <https://people.cas.sc.edu/rorden/mricro/mricro.html>
- Şenvardar, E. K. (2011). Nörogörüntüleme SPM Uygulamaları: İşlevsel MR İmgelerinde Uzaysal Önişleme. Retrieved from <http://www.bad.org.tr/usk10/spmonesin.pdf>
- Talairach, J., & Tournoux, P. (1988). Co-planar stereotaxic atlas of the human brain. 3-Dimensional proportional system: an approach to cerebral imaging.
- Tohka, J., Zijdenbos, A., & Evans, A. (2004). Fast and robust parameter estimation for statistical partial volume models in brain MRI. *Neuroimage*, 23(1), 84-97.
- Tustison, N. J., Avants, B. B., Cook, P. A., Zheng, Y., Egan, A., Yushkevich, P. A., & Gee, J. C. (2010). N4ITK: improved N3 bias correction. *IEEE transactions on medical imaging*, 29(6), 1310-1320.
- UCL. (2020). SPM8. Retrieved from <https://www.fil.ion.ucl.ac.uk/spm/software/spm8/>
- Van Leemput, K., Maes, F., Vandermeulen, D., & Suetens, P. (1999). Automated model-based bias field correction of MR images of the brain. *IEEE transactions on medical imaging*, 18(10), 885-896.
- Varol, A. B., & İşeri, İ. (2019). Lenf Kanserine İlişkin Patoloji Görüntülerinin Makine Öğrenimi Yöntemleri ile Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 404-410.





# Atıkların Değerlendirmesi: Fındık (*Corylus avellana* L.) ve Antep Fıstığı (*Pistacia vera* L.) İç Zarlarından Elde Edilen Fenolikçe Zengin Ekstraktlara Lipozomal Taşıma Sistemlerinin Uygulanabilirliği

Mine Gültekin-Özgülven<sup>1\*</sup>, Bahar Beyde<sup>2</sup>, Beraat Özçelik<sup>3</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2073-8075)

<sup>2</sup> Münih Teknik Üniversitesi, Yönetim Okulu, Yönetim ve Teknoloji Bölümü, Münih, Almanya (ORCID: 0000-0001-7770-3431)

<sup>3</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1810-8154)

(İlk Geliş Tarihi 17 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.722037)

**ATIF/REFERENCE:** Gültekin-Özgülven, M., Beyde, B. & Özçelik, B. (2020). Atıkların Değerlendirmesi: Fındık (*Corylus avellana* L.) ve Antep Fıstığı (*Pistacia vera* L.) İç Zarlarından Elde Edilen Fenolikçe Zengin Ekstraktlara Lipozomal Taşıma Sistemlerinin Uygulanabilirliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 241-246.

## Öz

Fenolik maddeler kanser, kalp hastalıkları, diyabet gibi hastalıkların oluşma riski azaltıcı sağlık etkileri bulunan güçlü antioksidanlardır. Ülke ekonomisi ve çevre kirliliği için önemli bir husus olan atık değerlendirilmesi kapsamında, ülkemiz için çok değerli ürünler olan fındık ve Antepfıstığı yağlı tohumlarının gıda sanayinde ayrılan iç zarlarından fenoliklerce zengin ekstraktlarının elde edilip katma değer eklenmiş farklı ürünlere dönüştürülmesi mümkündür. Ancak, söz konusu fenolik bileşiklerin çevresel koşullardaki stabiliteleri düşük, çözünürlükleri ve biyoyararlılıkları zayıf, diğer gıda bileşenleriyle etkileşime girme kabiliyetleri yüksektir. Bu özelliklerini bertaraf etmek için uygun yöntemler kullanılarak enkapsüle edilmeleri önerilmektedir. Bu noktada lipozomlar fenolik bileşikler için uygun taşıma sistemleridir. Bu çalışmada yüksek basınçlı homojenizatör kullanılarak önce birincil (kitosan kaplı olmayan) lipozomlar üretilmiştir. Daha sonra birincil lipozomların %0.4'lük kitosan çözeltisi ile tabaka tabaka kaplama yöntemiyle kaplanarak kinetik stabiliteleri artırılmış ve böylece ikincil lipozomlar (kitosanla kaplanmış) elde edilmiştir. Elde edilen birincil ve ikincil lipozomlar partikül boyutu ve zeta potansiyelleri ölçülerek karakterize edilmiştir. Buna göre birincil lipozomların partikül boyutu 146 nm iken içine konulan ekstrakt konsantrasyonu arttıkça partikül boyutunun arttığı görülmüştür. Kitosanla kaplandığında lipozomların elektrik yükünün negatiften pozitifte dönüştüğü görülmüştür. Aynı zamanda kitosanla kaplamak partikül boyutunu da büyümüştür. Enkapsülasyon verimi dikkate alındığında en yüksek verimin her iki ekstrakt için de %0.1 konsantrasyonda elde edildiği anlaşılmıştır. Fındık iç zar ekstraktı için bu konsantrasyonda enkapsülasyon verimi %79 iken Antep fıstığı iç zar ekstraktı için bu değer %88 olarak belirlenmiştir. Enkapsülasyon veriminin konsantrasyon arttıkça düştüğü görülmüştür. Elde edilen sıvı formadaki kinetik stabiliteleri artırılmış ikincil lipozomların özellikle katı formdaki gıda ürünlerine eklenebilmesi veya besin takviyesi olarak değerlendirilebilmesi ve raf ömürlerinin artırılması için toz haline getirilmesi üzerine çalışmalarımız devam etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fenolik bileşikler, Lipozom, Kitosanla kaplı lipozomlar, Enkapsülasyon

## Waste Valorization: Applicability of Liposomal Delivery Systems for Phenolic Rich Extracts Obtained from Skins of Hazelnut and Pistachio Nut

### Abstract

Phenolic substances are powerful antioxidants with health effects that reduce the risk of diseases such as cancer, heart disease and diabetes. Within the scope of waste assessment, which is an important issue for the country's economy and environmental pollution, it

\* Sorumlu Yazar: İstanbul Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-2073-8075, [gultekinmi@itu.edu.tr](mailto:gultekinmi@itu.edu.tr)

is possible to obtain phenolics rich extracts from the skins of the hazelnut and Antep pistachio removed in the food industry, which are very valuable products, and to be converted into different products with added value. However, these phenolic substances have low stability, low solubility and poor bioavailability and high ability to interact with other food substances. Hence, it is recommended to encapsulate phenolics using appropriate methods to eliminate these properties. At this point, liposomes are suitable delivery systems for phenolic substances. In this study, primary (non-chitosan coated) liposomes were first produced using a high pressure homogenizer. Afterwards, the kinetic stability of the primary liposomes was enhanced by layer-by-layer method with 0.4% chitosan solution to obtain secondary liposomes (covered with chitosan). The primary and secondary liposomes obtained were characterized by measuring particle size and zeta potentials. Accordingly, while the particle size of the primary liposomes was 146 nm, the particle size increased with the increasing extract concentration. It was observed that the liposomes' electrical charge changed from negative to positive when coated with chitosan. Coating with chitosan also increased the particle size. Considering the encapsulation efficiency, it was understood that the highest yield was obtained at a concentration of 0.1% for both extracts. The encapsulation efficiency at this concentration was 79% for hazelnut skin extract, while this value was 88% for Pistachio skin extract. It was found that the encapsulation efficiency decreased with increasing extract concentration. Our studies are ongoing to add secondary liposomes with increased kinetic stability in the liquid form, especially in food products in the solid form, or to be used as a dietary supplements and to convert these dispersions into powder form to increase their shelf life.

**Keywords:** Phenolics, Liposomes, Chitosan coated liposomes, Encapsulation.

## 1. Giriş

Gıda üretim sanayide, gıda işleme sonucunda yan ürün olarak büyük miktarlarda gıda atıkları oluşur ve bu atıklar çoğunlukla imha edilir veya hayvan yemi olarak kullanılır. Oysa ki, gıda sanayinde oluşan atıklar, yüksek besin değeri içeriğine sahiptir. Gıda işleme sırasında ortaya çıkan atıkların etkili bir şekilde değerlendirilmesi; çevre kirliliğinin önlenmesinin yanı sıra katma değerli yeni gıda ürünlerin üretilmesi ve çeşitlendirilmesi açılarından önemlidir (Yağcı ve diğ., 2006). Ülkemiz, dünyanın önemli fındık (*Corylus avellana* L.) ve Antep fıstığı (*Pistacia vera* L.) üreticilerindedir. Ziraat Mühendisleri Odasının Fındık Raporuna (2018) göre Türkiye dünyada fındık üretiminde %70'lik pay ile birinci sırada yer almaktadır. Fındık zarı iç fındığı ince bir tabaka şeklinde çevreleyen kahverenkli perkiarp bir dokudur. Fındıkların kavrulması sırasında bu zarlar ayrılıp hayvan yemi olarak değerlendirilmektedir. Bu haliye oldukça ucuz bir yan ürün olarak fındık iç zarı toplam fındık ağırlığının ağırlıkça %2.5'üğünü oluşturmaktadır (Şahin ve diğ., 2019). Benzer şekilde ülkemiz Antep fıstığı üretiminde ABD ve İran'ın peşinden üçüncü sırada yer almaktadır. Çiğ ya da kavrulmuş olarak tüketilen Antepfıstığı tek bir tohum (çekirdek), tohumun etrafı yenilebilir ince ve yumuşak tohum kabuğu (testa) ile kaplı, çekirdek ve zarı da kaplayan sert yenilmeyen kabuğu bulunan ve en dışta etli, yenilmeyen kabukla örtülü bir meyvedir (Seeram ve diğ., 2008). Antepfıstığı da fındık gibi endüstriyel olarak iç zarından ayrılarak kullanılır. Fıstıktan ayrılan bu zarlar soyulmuş Antepfıstığının toplam ağırlığının %10'unu oluşturur ve atık olarak çevreyi kirlenme potansiyeline sahiptir (Tomaino ve diğ., 2010).

Fındık ve Antepfıstığının değerli tohumlara sahip olmasının yanı sıra yenilebilir iç zarlarının da zengin fenolik bileşikler içeren atık potansiyeli yüksek olan yan ürünler olduğu anlaşılmaktadır. Fenolik bileşikler, gösterdiği antioksidan aktiviteleri sayesinde serbest radikallerin zararlı etkisinden korur ve ayrıca kanser, kronik kalp hastalıkları, felç, katarakt, osteoporoz, tip-2 diyabet, inflamasyon, ülser, ani ölüm, insülin direnci ve yüksek tansiyon gibi hastalıkların riskini azaltır (Alsavar ve diğ., 2006). Continia ve diğ. (2012) fındık iç zarı ekstraktının ucuz ve iyi bir fenolik kaynağı olduğunu ve in vivo çalışmalara göre sıçanlarda kahveden daha yüksek antioksidan aktivite gösterdiğini bildirmişlerdir.

Fakat fenolik bileşiklerin proteinler gibi diğer gıda bileşenleriyle kolayca etkileşime girebilme yeteneklerinden dolayı birçok gıda sistemiyle uygulanması ve bu nedenle de uygun taşıma sistemlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Gibis ve diğ., 2012). Ayrıca bu maddeler; ışık, pH, yüksek sıcaklık, çeşitli enzimler (glikozidaz, galaktosidaz, peroksidaz and fenolaz gibi), sülfid gibi maddelerin ortamdaki varlığına dayanıksızdırlar ve kolayca bozulabilirler (Santos ve diğ., 2013). Ayrıca, polifenollerin insan vücudunda yetersiz sindirilme süresi, düşük emilim ve düşük çözünürlük özelliği yüzünden biyoyararlılıkları oldukça düşüktür (Munin and Edwards, 2011). Tüm bunların yanısıra polifenoller istenmeyen acı bir tat ve kokuya sahiptir ve gıda bileşeni olarak ya da ilaç sanayiide kullanılmadan önce bu özelliklerinin maskelenmesi gerekir. Fenolik bileşiklerin tüm bu olumsuz yanlarını ortadan kaldırmak, sindirilmeden önce kararlı bir yapıda olmasını sağlamak, sudaki çözünürlüğünü ve biyoyararlılığını arttırmak ve hedefe ulaştırmak için en uygun taşıma sistemi lipozomlardır (Gibis ve diğ., 2013). Lipozomlar; küresel, tek veya çok katmanlı lipid keseciklerdir. Şekil 1'de de görüldüğü üzere lipozomlar bir veya daha çok eş merkezli çift tabakalı yağdan oluşan ve sulu bölgeyle ayrılan keseciklerdir (Munin and Edwards, 2011). Ekonomik, doğal, toksik olmayan, biyobozunur, GRAS statüsünde, hem hidrofilik hem de lipofilik bileşikler en kapsüle edilebilir maddelerdir. Lipozomlar; bileşikler ışık, pH ya da enzim gibi zarar verici dış etkilere karşı sulu iç dolgusunda ya da iki katmanlı zarı içinde koruyabilmektedirler ve tasarlanan hedefe yayılmalarına izin vermektedirler (Gibis ve diğ., 2014). Ayrıca, yapılan çalışmalarda lipozomun fenolik bileşiklerin biyoyararlılığını arttırdığı saptanmıştır. Fakat lipozomlar kırılabilir moleküllerdir ve zamanla sızma yapıp kaplanmış maddenin kaybına yol açabilirler. Bu nedenle; negatif elektrik yüklü lipozomların ve zıt yüklü kitosan gibi bir biyopolimerle elektrostatik kaplama yöntemiyle kaplanması kinetik kararlılığını arttırabilir.

Bu çalışmada, Antepfıstığı ve fındık iç zarlarından elde edilen fenolik bileşiklerce zengin ekstraktların kitosanla kaplanmış lipozomal taşıma sistemlerine en kapsüle edilmesi hedeflenmiştir. Çalışmanın amaçları i) önemli bir atık kaynağı olan fındık ve Antepfıstığı iç zarlarının değerlendirilmesi ii) lipozomal taşıma sistemlerinin fenolik bileşikler için uygunluğunun araştırılması olarak sıralanabilir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Kullanılan Antepfıstığı ve fındık iç zırları Elit Çikolata ve Şekerleme Sanayi'nden sağlanmıştır. Lesitin (Soya fosfolipitleri, %100) Rotel, Türkiye tarafından sağlanmıştır. Kitosan (deasetilasyon derecesi %80) Primex (Sighufjordur, Iceland) tarafından hediye edilmiştir. Sephadex G50 GE Healthcare Life Sciences (Uppsala, Sweden) firmasından satın alınmıştır. Diğer tüm kimyasallar analitik saflıkta olup Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, USA)'ten satın alınmıştır.

### 2.2. Metot

#### 2.2.1. Fenoliklerin Ekstraksiyonu

Fındık ve Antepfıstığının iç zırları sıvı azot uygulamasıyla dondurulduktan sonra öğütücüde 30 saniye tutularak öğütülmüştür. Ekstraksiyon işlemi Monagas ve diğ. (2009)'a göre yapılmıştır. Öğütülen zırlara 1:10 oranında olacak şekilde %80'lik 100 ml aseton çözeltisi eklenerek 15 dakika 40°C'de ultrasonik banyoda (VWR®, USC100T) fenolik maddelerin ekstraksiyonu gerçekleştirilmiştir. 4°C'de, 5000 rpm/dk hızla 5 dk santrifüj (Labnet Spectrafuge 16M, Labnet International Inc., Woodbridge, NJ, USA) işlemi takiben üst sıvı faz ayrılıp iç zırlar tekrar ekstraksiyon işlemine tabi tutulmuştur. 3 kere tekrarlanan ekstraksiyon işleminden sonra elde edilen üst fazlar birleştirilmiştir. Elde edilen ekstraktlardaki aseton, döner buharlaştırıcıda (Bibby Sterilin RE-100, Bibby Scientific Limited, Staffordshire, UK) 40°C'de uçurulduktan sonra kalan sulu kısma dondurarak kurutucu (Christ Alpha 1-2LDplus, Osterode am Harz, Germany) kullanılarak kurutma işlemi kullanılarak uygulanmıştır.

#### 2.2.2. Birincil (Kitosan Kaplı Olmayan) ve İkincil (Kitosan Kaplı) Lipozomların Hazırlanması

Birincil ve ikincil lipozomlar Gültekin-Özgüven ve diğ. (2016) ile Akgün ve diğ. (2020) tarafından tarif edildiği gibi hazırlanmıştır. Birincil boş lipozomlar, soya lesitininin (%2) 0.25 M asetat tampon çözeltisinde (pH 3.5) çözündürüldükten sonra oluşan dispersiyonun yüksek hızlı karıştırıcı (Ultraturrax, DI-25 Yellowline, IKA) ile homojenize edilip yüksek basınçlı homojenizatörden (Microfluidizer Processor, M-110L, Microfluidics, Newton, USA) 25.000 psi basınç altında 5 kere geçirilmesiyle elde edilmiştir. Birincil ekstraktlı lipozomlar ise soya lesitini ile ekstraktın (%0.1, %0.2, %0.3) birlikte asetat tampon çözeltisinde (pH 3.5) çözünmesinden sonra boş lipozomlar gibi hazırlanmıştır. Ekstraktlar öncesinde filtre edilerek yüksek basınçlı homojenizatörün tıkanması önlenmiştir. Yüksek basınçlı homojenizatörün ısınmasını engellemek için buz uygulaması yapılmıştır.

İkincil lipozomlar tabaka tabaka kaplama yöntemine göre kitosanla kaplanmıştır. İkincil boş ve ekstrakt içeren birincil lipozomlar önceki çalışmalarımızda belirlediğimiz optimum kitosan konsantrasyonu (%0.4) kullanılarak asetat tampon çözeltisinde (pH 3.5) hazırlanan kitosan çözeltisi üzerine ağırlıkça 1:1 oranında olacak şekilde eklenir ve gece boyunca magnetik karıştırıcıda karıştırılır.

#### 2.2.3. Partikül Boyutu ve Zeta Potansiyelinin Ölçülmesi

Örneklerin Ortalama partikül çapı hesaplanabilmesi statik ışık saçma cihazı (Mastersizer 2000, Malvern Instruments, Malvern, UK), örneklerin elektrik yükü ise zeta ölçerle (Zetasizer 2000, Malvern Instruments, Malvern, UK) ölçülmüştür. Her analiz en az 3 kere tekrarlanmıştır. Ölçümlerden önce lipozom örneklerine uygun seyreltmeler yapılmıştır.

#### 2.2.4. Toplam Fenolik Madde İçeriği

Örneklerin toplam fenolik madde içeriği Gibis ve diğ. (2013)'ün tarifine göre Folin-Ciocalteu yöntemi kullanılarak tespit edilmiştir. 200 µl seyreltilmiş örneğin üzerine 1.5 ml 10 kat seyreltilmiş Folin-Ciocalteu reaktifi ve 1.2 ml %7.5'luk sodyumkarbonat çözeltisi eklendikten sonra karışım karanlıkta 45 dak. bekletilir ve oluşan mavi renk spektrofotometrede 720 nm.'de okunur. Sonuçlar mg gallik asit eşdeğeri/L olarak verilmiştir. Her analiz en az 3 kere tekrarlanmıştır.

#### 2.2.5. Jel Filtrasyonu Uygulanması ile Enkapsüle Olmayan Ekstraktın Uzaklaştırılması

Sephadex jel filtrasyonu uygulanarak ekstraktlı birincil lipozomlardan enkapsüle olmayan ekstraktın uzaklaştırılması sağlanmıştır. %5'lik Sephadex G50 çözeltisi asetat tamponda (pH 3.5) çözündürülerek kaynar su banyosunda tutulur ve jel haline getirilir. Daha sonra oluan jel 10 ml'lik enjektörlere 3 cm kalınlığında jel olacak şekilde doldurularak kolonlar oluşturulur. Oluşturulan kolonlar 15 ml'lik falkon tüplerine yerleştirilir. Hazırlanan birincil lipozomlar hazırlanan jel kolonlara 1.5 ml beslenir. İçinde kolonlar bulunan falkon tüpleri 15.000 rpm hızla 10 dak. boyunca santrifüj edilir. Falkon tüplerinde toplanan ekstraktlı lipozomlar %0.15 Triton X100 ile parçalanır. Jel filtrasyonu uygulanan lipozomlar, Tritonla parçalanmış lipozomlar ve hiçbir işlem uygulanmadan Tritonla parçalanmış lipozomların fenolik madde içerikleri Folin-Ciocalteu yöntemiyle tespit edilir (Altın ve diğ., 2018b; Gibis ve diğ., 2012).

#### 2.2.6. İstatistiksel Analiz

İstatistiksel analizler IBM SPSS software (21.0, Chicago, IL, USA) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm analizler en az 3 kere tekrarlanmıştır. Sonuçlar ortalama değerler ve standart sapma değerleri ile birlikte verilmiştir. Farklılıklar Tukey testi ile P değeri <0.05'e göre değerlendirilmiştir.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Ekstrakt İçeren ve İçermeyen Birincil ve İkincil Lipozomların Karakterizasyonu

Tablo 1’de görüldüğü üzere ekstrakt içermeyen birincil lipozomların ortalama partikül boyutu 146 nm bulunmuştur. Fındık iç zar ekstraktı %0.1 konsantrasyonunda enkapsüle edildiğinde partikül boyutu 209 nm’ye, %0.2 konsantrasyonunda enkapsüle edildiğinde 261 nm’ye ve %0.3 konsantrasyonunda enkapsüle edildiğinde ise 323 nm’ye yükselmiştir. Benzer şekilde Antepfıstığı iç zarı ekstraktı %0.1 konsantrasyonunda enkapsüle edildiğinde partikül boyutu 169 nm’ye, %0.2 konsantrasyonunda enkapsüle edildiğinde 229 nm’ye ve %0.3 konsantrasyonunda enkapsüle edildiğinde 246 nm’ye yükselmiştir. Bu sonuçlara göre ekstrakt konsantrasyonu arttıkça partikül boyutu artmaktadır. Sonuçların daha önce yaptığımız çalışmada (Gültekin-Özgüven ve diğ., 2016) bulduğumuz sonuçlar ile uyumlu olduğu görülmektedir. Çalışmada %0.05-0.4 konsantrasyonlu kara dut ekstraktları lipozoma enkapsüle edildiğinde partikül boyutunun büyüdüğü gözlenmiştir. Başka bir atık değerlendirme çalışmamızda (Altın ve diğ., 2018a) benzer şekilde fenolikçe zengin kavrulmamış kakao çekirdeği zarı ekstraktının konsantrasyonu arttıkça partikül boyutu yaklaşık olarak 150 nm’lerden 250 nm’lere yükselmiştir.

Yine Tablo 1’de görüldüğü üzere ekstrakt içeren veya içermeyen tüm birincil lipozomlar negatif yüzey yüküne sahiptir. Ekstrakt içermeyen lipozomların zeta potansiyeli -23.4 mV iken, yine negatif yüklü fenolik ekstraktın yüklenmesinden dolayı negatiflik artmıştır. Fındık iç zar ekstraktı %0.1 konsantrasyonunda enkapsüle edildiğinde zeta potansiyeli -29.6 mV’a, %0.2 konsantrasyonunda enkapsüle edildiğinde -35.4 mV’a ve %0.3 konsantrasyonunda enkapsüle edildiğinde ise -42.2 mV’a yükselmiştir. Benzer şekilde, Antepfıstığı iç zarı ekstraktı %0.1 konsantrasyonunda enkapsüle edildiğinde zeta potansiyeli -46.7 mV’a, %0.2 konsantrasyonunda enkapsüle edildiğinde -47.4 mV’a ve %0.3 konsantrasyonunda enkapsüle edildiğinde ise -48.8 mV’a yükselmiştir. Bu sonuçlara göre ekstrakt konsantrasyonu arttıkça zeta potansiyeli artmaktadır. Sonuçların Altın ve diğ. (2018a)’in bulgularıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Yazarların çalışmasında kavrulmamış kakao çekirdeği zarı ekstraktının konsantrasyonunun arttıkça zeta potansiyelinin yükseldiği görülmüştür. %0.1-0.4 ekstrakt konsantrasyonları için zeta potansiyelinin yaklaşık olarak -25 mV ile -35 mV arasında arttığı rapor edilmiştir.

Tablo 1. Birincil ve İkincil Lipozomların Partikül Boyutu ve Zeta Potansiyeli Sonuçları\*.

Lipozomal Örnekler	Ortalama Partikül Boyutu (nm)	Zeta Potansiyeli (mV)
Ekstrakt içermeyen boş birincil lipozom	146 ± 6 <sup>a</sup>	-23.4 ± 1.2 <sup>a</sup>
Ekstrakt içermeyen boş ikincil lipozom	300 ± 15 <sup>e</sup>	+35.0 ± 1.3 <sup>e</sup>
<i>Fındık iç zar ekstraktlı örnekler</i>		
Ekstraktlı (%0.1) birincil lipozom	209 ± 11 <sup>b</sup>	-29.6 ± 1.2 <sup>b</sup>
Ekstraktlı (%0.2) birincil lipozom	261 ± 10 <sup>c</sup>	-35.4 ± 1.3 <sup>c</sup>
Ekstraktlı (%0.3) birincil lipozom	323 ± 20 <sup>d</sup>	-42.2 ± 1.3 <sup>d</sup>
Ekstraktlı (%0.1) ikincil lipozom	330 ± 20 <sup>f</sup>	+35.5 ± 1.4 <sup>f</sup>
Ekstraktlı (%0.2) ikincil lipozom	380 ± 10 <sup>g</sup>	+35.8 ± 1.4 <sup>f</sup>
Ekstraktlı (%0.3) ikincil lipozom	400 ± 12 <sup>h</sup>	+35.9 ± 1.3 <sup>f</sup>
<i>Antepfıstığı iç zar ekstraktlı örnekler</i>		
Ekstraktlı (%0.1) birincil lipozom	169 ± 21 <sup>b</sup>	-46.7 ± 1.3 <sup>b</sup>
Ekstraktlı (%0.2) birincil lipozom	229 ± 2 <sup>c</sup>	-47.4 ± 1.3 <sup>c</sup>
Ekstraktlı (%0.3) birincil lipozom	246 ± 20 <sup>d</sup>	-48.8 ± 1.3 <sup>d</sup>
Ekstraktlı (%0.1) ikincil lipozom	320 ± 20 <sup>f</sup>	+35.2 ± 1.3 <sup>f</sup>
Ekstraktlı (%0.2) ikincil lipozom	355 ± 23 <sup>g</sup>	+35.4 ± 1.5 <sup>f</sup>
Ekstraktlı (%0.3) ikincil lipozom	385 ± 14 <sup>h</sup>	+35.6 ± 1.5 <sup>f</sup>

\*Birincil ve ikincil boş lipozomlar fındık iç zarı ekstraktı içeren lipozomlar ve Antep fıstığı iç zarı ekstraktı içeren birincil ve lipozomlarla ayrı ayrı istatistik analizlerine tabi tutulmuştur. Her kolondaki farklı harfler istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir.

Birincil lipozomlar kitosanla kaplanarak ikincil lipozomlar haline getirildiğinde ise partikül boyutunun arttığı görülmüştür ( $p < 0.05$ ). Kitosanla kaplandıktan sonra boş lipozomun partikül boyutu 146 nm’den 300 nm’ye yükselirken ekstrakt içeren lipozomların partikül boyutları da artarak fındık iç zarı ekstraktları için 35.5-35.9 nm arasında değişirken, Antepfıstığı iç zarı ekstraktları içinse bu değer 35.2-35.6 nm arasında değişmiştir. Tablo 1’de ikincil lipozomlara ait partikül boyutu sonuçları görülmektedir.

İkincil lipozomların zeta potansiyeli incelendiğinde (Tablo 1) negatif yüklü olan ekstrakt içeren ve içermeyen tüm birincil lipozomların zeta potansiyellerinin pozitif döndüğü anlaşılmaktadır. Daha önceki tecrübelerimizden yola çıkılarak seçilen %0.4’lük kitosan çözeltisi konsantrasyonunun tüm lipozom yüzeyini başarıyla kapladığı görülmektedir. Her iki ekstrakt içeren birincil lipozomların kitosanla kaplandığında zeta potansiyelinin neredeyse sabitlendiği istatistiksel olarak da anlaşılmaktadır ( $p > 0.05$ ). Ekstrakt içermeyen boş birincil lipozomların zeta potansiyeli -23.4mV iken ikincil lipozomların zeta potansiyeli +35.0 mV olmuştur.



Fındık iç zar ekstraktı içeren ikincil lipozomlar için +35.5 ile +35.9 arasında değişirken, Antepfıstığı iç zar ekstraktı içeren ikincil lipozomlarda bu değer +35.2 ile 35.6 arasında değişmiştir.

### 3.2. Fenolik Bileşiklerin Lipozomlardaki Yeri, İçeriği ve Enkapsülasyon Verimi

Lipozomla enkapsülasyon sırasında ekstraktın tamamı lipozomun içinde enkapsüle olmaz, bir kısmı lipozomal zarın yüzeyiyle etkileşim halindedir. Ayrıca, ekstraktın bir kısmı da hiç enkapsüle olmamıştır. Bu nedenle enkapsülasyon verimini hesaplamak için lipozomlardan enkapsüle olmamış ekstraktın uzaklaştırılması amacıyla birincil lipozomlar jel filtrasyon prosesine tabi tutulurlar. Ancak jel filtrasyon uygulanan lipozomların içerdiği fenolik madde içeriğine lipozomun yüzeyindeki ve içindeki fenolikler dahildir. Bu nedenle sadece jel filtrasyonuna maruz kalan lipozomlarda toplam fenolik madde tespiti yapılırsa sadece yüzeydeki fenolikler tespit edilebilecektir. Bu nedenle jel filtrasyon sonrası lipozomlar Triton X-100 uygulamasıyla parçalanarak lipozomun içindeki fenolikler de açığa çıkarılmaktadır. Yani, lipozomun içindeki fenolik miktarı; jel filtrasyona tabi tutulduktan Triton ile parçalanmış lipozom örneğinde tespit edilen fenolik madde miktarından jel filtrasyona tabi tutulan lipozomlarda tespit edilen fenolik madde miktarının çıkarılmasıyla bulunmuştur. Fenolik bileşiklerin lipozomlardaki lokasyonu ve fenolik içerikleri Tablo 2’de verilmiştir. Buna göre lipozomun içinde bulunan ekstraktın fenolik miktarı artan ekstrakt konsantrasyonuna bağlı olarak fındık iç zar ekstraktı için 55-79 mg/L arasında değişirken Antepfıstığı iç zar ekstraktı için bu değer 60-88 mg/L arasında kalmıştır. Lipozom yüzeyinde membrana yerleşen fenolik miktarı artan ekstrakt konsantrasyonuna bağlı olarak fındık iç zar ekstraktı için 400-503 mg/L arasında iken Antepfıstığı iç zar ekstraktı için bu değer 70-105 mg/L arasında değişmektedir. Ayrıca, jel filtrasyon uygulamasıyla lipozoma kaplanmamış kitosanı da uzaklaştırmak mümkün olduğu bilinmelidir.

Lipozomun içinde bulunan fenolik madde miktarının hiçbir işlem yapılmamış lipozomların fenolik madde içeriğine bölünmesiye enkapsülasyon verimi hesaplanabilmektedir. Enkapsülasyon verimi (Tablo 2.) fındık iç zarı ekstraktı için %0.1 konstantrasyonda %79, %0.2 konstantrasyonda %60 iken %0.3 konstantrasyonda %46’ya düşmüştür. Enkapsülasyon verimi Antep fıstığı iç zarı ekstraktı için %0.1 konstantrasyonda %88, %0.2 konstantrasyonda %71 ve %0.3 konstantrasyonda %60 olarak hesaplanmıştır. Sonuçlara bakıldığında ekstrakt konsantrasyonunun arttıkça enkapsülasyon veriminin azaldığı anlaşılmaktadır. ( $p < 0.05$ ). Artan ekstrakt konsantrasyonuyla beraber enkapsülasyon veriminin düştüğü Altın ve diğ. (2018a) tarafından rapor edilmiştir. %0.1 ekstrakt konsantrasyonunda %87.5 olan verim %0.3 ekstrakt konsantrasyonunda %53.6’ya düşmüştür. Gibis ve diğ. (2012) ise yaptıkları çalışmada %0.1’lik üzüm çekirdeği ekstraktı için enkapsülasyon verimini %83.5 olarak bildirmişlerdir. Sonuçların diğer araştırmacıların rapor etiketleriyle uyumu olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 2. Lipozomlardaki Fenoliklerin Yeri, İçeriği ve Enkapsülasyon Verimi

Lipozomal Örnekler	Lipozomun Yüzeyindeki Fenolik Miktarı (mg/L)	Lipozomun İçindeki Fenolik Miktarı (mg/L)	Enkapsülasyon Verimi (%)
<i>Fındık iç zar ekstraktlı örnekler</i>			
Ekstraktlı (%0.1) birincil lipozom	400	55	79 <sup>a</sup>
Ekstraktlı (%0.2) birincil lipozom	402	78	60 <sup>b</sup>
Ekstraktlı (%0.3) birincil lipozom	503	79	46 <sup>c</sup>
<i>Antepfıstığı iç zar ekstraktlı örnekler</i>			
Ekstraktlı (%0.1) birincil lipozom	300	70	88 <sup>a</sup>
Ekstraktlı (%0.2) birincil lipozom	450	100	71 <sup>b</sup>
Ekstraktlı (%0.3) birincil lipozom	650	105	60 <sup>c</sup>

\*Her iki fındık içzar ekstraktı ve Antep fıstığı içzar ekstraktı içeren birincil lipozomlar ayrı ayrı istatistik analizlerine tabi tutulmuştur. Her kolondaki farklı harfler istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir.

## 4. Sonuç

Ülkemiz önemli bir fındık ve Antepfıstığı üreticisi ve ihracatçısıdır. Kültürümüzde önemli bir yer tutan bu kuruyemişlerin iç zarlarının iyi birer fenolik kaynağı olduğu ve ekstraktlarının yeni katma değerli ürünler geliştirilmesi için değerlendirilmesi gerektiğini önermekteyiz. Diğer taraftan, lipozomlar fenolik bileşikler için uygun doğal, toksik olmayan, çevreyle dost fosfolipid yapısındaki taşıma sistemleridir ve fenolik bileşiklerce zengin ekstraktlar için umut verici sonuçlar vermektedir. Enkapsülasyon verimi oldukça yüksektir. Ancak kırılabilir yapıları nedeniyle elektriksel olarak zıt yüklü en az bir biyopolimerle kaplanması uygundur. Bu çalışmada kitosanla kaplama çalışması başarılı sonuç vermiştir. Bu sıvı sistemlerin gıda, kozmetik ve ilaç sanayinde kullanımı için öncelikle çeşitli yöntemler kullanılarak toz haline getirilmesi, böylece kullanım alanlarının çeşitlendirilmesi, stabilitelerinin artırılması ve raf ömrünün uzatılması çalışmalarının yoğunlaştırılması gerekmektedir.

## Kaynakça

Alasalvar, C., Karamać, M., Amarowicz, R., & Shahidi, F. (2006). Antioxidant and antiradical activities in extracts of hazelnut kernel (*Corylus avellana* L.) and hazelnut green leafy cover. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(13), 4826-4832. Doi: 10.1021/jf0601259

- Akgün, D., Gültekin-Özgüven, M., Yücepete, A., Altin, G., Gibis, M., Weiss, J., & Özçelik, B. (2020). Stirred-type yoghurt incorporated with sour cherry extract in chitosan-coated liposomes. *Food Hydrocolloids*, 101, 105532. Doi:10.1016/j.foodhyd.2019.105532
- Altin, G., Gültekin-Özgüven, M., & Ozcelik, B. (2018a). Chitosan coated liposome dispersions loaded with cacao hull waste extract: Effect of spray drying on physico-chemical stability and in vitro bioaccessibility. *Journal of Food Engineering*, 223, 91-98. Doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.12.005
- Altin, G., Gültekin-Özgüven, M., & Ozcelik, B. (2018b). Liposomal dispersion and powder systems for delivery of cocoa hull waste phenolics via Ayran (drinking yoghurt): Comparative studies on in-vitro bioaccessibility and antioxidant capacity. *Food Hydrocolloids*, 81, 364-370. Doi: 10.1016/j.foodhyd.2018.02.051
- Contini, M., Baccelloni, S., Frangipane, M. T., Merendino, N., & Massantini, R. (2012). Increasing espresso coffee brew antioxidant capacity using phenolic extract recovered from hazelnut skin waste. *Journal of Functional Foods*, 4(1), 137-146. Doi: 10.1016/j.jff.2011.09.005
- Gibis, M., Vogt, E., & Weiss, J. (2012). Encapsulation of polyphenolic grape seed extract in polymer-coated liposomes. *Food & function*, 3(3), 246-254. DOI: 10.1039/c1fo10181a
- Gibis, M., Rahn, N., & Weiss, J. (2013). Physical and oxidative stability of uncoated and chitosan-coated liposomes containing grape seed extract. *Pharmaceutics*, 5(3), 421-433. Doi:10.3390/pharmaceutics5030421
- Gibis, M., Zeeb, B., & Weiss, J. (2014). Formation, characterization, and stability of encapsulated hibiscus extract in multilayered liposomes. *Food Hydrocolloids*, 38, 28-39. Doi: 10.1016/j.foodhyd.2013.11.014
- Gültekin-Özgüven, M., Karadağ, A., Duman, Ş., Özkal, B., & Özçelik, B. (2016). Fortification of dark chocolate with spray dried black mulberry (*Morus nigra*) waste extract encapsulated in chitosan-coated liposomes and bioaccessibility studies. *Food chemistry*, 201, 205-212. Doi:10.1016/j.foodchem.2016.01.091
- Monagas, M., Garrido, I., Lebrón-Aguilar, R., Gómez-Cordovés, M. C., Rybarczyk, A., Amarowicz, R., & Bartolomé, B. (2009). Comparative flavan-3-ol profile and antioxidant capacity of roasted peanut, hazelnut, and almond skins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(22), 10590-10599. Doi: 10.1021/jf901391a
- Santos, D. T., Albarelli, J. Q., Beppu, M. M., & Meireles, M. A. A. (2013). Stabilization of anthocyanin extract from jaboticaba skins by encapsulation using supercritical CO<sub>2</sub> as solvent. *Food Research International*, 50(2), 617-624. Doi: 10.1016/j.foodres.2011.04.019
- Seeram, N. P., Zhang, Y., Bowerma, S., & Heber, D. 2008. Phytochemicals and health aspects of pistachio (*Pistacia vera* L.). İçinde: *Tree Nuts: Composition, Phytochemicals, and Health Effects*. Eds C. Alasalvar, & F. Shahidi, CRC Press, pp. 295-304.
- Şahin, S., Kılıç, Ö., Şengül, S., Perçin, S. (2019). Farklı İllerden Temin Edilen Fındık Zarının Bileşimi ve Antioksidan Etkinliğinin Araştırılması. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9(1), 27-35.
- Tomaino, A., Martorana, M., Arcoraci, T., Monteleone, D., Giovinazzo, C., & Saija, A. (2010). Antioxidant activity and phenolic profile of pistachio (*Pistacia vera* L., variety Bronte) seeds and skins. *Biochimie*, 92(9), 1115-1122. Doi: 10.1016/j.biochi.2010.03.027
- Yağcı, S., Altan, A., Göğüş, F., & Maskan, M. (2006). Gıda atıklarının alternatif kullanım alanları. *Türkiye*, 9, 24-26.
- Ziraat Mühendisleri Odası (2018). Fındık Raporu (08.08.2018). Alınmıştır: [http://zmo.org.tr/genel/bizden\\_detay.php?kod=30070&tipi=38&sube=0](http://zmo.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=30070&tipi=38&sube=0).



# Nano SiO<sub>2</sub> Katkılı Çimento Harçlarının Mekanik Özelliklerine Yüksek Sıcaklığın Etkisi

Cuma Kara<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Artvin Çoruh Üniversitesi, Borçka Acarlar Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Artvin, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2905-4515)

(İlk Geliş Tarihi 18 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.722814)

**ATIF/REFERENCE:** Kara, C. (2020). Nano SiO<sub>2</sub> Katkılı Çimento Harçlarının Mekanik Özelliklerine Yüksek Sıcaklığın Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 247-253.

## Öz

Nano malzemelerin çimentolu kompozitlerde kullanımına yönelik çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Özellikle nano SiO<sub>2</sub> üstün pozolanik özelliği ve boşluk doldurma yeteneği sebebiyle en fazla kullanılan malzemelerden biridir. Yalnızca harç ya da betonun dayanım özelliklerini değil dayanıklılık özelliklerini de nasıl etkilediğinin irdelenmesine yönelik araştırmalar sürmektedir. Yüksek sıcaklık yapıların doğrudan ya da dolaylı olarak maruz kaldığı etkilerden biridir. Yapı malzemelerinin yüksek sıcaklık altındaki davranışlarının bilinmesi dayanıklılık açısından önemli bir husustur. Bu çalışmanın amacı nano SiO<sub>2</sub>'in çimento harçlarının yüksek sıcaklık direncine etkilerini belirlemektir. Bu amaca yönelik olarak %0, 1, 2 ve 3 oranlarında nano SiO<sub>2</sub> çimento ile ikame edilerek dört farklı harç karışımı hazırlanmıştır. 7, 28 ve 90. günlerde harç karışımları üzerinde eğilme ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir. Nano SiO<sub>2</sub>'in harçların yüksek sıcaklık direncine etkilerini belirlemek amacıyla, 50x50x50 mm<sup>3</sup> boyutlarında üretilen örnekler 90 günlük kürün ardından 3 saat süresince 300 ve 600 °C sıcaklıklara maruz bırakılarak fırın içinde kendiliğinden soğutulmuştur. Referans sıcaklık olarak 20 °C kullanılmıştır. Yüksek sıcaklık uygulaması sonrasında sertleşmiş harç örneklerinin ağırlık kaybı, ultrases geçiş hızı kaybı ve basınç dayanımları incelenmiştir. Ayrıca, 600 °C sıcaklık sonrası mikro yapı incelemesi amacıyla örneklerin SEM görüntüleri alınmıştır. Sonuç olarak, 7. günde %2 nano SiO<sub>2</sub> ikamesinin eğilme dayanımını %20.0, basınç dayanımını ise referans karışıma göre %24.25 arttırdığı, özellikle erken yaştaki dayanıma olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir. Sıcaklık arttıkça ağırlık kaybının arttığı ve ultrases geçiş hızının azaldığı, yüksek sıcaklık direnci için optimum nano SiO<sub>2</sub> oranının %2 olduğu, ancak çalışmanın maksimum sıcaklığı olan 600 °C'de nano malzeme ikameli ve ikamesiz tüm karışımların kalan basınç dayanımı sonuçlarının birbirine çok yakın olduğu ve SEM görüntülerinde tüm örneklerde çatlaklar meydana geldiği tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Harç, Nano SiO<sub>2</sub>, Yüksek sıcaklık, Dayanım.

## Effect of High Temperature on Mechanical Properties of Cement Mortar with Nano SiO<sub>2</sub>

### Abstract

Studies for the use of nano materials in cementitious composites are increasing day by day. Especially nano SiO<sub>2</sub> is one of the most used materials due to its superior pozzolanic feature and space filling ability. Researchs continue to examine how nano SiO<sub>2</sub> affects not only the strength properties of mortar or concrete, but also its durability properties. High temperature is one of the effects that structures are exposed to directly or indirectly. Knowing the behavior of building materials under high temperature is an important issue in terms of durability. The aim of this study is to determine the effects of nano SiO<sub>2</sub> on the high temperature resistance of cement mortars. For

\* Sorumlu Yazar: Artvin Çoruh Üniversitesi, Borçka Acarlar Meslek Yüksekokulu, İnşaat Bölümü, Artvin, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2905-4515, [cumakara@yandex.com](mailto:cumakara@yandex.com)

this purpose, four different mortar mixes were prepared by 0, 1, 2 and 3% nano SiO<sub>2</sub> substituting cement. On the 7th, 28th and 90th days, flexural and compressive strength tests were carried out on the mortar mixtures. In order to determine the effects of nano SiO<sub>2</sub> on the high temperature resistance of mortars, the samples produced in the dimensions of 50x50x50 mm<sup>3</sup> were exposed to 300 and 600 °C for 3 hours after 90 days of curing. The samples were then self-cooled in the oven. 20 °C was used as reference temperature. After high temperature application, weight loss, loss of ultrasonic pulse velocity and compressive strength of hardened mortar samples were examined. In addition, SEM images of the samples were taken for microstructure analysis after 600 °C temperature. As a result, it was determined that on the 7th day, 2% nano SiO<sub>2</sub> substitution increased the flexural strength by 20.0% and compressive strength by 24.25% compared to the reference mixture and had a positive effect especially on early age strength. It was determined that as the temperature increases, the weight loss increases and the ultrasonic pulse velocity decreases, the optimum nano SiO<sub>2</sub> ratio for high temperature resistance is 2%, but the residual compressive strength results of all mixtures with and without nano material substitution at 600 °C are very close to each other. In SEM images, cracks occurred in all samples.

**Keywords:** Mortar, Nano SiO<sub>2</sub>, High temperature, Strength.

## 1. Giriş

Çimentolu kompozitlerin üretiminde silis dumanı, uçucu kül ve yüksek fırın cürufu gibi puzolanların kullanımı klinker tüketimi ve buna bağlı olarak CO<sub>2</sub> emisyonlarının azaltımı açısından önemlidir. Kullanılan mineral katkıları ile betonun özellikleri iyileştirilmekte ve geliştirilmektedir. Böylelikle yapıların dayanım ve dayanıklılık özellikleri olumlu yönde artmaktadır. Son yıllarda ise nano malzemelerin çimento harçları ve betonda kullanımı üzerine çalışmalar yoğun olarak devam etmektedir. Araştırmaya konu malzemelere bakıldığında ilk sırada nano SiO<sub>2</sub>'in yer aldığı görülmektedir (García-Taengua et al., 2015). Nano SiO<sub>2</sub> küçük partikül boyutu (10-150 nm), yüksek özgül yüzey alanı (>80 000 m<sup>2</sup>/kg) ve çok fazla SiO<sub>2</sub> (>99.0%) içermektedir. Bu nedenle nano SiO<sub>2</sub> silis dumanı ya da diğer puzolanlara göre daha fazla boşluk doldurma yeteneğine sahip olup, üstün puzolanik etki göstermektedir (Huang et al., 2020). Li ve ark.'na (2017) göre %1 nano SiO<sub>2</sub> ilavesi %10 silis dumanı ilavesi kadar iyi performans göstermektedir (Li et al., 2017).

Nano SiO<sub>2</sub> ilavesinin çimento pastasının mikroyapısını geliştirdiği (Haruehansapong et al., 2014), eğilme ve basınç dayanımlarını arttırdığı bilinmektedir. Ayrıca yapılan dayanıklılık çalışmalarında, sülfat direncini arttırdığı, klor geçirimsizliğini azalttığı (Kong et al., 2012), yüksek sıcaklıklarda çatlak oluşumunu azalttığı (Horszczaruk et al., 2017) görülmüştür.

Nano SiO<sub>2</sub> yüksek yüzey enerjisine sahiptir. Bu nedenle parçacıklar topaklanma oluşturmada kısacası aglomerasyon sorunu meydana gelmektedir (Rong et al., 2020). Bu bağlamda nano SiO<sub>2</sub>'in çalışmalarda düşük oranlarda kullanıldığı görülmüştür. El-Didamony Ahmed ve ark (2017)'na göre %1'e kadar nano SiO<sub>2</sub> kullanımı portland çimentosunun kimyasal ve mühendislik özelliklerini geliştirmektedir (El-Didamony Ahmed, 2017).

Sonebi ve arkadaşlarına (2015) göre taze harçların yoğunluğuna bakıldığında en uygun nano SiO<sub>2</sub> oranının %1.7 olduğu tespit edilmiştir (Sonebi et al., 2015).

Literatürde nano SiO<sub>2</sub>'in farklı puzolan/endüstriyel atık veya nano malzemelerle birlikte kullanıldığına ilişkin çalışmalar da mevcuttur. Örnek olarak, farklı oranlarda atık mermer tozu ve nano SiO<sub>2</sub> kombinasyonları üretilen harçların sertleşmiş özelliklerinin incelendiği bir çalışmada %10 atık mermer tozu ve %3 nano SiO<sub>2</sub> kullanımı en iyi sonucu vermiştir (Ma et al., 2019).

Newell ve Taengua (2019) Grafenoksit ve nano SiO<sub>2</sub> birlikte kullanımı için çimento pastalarında en uygun oranların sırasıyla %0.018 ve %2.2 olduğunu belirlemişlerdir (Newell & Garcia-Taengua, 2019).

Bekem Kara (2019), mikro ve nano SiO<sub>2</sub> birlikte kullanarak ürettiği harçların artan sıcaklıklardaki dayanımını incelediği çalışmada, en iyi yüksek sıcaklık dayanımının %5 mikro silika + %2 nano SiO<sub>2</sub> ikame edilen harç karışımlarına ait olduğunu tespit etmiştir (Bekem Kara, 2019).

Bu çalışmada ise nano SiO<sub>2</sub> %3'e kadar çimento ile ikame edilerek harç karışımları üretilmiş, harçların sertleşmiş hal ve yüksek sıcaklık sonrası özellikleri incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Çalışmada TS EN 197-1 standardına uygun CEM I 42.5 R Portland çimentosu, puzolan olarak nano SiO<sub>2</sub>, Kırklareli Limak çimento fabrikasından temin edilen TS EN 196-1 standardına göre CEN standart kum ve şebeke suyu kullanılmıştır (TS EN 196-1, 2016; TS EN 197-1, 2012). Çimentonun yoğunluğu 3.09 g/cm<sup>3</sup>, hava geçirgenlik (Blaine) yöntemi ile ölçülen özgül yüzey alanı ise 3716 cm<sup>2</sup>/g'dır. Bağlayıcı malzemenin kimyasal analiz sonuçları Tablo 1'de görülmektedir.

Tablo 1. CEM I 42.5 R Portland çimentosuna ait kimyasal özellikler

Oksit	CaO	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	SO <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	Cl	Kızdırma kaybı
%	61.91	19.95	5.34	3.22	1.01	3.24	0.30	0.94	0.0144	2.25



Nano SiO<sub>2</sub> 30 nm partikül boyutuna sahip olup, BET (Brunauer-Emmett-Teller) yöntemi ile ölçülen özgül yüzey alanı 440 m<sup>2</sup>/g'dır. Yoğunluğu 2.40 g/m<sup>3</sup> olarak ölçülmüştür. Küresel yapıda olan malzeme %99.9 saflığa sahiptir.

## 2.2. Metot

Çalışmada %, 1, 2 ve 3 oranlarında nano SiO<sub>2</sub> çimento yerine ikame edilerek S/Ç oranı 0.50 olan 4 farklı tür harç üretimi TS EN 196-1'e göre gerçekleştirilmiştir (TS EN 196-1, 2016). Harç karışımlarına giren malzeme miktarları Tablo 2'de verilmiştir. Taze harçlar 40x40x160 mm<sup>3</sup> prizmatik ve 50x50x50 mm<sup>3</sup> küp kalıplara dökülmüştür.

Tablo 2. Harç karışımlarına ait malzeme miktarları

Kodlama	Çimento, g	Nano SiO <sub>2</sub> , g	CEN standart kum, g	Su, g
N0	450.0	0	1350	225
N1	445.5	4.5	1350	225
N2	441.0	9.0	1350	225
N3	436.5	13.5	1350	225

24 saat sonra kalıptan çıkarılan harç örnekleri test günlerine kadar su küründe 20±2 °C'de bekletilmiştir. 7, 28 ve 90. günlerde 40x40x160 mm<sup>3</sup> prizmatik örnekler üzerinde 3 noktali eğilme dayanımı deneyi gerçekleştirilmiştir. Eğilme dayanımı deneyi sonrasında elde edilen 6'şar örnek üzerinde tek noktali basınç dayanımı deneyi yapılmıştır (TS EN 196-1, 2016).

90. güne kadar standart su kürü uygulanan 50x50x50 mm<sup>3</sup> boyutlarındaki küp örnekler yüksek sıcaklık uygulamasından önce 24 saat 100±5 °C'de bekletilmiştir. Etüv kurusu haline gelen harç örnekleri 3 saat süresince 300 ve 600 °C yüksek sıcaklıklara maruz bırakılmıştır. Yüksek sıcaklığın etkilerinin belirlenmesi amacıyla 55 litre kapasiteli iç ölçüleri 35 cm x 35 cm x 38 cm, dış ölçüleri 77 cm x 79 cm x 78 cm ve ağırlığı 190 kg olan yüksek sıcaklık fırını kullanılmıştır. Hafif refrakter tuğla ve seramik elyaf kullanılarak üretilen fırının yan tuğla duvarları içerisinde açılan kanallara yerleştirilmiş spiral formulu rezistans telleri bulunmaktadır. Referans sıcaklık olan 20 °C için küp örnekler laboratuvar şartlarında desikatör içinde tutulmuştur. Yüksek sıcaklığa maruz bırakılan harç örneklerine fırın içinde kendiliğinden soğutma uygulanmıştır.

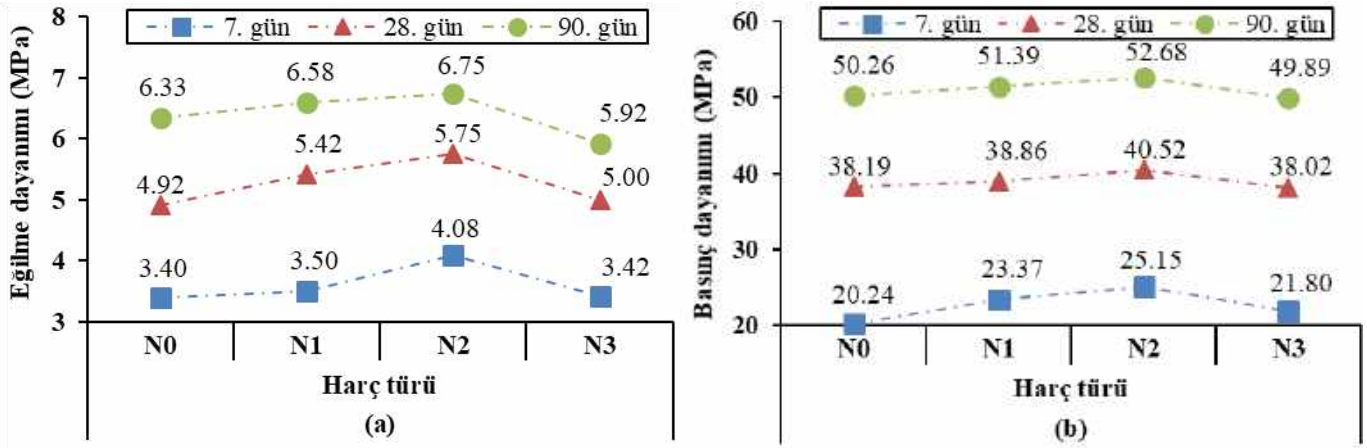
Yüksek sıcaklık ve soğutma uygulaması sonrasında küp örnekler üzerinde ağırlık kaybı, ultrases geçiş hızı ve basınç dayanımı deneyleri gerçekleştirilmiştir (TS EN 12504-4, 2012; TS EN 196-1, 2016). Harç karışımlarına uygulanan 600 °C yüksek sıcaklık ve fırın içinde kendiliğinden soğutma sonrası fiziksel ve mekanik testler ardından sertleşmiş harçların içyapıları hakkında bilgi sahibi olmak amacıyla taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizleri yapılmıştır. SEM görüntüleri Artvin Çoruh Üniversitesi Bilim-Teknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezinde, Carl Zeiss marka EVO L10 model cihaz ile x5000 büyütme ile alınmıştır.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Hazırlanan harç karışımlarının 7, 28 ve 90 günlük eğilme ve basınç dayanım sonuçları Şekil 1'de verilmiştir. Deney sonuçlarına göre 7 ve 28. günlerde nano malzeme ikamesi yapılan tüm harç karışımlarının eğilme dayanımları N0 harç karışımından daha yüksek çıkmıştır. Özellikle erken dayanımda nano SiO<sub>2</sub>'in %2 oranında kullanımı N0 harç karışımına göre eğilme dayanımını %20 arttırmıştır. 90. gün eğilme deneyi sonuçlarına göre %1 ve %2 nano malzeme kullanımı referans harç karışımına göre dayanımı artırırken, %3 nano SiO<sub>2</sub> ikamesinin eğilme dayanımını azalttığı görülmektedir.

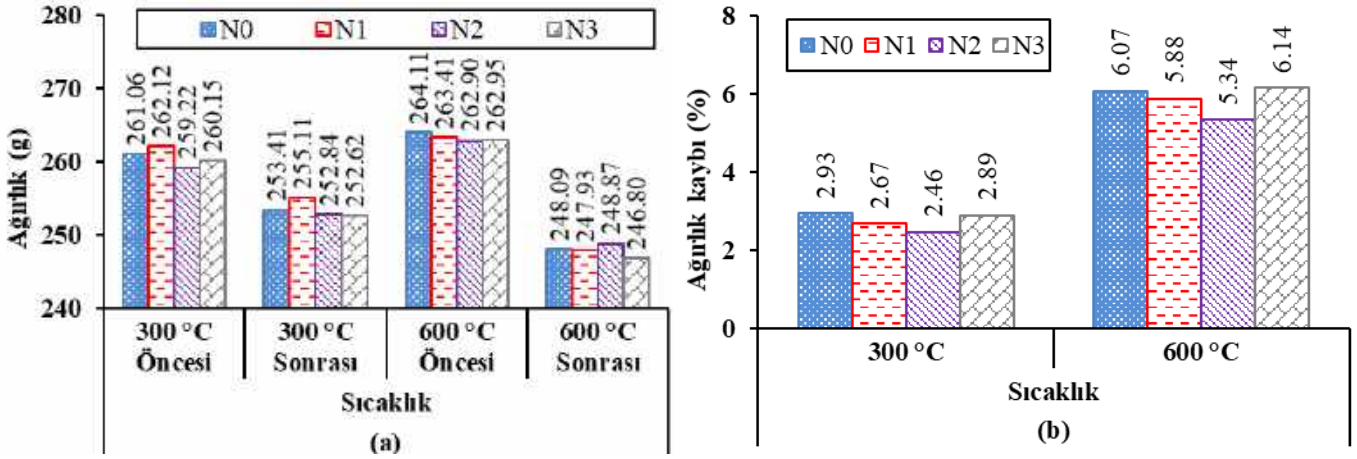
Harç karışımlarında nano SiO<sub>2</sub> kullanımının 7, 28 ve 90. gün koşullarında basınç dayanımına etkileri incelendiğinde, %1 ve %2 ikame oranlarının referansa göre olumlu sonuç verdiği görülmüştür. Erken dayanımlarda %1 nano SiO<sub>2</sub> kullanımı basınç dayanımını %15.45 artırırken, %2 nano SiO<sub>2</sub> kullanımında artış oranı %24.25, %3 ikamede ise dayanım artışı %7.72 olarak ölçülmüştür. Nano SiO<sub>2</sub>'in erken yaş dayanımını arttırdığı daha önceki çalışmalardan da bilinmektedir (Feng et al., 2020). Naji Givi ve ark (2010) çimento ikamesi ile %0.5, %1.0, %1.5 ve %2.0 oranlarında Nano SiO<sub>2</sub> ile beton üretimi yapmış ve en yüksek dayanımı %1.5 oranında elde etmiştir. Ayrıca, aynı çalışmada 7. gün nano SiO<sub>2</sub> ikamesi betonun basınç dayanımını %16-25 arasında artırırken, 28. günde %12-17 oranlarında arttırdığı görülmüştür (Naji Givi et al., 2010).

Deney yaşı ilerledikçe bu oranların azaldığı ve sonuçların referans basınç dayanımına yaklaştığı görülmektedir. 90. günde %3 nano SiO<sub>2</sub> kullanımı ise N0 harç karışımına göre olumsuz sonuç vermiştir. Nano SiO<sub>2</sub> ikamesi ile yapılan çalışmalarda malzemenin aglomerasyon eğiliminde olduğu bilinmektedir (Rong et al., 2020; Sadeghi Nik & Lotfi Omran, 2013; Wu et al., 2016). Bu çalışma için referansa göre düşük dayanıma sahip %3 ikame oranının ile aglomerasyon başlangıcı olduğu söylenebilir.



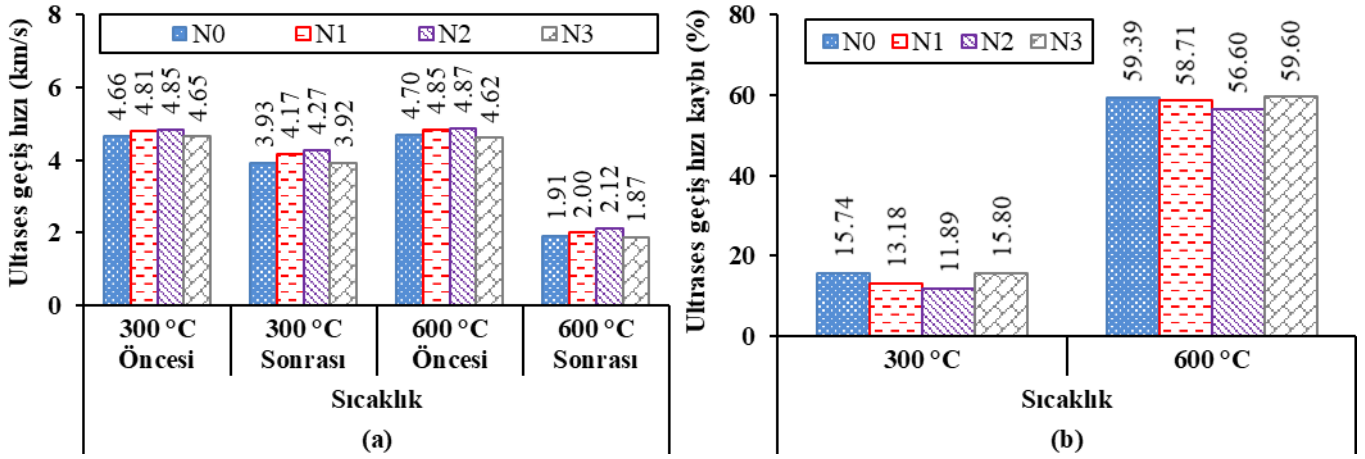
Şekil 1. Nano SiO<sub>2</sub> (a) eğilme ve (b) basınç dayanımına etkisi

Yüksek sıcaklık uygulaması ile harç karışımlarında meydana gelen ağırlık ve ağırlık kayıpları Şekil 2’de görülmektedir. Sıcaklık arttıkça tüm harç karışımlarında ağırlık kayıplarında artış meydana gelmiştir. Çimento hamurunda bağlı bulunan suyun sıcaklık artışı ile serbest kalması ile boşluklar oluştuğu ve ağırlığın azaldığı daha önceki çalışmalardan bilinmektedir (Demirel & Keleştemur, 2010). 300 °C’de nano SiO<sub>2</sub> kullanımının N0 harç karışımına göre daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir. En az ağırlık kaybı N2 harç karışımına aittir. Sıcaklık 600 °C’ye yükseldiğinde ağırlık kayıplarının %5’in üzerine çıktığı görülmektedir. En fazla ağırlık kaybı N3 karışımına ait olup referans karışıma göre daha fazla ağırlık kaybına uğradığı tespit edilmiştir.



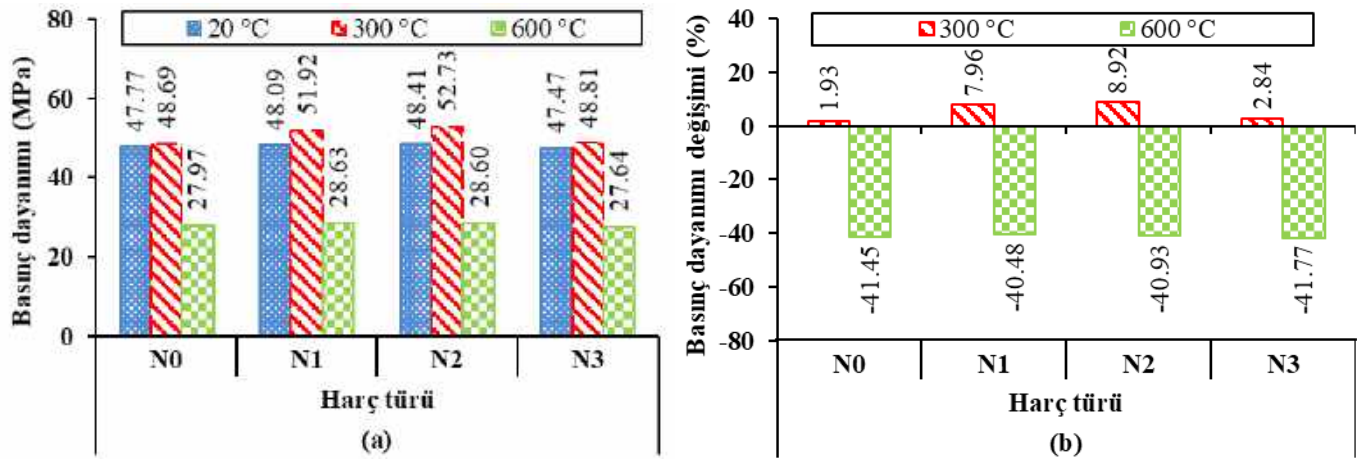
Şekil 2. Harç türlerinin yüksek sıcaklıklardaki (a) ağırlık ve (b) ağırlık kayıpları

Tahribatsız testlerden biri olan ultrases geçiş hızı pek çok yüksek sıcaklık-çimentolu kompozit ilişkisinin incelendiği çalışmada yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Sıcaklık artışı ile harç karışımlarının ultrases geçiş hızı değerlerinde azalma meydana gelmiştir (Şekil 3). 300 °C sıcaklıktan olumsuz yönde en az etkilenen harç karışımı N1 iken, en fazla etkilenen harç karışımı N3 olmuştur. Sıcaklık 600 °C’ye çıktığında ultrases geçiş hızı kayıpları tüm harç karışımlarında %50’nin üzerindedir. Bu durum sıcaklık arttıkça, çimento bünyesinde bulunan CSH ve portlanditin bozunması sonucu mikro çatlakların indüksiyonu ile mikroyapıda boşluklar oluşması ile açıklanabilmektedir (Bekem Kara & Arslan, 2017; Farzadnia et al., 2013). Ayrıca silisli agregalarda 570 °C’de hacimsel genişleme sonucunda hasarlar meydana gelmektedir. Çalışmada kullanılan agreganın da elde edilen sonuçlarda etkisinin olduğu düşünülmektedir (Arioz, 2007; Durmuş & Bekem, 2010). Tüm karışımlarda aynı agregaların kullanılması neticesinde %1 ve %2 nano SiO<sub>2</sub> ikamesi ile üretilen harç karışımları, referans harç karışımı ile kıyaslandığında daha az ultrases geçiş hızı kaybına uğramıştır.



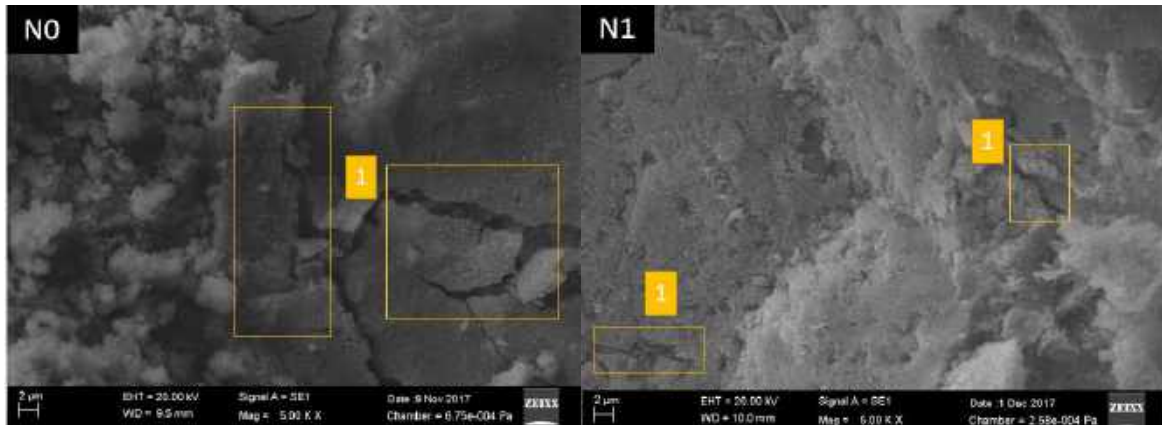
Şekil 3. Harç türlerinin yüksek sıcaklıklardaki (a) ultras ses geçiş hızı ve (b) ultras ses geçiş hızı kayıpları

Yüksek sıcaklıklardaki harç karışımlarının basınç dayanımı ve basınç dayanımı değişimi Şekil 4'te verilmiştir. Tüm karışımlarda 300 °C sıcaklık etkisi ile basınç dayanımlarında bir miktar artış meydana gelmiştir. Sıcaklık-dayanım artışı, nem içeriğinin uzaklaştırılması nedeniyle jel parçacıkları arasındaki yüzey kuvvetlerindeki artışa bağlanmıştır. Literatürde bu durum fiziksel ve kimyasal olarak bağlı suyun buharlaşmasıyla oluşan ve biriken buhar basıncı ile sonuçlanan kompakt mikro yapı meydana gelmesi olarak açıklanabilmektedir (Pathak & Siddique, 2012). En belirgin artış N2 harç karışımına ait olup, 20 °C'ye göre artış miktarı %8.92'dir. 600 °C'de ise harç karışımlarının basınç dayanımlarında ani bir düşüş olduğu görülmektedir. Ancak harç türlerinin kalan basınç dayanımı değerleri birbirine oldukça yakındır. Nano SiO<sub>2</sub> ikamesinin olumlu ya da olumsuz belirgin etkisi 600 °C'de görülmemiştir. Bu durumun çalışmada kullanılan nano SiO<sub>2</sub> miktarlarının oldukça düşük olmasından kaynaklandığı düşünölmektedir. Nano malzemelerin yüksek maliyeti, topaklaşma olasılığı ve işlenebilirliğe etkileri nedeniyle genellikle çimentolu kompozitlerde yüksek oranlarda kullanımını engellemektedir (Berra et al., 2012; Reches et al., 2018). Referans harcın basınç dayanımı kaybı %41.45 olarak hesaplanırken; N1, N2 ve N3 harç türlerinin yüksek sıcaklıkta basınç dayanımı kayıpları sırasıyla %40.48, %40.93 ve %41.77 olarak hesaplanmıştır. Çimentolu kompozitlerde 400 °C sıcaklık ve üzerinde hidrasyon ürünlerinin önemli ölçüde ayrışmasına neden olarak malzemenin mukavemetinin aşırı derecede bozulmasına neden olduğu bilinmektedir (Ibrahim et al., 2012).

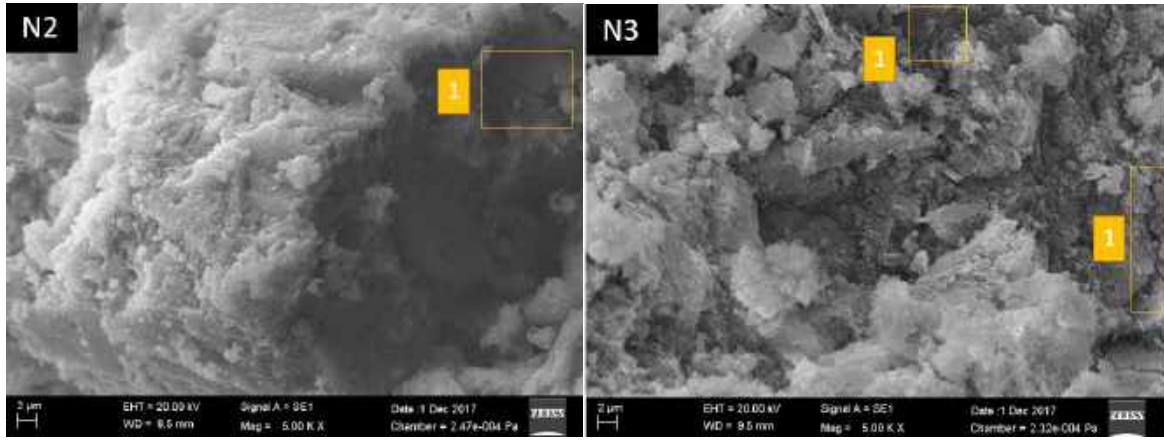


Şekil 4. Yüksek sıcaklıklardaki harç türlerine ait (a) basınç dayanımları ve (b) basınç dayanımı değişimleri

Harç karışımlarının 600 °C yüksek sıcaklığa maruz bırakıldıktan sonraki SEM görüntüleri Şekil 5'te verilmiştir. İkamesiz ve nano ikameli tüm karışımlarda sıcaklığa bağlı olarak gelişen çatlaklar görülmektedir.







Şekil 5. 600 °C sıcaklığa maruz bırakılan harç karışımlarının SEM görüntüleri (1: çatlak)

#### 4. Sonuç

Farklı oranlarda Nano SiO<sub>2</sub>'in çimento harçlarının sertleşmiş hal özelliklerine ve yüksek sıcaklık direncine etkilerinin incelendiği bu çalışmadan elde edilen sonuçlar şunlardır:

Nano SiO<sub>2</sub>'in %1, %2 ve %3 oranlarında ikame edilmesi 7 ve 28. günlerde ikamesiz referans harç karışımına göre eğilme dayanımını arttırmıştır. 90. günde %3 ikame yapılan harç örneklerinin eğilme dayanımı referans örnekten daha düşük çıkmıştır.

Basınç dayanımı sonuçlarına göre, erken yaşta referans harç karışımı 20.25 MPa iken, %2 nano SiO<sub>2</sub> ikamesi basınç dayanımını %24.25 oranında arttırmıştır. İleriki yaşlarda referans ve nano SiO<sub>2</sub> ikameli harç karışımlarına ait basınç dayanımlarının birbirine yakın değerler olduğu görülmüştür.

Sıcaklık arttıkça tüm harç karışımlarının ağırlık kayıpları artmış, ultrases geçiş hızı değerleri azalmıştır. Ağırlık ve ultrases geçiş hızı kayıpları 300 ve 600 °C'lerde en az %2 nano SiO<sub>2</sub> içeren harç karışımlarından elde edilmiştir. 600 °C'de tüm harç karışımlarının ultrases geçiş hızı kaybı %55'in üzerindedir.

300 °C'de sıcaklık etkisi ile tüm harç karışımlarının basınç dayanımlarında artış meydana gelmiştir. 600 °C'de referans harç örnekleri basınç dayanımının %41.45'ini kaybetmiştir. Nano SiO<sub>2</sub> ikameli örneklerin basınç dayanımı kayıplarının da birbirine oldukça yakın değerlerde oldukları belirlenmiştir. %1, %2 ve %3 nano SiO<sub>2</sub> ikame oranları için yüksek sıcaklıkta dayanım kayıpları sırasıyla %40.48, %40.93 ve %41.77'dir. Çalışmada harçların maruz kaldığı maksimum sıcaklıkta tüm karışımlarda çatlaklar olduğu SEM görüntüleri ile desteklenmektedir.

Nano SiO<sub>2</sub> yüksek maliyeti ve çok ince yapısından dolayı meydana gelen aglomerasyon sebebiyle harç karışımlarında düşük oranlarda kullanılmaktadır. Bundan sonraki çalışmalarda yine düşük oranlarda nano SiO<sub>2</sub> ile yüksek oranlarda uçucu kül, yüksek fırın cürufu gibi puzolanların beraber kullanılarak harç üretilmesi önerilmektedir. Böylelikle çimentolu kompozitlerin hem erken dayanım özelliklerinin gelişeceği hem de klinker tüketiminin azalacağı düşünülmektedir.

#### Kaynakça

- Arioz, O. (2007). Effects of elevated temperatures on properties of concrete. *Fire Safety Journal*, 42(8), 516–522. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2007.01.003>
- Bekem Kara, I. (2019). The effect of nano silica on the properties of cement mortars containing micro silica at elevated temperatures. *Revista Română de Materiale / Romanian Journal of Materials*, 4, 518–526.
- Bekem Kara, I. & Arslan, M. (2017). Investigation of High Temperature Effects on Concrete Additive Antifreeze. *Aksaray University Journal of Science and Engineering*, 2(1), 1–12. <https://doi.org/10.29002/asujse.319487>
- Berra, M., Carassiti, F., Mangialardi, T., Paolini, A. E., & Sebastiani, M. (2012). Effects of nanosilica addition on workability and compressive strength of Portland cement pastes. *Construction and Building Materials*, 35, 666–675. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.132>
- Demirel, B., & Keleştemur, O. (2010). Effect of elevated temperature on the mechanical properties of concrete produced with finely ground pumice and silica fume. *Fire Safety Journal*, 45(6–8), 385–391. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2010.08.002>
- Durmuş, G., & Bekem, I. (2010). Investigation of the effect of high temperatures end different cooling conditions on the concrete with calcerous aggregates. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 25(4), 741–748.
- El-Didamony Ahmed, H. (2017). Chemical and Engineering Properties of Blended Cement Containing Micro- and Nano-silica. *American Journal of Chemical Engineering*, 5(5), 111. <https://doi.org/10.11648/j.ajche.20170505.13>
- Farzadnia, N., Abang Ali, A. A., Demirboga, R., & Anwar, M. P. (2013). Characterization of high strength mortars with nano Titania at elevated temperatures. *Construction and Building Materials*, 43, 469–479. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.02.044>
- Feng, P., Chang, H., Liu, X., Ye, S., Shu, X., & Ran, Q. (2020). The significance of dispersion of nano-SiO<sub>2</sub> on early age hydration of cement pastes. *Materials and Design*, 186, 108320. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2019.108320>
- García-Taengua, E., Sonebi, M., Hossain, K. M. A., Lachemi, M., & Khatib, J. (2015). Effects of the addition of nanosilica on the



- rheology, hydration and development of the compressive strength of cement mortars. *Composites Part B: Engineering*, 81, 120–129. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2015.07.009>
- Haruehansapong, S., Pulngern, T., & Chucheepsakul, S. (2014). Effect of the particle size of nanosilica on the compressive strength and the optimum replacement content of cement mortar containing nano-SiO<sub>2</sub>. *Construction and Building Materials*, 50, 471–477. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.10.002>
- Horszczaruk, E., Sikora, P., Cendrowski, K., & Mijowska, E. (2017). The effect of elevated temperature on the properties of cement mortars containing nanosilica and heavyweight aggregates. *Construction and Building Materials*, 137, 420–431. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.02.003>
- Huang, Q., Zhu, X., Zhao, L., Zhao, M., Liu, Y., & Zeng, X. (2020). Effect of nanosilica on sulfate resistance of cement mortar under partial immersion. *Construction and Building Materials*, 231, 117180. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.117180>
- Ibrahim, R. K., Hamid, R., & Taha, M. R. (2012). Fire resistance of high-volume fly ash mortars with nanosilica addition. *Construction and Building Materials*, 36, 779–786. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.05.028>
- Kong, D., Du, X., Wei, S., Zhang, H., Yang, Y., & Shah, S. P. (2012). Influence of nano-silica agglomeration on microstructure and properties of the hardened cement-based materials. *Construction and Building Materials*, 37, 707–715. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.08.006>
- Li, L. G., Zhu, J., Huang, Z. H., Kwan, A. K. H., & Li, L. J. (2017). Combined effects of micro-silica and nano-silica on durability of mortar. *Construction and Building Materials*, 157, 337–347. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2017.09.105>
- Ma, B., Wang, J., Tan, H., Li, X., Cai, L., Zhou, Y., & Chu, Z. (2019). Utilization of waste marble powder in cement-based materials by incorporating nano silica. *Construction and Building Materials*, 211, 139–149. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.03.248>
- Naji Givi, A., Abdul Rashid, S., Aziz, F. N. A., & Salleh, M. A. M. (2010). Experimental investigation of the size effects of SiO<sub>2</sub> nanoparticles on the mechanical properties of binary blended concrete. *Composites Part B: Engineering*, 41(8), 673–677. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2010.08.003>
- Newell, M., & Garcia-Taengua, E. (2019). Fresh and hardened state properties of hybrid graphene oxide/nanosilica cement composites. *Construction and Building Materials*, 221, 433–442. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2019.06.066>
- Pathak, N., & Siddique, R. (2012). Properties of self-compacting-concrete containing fly ash subjected to elevated temperatures. *Construction and Building Materials*, 30, 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.11.010>
- Reches, Y., Thomson, K., Helbing, M., Kosson, D. S., & Sanchez, F. (2018). Agglomeration and reactivity of nanoparticles of SiO<sub>2</sub>, TiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, and clays in cement pastes and effects on compressive strength at ambient and elevated temperatures. *Construction and Building Materials*, 167, 860–873. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.032>
- Rong, Z., Zhao, M., & Wang, Y. (2020). Effects of modified nano-SiO<sub>2</sub> particles on properties of high-performance cement-based composites. *Materials*, 13(3). <https://doi.org/10.3390/ma13030646>
- Sadeghi Nik, A., & Lotfi Omran, O. (2013). Estimation of compressive strength of self-compacted concrete with fibers consisting nano-SiO<sub>2</sub> using ultrasonic pulse velocity. *Construction and Building Materials*, 44, 654–662. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.03.082>
- Sonebi, M., Garcia-Taengua, E., Hossain, K. M. A., Khatib, J., & Lachemi, M. (2015). Effect of nanosilica addition on the fresh properties and shrinkage of mortars with fly ash and superplasticizer. *Construction and Building Materials*, 84, 269–276. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.02.064>
- TS EN 12504-4. (2012). *Testing concrete - Part 4: Determination of ultrasonic pulse velocity*. Turkish Standard Institute, Ankara, Turkey.
- TS EN 196-1. (2016). *Methods of testing cement - Part 1: Determination of strength*. Turkish Standard Institute, Ankara, Turkey.
- TS EN 197-1. (2012). *Cement - Part 1: Composition, specifications and conformity criteria for common cements*. Turkish Standard Institute, Ankara, Turkey.
- Wu, Z., Shi, C., Khayat, K. H., & Wan, S. (2016). Effects of different nanomaterials on hardening and performance of ultra-high strength concrete (UHSC). *Cement and Concrete Composites*, 70, 24–34. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2016.03.003>



## Gıda Endüstrisinde Elektrolize Su Kullanımı

Aslı Aksoy<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Haliç Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7775-6514)

(İlk Geliş Tarihi 22 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.725282)

**ATIF/REFERENCE:** Aksoy, A. (2020). Gıda Endüstrisinde Elektrolize Su Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 254-262.

### Öz

Gıda, insan yaşamının sürdürülebilmesi için elzem unsurlardan biridir. İnsan sağlığının korunması için mutlaka gıda güvenliğinin sağlanması gerekir. Gıda güvenliğinin sağlanmasında ısı olan ve olmayan birçok yöntem mevcuttur. Isıl olmayan yöntemler arasında geleneksel kimyasal çözeltiler kullanılarak yapılan dezenfeksiyon uygulamaları oldukça önemli bir yere sahiptir. Geçmişten günümüze kadar gıda endüstrisinde dezenfektan olarak kullanılan birçok kimyasal madde mevcuttur. Kullanılan kimyasal maddenin türüne göre gıdanın yapısının deformasyona uğraması, gıdaya temas eden yüzeylerde korozyon ve dezenfeksiyon sonrası kimyasal kalıntı varlığı gibi çeşitli olumsuz faktörler söz konusu olduğundan, geleneksel dezenfektanlara alternatifler araştırılmaya başlanmıştır. Bu bağlamda elektrolize suyun dezenfektan olarak kullanımı birçok ülkede yaygınlaşmaktadır. Toksik olmaması, kullanım kolaylığı, ekonomik, güvenli ve çevre dostu olması nedeni ile elektrolize su üzerinde son yıllarda oldukça fazla çalışma yapılmaktadır. Bu derlemede elektrolize su, elektrolize su çeşitleri ve etki mekanizmaları, gıda endüstrisindeki kullanım alanları ve uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrolize su, Asidik elektrolize su, Alkali elektrolize su, Dekontaminasyon, Dezenfeksiyon.

## Use of Electrolyzed Water in Food Industry

### Abstract

Food is one of the essential factors in sustaining human life. Food safety must be ensured to protect human health. Both thermal and non-thermal methods are available means of ensuring food safety. In the non-thermal methods disinfection applications using traditional chemical solutions have an important place. There are many chemicals having been used in the food industry as disinfectant from the past to the present. Since various negative factors associated with the type of the chemicals used such as deformation of the food structure, corrosion on food contact surfaces and the presence of chemical residues after disinfection, alternatives to traditional disinfectants have been investigated. In this context, the use of electrolyzed water as a disinfectant is getting common in many countries. A lot of research has been conducted on electrolyzed water in recent years since it is not only non-toxic, easy to use and cheap but also safe and environmentally friendly. This review contains information about electrolyzed water, types of electrolyzed water and their mechanism of action as well as areas of use and application in the food industry.

**Keywords:** Electrolyzed water, Acidic electrolyzed water, Alkaline electrolyzed water, Decontamination, Disinfection.

\* Sorumlu Yazar: Haliç Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, Gastronomi ve Mutfak Sanatları Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7775-6514, aksoyas@gmail.com

## 1. Giriş

Minimal işlem görmüş gıdalar mikrobiyal kaynaklı hastalık ve salgınlara neden olabilmektedirler. Örneğin EFSA (“European Food Safety Authority”) verilerine göre beş Avrupa ülkesi, tüketime hazır gıda kaynaklı *Salmonella agona* nedeniyle 2017’nin başlarından 2018 Temmuz ayına kadar 147 kişinin, 2014-2016 yılları arasında ise 25 kişinin hastalandığını duyurmuştur (İngiltere’de 129 kişi, Finlandiya’da 15 kişi, Danimarka, Almanya ve İrlanda’da birer kişi) (Anon., 2018a).

Ayrıca yine EFSA tarafından 2018 yılı Temmuz ayı içerisinde dondurulmuş sebze kaynaklı *Listeria monocytogenes* salgını açıklanmıştır (Anon., 2018b). Bu patojen bakterilerin yanısıra hepatit, norwalk ve rota gibi virüsler, *Cyclospora* ve *Cryptosporidium* gibi parazitler, *Penicillium* ve *Aspergillus* türü küfler gibi gıdalarda sıklıkla rastlanan diğer patojen mikroorganizmalar insanlarda çeşitli hastalıklara neden olmaktadır (Appleton, 2000; Anon., 2018c).

Bu hastalıkların nedeni, gıdaların üretilmesi ya da işlenmesi sırasında mikrobiyal kontaminasyona maruz kalabilmesidir. Özellikle kullanıma ya da tüketime hazır meyve ve sebzelerde bu durum daha da önem kazanmaktadır. Ayrıca çiğ tavuk eti gibi bazı gıdalar, doğal mikrofloraları sebebiyle gıda güvenliği açısından bazı riskler taşımaktadırlar. Bu nedenle bir gıda tesisinde gıda ve gıda ile temas eden yüzeylerin (ekipman vb.) uygun bir yöntemle dezenfeksiyonu sağlanmalı, İyi Hijyen Uygulamaları (“Good Hygiene Practises”, GHP) gerçekleştirilmelidir (Aksoy, 2003).

Isıl işlemlerin neden olduğu kalite kayıpları ve enerji sarfıyatı gibi nedenlerden dolayı geleneksel dezenfeksiyon prosedürlerine alternatif olarak yeni metotlar araştırılmaya başlanmıştır. Elektrolize su (“electrolyzed water”) uygulaması, bu modern yöntemlerden biridir ve elektrolize su birçok ülkede dezenfektan olarak kullanılmaktadır (Anon., 2012; Hricova ve ark., 2008; Poçan, 2012; Yudin ve ark., 2011). Toksik olmaması, çevreye zarar vermemesi, pahalı olmaması, temizleme süresinin kısa ve kullanımının kolay olması gibi nedenlerle, elektrolize su üzerinde son yıllarda oldukça fazla çalışma yapılmaktadır (Poçan, 2012; Turantaş ve ark., 2018). Bu çalışmada elektrolize suyun gıda endüstrisinde kullanımı incelenmiş; uygulamalar ile ilgili bilgiler verilmiştir.

## 2. Elektrolize Su

Anot ve katodun bir membran yardımıyla ayrıldığı düzeneğe, seyreltik sodyum klorür (NaCl) çözeltisinin elektrolizi ile elde edilen ürün “elektrolize su” olarak isimlendirilmektedir (Kim ve ark.,2001; Koseki ve ark.,2001; Al-Haq ve ark., 2002; Sharma ve Demirci, 2002; Kiura ve ark., 2002; Len ve ark., 2002; Buck ve ark., 2003; Hati ve ark., 2012).

Saf su iletkenlik açısından güçlü değildir ve elektriği iletcek düzeyde iyon içermediğinden (25°C’de  $1 \times 10^{-7}$  M Hidrojen ( $H^+$ ) iyonu ve  $1 \times 10^{-7}$  M Hidroksil ( $OH^-$ ) iyonu), elektrolizin gerçekleşmesi için genelde iletkenliği artırıcı olarak suya dezenfeksiyon etkisi de olan NaCl eklenmektedir (Millioğlu, 2006; Poçan 2012). Elektrolit olarak tuzlu su içeren elektroliz hücresindeki elektrotlardan doğru akım geçirildiğinde, pozitif elektrottan negatif elektroda doğru bir akım gerçekleşir. Dolayısıyla anot pozitif yüklenirken, katot negatif yüke sahip olur. Bu durumda elektrotlar arasında meydana gelen elektrik alan nedeniyle pozitif iyonlar katoda göçerken, negatif iyonlar anoda doğru hareket eder (Poçan, 2012).

Bu şekilde gerçekleşen oksidoredüksiyon (redoks) reaksiyonlarında elektron alan (oksidan) ve elektron veren (redükta) moleküller, “redoks çifti” olarak değerlendirilmektedir. Bir redoks çiftinin elektron kaybetme olayı ise “Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli (ORP)” olarak tanımlanmaktadır (Poçan 2012). ORP değeri, elektroliz sonucu ortaya çıkan serbest klor konsantrasyonu ile birlikte elektrolize suyun etkinliğini belirleyen faktörlerden biridir (Aksoy, 2003).

Bunun dışında serbest klor konsantrasyonu, pH, sıcaklık, elektrolitin ve suyun akış hızı, tuz konsantrasyonu, elektrolizin gerçekleşme süresi, kullanılan elektrolitin tipi, suyun sertliği, muhafaza koşulları, üründeki organik madde varlığı ve kirlilikler, ürüne uygulama şekli (daldırma, spreyleme vb.) elektrolize suyun dezenfektan özelliğini etkilemektedir (Millioğlu, 2006, Poçan, 2012; Rahman ve ark., 2016; Athayde ve ark., 2018).

### 2.1. Elektrolize Su Çeşitleri ve İnaktivasyon Mekanizması

Su, yapısında bulunan  $H^+$  veya  $OH^-$  iyonlarının konsantrasyonuna bağlı olarak, asidik ya da alkali özellik gösterir. Eğer suyun  $H^+$  iyonları miktarı fazla ise asidik;  $OH^-$  iyonları miktarı fazla ise alkali özellik göstermektedir.  $H^+$  ve  $OH^-$  iyonları miktarlarının eşit olduğu durumda ise su nötrdür (Millioğlu, 2006).

Suyun elektrolizi sonucu anotta “asidik su”, katotta ise “alkali su” oluşmaktadır (Poçan, 2012). Asidik elektrolize su (ASES) “elektrolize yükseltgen su” (Özer ve Kılıç, 2012), “süperoksitlenmiş su” (Külekçi, 2005), “elektrolize okside su” (Huang ve ark., 2008) olarak da adlandırılabilir. Alkali elektrolize su (ALES) ise “bazik elektrolize su” (Hricova ve ark., 2008) ya da “elektrolize indirgen su” (Hao ve ark., 2011) olarak isimlendirilebilir.

ASES’yun pH’ı 2-3 arasında; ORP’i 1100 mV’dan fazla ve serbest klor konsantrasyonu (SKK) ise 10-90 ppm arasında iken; ALES’yun pH’ı 10-13 ve ORP’i (-800)-(-900) mV arasında değişmektedir (Hricova ve ark., 2008).

“Nötral elektrolize su (NES)” ise pH’ı 7 olan, asidik ve alkali suyun avantajlarını kombine olarak barındıran elektrolize su çeşididir. Hücre membranına kolayca nüfuz edebildiği gibi, ekipman ve cilt için daha az korozif etkiye sahiptir. Nötral pH’ta serbest klor kaybı daha az olduğu için raf ömrü daha uzundur. NES, sahip olduğu yüksek ORP ve serbest klor içeriği ile serbest hidroksil grupları nedeniyle antimikrobiyal etkiye sahiptir (Monnin ve ark., 2012).

ASES, gıda kaynaklı hastalıkların önlenmesi amacıyla ilk kez Japonya'da geliştirilmiş ve kullanılmaya başlanmıştır (Millioğlu, 2006). Güçlü oksidasyon potansiyeline sahiptir olan ASES dezenfeksiyon amaçlı kullanılmaktadır (Yoshida ve ark., 2004). Ayrıca hastane enfeksiyonlarının kontrolü için de değerlendirilebilmektedir (Günaydın ve ark., 2012).

ALES ise güçlü redüksiyon potansiyeline sahiptir ve gıdaları temizleme amaçlı tercih edilmektedir (Hsu, 2005). Aynı zamanda kesme tahtası gibi mutfak malzemelerinin ve endüstriyel süt sağım makinası gibi ekipmanların yüzeyinden yağ ve kiri uzaklaştırmak amacıyla kullanılabilir (Anonim, 2011). Yapılan bir çalışmada kalitesi düşük pirinçler ve ALES kullanılarak pişirilen pilavın, şebeke suyu ile pişirilen pilava göre daha iyi pişmiş ve yumuşak taneli olduğu, ayrıca daha geç bozulduğu tespit edilmiştir (Onishi ve ark., 2001).

Elektrolize suyun inaktivasyon mekanizmasıyla ilgili çeşitli çalışmalar yapılmıştır. ASES'da yüksek ORP değerlerinde ve SKK'da inaktivasyon özelliği artmaktadır (Koseki ve ark., 2001). Aynı zamanda ASES'un pH'nın düşük olması da inaktivasyon üzerinde olumlu bir etkidir (Özer ve Kılıç, 2012).

Klorun inaktivasyon etkisi, mikroorganizmalardaki enzimlerin sülfidril (SH) gruplarının geri dönüşümsüz oksidasyonuna neden olmasından kaynaklanmaktadır (Küleççi, 2005). Bir serbest klor türü olan hipokloröz asit (HOCl) ise, hidroksil serbest radikali oluşturmakta, meydana gelen bu radikal de yükseltgenerek mikroorganizmaların inhibisyonuna neden olmaktadır (Koseki ve ark., 2001, Aksoy, 2003). Hipokloritler (OCl<sup>-</sup>) ise sitoplazmik bileşiklerle toksik özellikte N-kloro bileşikler oluşturur suretiyle mikroorganizma hasarına yol açmaktadır (Küleççi, 2005).

Klorun etkinliği, pH düştükçe yani asitlik arttıkça artmaktadır. Dolayısıyla asitlik için ortamdaki hipoklorit iyonu miktarından çok, hipokloröz iyonu miktarı önemlidir. Ayrıca klor bileşiklerinin etkinliği konsantrasyon ve sıcaklıkla doğru orantılıdır. Yapılan bir çalışmada klor konsantrasyonundaki iki kat artışın dezenfeksiyon süresini %30 oranında azalttığı; sıcaklıktaki 10°C'lik artışın ise bu süreyi %50-%65 oranında kısalttığı gösterilmiştir (Küleççi, 2005).

ASES'un stabilitesi ile ilgili yapılan bir çalışmada; ASES'un karanlık şartlarda 1 yıl süreyle özelliklerini koruyabildiği, güneş ışığına üç gün maruz bırakıldığında ise 1 yıl boyunca pH'nı muhafaza edebildiği açığa çıkartılmıştır. Aynı çalışmada uygun muhafaza koşulları (karanlık ve kapalı ortam) sağlanmadığında ise, ALES'un özelliklerinin değişebildiği saptanmıştır (Koseki ve Itoh, 2000).

## 2.2. Gıda Endüstrisinde Elektrolize Su Uygulamaları, Avantajları ve Dezavantajları

ALES'un gıda endüstrisinde yemeklerin pişirme süresinin kısaltılması, pirinç pilavının daha lezzetli olması, çay ve kahve gibi içeceklerde hızlıca renk oluşumunun sağlanması, alkolün metabolizmadan daha kısa zamanda uzaklaştırılması, gıdaların sindirilebilirliğinin artırılması, balık vb. gibi yoğun kokuya sahip gıdaların kokularının giderilmesi, sert sebze ve etlerin pişirilmesi, evcil hayvanların parazitlerden arındırılması gibi nedenlerle kullanıldığı bilinmektedir (Millioğlu, 2006; Poçan ve ark., 2011). Yapılan bir çalışmada da, et emülsiyonlarının hazırlanmasında pH'ı 7,4 olan musluk suyu yerine; pH'ı 10 olan elektrolize suyun kullanılmasının daha kaliteli bir emülsiyon oluşturduğu, emülsiyon kapasitesini arttırdığı belirtilmiştir (Poçan, 2012).

Gerçekleştirilen bazı çalışmalar sonucunda ASES'un antimikrobiyal ve antiviral etkisi açığa çıkartılmıştır. ASES genellikle ısıya hassas gıdaların sterilizasyonu için tercih edilmektedir. Mikroorganizma süspansiyonlarının inaktivasyonunda da başarılı sonuçlar veren ASES'un kullanım alanları kısaca şu şekilde özetlenebilir: yüzey (kesme tahtaları, proses eldivenleri, biofilmler, makine ve ekipman yüzeyleri (süt sağım makineleri vb), zemin ve duvar yüzeyleri), mezbaha ortamları, proses suları (ayrıca buz) ve gıdaların (sebze ve meyveler, balık ve su ürünleri, yumurta, karkas (sığır, domuz, tavuk)) dezenfeksiyonu, pestisitlerin uzaklaştırılması. Aynı zamanda diş hekimliği ve bazı tıp uygulamalarında da tercih edilmektedir (Jung ve ark., 1996; Koseki ve ark., 2001; Park ve ark., 2002a; Park ve ark., 2002b; Aksoy, 2003; Buck ve ark., 2003; Hricova, 2008, Özer ve Kılıç, 2012).

Elektrolize su birçok avantaj sağlamaktadır. Elde edilirken kimyasal olarak yalnızca NaCl çözeltisi kullanıldığı ve toksik olmadığı için çevreye zarar vermemektedir. Ortam pH'nın düşük olduğu değerlerde dezenfeksiyon sağlayabilme özelliğinde olan HOCl, zayıf bir asit olduğundan, daha az aktif olan OCl<sup>-</sup>'e kolayca hidroliz olmaz (Koseki ve ark., 2001; Koseki ve ark., 2002; Aksoy, 2003). Bunun yanında güçlü asidik özellikte olan elektrolize okside su (GASES); hidroklorik asit veya sülfürik asit gibi korozif değildir (Huang ve ark., 2008). Elektrolize su jeneratörü temin edildikten sonra; işletme açısından maliyete neden olan unsurlar sadece su, tuz ve elektrik enerjisidir (Anonim, 2011). Dolayısıyla temizlik ve dezenfeksiyonda kullanılan diğer kimyasallara kıyasla, daha ekonomiktir ve uygulaması kolaydır (Poçan, 2012). Elektrolize su uygulamasında ısı işlemlerin neden olduğu kayıplar, uygulama sonrası yüzeylerde klor kalıntısı, ayrıca tehlikeli kimyasalların depolanması ve taşınması sırasında oluşabilecek riskler de söz konusu değildir (Özer ve Kılıç, 2012).

Elektrolize suyun bazı dezavantajları da mevcuttur. Elektrolize suya, elektroliz vasıtasıyla sürekli HOCl, H<sup>+</sup> ve Cl<sub>2</sub> takviyesi yapılmazsa, çözelti hızlıca antimikrobiyal özelliğini kaybetmektedir. Ayrıca güçlü asidik özellikte olduğu ve serbest klor içerdiği için sentetik reçinenin bozulması ve metal korozyonu gibi problemlere yol açabileceği belirtilmektedir (Anonim, 2011).

## 2.3. Elektrolize Su ile Yapılan Çalışmalara Örnekler

Günümüzde elektrolize su, başta sebze-meyve ve hayvansal ürünler olmak üzere birçok gıda ve gıdalarla temas eden yüzeylerde mikrobiyal inaktivasyonun sağlanması, gıdalardan pestisitlerin ve mikotoksinlerin uzaklaştırılması gibi çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

Sebze ve meyvelerin dokusal ve duysal kalitesini bozmadan, ayrıca ısı işleme gerek kalmadan gerçekleştirilen elektrolize su uygulamaları oldukça çeşitlidir. Tablo 1'de bu çalışmalara bazı örnekler verilmiştir.



Tablo 1. Sebze ve Meyvelerde Elektrolize Su ile Yapılan Bazı Çalışmalar

Ürün	İncelenen parametre	Uygulama	Sonuç	Kaynak
Marul	Mezofilik aerobik bakteri (MAB) ve koliform bakteri	10 dk.,20 ppm'lik ASES (pH:2.7, ORP: 1099 mV), 30 ppm'lik ASES (pH:2.7, ORP: 1100 mV) ile 200 ppm'lik NaOCl ile muamele	MAB ve koliform bakteri sayılarındaki azalma sırasıyla şöyledir: 30 ppm'lik ASES ile: 1.30 log ve 1.59 log 200 ppm'lik NaOCl ile: 1.22 log ve 1.42 log 20 ppm'lik ASES ile: 1.21 log ve 1.29 log	Aksoy, 2003.
Elma, armut, portakal	<i>Listeria innocua</i> ve <i>Escherichia coli</i> O157:H7	SKK: 100 ve 200 ppm olan ASES (pH: 2.68-2.93, ORP: 1079-1111 mV), NES (pH: 8.18-8.33, ORP: 725-736 mV) ve NaOCl (pH: 8-8.5, ORP: 731-759 mV) ile muamele	En yüksek inaktivasyonun 200 ppm'lik ASES ile sağlandığı, 100 ppm'lik ASES ve NES uygulama sonuçlarının benzer olduğu belirlenmiştir.	Graca ve ark., 2010.
Ispanak	Pestisit (acephate, omethoate ve DDVP)	30 dk. ASES (pH: 2.3, SKK:70 ppm, ORP: 1170 mV) ve ALES (pH 11.6, ORP: -860 mV) ile muamele	Pestisit kalıntısında ASES ile %59-74, ALES ile ise %46-86 azalma saptanmış, ayrıca C vitamini miktarı değişmemiştir.	Hao ve ark., 2012.
Kiraz	Kalite özellikleri, küf ve raf ömrü	3 dk. süreyle 25, 50, 100, 200, 300 ve 400 ppm serbest klor içeriğine sahip elektrolize su ile muamele ve sonrasında 30 gün depolama	Gaz kompozisyonundaki değişim, ağırlık kaybı, brix, pH, sertlik, su aktivitesi, renk, antosiyanin profili, duyuşal özellikler ve küf analizlerine bağlı olarak, SKK'ü 100 ppm'den düşük ASES'ün raf ömrünü arttırmada etkili olduğu belirlenmiştir.	Hayta, 2014.
Havuç ıspana, biber, turp, patates, salatalık	MAB ve görünüm (renk)	4 dk. ASES uygulaması (pH: 6.8, SKK: 15, 20, 30 ve 50 ppm)	0.6-2.6 log azalma saptanmıştır. En güçlü etki 50 ppm'lik ASES ile sağlanmış, sebzelerin renklerinde herhangi bir kayıp gözlenmemiştir.	Izumi, 1999.
Marul	MAB	10 dk. ASES (pH: 2.6, ORP: 1140 mV, SKK: 30 ppm), 5 ppm'lik ozonlu su ve 150 ppm'lik NaOCl uygulaması	ASES ve NaOCl çözeltileri ile 2'şer log'luk azalma, ozonlu su uygulamasıyla ise 1.5 log azalma sağlanmıştır.	Koseki ve ark., 2001.
Marul	MAB ve koliform bakteri	10 dk. ASES (pH:2.5, ORP: 1140 mV, SKK: 40 ppm) uygulaması	MAB ve koliform için sırasıyla 1.7 ve 1.6 log azalma saptanmıştır.	Koseki ve Itoh, 2001a.
Lahana, marul, salatalık ve havuç	Kalite özellikleri (renk, klorofil, beta-karoten ve askorbik asit içeriği)	10 dk. ASES, NaOCl (150 ppm) çözeltisi ve musluk suyu ile muamele	ASES, NaOCl ve musluk suyunun aynı derecede kalite kaybına yol açtığı saptanmıştır. Lahana ve marulda klorofil miktarındaki azalma %10-20; havuçta beta-karoten miktarında azalma %30; lahana, marul, salatalıkta askorbik asit miktarındaki azalma ise sırasıyla %20, %15 ve %35 olarak belirlenmiştir.	Koseki ve Itoh, 2001b.
Marul	<i>E. coli</i> O157:H7, <i>L. monocytogenes</i> , <i>Staphylococcus aureus</i> ve <i>Salmonella typhimurium</i>	35°C'de 1 dk zayıf asidik elektolize su (ZASES) (pH 6.30, ORP 500 mV, SKK 5 ppm) ve ASES (pH 2.6, ORP 110 mV, SKK 50 ppm) uygulaması	Bakteri sayılarında uygulama türüne göre 2.5-4 log kob/g arası azalma saptanmıştır.	Rahman ve ark., 2010.
Yuja meyvesi	Pestisit (bakterisid ve fungisid)	GASES (pH:2.75, ORP: 1057 mV, SKK: 88.63 ppm) ile mekanik yıkama	Pestisit kalıntısında %70-%98.1 oranında azalma tespit edilmiştir.	Sung ve ark., 2011.
Marul	<i>S. typhimurium</i> , <i>E. coli</i> O157:H7 ve <i>L. monocytogenes</i>	5 dk. 30 °C'de ASES (pH 4-9, SKK: 300 ppm) ile muamele	En iyi görünüm pH'ı 7 ile olan ASES ile sağlanmıştır. Her bakteri sayısında 2'şer log azalma saptanmıştır.	Yang ve ark., 2003.

Kırmızı et, kanatlı eti, balık ve yumurta gibi çeşitli hayvansal ürünlerde gıda güvenliğinin sağlanması için elektrolize su ile birçok uygulama yapılmaktadır. Tablo 2'de bu uygulamalarla ilgili çeşitli örneklere yer verilmiştir.

Tablo 2. Hayvansal Gıdalarda Elektrolize Su ile Yapılan Bazı Çalışmalar

Ürün	İncelenen parametre	Uygulama	Sonuç	Kaynak
Çiğ tavuk eti	Koliform bakteri ve MAB	10 dk. ASES (pH:2.7, ORP: 1099 mV; SKK: 20 ppm), ASES (pH:2.7, ORP: 1100 mV, SKK: 30 ppm) ile NaOCl (SKK: 200 ppm) muamele	Koliform bakteri ve MAB sayılarındaki azalma sırasıyla aşağıdaki gibidir: 30 ppm'lik ASES: 1.53 ve 1.45 log 20 ppm'lik NaOCl: 1.30 ve 1.32 log ve 20 ppm'lik ASES: 1.24 ve 1.29 log	Aksoy, 2003
Sığır, keçi ve domuz eti	<i>E. coli</i> K12	2-12 dk., ASES (pH: 3.03, ORP 759,9 mV, SKK: 34.3 ppm), ALES (pH: 10.73, ORP -372.4 mV, SKK: 0.06 ppm) ile muamele	Sığır, keçi ve domuz etinde en iyi azalma miktarları sırasıyla şöyledir: ASES: 1.16 log (4 dk.), 1.22 log (12 dk.) ve 1.30 log (10 dk.); 12 dk. boyunca ALES: 1.61 log, 0.96 log ve 1.52 log	Arya ve ark., 2018.
Çiğ tavuk eti	<i>S. typhimurium</i>	ASES ile (pH: 5, ORP: 925 mV, SKK: 30 ppm; pH: 2.6 ORP: 1076 mV SKK: 60 ppm; pH: 2.2 ORP: 1100 mV SKK: 70 ppm), 15, 30 ve 60 sn'lik uygulama	0. günde 2 log'luk düşüşe rağmen 3. ve 7. günlerde ASES'yun etkisini kaybettiği, farklı ASES'ler ve uygulama sürelerinin etkileri arasında fark olmadığı belirlenmiştir.	Çil ve ark., 2012.
Çiğ domuz eti	<i>Campylobacter coli</i>	15 sn. ASES ( pH 2.6, ORP: 1150 mV, SKK:50 ppm) sprey uygulaması	4°C'de 7 gün vakum ambalajda depolama sonucu 2.6 log azalma saptanmıştır.	Fabrizio ve Cutter, 2004.
Yumurta	<i>L. monocytogenes</i> , mineral içeriği ve renk değişimi	2% sitrik asit, %0.9 NaCl çözeltisi, 46 ppm NES ile muamele	Mineral içeriği ve renk değişimine neden olmadan en iyi sonuç (2.18- 1.74 log azalma) NES uygulamasından alınmıştır.	Garcia ve ark., 2019.
Sazan filetoları	Besin öğeleri, aminoasit kompozisyonu, protein sindirebilirliği ve yağ asidi kompozisyonu	15 dk. 40.8 ppm'lik ASES (pH: 2,22; ORP: 1137 mV), ALES (pH: 11.6 ve ORP 885 mV) ve esansiyel yağ bileşenleri ile muamale	Kalite özelliklerinin etkilenmediği ve sentetik koruyuculara alternatif olarak elektrolize su ve esansiyel yağ bileşenlerinin kullanılabileceği belirtilmiştir.	Mahmoud ve ark., 2006.
Çiğ tavuk eti	<i>Campylobacter jejuni</i>	10 dk. 50 ppm'lik ASES ve klorlu suya daldırma	Her iki uygulama ile 3 log azalma saptanmıştır.	Park ve ark., 2002b.
Sazan fileto	Raf ömrü kriterleri (duyusal, kalıntı klor, toplam canlı, MAB, <i>Enterobacteriaceae</i> )	5 dk. 100 ppm ASES, 100 ppm ASES ve %0.5'lik lizozim uygulaması ve su ile durulama.	2°C'de 7 gün vakum ambalajda depolama sonucu, 100 ppm ASES ve %0.5'lik lizozim kombinasyonu en iyi sonucu vermiştir. Her iki uygulama, bakteri sayılarında 2.4–3.1 log azalma sağlanmıştır.	Palotás ve ark., 2020.
Pişmiş karides	<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	6 gün boyunca her 12 saatte yenilenecek, ASES buzu (pH 2.46, ORP 1124 mV, SKK: 26 ppm) ile muamele	5.1 log'a kadar azalma saptanmıştır.	Wang ve ark.,2014.

Sebze, meyve ve hayvansal ürünler dışındaki diğer bazı gıdalarda da elektrolize su uygulamaları mevcuttur. Tablo 3'te bu uygulamaların birkaçından bahsedilmiştir.

Tablo 3. Diğer Bazı Gıdalarda Elektrolize Su ile Yapılan Bazı Çalışmalar

Ürün	İncelenen parametre	UYGULAMA	SONUÇ	KAYNAK
Yer fıstığı	Aflatoksin B1	10-30 dk., NES (pH 5.6; SKK 10-100 ppm) ve ASES (pH 2.5) ve ALES (pH:11.6)	60 ppm'lik 15 dk. ASES ve 80 ppm'lik 10 dk. NES uygulaması aflatoksin B1 miktarında %10'a kadar azalma sağlanmıştır.	Xiong ve ark., 2012.
Buğday	Deoxynivalenol (DON)	60 ppm'lik ASES (pH 2.5, 3.5, 4.5, 5.5 ve 6.5) ve 60 ppm'lik ALES (pH 8.5, 9.5, 10.5, 11.5 ve 12.5) ile 45 dk. muamele	En yüksek DON eliminasyonu ASES (pH 5.5) için %57.48, ALES (pH 9.5) için %61.60 ve kontrol için %10.63 saptanmıştır.	Lyu ve ark., 2018.
	Toplam küf		ASES ile önemli derecede azalma sağlanmış, ALES (pH: 8.5 ve 12.5) ile neredeyse küf tespit edilememiştir.	
	Kalite özellikleri		ASES ve ALES'yun beyazlık, nem, ham protein, yaş gluten ve mikroyapıda değişikliğe yol açmadığı ve ASES'yun farinograf özelliklerini olumlu yönde etkilediği saptanmıştır.	
	<i>Fusarium graminearum</i>		pH'ı 5.5 olan ASES ve pH'ı 9.5 olan ALES ile önemli derecede azalma saptanmıştır.	

Gıda ile temas eden yüzey ve ekipmanların temizliği, gıda güvenliğinin sağlanması için oldukça önemlidir. CIP (Clean In Place) sistemleri de dahil olmak üzere, elektrolize su çeşitli ekipman ve yüzeylerin sanitasyonu için uygulanmaktadır (Wang ve ark., 2016). Bu uygulamalara örnekler Tablo 4'te sunulmuştur.

Tablo 4. Gıda ile Temas Eden Ekipman ve Yüzeylerde Elektrolize Su ile Yapılan Bazı Çalışmalar

Ürün	İncelenen parametre	UYGULAMA	SONUÇ	KAYNAK
Bardak, tabak ve gümüş ekipmanlar	<i>E.coli</i> K-12 ve <i>S. epidermis</i>	Kuaterner amonyum (200 ppm), NaOCl (100 ppm) peroksiasetik asit (1000 ppm), sitrik asit-dodesil benzen sülfonat (10000 ppm) ve NES (100 ppm, pH: 7.4) ile elde ve makinede yıkama	Her koşulda, tüm dezenfektanlarla bakteri yükünde en az 5 log azalma, ASES ile makine ile yıkamada 6.9 log, elde yıkamada ise 5.4 log azalma saptanmıştır.	Haondojo ve ark., 2009.
Kesme tahtası	<i>E. coli</i> K12 ve <i>L. innocua</i>	Kesme tahtaları elde ya da makinede yıkandıktan sonra 23°C'de 10 sn. boyunca NaOCl (SKK: 100 ppm) ve NES (SKK:120 ppm, ORP: 799.6 mV, pH: 7.05) ile sprey uygulaması	Elle yıkamada <i>E. coli</i> sayısı NEW için 3.4 log ve NaOCl için 3.6 log azalma, <i>L. innocua</i> sayısı NEW için 4.1 log ve NaOCl için 3.9 log azalma, Otomatik yıkamada <i>E. coli</i> sayısı NEW için 4 log ve NaOCl için 4 log azalma, <i>L. innocua</i> sayısı NEW için 4.2 log ve NaOCl için 3.6 log azalma sağlanmıştır.	Monnin ve ark., 2012.
Cam, paslanmaz çelik, seramik fayans vb.	<i>E. aerogenes</i> ve <i>S.aureus</i>	ASES (SKK: 10 ppm) ile çalkalayarak ve çalkalamayarak yapılan uygulama	Çalkalamadan yapılan uygulama sonucu bakteri sayılarında sırasıyla 2.2-2.4 log ve 1.7-1.9 log azalma; çalkalayarak yapılan uygulamada ise yüzeyde canlı hücreler 1 kob/cm <sup>2</sup> 'den az tespit edilmiştir.	Park ve ark, 2002a.
Teflon, paslanmaz çelik ve seramik yüzeyler	MAB, <i>S. typhimurium</i> , <i>L. monocytogenes</i> , verotoxigenic <i>E. coli</i> O157:H7 ve <i>S. aureus</i>	30 sn. 110 ppm'lik ASES (pH 2.69, ORP 1135 mV) ile muamele	Tüm bakteri popülasyonunda 8 log azalma saptanmıştır.	Serraino ve ark., 2010.
CIP ekipmanları	Kalıntı ATP ve protein	54.6°C'de 20,5 dk. ALES (pH 11.65-11.66, ORP (-869)-(-879) mV) ile yıkama, ardından	Kalıntı ATP ve protein tespit edilememiştir.	Yu, 2014.

		25°C'de 10 dk. ASES (pH 2.38-2.40, ORP 1166-1169 mV, SKK: 82.6-84.6 ppm) ile sanitasyon		
Kümes hayvanları için plastik taşıma kafesleri	<i>S. enteritidis</i>	20-80 sn. ZASES (pH: 6.15-6.56, SKK: 0-90 ppm, ORP: 398.7-835.4 mV), ZASEW (pH: 6.49-6.56, SKK: 10-90 ppm, ORP: 798.5-835.4 mV) spreyleneceği + UV uygulama	En az 70 sn'lik ZASES (90 ppm) + UV uygulaması ile %100 <i>S. enteritidis</i> inaktivasyonu sağlanmıştır.	Zang ve ark., 2019

Çeşitli mikroorganizma süspansiyonları üzerine de elektrolize su ile yapılan çalışmalar mevcuttur. Tablo 5'te bu çalışmalara bazı örnekler verilmiştir.

Tablo 5. Mikroorganizma Süspansiyonları Üzerinde Elektrolize Su ile Yapılan Bazı Çalışmalar

Ürün	İncelenen parametre	UYGULAMA	SONUÇ
<i>E. coli</i> , <i>S. typhimurum</i> , <i>S. aureus</i> , <i>S. cerevisiae</i> , <i>B. cereus</i>	60 dk. ASES (pH 2.5; ORP >1150 mV) ile muamele	10-40 dk.'lık uygulama ile <i>B. cereus</i> harici tüm bakteriler inhibe edilmiştir.	Jung ve ark., 1996.
<i>E. coli</i>	UV ile scan edilen ZAES (pH: 5.58-6.23, SKK: 0.35-14.3 ppm, ORP 869-1048 mV) ve ASES uygulamaları (pH 2.5-3.74, SKK: 1.3-24.5 ppm, ORP 1019-1134 mV)	ASES ile inaktivasyon sağlanmış ve klor bazlı dezenfektanlara alternatif olarak önerilmiştir.	Hao ve ark., 2012.
<i>E. coli</i> O157:H7, <i>L. monocytogenes</i> , <i>S. aureus</i> ve <i>S. typhimurium</i>	ZASES (pH 6.30, ORP 500 mV, SKK: 5 ppm) ve ASES (pH 2.6, ORP 110 mV, SKK: 50 ppm) uygulaması (Süre 1, 3, 5, 7 ve 10 dk. ve sıcaklık 4, 15, 23, 35 ve 50°C)	Bakteri sayılarında uygulama türüne göre 1.7 – 6.6 log azalma saptanmıştır.	Rahman ve ark., 2010.
<i>S. enteritidis</i> , <i>L. monocytogenes</i> , <i>E. coli</i> O157:H7	4 °C ve 23 °C'de 0, 5, 10 ve 15 dk.; 35 °C'de 0,2,4 ve 6 dk. ve 45 °C'de 0, 1, 3 ve 5 dk. ASES ile muamele ASES: pH 2.36-2.48; ORP 1.151-1.160 mV; SKK: 43-86.3 ppm	4 °C ve 23 °C'de 5 dk.'lık uygulama ile tüm patojenlerde yaklaşık 7 log azalma, 10 dk. sonunda tamamen inhibisyon; 45 °C'de 1 dk. ve 35 °C'de 2 dk. ile 7 log azalma sağlanmıştır.	Venkitanarayan ve ark., 1999
<i>E. aerogenes</i> , <i>S. aureus</i>	ASES (pH: 2.53-3.18; ORP: 1116-1178 mV; SKK: 11.3-53.1 ppm) ile muamele	Bakteri sayılarında $\geq 9$ log azalma saptanmıştır.	Park ve ark., 2002a.
<i>B. cereus</i>	30 dk. Ultrason ve 30 ppm'lik AEW uygulaması	Bakteri spor sayılarında 2.29 log azalma sağlanmıştır.	Lv ve ark., 2020.

### 3. Sonuç

Gerek toplu tüketim yerlerinde gerekse ambalajlanarak piyasaya sunulan kullanıma ya da tüketime hazır sebze-meyve gibi ürünlere etkin bir dezenfeksiyon işlemi uygulanması gıda güvenliği açısından oldukça önemlidir. Bunun yanı sıra et, balık, yumurta vb. gibi hayvansal gıdaların üretimi esnasında ve satışı öncesinde uygun dezenfektan çözeltilerle dekontamine edilmesi, ayrıca her türlü gıda üretim alanlarının ve gıdalla temas eden ekipman ya da yüzeylerin dekontaminasyonu da gıda güvenliğinin sağlanmasında önemli basamaklardır. Bu dezenfeksiyon uygulamaları ile gıdaların başlangıç mikroorganizma yükü önemli ölçüde azaltılabilmektedir. Elektrolize su günümüzde bu amaçla yaygın olarak kullanılmaya başlanan ve başarılı sonuçlar alınan modern dezenfektanlardan biridir. Ancak bakteri sporları ve makro parazitler üzerinde etkinliği sınırlı olarak değerlendirilmektedir. Dolayısıyla her türlü gıda üretim ya da satış tesislerinde %100 güvenli gıdaya ulaşmayı amaçlayan entegre bir gıda güvenliği sisteminin (ISO 22000 vb.) gerektirdiği önlemler alınmalı; İyi Hijyen Uygulamaları (GHP) ve İyi Üretim Uygulamaları (GMP) gerekliliklerine uyulmalıdır.

### Kaynakça

- Aksoy, A., (2003). Bazı taze sebzeler ve çiğ tavuk etinde yüzey dekontaminasyonu uygulamalarının incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Al-Haq MI, Seo Y, Oshita S, Kawagoe Y., (2002). Disinfection effects of electrolyzed oxidizing water on suppressing fruit rot of pear caused by *Botryosphaeria berengeriana*. Food Res Inter, 35, 657–664.
- Anonim, (2018a). <http://www.efsa.europa.eu/en/press/news/180726>. Erişim tarihi: 21.04.2020
- Anonim, (2018b). <https://efsa.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2903/sp.efsa.2018.EN-1448>. Erişim tarihi: 22.04.2020



- Anonim, (2018c). [http://www.drinktech.net/makaleler/elektrolize-su-ve-cesitlerinin-gidalarda-ve-gida-sektorunde-kullanimi\\_55.html](http://www.drinktech.net/makaleler/elektrolize-su-ve-cesitlerinin-gidalarda-ve-gida-sektorunde-kullanimi_55.html). Erişim tarihi: 22.04.2020
- Anonim, (2011). Güvenli ve kaliteli su ürünleri üretiminde uygulanan son teknolojiler 1. <http://www.dunyagida.com.tr/haber.php?nid=2031>. Erişim tarihi: 26.03.2015
- Anonim, (2012). Gıdalarda ve su ürünlerinde atımlı ışık ve elektrolize okside su uygulamaları. <http://www.gidateknolojisi.com.tr/haber/2012/10/gidalarda-ve-su-urunlerinde-atimli-isisik-ve-elektrolize-okside-su-uygulamaları>. Erişim tarihi: 22.04.2020
- Appleton, H. (2000). Control of Food-borne Viruses, British Medical Bulletin, 56 (1), 172-183.
- Arya, R., Bryant, M., Degala, H.L., Mahapatra, A.K., (2018). Effectiveness of a low-cost household electrolyzed water generator in reducing the populations of *Escherichia coli* K12 on inoculated beef, chevon, and pork surfaces, Journal of Food Processing and Preservation, 2018;e13636.
- Athayde, D.R., Flores, D.R.M., Silva, J.S., Silva, M.S., Genro, A.L.G., Wagner, R., Campagnol, P.C.B., Menezes, C.R., Cichoski, A.J., (2018). Characteristics and use of electrolyzed water in food industries, International Food Research Journal, 25(1): 11–16.
- Buck, J.W., Iersel, M.W., Oetting, R.D. and Hung, Y.C., (2003). Evaluation of acidic electrolyzed water for phytotoxic symptoms on foliace and flowers of bedding plants, Crop Protection, 22, 73-77.
- Choi, S.Y., Cho, M.A., Hong, Y.P., (2008). Effects of washing treatments with different components on removal of pesticide residues and microorganisms in 'fuji' apples, Korean Journal of Horticultural Science Technology, 26(3), 251-257.
- Fabrizio, K.A., Cutter, C.N., (2004). Comparison of electrolyzed oxidizing water with other antimicrobial interventions to reduce the pathogens on fresh pork. Meat Sci. 68, 463-468.
- Graca, A., Nunes, C., Salazar, M. (Editör: Erkan, M; Aksoy, U.), (2010). Efficacy of neutral and acidic electrolyzed water for reducing microbial contamination on fresh-cut fruits. VI International Postharvest Symposium, Acta Horticulturae, 877, 649-655.
- Günaydın, M., Esen, Ş., Yanık, K., Ünal, N., Karadağ, A., Odabaşı, H., Birinci, A., (2012). Süper Okside Suyun Çeşitli Mikroorganizmalara Karşı In-vitro Etkinliğinin Araştırılması, 1. Sterilizasyon Ameliyathane Dezenfeksiyon (SAD) Sempozyumu The Anatolian Hotel, Gaziantep, 3-6 Ekim 2012.
- Hao, J., Wuyundalai, Liu H., Chen, T., Zhou, Y., Su, Y.C., Li, L., (2011). Reduction of pesticide residues on fresh vegetables with electrolyzed water treatment, Journal of Food Science, 76(4), 520-524.
- Hao, J., Qiu, S., Li, H.Y., Chen, T.P., Liu, H.J., Li, L.T., (2012). Roles of hydroxyl radicals in electrolyzed oxidizing water (EOW) for the inactivation of *Escherichia coli*. International Journal of Food Microbiology, 155(3): 99-104.
- Haondojo, A., Lee, J., Hipp, J., Pascall, M.A., (2009). Efficacy of electrolyzed water and an Acidic Formulation Compared with Regularly Used Chemical Dezenfektans for Tableware Sanitization during Mechanical and Manual Ware-Washing Protocols. Journal of Food Protection, 72(6):1315-1320.
- Hati, S., Mandal, S., Minz, P.S., Vij, S., Khetra, Y., Singh, B.P., Yadav, D., (2012). Electrolyzed oxidized water (EOW): non-thermal approach for decontamination of food borne microorganisms in food industry. Food and Nutrition Sciences, 3, 760-768.
- Hayta, E., (2014). Elektrolize suyun kiraz kalitesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, Türkiye.
- Hricova, D., Stephan, R., Zweifel, C., (2008). Electrolyzed water and its application in the food industry. Journal of Food Protection, 71(9):1934-1937.
- Hsu SY. (2005). Effects of flow rate, temperature and salt concentration on chemical and physical properties of electrolyzed oxidizing water. J of Food Engineer, 66, 171-176.
- Huang YR, Hung YC, Hsu SY, Huang YW, Hwang DF., (2008). Application of electrolyzed water in the food industry. Food Control 19, 329-345.
- Izumi, H., (1999). Electrolyzed water as a disinfectant for fresh-cut vegetables, Journal of Food Science, 64, 2, 536-539.
- İplikçiöğlü Çil, G., Demirel, Y. N., Şireli, U.T., (2012). Inactivation of *Salmonella typhimurium* on poultry meat by electrolyzed water, Vet Hekim Der Derg 83(2): 48-53.
- Jung, S.W., Park, K.J., Park, B.I. and Kim, Y.H., (1996). Surface sterilization effect of electrolyzed acid-water on vegetable, Korean Journal of Food Science and Technology, 28, 6, 1045-1051.
- Kim, C., Hung, Y.C., Brackett, R.E. and Frank, J.F., (2001). Inactivation of *Listeria monocytogenes* biofilms by electrolyzed oxidizing water, Journal of Food Processing Preservation, 25, 91-100.
- Kiura, H., Sano, K., Morimatsu, S., Nakano, T., Morita, C., Yamaguchi, M., Maeda, T. and Katsuoka, Y., (2002). Bacteriocidal activity of electrolyzed acid water from solution containing sodium chloride at low concentration, in comparison with that at high concentration, Journal of Microbiological Methods, 49, 285-293.
- Koseki, S., Yoshida, K., Isobe, S. and Itoh, K., (2001). Decontamination of lettuce using acidic electrolyzed water, Journal of Food Protection, 64, 5, 652-658.
- Koseki, S., Fujiwara, K. and Itoh, K., (2002). Decontaminative effect of frozen acidic electrolyzed water on lettuce, Journal of Food Protection, 65, 2, 411-414.
- Koseki S, Itoh K, (2000). Fundamental properties of electrolyzed water. J of The Japanese Soc for Food Sci and Technol.-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi, 47, 5: 390-393.
- Koseki, S., Itoh, K., (2001a). Prediction of microbial growth in fresh-cut vegetables treated with acidic electrolyzed water during storage under various temperature conditions, Journal of Food Protection, 64, 12, 1935-1942.
- Koseki, S., Itoh, K., (2001b). The effect of acidic electrolyzed water on the quality of cut vegetables, Journal of the Japanese Society for Food Science and Technology, 48, 5, 365-369.
- Külekçi, G., (2005) Klor verici dezenfektanların kullanım ilkeleri hangi şartlarda, hangi amaçlarla kullanılır? Türevleri nelerdir? 4. Ulusal Sterilizasyon Dezenfeksiyon Kongresi, sayfa 207-219.

- Len, S. V., Hung, Y. C., & Chung, D. (2002). Effects of storage conditions and pH on chlorine loss on electrolyzed oxidizing (EO) water. *J. of Agric. Food Chem.*, 50 209–212.
- Lv., R., Muhammed, A.I., Zou, M., Yu, Y., Fan, L., Zhou, J., Tian, D., Ye, X., Guo, M., Liu, D., (2020). Hurdle enhancement of acidic electrolyzed water antimicrobial efficacy on *Bacillus cereus* spores using ultrasonication, *Applied Microbiology and Biotechnology*, <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10393-6>.
- Lyu, F., Gao, F., Zhou, X., Zhang, J., Ding, Y., (2018). Using acid and alkaline electrolyzed water to reduce deoxynivalenol and mycological contaminations in wheat grains, *Food Control*, 88, 98-104.
- Mahmoud BSM, Yamazaki K, Miyashita K, Shin II, Suzuki T., (2006). A new technology for fish preservation by combined treatment with electrolyzed NaCl solutions and essential oil compounds. *Food Chem.* 99, 656-662.
- Millioğlu, Ö., (2006). Elektrolize suyun *Vicia faba L.* üzerine genotoksik etkisinin kontrolü. Yüksek Lisans Tezi. Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Gebze, Türkiye.
- Monnin A., Lee J., Pascall M. A., (2012). Efficacy of neutral electrolyzed water for sanitization of cutting boards used in the preparation of foods, *Journal of Food Engineering*, 110, 541-546.
- Onishi, R., Hara, Y., Arai, E., (2001). Improvement of eating quality and preservability of cooked rice obtained from aged rice grains by weak electrolyzed cathode water. *J of The Japanese Soc for Food Sci and Technol-Nippon Shokuhin Kagaku Kogaku Kaishi*, 48 (2): 112-118.
- Özer, C.O., Kılıç, B., (2012). Et endüstrisinde elektrolize yükseltgen su uygulaması, 11. Türkiye Gıda Kongresi, 10-12 Ekim, Hatay.
- Palotás, P., Palotás Jr., P., Jonas, G., Lehel, J., Friedrich, L., (2020). Preservative Effect of Novel Combined Treatment with Electrolyzed Active Water and Lysozyme Enzyme to Increase the Storage Life of Vacuum-Packaged Carp, *Hindawi Journal of Food Quality*, Article ID 4861471, <https://doi.org/10.1155/2020/4861471>.
- Park, H., Hung, Y. C. and Kim, C., (2002a). Effectiveness of electrolyzed water as a dezenfektan for treating different surfaces, *Journal of Protection*, 65, 8, 1276-1280.
- Park H, Hung YC, Brackett RE., (2002b). Antimicrobial effect of electrolyzed water for inactivating *Campylobacter jejuni* during poultry washing. *Int J of Food Microbiol*, 72 (1-2): 77-83.
- Poçan, H.B., Karakaya, M., Ulusoy, K., (2011). Elektrolize suyun gıda endüstrisinde kullanımı. *Gıda*, 36 (3):169-176.
- Poçan, H.B., 2012. Elektrolize suyun sığır ve tavuk etlerinin bazı emülsiyon karakteristikleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, Türkiye.
- Rahman, S. M. E., Ding, T., Oh, D.H., (2010). Effectiveness of low concentration electrolyzed water to inactivate foodborne pathogens under different environmental conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 139(3): 147-153.
- Rahman, S. M. E., Khan, I., Oh, D.H., (2016). Electrolyzed water as a novel sanitizer in the food industry: current trends and future perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety.*, 15, 471-490.
- Rivera-Garcia, A., Santos-Ferro, L., Ramirez-Orejuel, J.C., et al., (2019). The effect of neutral electrolyzed water as a disinfectant of eggshells artificially contaminated with *Listeria monocytogenes*. *Food Sci Nutr.*,7:2252– 2260.
- Serraino, A., Veronese, G., Alonso, S., Matera, R., Lugoboni, B., Giacometti, F., (2010). Bactericidal activity of electrolyzed oxidizing water on food processing services. *Italian Journal of Food Science*, 22(8):222-228.
- Sharma, R.R., Demirci, A., (2002). Treatment of *Escherichia coli* O157:H7 inoculated alfalfa seeds and sprouts with electrolyzed oxidizing water, *International Journal of Food Microbiology*, 2676, 1-7.
- Sung, J.M., Kwon, K.H., Kim, J.H., Jeong, J.W., (2011). Effect of washing treatments on pesticide residues and antioxidant compounds in Yuja (*Citrus junos Sieb ex Tanaka*). *Food Sci. Biotechnol.*, 20(3): 767-773.
- Turantaş, F., Ersus-Bilek, S., Sömek, Ö., Kuşçu, A., (2018). Decontamination effect of electrolyzed water washing on fruits and vegetables, *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 7(4), 337-342.
- Venkitanarayanan KS, Ezeike GOI, Hung YC, Doyle MP., (1999b). Efficacy of electrolyzed oxidizing water for inactivating *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella enteritidis*, and *Listeria monocytogenes*. *Appl and Environment Microbiol*, 65, 4276-4279.
- Wang, J.J., Lin, T., Li, J.B., Liao, C., Pan, Y.J., Zhao, Y., (2014a). Effect of acidic electrolyzed water ice on quality of shrimp in dark condition. *Food Control* 35, 207–212.
- Wang, X. Demirci, A., Puri, V.M., (2016). Electrolyzed Oxidizing Water for Food and Equipment Decontamination, *Handbook of Hygiene Control in the Food Industry*, chapter 34, 503-520.
- Xiong, K., Liu, HJ., Li, LT., (2012). Product identification and safety evaluation of aflatoxin B-1 decontaminated by electrolyzed oxidizing water. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(38): 9770-9778.
- Yang, H., Swem B.L., Li Y., (2003). The effect of pH on inactivation of pathogenic bacteria on fresh-cut lettuce by dipping treatment with electrolyzed water. *J of Food Sci*, 68, 1013–1017.
- Yoshida, K., Achiwa, N., ve Katayose, M., (2004). Application of electrolyzed water for food industry in Japan, *Specialized Engineering Dept., Hoshizaki Electric Co., Ltd.*, 3-16 Minamiyakata, Sakae, Toyoake, Aichi, 470-1194.
- Yu, Y., (2014). Evaluation of electrolyzed water for clean-in-place of dairy processing equipment, Yüksek Lisans Tezi. The Pennsylvania State University The Graduate School, College of Agricultural Sciences, Pensilvanya, ABD.
- Yudin, R., Zuniga, M., ; Vergara, J., Edited by:Arauz, LF; Fonseca, JM; Hewett, EW., (2011). Revisiting the use of electrolyzed water as a fresh produce dezenfektan. *International Conference on Postharvest and Quality Management of Horticultural Products of Interest for Tropical Regions, Acta Horticulturae*, 906, 225-233.
- Zang, Y.T., Bing, S., Li, Y.J., Shu, D.Q., (2019). Application of slightly acidic electrolyzed water and ultraviolet light for *Salmonella enteritidis* decontamination of cell suspensions and surfaces of artificially inoculated plastic poultry transport coops and other facility surfaces, *Poultry Science Association Inc.*, 1-7.



# Korelasyon Temelli Özellik Seçimi, Genetik Arama ve Rastgele Ormanlar Tekniklerine Dayanan Yeni Bir Rahim Ağzı Kanseri Teşhis Yöntemi

Can Eyüpoğlu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Milli Savunma Üniversitesi, Hava Harp Okulu, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6133-8617)

(İlk Geliş Tarihi 22 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.725305)

**ATIF/REFERENCE:** Eyüpoğlu, C. (2020). Korelasyon Temelli Özellik Seçimi, Genetik Arama ve Rastgele Ormanlar Tekniklerine Dayanan Yeni Bir Rahim Ağzı Kanseri Teşhis Yöntemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 263-271.

## Öz

Rahim ağzı kanseri kadınlarda en sık görülen kanser türlerinden biridir. Bu kanser türü nedeniyle gerçekleşecek ölümlerin sayısını azaltmanın yolu erken teşhistir. Hastalığı erken teşhis ederken doktorlara yardımcı olmak için makine öğrenmesi ve veri madenciliği teknikleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada rahim ağzı kanseri teşhisi için korelasyon temelli özellik seçimi (correlation-based feature selection-CFS), genetik algoritma (genetic algorithm-GA) ve rastgele ormanlar (random forests-RF) tekniklerinden yararlanan yeni bir yöntem önerilmiştir. Veri ön işleme, özellik seçimi ve sınıflandırma olmak üzere üç aşamadan oluşan yöntemin performansı; sınıflandırma doğruluğu, kesinlik, duyarlılık ve F-ölçütü metrikleri kullanılarak test edilmiştir. Ardından performans sonuçları klasik makine öğrenmesi teknikleri ve literatürde var olan çalışmalarla karşılaştırılmıştır. Deneysel sonuçlardan önerilen yöntemin etkili olduğu ve rahim ağzı kanserini erken teşhis etmede doktorlar tarafından yardımcı bir araç olarak kullanılabilceği görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Rahim Ağzı Kanseri Teşhisi, Korelasyon Temelli Özellik Seçimi, Genetik Arama, Rastgele Ormanlar, Makine Öğrenmesi, Veri Madenciliği.

## A New Cervical Cancer Diagnosis Method Based on Correlation-based Feature Selection, Genetic Search and Random Forests Techniques

### Abstract

Cervical cancer is one of the most common types of cancer in women. The way to reduce the number of deaths due to this type of cancer is early diagnosis. Machine learning and data mining techniques are used to assist doctors while early diagnosing the disease. In this study, a new method exploiting correlation-based feature selection (CFS), genetic algorithm (GA) and random forests (RF) techniques is proposed for the diagnosis of cervical cancer. The performance of the proposed method consisting of three stages: data preprocessing, feature selection and classification has been tested using classification accuracy, precision, recall, and F-measure metrics. In the sequel, the performance results are compared with the conventional machine learning techniques and the existing studies in the literature. It can be seen from the experimental results that the proposed method is effective and can be used as an auxiliary tool by doctors in diagnosing cervical cancer early.

**Keywords:** Cervical Cancer Diagnosis, Correlation-based Feature Selection, Genetic Search, Random Forests, Machine Learning, Data Mining.

\* Sorumlu Yazar: Milli Savunma Üniversitesi, Hava Harp Okulu, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6133-8617, [caneyupoglu@gmail.com](mailto:caneyupoglu@gmail.com), [ceyupoglu@hho.edu.tr](mailto:ceyupoglu@hho.edu.tr)

## 1. Giriş

Rahim ağzı kanseri, 2018 yılında tahmini 570.000 vaka ile kadınlarda dördüncü en sık görülen kanser türüdür ve tüm kadın kanserlerinin %7,5'ini temsil etmektedir. 2018 yılında yaklaşık 311.000 kadın rahim ağzı kanseri sebebiyle ölmüştür. Bu ölümlerin %85'inden fazlası düşük ve orta gelirli ülkelerde meydana gelmiştir (World Health Organization, 2019).

Rahim ağzı kanseri sebebiyle gerçekleşen ölümlerin sayısını azaltmanın yolu erken teşhistir. Özellikle tarama programlarının bulunmadığı ülkelerde bu kanser türünü erken teşhis etmek ve etkili tedaviye başlamak hayatta kalma olasılığını önemli ölçüde artırmaktadır. Mevcut şartlarda bu hastalık ilerleyene kadar ya da tedaviye erişilinceye kadar genellikle tanılanmamaktadır. Bu durum da rahim ağzı kanserinde yüksek ölüm oranını neden olmaktadır. Rahim ağzı kanserinin belirtilerinin anlaşılması ve tespit edilmesi sayesinde hastalara erken teşhis koyulabilmektedir (World Health Organization, 2020).

Bilgisayar biliminde, rahim ağzı kanserini teşhis ederken doktorlara erken tanıya yardımcı olmak amacıyla veri madenciliği ve makine öğrenmesi teknikleri kullanılmaktadır. 2017 yılında rahim ağzı kanseri tanısı için demografik bilgilerden, alışkanlıklardan ve tıbbi kayıtlardan oluşan yeni bir veri seti (Fernandes vd., 2017a; Fernandes vd., 2017b) oluşturulmuştur. Literatürde şimdiye kadar bu veri setini kullanan bazı çalışmalar yapılmıştır ve bu çalışmalarda çeşitli teknikler, modeller ve sistemler önerilmiştir. Wu ve Zhou (2017) tarafından yapılan çalışmada rahim ağzı kanseri teşhisi için özyinelemeli özellik eleme (recursive feature elimination-RFE), temel bileşen analizi (principal component analysis-PCA) ve destek vektör makinesi (support vector machine-SVM) temelli iki yöntem önerilmiştir. İlk olarak hastalık tanısı için kullanılan veri setinden RFE ve PCA ile özellik çıkarma işlemi yapılmıştır. Ardından çıkarılan özellikler SVM ile sınıflandırılmıştır. Deneysel sonuçlar, özellik çıkarma için PCA'nın kullanıldığı yöntemin rahim ağzı kanseri teşhisinde daha iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir.

Abdoh vd. (2018) ise kanser tanısı için oversampling, RFE, PCA ve rastgele ormanlar (random forests-RF) tabanlı bir teknik ileri sürmüştür. Simülasyon sonuçları, önerilen tekniğin rahim ağzı kanseri teşhisinde kullanılabileceğini göstermektedir. Rayavarapu ve Krishna (2018), rahim ağzı kanseri tahmini için bir derin sinir ağı (deep neural network-DNN) kullanmıştır. Deng vd. (2018) tarafından yapılan çalışmada ise XGBoost (eXtreme Gradient Boosting), SVM ve RF tekniklerinin rahim ağzı kanseri sınıflandırmadaki performansını incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda XGBoost ve RF tekniklerinin SVM'den daha iyi performansa sahip olduğu görülmüştür.

Sawhney vd. (2018) kanser teşhisi için ateş böceği algoritması (firefly algorithm-FA) temelli bir özellik seçimi metodu önermiştir. Rahim ağzı kanseri veri setinde FA ile özellik seçimi yapıldıktan sonra RF kullanılarak sınıflandırma yapılmıştır. Son zamanlarda yapılan bir çalışmada ise Adem vd. (2019) rahim ağzı kanseri teşhisi için derin öğrenmeye dayalı bir sınıflandırma modeli geliştirmiştir. Test sonuçları, önerilen modelin sınıflandırma doğruluğu performansının literatürdeki bazı çalışmalardan daha iyi olduğunu göstermektedir.

Bu makalede ise literatürde var olan çalışmalardan farklı olarak rahim ağzı kanseri teşhisi için korelasyon temelli özellik seçimi (correlation-based feature selection-CFS), genetik algoritma (genetic algorithm-GA) ve RF tekniklerine dayanan yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntemin performansı; sınıflandırma doğruluğu, kesinlik (precision), duyarlılık (recall veya sensitivity) ve F-ölçütü (F-measure veya F<sub>1</sub> score) metrikleri kullanılarak incelenmiş, klasik makine öğrenmesi teknikleri ve literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırılmıştır.

Çalışmanın diğer bölümlerinin organizasyonu şu şekildedir. Materyal ve Metot bölümünde, bu çalışmada rahim ağzı kanseri teşhisi için kullanılan veri seti ve önerilen yöntem tanıtılmaktadır. Araştırma Sonuçları ve Tartışma bölümünde önerilen yöntem, performans metrikleri kullanılarak klasik makine öğrenmesi teknikleri ve literatürdeki çalışmalar ile kıyaslanmaktadır. Sonuç bölümünde ise çalışmanın genel sonuçlarından bahsedilmektedir.

## 2. Materyal ve Metot

Bu bölümde ilk olarak çalışmada önerilen yöntemin performansının değerlendirilmesi için kullanılan veri seti açıklanmaktadır. Ardından veri ön işleme, özellik seçimi ve sınıflandırma aşamalarından oluşan önerilen yöntem ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.

### 2.1. Kullanılan Veri Seti

Bu çalışmada önerilen yöntem, Rahim Ağzı Kanseri Veri Seti (Cervical Cancer Data Set) (Fernandes vd., 2017a; Fernandes vd., 2017b) üzerinde test edilmiştir. Bu veri seti Kaliforniya Üniversitesi – Irvine Makine Öğrenmesi Deposunda (University of California – Irvine Machine Learning Repository) açık erişimli olarak bulunmaktadır.

Veri seti, toplam 858 hastaya ait demografik bilgiler, alışkanlıklar ve tıbbi kayıtlardan oluşmaktadır. Veri setindeki nitelik sayısı 36'dır. Bunlardan 32'si rahim ağzı kanseri risk faktörleri ile ilgilidir, 4'ü ise sınıflandırma için etiket olarak kullanılan hedef değişkenleridir. Bu hedef değişkenleri rahim ağzı kanseri tanısında kullanılan Hinselmann, Schiller, Sitoloji ve Biyopsi adlı teşhis araçları ve teknikleridir. Veri setinde bulunan nitelikler ve bu niteliklere ait bilgiler Tablo 1'de özetlenmektedir.

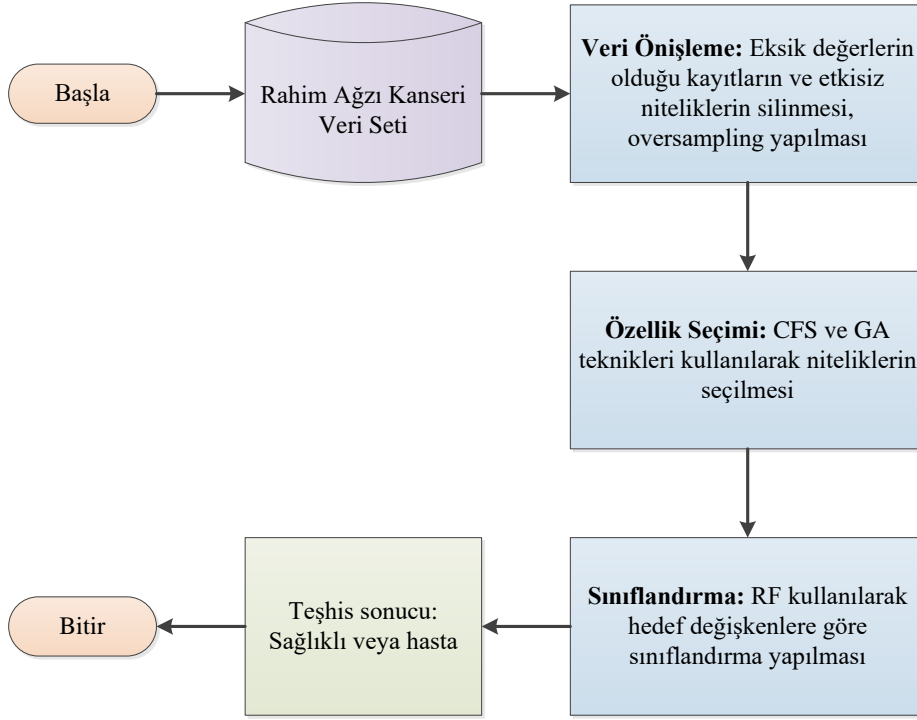


Tablo 1. Rahim Ağzı Kanseri Veri Setinin Özellikleri

Nitelik Numarası	Nitelik Adı (Risk Faktörleri)	Eksik Değer Sayısı	Farklı Değer Sayısı	Minimum Değer	Maksimum Değer
1	Yaş	0	44	13	84
2	Cinsel partner sayısı	26	12	1	28
3	İlk cinsel ilişki (yaş)	7	21	10	32
4	Gebelik sayısı	56	11	0	11
5	Sigara kullanımı	13	2	0	1
6	Sigara kullanımı (yıl)	13	30	0	37
7	Sigara kullanımı (paket/yıl)	13	62	0	37
8	Hormonal kontraseptifler	108	2	0	1
9	Hormonal kontraseptifler (yıl)	108	40	0	30
10	IUD (intrauterine device-rahim içi cihaz kullanımı)	117	2	0	1
11	IUD (yıl)	117	26	0	19
12	STDs (sexually transmitted diseases-cinsel yolla bulaşan hastalıklar)	105	2	0	1
13	STDs (sayı)	105	5	0	4
14	STDs: Kondilomatoz	105	2	0	1
15	STDs: Servikal kondilomatoz	105	1	0	0
16	STDs: Vajinal kondilomatoz	105	2	0	1
17	STDs: Vulvo-perineal kondilomatoz	105	2	0	1
18	STDs: Sifiliz	105	2	0	1
19	STDs: Pelvik inflamatuvar hastalık	105	2	0	1
20	STDs: Genital herpes	105	2	0	1
21	STDs: Molluscum contagiosum	105	2	0	1
22	STDs: AIDS (acquired immune deficiency syndrome)	105	1	0	0
23	STDs: HIV (human immunodeficiency virus)	105	2	0	1
24	STDs: Hepatit B	105	2	0	1
25	STDs: HPV (human papillomavirus)	105	2	0	1
26	STDs: Tanı sayısı	0	4	0	3
27	STDs: İlk tanıdan bu yana geçen süre	787	18	1	22
28	STDs: Son tanıdan bu yana geçen süre	787	18	1	22
29	Dx (diagnosis-teşhis): Kanser	0	2	0	1
30	Dx: CIN (cervical intraepithelial neoplasia)	0	2	0	1
31	Dx: HPV	0	2	0	1
32	Dx	0	2	0	1
	<b>Hedef Değişken Adı (Sınıflandırma Etiketleri)</b>	<b>Sağlıklı Kişi Sayısı</b>		<b>Hasta Kişi Sayısı</b>	
33	Hinselmann	823		35	
34	Schiller	784		74	
35	Sitoloji	814		44	
36	Biyopsi	803		55	

## 2.2. Önerilen Yöntem

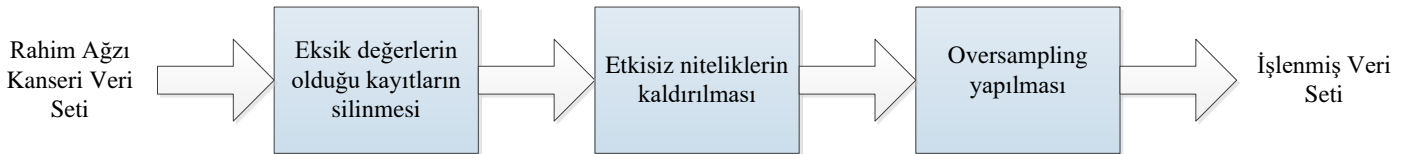
Bu çalışmada önerilen yöntem, Şekil 1'deki akış diyagramında da görüldüğü üzere veri ön işleme, özellik seçimi ve sınıflandırma aşamalarından oluşmaktadır. Her bir adımda gerçekleştirilen işlemler alt bölümlerde ayrıntılı olarak anlatılmaktadır.



Şekil 1. Önerilen Yöntemin Akış Diyagramı

### 2.2.1. Veri Önileme

Bu çalışmada rahim ağzı kanseri teşhisi başarısını artırmak için uygulanan veri önileme süreci Şekil 2’de gösterilmektedir. Çalışmada kullanılan veri setinde Tablo 1’de görüldüğü üzere eksik değerlerin olduğu birçok kayıt vardır ve bu kayıtlar hastalık teşhisi için uygulanan sınıflandırma işlemi olumsuz etkilemektedir. Bu nedenle ilk olarak veri setinden eksik değerlerin olduğu kayıtlar silinmiştir. Bu işlem sonucunda 668 hastaya ait kayıtlar kalmıştır.



Şekil 2. Veri Önileme Sürecinin Blok Diyagramı

Yine Tablo 1’e bakıldığında “STDs: İlk tanıdan bu yana geçen süre” ve “STDs: Son tanıdan bu yana geçen süre” adlı 27 ve 28. niteliklerin neredeyse tüm kayıtlarda eksik olduğu görülmektedir. Bu sebeple bu iki nitelik veri setinden silinmiştir ve ardından veri setinde risk faktörleri ile ilgili 30 nitelik kalmıştır. Bu işlemlerden sonra hedef değişkenlerinin özellikleri Tablo 2’de gösterilmektedir. Tablodan görüldüğü üzere sağlıklı ve rahim ağzı kanseri hastası etiketlerinin veri setindeki oranı çok dengesizdir. Sınıflandırma performansını kötü etkileyen bu problemin üstesinden gelmek için etiket sayıları aynı olacak şekilde oversampling yapılmıştır.

Tablo 2. Önileme Sonrası Hedef Değişkenlerin Özellikleri

Hedef Değişken	Sağlıklı Kişi Sayısı	Hasta Kişi Sayısı
Hinselmann	638	30
Schiller	605	63
Sitoloji	629	39
Biyopsi	623	45

### 2.2.2. Özellik Seçimi

Önerilen yöntemin özellik seçimi aşamasında CFS tekniği (Hall, 1999) kullanılmıştır. CFS, her bir özelliğin bireysel tahmin yeteneğini aralarındaki fazlalık (redundancy) derecesi ile birlikte dikkate alarak bir nitelik alt kümesinin değerini ölçer. Düşük karşılıklı korelasyona sahipken sınıfla yüksek derecede korelasyona sahip özelliklerin alt kümeleri tercih edilir. Bu teknik ile ilgili daha ayrıntılı bilgi için (Hall, 1999) kaynağına başvurulabilir. CFS tekniğinde arama metodu olarak ise GA (Goldberg, 1989) kullanılmıştır. GA'lar doğal seleksiyon ve genetik ilkelerine dayanan arama yöntemleridir (Bremermann, 1958; Fraser, 1957; Holland, 1975; Sastry vd. 2005). Bu yöntemler, bir arama sorununun karar değişkenlerini belirli kardinalitelerin sınırlı uzunluktaki alfabe dizelerine kodlar. Arama problemine aday çözümler olan dizelere kromozomlar, alfabelere genler ve genlerin değerlerine ise aleller denir. GA'lar geleneksel optimizasyon tekniklerinin aksine parametrelerin kendisinden ziyade parametrelerin kodlanmasıyla çalışır. İyi çözümler geliştirmek, doğal seleksiyonu gerçeklemek ve iyi çözümleri kötü çözümlerden ayırmak için bir ölçüt gereklidir. Bu ölçüt, matematiksel model veya bilgisayar simülasyonu olan nesnel bir fonksiyon ya da insanların daha kötü olanlara göre daha iyi çözümler seçtiği öznel bir işlev olabilir. Esas itibarıyla uygunluk ölçütü, daha sonra iyi çözümlerin gelişimini yönlendirmek için GA tarafından kullanılacak bir aday çözümün göreceli uygunluğunu belirlemelidir. GA'lardaki bir başka önemli konsept nüfus kavramıdır ve klasik arama yöntemlerinden farklı olarak aday çözümlerin popülasyonuna dayanır. Genellikle kullanıcı tanımlı bir parametre olan popülasyon büyüklüğü, genetik algoritmaların ölçeklenebilirliğini ve performansını etkileyen önemli faktörlerden biridir (Sastry vd. 2005). Bu çalışmada CFS ve GA tekniklerinin beraber kullanılması sonucu seçilen nitelikler Tablo 3'te gösterilmektedir.

Tablo 3. CFS ve GA Kullanılarak Seçilen Nitelikler

Hedef Değişken	Seçilen Niteliklerin Numarası	Seçilen Niteliklerin Adları
Hinselmann	1, 2, 3, 4, 5, 9, 11, 12, 14, 23, 29	Yaş, Cinsel partner sayısı, İlk cinsel ilişki (yaş), Gebelik sayısı, Sigara kullanımı, Hormonal kontraseptifler (yıl), IUD (yıl), STDs, STDs: Kondilomatoz, STDs: HIV, Dx: Kanser
Schiller	2, 3, 4, 8, 9, 10, 17, 29, 30	Cinsel partner sayısı, İlk cinsel ilişki (yaş), Gebelik sayısı, Hormonal kontraseptifler, Hormonal kontraseptifler (yıl), IUD, STDs: Vulvo-perineal kondilomatoz, Dx: Kanser, Dx: CIN
Sitoloji	2, 3, 4, 7, 8, 12, 29	Cinsel partner sayısı, İlk cinsel ilişki (yaş), Gebelik sayısı, Sigara kullanımı (paket/yıl), Hormonal kontraseptifler, STDs, Dx: Kanser
Biyopsi	1, 2, 3, 4, 5, 8, 11, 12, 29	Yaş, Cinsel partner sayısı, İlk cinsel ilişki (yaş), Gebelik sayısı, Sigara kullanımı, Hormonal kontraseptifler, IUD (yıl), STDs, Dx: Kanser

### 2.2.3. Sınıflandırma

Önerilen yöntemin sınıflandırma aşamasında RF tekniğinden (Breiman, 2001) yararlanılmıştır. RF, birçok farklı alanda yaygın olarak kullanılan bir gözetimli öğrenme tekniğidir ve güçlü bir öğrenici oluşturmak için zayıf öğreniciler grubunu kullanma ilkesiyle çalışmaktadır. Bu teknikte her ağaç bağımsız bir karar ağacı oluşturmak için veri setinin bir alt kümesini rastgele olarak seçer. Seçilen rastgele alt küme, her ağaç budama olmadan bir yaprak düğüme ulaşana kadar kök düğümden bir alt düğüme tekrarlı olarak bölünür. Her ağaç, özelliklerin ve hedef değişkenin sınıflandırmasını bağımsız olarak yapar ve son ağaç sınıfı için oy kullanır. Son olarak elde edilen çoğunluk ağaç oylamasına dayanarak nihai genel sınıflandırmaya karar verilir (Abdoh vd., 2018).

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu bölümde sırasıyla performans ölçümü için kullanılan metriklere, önerilen yöntemin performansının klasik makine öğrenmesi teknikleri ve literatürdeki çalışmalar ile karşılaştırılmasına yer verilmektedir. Bu çalışmada önerilen yöntem Intel Core i7 8565U işlemci (1.80 GHz) ve 8 GB RAM ile Windows 10 Pro 64-bit işletim sisteminde çalışan Weka 3.8.4'te gerçekleştirilmiştir. Tüm testler veri bölümlenme için 10-kat çapraz geçirme tekniği kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.1. Performans Ölçümü için Kullanılan Metrikler

Bu makalede önerilen yöntemin performansı; sınıflandırma doğruluğu, kesinlik, duyarlılık ve F-ölçütü metrikleri kullanılarak test edilmiştir. Bu metrikler şu şekilde hesaplanır (Eyupoglu vd., 2018; Yavuz vd., 2017; Yavuz ve Eyüpoğlu, 2019):

$$\text{Sınıflandırma Doğruluğu} = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \quad (1)$$

$$\text{Kesinlik} = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

$$Duyarluluk = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$F\text{-ölçütü} = \frac{2 \times Kesinlik \times Duyarluluk}{Kesinlik + Duyarluluk} \quad (4)$$

Bu formüllerdeki *TP* (true positive-gerçek pozitif), *TN* (true negative-gerçek negatif), *FP* (false positive-yanlış pozitif) ve *FN* (false negative-yanlış negatif) sayıları karışıklık matrisinde (confusion matrix) yer alan 4 farklı sınıflandırma sonucunu temsil etmektedir.

### 3.2. Önerilen Yöntemin Klasik Makine Öğrenmesi Teknikleri ile Karşılaştırılması

Önerilen yöntemin performansı; her bir hedef değişkeni için sınıflandırma doğruluğu, kesinlik, duyarlılık ve F-ölçütü metrikleri kullanılarak klasik makine öğrenmesi teknikleri ile kıyaslanmıştır. Kıyaslama için kullanılan teknikleri şunlardır: radyal tabanlı fonksiyon ağı (radial basis function network-RBFN) (Frank, 2014), lojistik regresyon (logistic regression-LR) (Le Cessie ve Van Houwelingen, 1992), AdaBoostM1 (Freund ve Schapire, 1996), Naive Bayes (NB) (John ve Langley, 1995), OneR (Holte, 1993), lojistik model ağaçları (logistic model trees-LMT) (Landwehr vd., 2005), SVM (Keerthi vd., 2001), C4.5 (Quinlan, 1993), K\* (Cleary ve Trigg, 1995) ve voted perceptron (VP) (Freund ve Schapire, 1999). Tablo 4-7'de sırasıyla Hinselmann, Schiller, Sitoloji ve Biyopsi hedef değişkenleri için önerilen yöntemin performansı klasik makine öğrenmesi teknikleri ile karşılaştırılmaktadır.

Tablo 4. Önerilen Yöntemin Performansının Hinselmann Hedef Değişkeni için Klasik Makine Öğrenmesi Teknikleri ile Karşılaştırılması

Yöntem	Performans Metriği			
	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F-ölçütü
RBFN	%78,61	0,755	0,848	0,799
LR	%66,22	0,665	0,654	0,659
AdaBoostM1	%77,66	0,812	0,719	0,763
NB	%71,00	0,740	0,647	0,691
OneR	%88,71	0,825	0,983	0,897
LMT	%92,16	0,937	0,904	0,920
SVM	%61,76	0,582	0,835	0,686
C4.5	%93,34	0,930	0,937	0,934
K*	%88,87	0,899	0,876	0,887
VP	%60,11	0,600	0,607	0,603
<b>Önerilen Yöntem</b>	<b>%97,41</b>	<b>0,959</b>	<b>0,991</b>	<b>0,975</b>

Tablo 5. Önerilen Yöntemin Performansının Schiller Hedef Değişkeni için Klasik Makine Öğrenmesi Teknikleri ile Karşılaştırılması

Yöntem	Performans Metriği			
	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F-ölçütü
RBFN	%71,57	0,685	0,800	0,738
LR	%63,06	0,602	0,774	0,677
AdaBoostM1	%72,56	0,738	0,699	0,718
NB	%63,47	0,598	0,820	0,692
OneR	%81,49	0,758	0,926	0,833
LMT	%89,17	0,882	0,904	0,893
SVM	%62,98	0,590	0,850	0,696
C4.5	%90,00	0,882	0,924	0,902
K*	%81,41	0,785	0,864	0,823
VP	%52,89	0,523	0,648	0,579
<b>Önerilen Yöntem</b>	<b>%92,56</b>	<b>0,906</b>	<b>0,950</b>	<b>0,927</b>



Tablo 6. Önerilen Yöntemin Performansının Sitoloji Hedef Değişkeni için Klasik Makine Öğrenmesi Teknikleri ile Karşılaştırılması

Yöntem	Performans Metriği			
	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F-ölçütü
RBFN	%82,35	0,744	0,987	0,848
LR	%67,81	0,667	0,712	0,689
AdaBoostM1	%81,40	0,830	0,790	0,809
NB	%56,28	0,716	0,208	0,323
OneR	%87,36	0,798	1,000	0,888
LMT	%92,13	0,908	0,938	0,923
SVM	%61,13	0,592	0,719	0,649
C4.5	%92,61	0,896	0,963	0,929
K*	%83,39	0,814	0,865	0,839
VP	%60,81	0,622	0,552	0,585
<b>Önerilen Yöntem</b>	<b>%93,88</b>	<b>0,926</b>	<b>0,954</b>	<b>0,940</b>

Tablo 7. Önerilen Yöntemin Performansının Biyopsi Hedef Değişkeni için Klasik Makine Öğrenmesi Teknikleri ile Karşılaştırılması

Yöntem	Performans Metriği			
	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F-ölçütü
RBFN	%82,18	0,763	0,933	0,840
LR	%66,45	0,621	0,844	0,716
AdaBoostM1	%76,81	0,764	0,775	0,770
NB	%66,29	0,625	0,817	0,708
OneR	%84,67	0,796	0,933	0,859
LMT	%92,30	0,919	0,928	0,923
SVM	%63,32	0,589	0,884	0,707
C4.5	%92,46	0,917	0,934	0,925
K*	%87,24	0,850	0,904	0,876
VP	%56,18	0,555	0,620	0,586
<b>Önerilen Yöntem</b>	<b>%95,91</b>	<b>0,948</b>	<b>0,971</b>	<b>0,960</b>

Önerilen yöntemin Hinselmann hedef değişkeni için olan doğruluk, kesinlik, duyarlılık ve F-ölçütü performansı sırasıyla %97,41, 0,959, 0,991 ve 0,975'tir. Tablo 4'te görüldüğü üzere önerilen yöntem tüm metriklerde klasik makine öğrenmesi tekniklerinden daha iyi performans göstermiştir. Schiller hedef değişkeni için elde edilen performans sonuçları sınıflandırma doğruluğu için %92,56, kesinlik için 0,906, duyarlılık için 0,950 ve F-ölçütü için 0,927'dir. Önerilen yöntemin performansı, tüm metriklerde klasik tekniklerden daha iyidir. Önerilen yöntem, Sitoloji hedef değişkeninde ulaştığı %93,88'lik doğruluk, 0,926'lık kesinlik ve 0,940'lık F-ölçütü başarısıyla klasik tekniklerden daha iyi performans göstermiştir. Duyarlılık değişkenindeki performansı ise RBFN, OneR ve C4.5 tekniklerine yakındır. Son olarak önerilen yöntemin Biyopsi hedef değişkeninde elde ettiği sırasıyla %95,91, 0,948, 0,971 ve 0,960'lık performansı diğer tüm tekniklerden daha iyidir.

### 3.3. Önerilen Yöntemin Literatürdeki Çalışmalar ile Karşılaştırılması

Bu çalışmada önerilen yöntemin sınıflandırma doğruluğu performansı Hinselmann, Schiller, Sitoloji ve Biyopsi hedef değişkenleri için literatürdeki diğer çalışmalarla (Abdoh vd., 2018; Adem vd., 2019; Deng vd., 2018; Rayavarapu ve Krishna, 2018; Wu ve Zhou, 2017) kıyaslanmıştır. Tablo 8'de diğer çalışmalarda kullanılan yöntemler ve her bir hedef değişkeni için elde edilen doğruluk oranları verilmektedir.

Tablo 8. Önerilen Yöntemin Sınıflandırma Doğruluğu Açısından Literatürdeki Çalışmalarla Karşılaştırılması

Çalışma	Yöntem	Hedef Değişken			
		Hinselmann	Schiller	Sitoloji	Biyopsi
Wu ve Zhou (2017)	PCA – SVM	%93,79	%90,18	%92,46	%94,03
Abdoh vd. (2018)	RFE – RF	%95,88	%92,91	%95,89	%95,87
Rayavarapu ve Krishna (2018)	DNN	-	-	%90,00	%95,00
Deng vd. (2018)	XGBoost	%96,34	%95,59	%96,30	%95,59
Adem vd. (2019)	Derin öğrenme	%95,50	%96,70	%96,60	%97,30
<b>Önerilen Yöntem</b>	CFS – GA – RF	%97,41	%92,56	%93,88	%95,91

Tablo 8’den görüldüğü üzere, önerilen yöntemin Hinselmann hedef değişkeni için olan %97,41’lik sınıflandırma doğruluğu performansı literatürdeki diğer çalışmalardan daha iyidir. Schiller değişkeni için Wu ve Zhou (2017) tarafından yapılan çalışmadan, Sitoloji için Wu ve Zhou (2017) ve Rayavarapu ve Krishna (2018) çalışmalarından, Biyopsi için ise Adem vd. (2019) çalışması haricindeki tüm çalışmalardan daha iyi performans göstermiştir.

#### 4. Sonuç

Kadınlarda yaygın olarak görülen kanser türlerinden biri olan rahim ağzı kanseri sebebiyle yaşanan ölümlerin oranını azaltmak için erken teşhis çok büyük bir öneme sahiptir. Bilgisayar bilimindeki makine öğrenmesi ve veri madenciliği teknikleri bu kanser türünü erken teşhis ederken doktorlara yardımcı olmak amacıyla kullanılmaktadır. Bu çalışmada CFS, GA ve RF tekniklerine dayanan yeni bir rahim ağzı kanseri teşhis yöntemi önerilmiştir. Önerilen yöntem; veri ön işleme, özellik seçimi ve sınıflandırma olmak üzere üç aşamada gerçekleşmektedir. Performans değerlendirmesi için sınıflandırma doğruluğu, kesinlik, duyarlılık ve F-ölçütü metrikleri kullanılmıştır. Elde edilen performans sonuçları klasik makine öğrenmesi tekniklerinin ve literatürdeki çalışmaların performanslarıyla kıyaslanmıştır. Deneysel sonuçlar önerilen yöntemin başarılı olduğunu ve bu kanser türüne erken tanı koyarken doktorlara destek olabileceğini göstermiştir.

#### Kaynakça

- Abdoh, S. F., Rizka, M. A., & Maghraby, F. A. (2018). Cervical cancer diagnosis using random forest classifier with SMOTE and feature reduction techniques. *IEEE Access*, 6, 59475-59485.
- Adem, K., Kiliçarslan, S., & Cömert, O. (2019). Classification and diagnosis of cervical cancer with stacked autoencoder and softmax classification. *Expert Systems with Applications*, 115, 557-564.
- Breiman, L. (2001). Random forests. *Machine learning*, 45(1), 5-32.
- Bremermann, H. J. (1958). *The evolution of intelligence: The nervous system as a model of its environment*. University of Washington, Department of Mathematics.
- Cleary, J. G., & Trigg, L. E. (1995, July). K\*: An instance-based learner using an entropic distance measure. In *12th International Conference on Machine Learning* (pp. 108-114).
- Deng, X., Luo, Y., & Wang, C. (2018). Analysis of Risk Factors for Cervical Cancer Based on Machine Learning Methods. In *2018 5th IEEE International Conference on Cloud Computing and Intelligence Systems (CCIS)* (pp. 631-635). IEEE.
- Eyupoglu, C., Aydin, M. A., Zaim, A. H., & Sertbas, A. (2018). An efficient big data anonymization algorithm based on chaos and perturbation techniques. *Entropy*, 20(5), 373.
- Fernandes, K., Cardoso, J. S., & Fernandes, J. (2017a). *Cervical cancer (Risk Factors) Data Set* [Data file]. Available from <http://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Cervical+cancer+%28Risk+Factors%29>
- Fernandes, K., Cardoso, J. S., & Fernandes, J. (2017b). Transfer learning with partial observability applied to cervical cancer screening. In *Iberian Conference on Pattern Recognition and Image Analysis* (pp. 243-250). Springer, Cham.
- Frank, E. (2014). Fully supervised training of Gaussian radial basis function networks in WEKA. Department of Computer Science, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Fraser, A. S. (1957). Simulation of Genetic Systems by Automatic Digital Computers II. Effects of Linkage on Rates of Advance Under Selection. *Australian Journal of Biological Sciences*, 10(4), 492-500.
- Freund, Y., & Schapire, R. E. (1996, July). Experiments with a new boosting algorithm. In *13th International Conference on Machine Learning* (pp. 148-156).
- Freund, Y., & Schapire, R. E. (1999). Large margin classification using the perceptron algorithm. *Machine Learning*, 37(3), 277-296.
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning*. Addison-Wesley.
- Hall, M. A. (1999). *Correlation-based Feature Selection for Machine Learning*. PhD thesis. University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- Holland, J. H. (1975). *Adaptation in Natural and Artificial Systems*. University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Holte, R. C. (1993). Very simple classification rules perform well on most commonly used datasets. *Machine Learning*, 11(1), 63-90.
- John, G. H., & Langley, P. (1995, August). Estimating continuous distributions in Bayesian classifiers. In *10th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence (UAI'95)* (pp. 338-345).

- Keerthi, S. S., Shevade, S. K., Bhattacharyya, C., & Murthy, K. R. K. (2001). Improvements to Platt's SMO algorithm for SVM classifier design. *Neural computation*, 13(3), 637-649.
- Landwehr, N., Hall, M., & Frank, E. (2005). Logistic model trees. *Machine Learning*, 59(1-2), 161-205.
- Le Cessie, S., & Van Houwelingen, J. C. (1992). Ridge estimators in logistic regression. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 41(1), 191-201.
- Quinlan, J. R. (1993). *C4.5: Programs for Machine Learning*. Morgan Kaufmann Publishers, San Mateo, CA.
- Rayavarapu, K., & Krishna, K. K. (2018, March). Prediction of Cervical Cancer using Voting and DNN Classifiers. In *2018 International Conference on Current Trends towards Converging Technologies (ICCTCT)* (pp. 1-5). IEEE.
- Sastry, K., Goldberg, D., & Kendall, G. (2005). Genetic algorithms. In *Search methodologies* (pp. 97-125). Springer, Boston, MA.
- Sawhney, R., Mathur, P., & Shankar, R. (2018, May). A firefly algorithm based wrapper-penalty feature selection method for cancer diagnosis. In *International Conference on Computational Science and Its Applications* (pp. 438-449). Springer, Cham.
- World Health Organization. (2019). *Human papillomavirus (HPV) and cervical cancer*. Retrieved from [https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/human-papillomavirus-\(hpv\)-and-cervical-cancer](https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/human-papillomavirus-(hpv)-and-cervical-cancer)
- World Health Organization. (2020). *Cervical cancer*. Retrieved from <https://www.who.int/cancer/prevention/diagnosis-screening/cervical-cancer/en/>
- Wu, W., & Zhou, H. (2017). Data-driven diagnosis of cervical cancer with support vector machine-based approaches. *IEEE Access*, 5, 25189-25195.
- Yavuz, E., & Eyüpoğlu, C. (2019). Meme Kanseri Teşhisi İçin Yeni Bir Skor Füzyon Yaklaşımı. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(3), 1045-1060.
- Yavuz, E., Eyupoglu, C., Sanver, U., & Yazici, R. (2017). An ensemble of neural networks for breast cancer diagnosis. In *2017 International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)* (pp. 538-543). IEEE.



## Ön Lisans Öğrencilerinin Okul İklimi Algılarının Belirlenmesi

Erdoğan Özdemir<sup>1\*</sup>, Selden Çepni<sup>2</sup>, Levent İncedere<sup>3</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Okan Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Optisyenlik Programı, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7943-8002)

<sup>2</sup> Işık Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8039-4147)

<sup>3</sup> Işık Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, İş Sağlığı ve Güvenliği Programı, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5136-9535)

(İlk Geliş Tarihi 31 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 26 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.710552)

**ATIF/REFERENCE:** Özdemir, E., Çepni, S. & İncedere, L. (2020). Ön Lisans Öğrencilerinin Okul İklimi Algılarının Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 272-281.

### Öz

Okul iklimi, eğitimin kalitesini belirleyen ve öğretmenlerle beraber öğrencilerin davranışlarını etkileyen önemli bir olgudur. Bu nedenle eğitimin kalitesi açısından okul iklimi ile ilgili araştırmaların artması gerekmektedir. Bu araştırmada, meslek yüksekokulu öğrencilerinin okul iklimi algılarını belirlemek amaçlanmıştır. Araştırma modeli olarak nicel araştırma yöntemlerinden biri olan betimsel model kullanılmıştır. "Okul İklimi Ölçeği" ile veri toplanan araştırmaya, bir vakıf üniversitesinin meslek yüksekokulunda ve sağlık hizmetleri meslek yüksekokulunda öğrenim görmekte olan "664" öğrenci katılmıştır. Araştırma sonucunda, öğrencilerin en fazla "85.00 puan" alınabilen okul iklimi ölçeğinden aldıkları ortalama puan "56.65" (Ss=14.68) olarak belirlenmiştir. Öğrencilerin okul iklimi ortalama puanları "orta düzey (45-64 puan aralığı) okul iklimi" olarak kategorize edilmiştir. Ayrıca öğrenciler, araştırmanın yapıldığı meslek yüksekokullarını "öğrenme ortamı" ve "iletişimi" açısından yeterli, "okula bağlılık" açısından yetersiz olarak değerlendirmiştir. Öğrencilerin okul iklimi algısının meslek yüksekokulunda öğrenim görülen programa göre değişmediği; sağlık hizmetleri meslek yüksekokulunda ise öğrenim görülen programa göre değiştiği tespit edilmiştir. Son olarak, öğrencilerin yaşları arttıkça okul iklimi algılarının arttığı; sınıf düzeyi arttıkça ise okul iklimi algılarının azaldığı belirlenmiştir. Araştırma bulguları alanyazında yer alan diğer araştırma bulguları ile birlikte değerlendirilerek Türkiye'deki yüksekokullar için öğrencilerinin okul iklimi algılarını arttırabilecek önerilerde bulunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Meslek yüksekokulu, Okul iklimi, Okula bağlılık, İletişim, Öğrenme ortamı.

## Determination of Vocational School Students' School Climate Perceptions

### Abstract

School climate is an important phenomenon that determines the quality of education and affects the behavior of teachers and students. Therefore, researches on school climate should increase in terms of quality of education. In this study, it is aimed to determine the perception of school climate of vocational school students. Descriptive model, one of the quantitative research methods, was used as the research model. "664" students, who have studied at vocational school and vocational school of health services of a foundation university, participated in the research. Research data was collected with the "School Climate Scale". As a result of the research, the average score of the students from the school climate scale, with the highest score of "85 points", was determined as "56.65" (Ss = 14.68). The school climate average scores of the students were categorized as "intermediate (45-64 score range) school climate". In addition, students evaluated the vocational schools where the research was conducted as sufficient in terms of "learning environment"

\* Sorumlu Yazar: İstanbul Okan Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Optisyenlik Programı, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7943-8002), [erdogan.ozdemir@okan.edu.tr](mailto:erdogan.ozdemir@okan.edu.tr)



and "communication", and inadequate in terms of "commitment to school". Students' perception of school climate does not change according to the program studied at vocational school. However, it was determined that it changed in the vocational school of health services according to the program studied. Finally, as the ages of the students increase, their perception of the school climate increases; As the grade level increased, perceptions of school climate decreased. The research findings are evaluated in conjunction with other research findings and suggestions were made for vocational schools to increase their students' school climate perceptions.

**Keywords:** Vocational school, School climate, Commitment to school, Communication, Learning environment.

## 1. Giriş

Günümüz bilgi çağıdır. Bu çağda yeni bilgiler üretme ve teknolojiye ayak uydurma önemli bir beceri haline gelmiştir (Akkuzu ve Uyulgan, 2019). Öğrencilerin bu becerileri kazanabilmesi için okulların, derslerde kullanılan öğretim yöntemleri ve teknikleri, eğitim ortamı, okul iklimi, okula bağlılık ve iletişim gibi birçok açıdan değerlendirilmesi gerekir.

Okul iklimi, öğretmenlerin ve öğrencilerin davranışlarını etkileyen okul ile ilgili bir olgudur (Şahin, 2010). Bir okulu betimleyen ve okulu diğer okullardan farklı kılan bir özellik olarak okul iklimi tanımlanmaktadır (Uğurlu, 2017). Okullar, fiziki oluşum olarak birbirine benzemelerine rağmen sosyal oluşum olarak kendilerine özgüdür. Okulların bu özgün yapısının okul iklimi ile ilgili olduğu bilinmektedir. Okul iklimi öğretmenler ve öğrenciler ile birlikte okul yöneticileri tarafından oluşturulur. Öğretmenlerin, öğrencilerin, yöneticilerin, velilerin ve diğer okul çalışanlarının davranışlarını etkileyen okula ait kişilik olarak okul iklimi ele alınır ve bir kavram olarak okuldaki insan ilişkilerine gönderme yaparak bu ilişkileri ön plana çıkartmaktadır (Ekşi, Türk ve Avcu, 2017). Okulda zaman içinde şekillenen, her zaman görülmeyen değerlerin ve kuralların bütününden oluşur. Bu nedenle bir okulun okul iklimi, okula dışardan gelen kişiler tarafından okulda yer alan kişilere göre daha kolay algılanır (Pritchard, Marrow ve Marshall, 2003).

Okul iklimi, okuldaki birçok değişkenden etkilenir ve onları etkiler. Okulun fiziksel imkanları, okuldaki insanların demografik özellikleri ve kültürel geçmişi, okuldaki iletişimin niteliği, okul normları, değerleri gibi birçok değişkene bağlıdır. Bu değişkenlere bağlı olan okul iklimi, okulun temel unsuru olan öğrencileri de doğrudan etkilemekte ve öğrencilerin davranışlarına yön vermektedir. Pozitif bir okul iklimi, öğrencilerin davranışsal ve duygusal sorunlarını azaltmaktadır. Ayrıca, okul iklimi ile öğrenci başarısı arasında da pozitif bir ilişki vardır (Saraç, 2015). Buna ek olarak olumlu okul iklimi, okulla bağlantılı olan herkesin okulda kendilerini iyi hissetmesine neden olur ve okulda iyi bir iletişim ortamı oluşmasına katkı sağlar (Ekşi, Türk ve Avcu, 2017).

Çok boyutlu bir kavram olan okul iklimi, dört boyutta ele alınmaktadır. Bu boyutlar güvenlik, eğitim-öğretim, bireyler arası ilişkiler ve fiziksel çevredir. Bu boyutlardan biri olan güvenlik boyutu bireylerin kendilerini güvende hissetmeleri ile ilgilidir. Eğitim-öğretim boyutu ile öğretimin kalitesi, öğrenciye çeşitli öğretim olanaklarının sunulması tanımlanmıştır. İlişkiler boyutu ile saygı, iş birliği, öğrenme merkezli olma, mesleki isteklilik ve öğretimde motivasyon kastedilmiştir. Çevre boyutu ise okulun fiziksel olanakları ve okuldaki etkinlikler ile ilgilidir. Başka bir çalışmada boyutlar iletişim, öğrenme ortamı ve okula bağlılık, olarak sınıflandırılmıştır. Buna göre yüksek düzeyde okula bağlılık, iletişim, yeterli donanım, olumlu bir okul iklimi ile sağlanmaktadır (Gündoğan ve Koçak, 2017). ABD’de Birleşik Devletler Eğitim Bölümü Güvenli ve Destekleyici Okullar (Safe and Supportive Schools) programının okul iklimi modelinde ise 3 temel alan ve 13 alt alan tanımlanmıştır. Bu alanlar bağlılık (ilişkiler, farklılıklara saygı, okula katılım), güvenlik (fiziksel güvenlik, duygusal güvenlik, madde kullanımı) ve çevredir (fiziksel çevre, akademik çevre, iyi oluş, disiplin) (Ekşi, Türk ve Avcu, 2017).

Okul ikliminin eğitimin kalitesini belirleyen önemli bir kavram olması nedeni ile birçok araştırmacı, farklı okul türleri için öğrencilerin, öğretmenlerin, yöneticilerin ve velilerin okul iklimi ile ilgili düşüncelerini belirlemiştir (Haynes, Emmons ve Ben-Avie, 1997; Şamdan ve Baskan, 1998; MacNeil, Angus ve Steve 2009; Mitchell, Bradshaw ve Leaf, 2010; Özdemir vd., 2010; Doğan, 2012; Bektaş ve Nalçacı, 2013; Bocchi, Dozza ve Cavrini, 2013; Karakütük vd. 2014; Kılınç, 2014; Şenel ve Buluç, 2016; Saleh vd. 2018; Tofur ve Balıkcı, 2018).

Özdemir vd. (2010), ilköğretim öğrencilerinin okul iklimi ile ilgili algı düzeylerini araştırmıştır. Araştırmaya 683 ilköğretim öğrencisi katılmıştır. Araştırma sonucunda cinsiyet ile okul iklimi algısı arasında ilişki bulunmuştur. Araştırmada kız öğrencilerin okul iklimi algılarının, erkek öğrencilere göre daha olumlu olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Buna ek olarak bu çalışmada, okul iklimini öğretmenlerin ve yöneticilerinin öğrencileri destekleyici tavırlarının, öğrencilerin öğretim programından memnuniyetinin ve öğrencilerin kendilerini okula ait hissetme duygularının olumlu etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Tüm bunlara ek olarak okuldaki şiddet ile okul iklimi arasında ters yönde bir korelasyon olduğu saptanmıştır. Mitchell, Bradshaw ve Leaf (2010) ise öğrencilerin yanı sıra öğretmenlerin de okul iklimi ile ilgili düşüncelerini karşılaştırmak için 188 beşinci sınıf öğrencisinin ve 90 sınıf öğretmenin katıldığı bir araştırma gerçekleştirmiştir. Araştırmada veriler “Organizasyon Sağlık Envanteri” ve “Okul Geliştirme Programı Okul İklimi Anketi” ile toplanmıştır. Araştırma sonucunda okul iklimi algısında öğretmenler için sınıf faktörlerinin (zayıf sınıf yönetimi, yıkıcı davranış gösteren öğrenci oranı), öğrenciler için ise okul faktörlerinin (okula gelen ve giden öğrenci sayıları, öğretmen öğrenci ilişkisi, müdür değişikliği) etkili olduğu anlaşılmıştır. Bu iki çalışmada da öğrencilerin okul iklimi algılarında yalnızca sınıf faktörlerinin değil, okul faktörlerinin de etkili olduğu anlaşılmaktadır. Yani okul iklimi ile ilgili öğrenciler yalnızca sınıflarındaki durum ile ilgilenmemektedir. Okul yöneticilerinin davranışları ve okula gelen veya okuldan giden öğrenci oranları ile de ilgilenmektedir. Bu bulgular, öğrencilerin okul iklimini ders gördükleri sınıfın dışına çıkarak geniş bir perspektifte değerlendirdiğini göstermektedir.

Doğan (2012), ortaöğretim öğrencilerinin okul iklimi ile ilgili algı düzeylerini araştırmıştır. Araştırmaya 1246 öğrenci katılmıştır. Araştırmada veriler “Okul İklimi Ölçeği” ile toplanmıştır. Araştırmada, öğrencilerin okul iklimi algıları ile öğrencilerin sınıf düzeyi, ailedeki birey sayısı, ailelerinin geliri, ailelerinin eğitim düzeyi arasında pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. Tüm bunlara ek olarak, bu çalışmada okul iklimi ile ilgili görüşlerin cinsiyete göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Araştırmada kız öğrencilerin erkek öğrencilere göre ilişkiler boyutunda okul iklimini daha olumlu değerlendirdiği ifade edilmiştir. Özdemir vd. (2010)’de okul iklimi ve cinsiyet ile ilgili benzer bulgulara ulaşılmıştır. Bu bulgular kız öğrencilerin erkek öğrencilere göre okullarından daha fazla memnun olma

eğiliminde olduğunu göstermektedir. Saleh vd. (2018) ise üniversite öğrencilerinin okul çevresi algılarını belirlemek için bir araştırma gerçekleştirmiştir. 497 kişinin katıldığı araştırmada veriler “Dundee Hazır Eğitim Ortamı Ölçeği” ile toplanmıştır. Araştırma sonucunda öğrencilerin genel olarak eğitim ortamına ilişkin olumlu algılarının olumsuz algılarından daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bir başka ifade ile öğrencilerin genel olarak okul iklimi algılarının ortalama düzeyde olduğu kabul edilmiştir. Ayrıca yaş, evlilik ve sınıf düzeyi değişkenleri içinde gruplar arasında tek farklılığa neden olan değişkenin, sınıf düzeyi olduğu tespit edilmiştir. İkinci sınıfa giden öğrencilerin okul çevresi ile ilgili memnuniyet algılarının üçüncü, dördüncü, beşinci ve intörn öğrencilere göre daha yukarıda olduğu belirlenmiştir. Araştırmanın bu sonucu, Doğan (2012)’in okul iklimi ve sınıf düzeyi arasındaki ilişkiye yönelik bulguları ile çelişmektedir. Bu iki araştırmanın sonuçları bir arada değerlendirildiğinde, öğrencilerin ortaöğretim düzeyinde üst sınıfa geçtikçe okul iklimi algılarının arttığı, üniversite düzeyinde ise üst sınıfa geçtikçe okul iklimi algılarının azaldığı şeklinde yorumlanabilir. Bir başka araştırmada ise Şamdan ve Baskan (2019) öğrencilerin okulla ilgili memnuniyet düzeylerini araştırmıştır. Araştırmaya yaşları 11 ile 15 arasında değişen üç farklı ülkede öğrenim gören 16374 öğrenci katılmıştır. Araştırmada veri toplama aracı olarak “Okul Çağı Çocuklarında Sağlık Davranışı Anketi” kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre öğrencilerin yaşı arttıkça okuldan daha az memnun oldukları sonucuna ulaşılmıştır. Bocchi, Dozza ve Cavrini (2013) ise diğer araştırmacılar farklı olarak okul iklimi ile ilgili öğretmenlerin yanı sıra velilerin görüşlerini incelemiştir. Araştırmaya bir okulda öğrenim gören 3862 anaokulu, ilkokul, ortaokul ve lise öğrenci velisi ile 1183 öğretmen katılmıştır. Araştırmada, velilerin ve öğretmenlerin okul iklimi ile ilgili memnuniyet düzeyinin yüksek olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca sınıf düzeyi arttıkça, velilerin okul iklimi ile ilgili memnuniyet düzeyinin azaldığı sonucuna ulaşılmıştır. Öğretmenlerin ise derslerine girdikleri sınıf düzeyine göre okul iklimi ile ilgili memnuniyet düzeyleri arasında bir fark bulunmamıştır.

Bektaş ve Nalçacı (2013) ilköğretim öğrencilerinin okul iklimi ile akademik başarısı arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Araştırmaya 598 ilköğretim sekizinci sınıf öğrencisi katılmıştır. Öğrencilerin “Okul İklimi Ölçeği Puanları” ile “Ulusal Seviye Belirleme Sınavı” puanları arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, alanyazından farklı olarak öğrencilerin okul iklimi ölçeğinin boyutları olan destekleyici güvenli öğrenme ortamı, öğretici davranışları ve başarı odaklılık algıları ile akademik başarıları arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olmadığı görülmüştür. MacNeil, Angus ve Steve (2009)’de öğrencilerin akademik başarıları ile okul iklimi arasındaki ilişkiyi araştırmıştır. Araştırmada veriler “Örgüt Sağlığı Envanteri” ile toplanmıştır. Sağlıklı öğrenme ortamı olan okulların diğer okullara göre standart sınavlarda daha başarılı olduğu araştırmada anlaşılmıştır. Haynes, Emmons ve Ben-Avie (1997) okul ikliminin eğitim çıktılarıyla ilişkisini incelemiştir. Araştırmada okul ikliminin, öğrencilerin psikolojik ve eğitimsel gelişimine etkisi olduğu vurgulanmış ve öğrencilerin okulda yaşadığı etkileşimlerin ve deneyimlerin, öğrencilerin akademik başarılarına ve daha sonraki yaşamlarındaki psikososyal uyumlarına olumlu etkisi olduğu ifade edilmiştir.

Bu araştırmalara, ek olarak öğrencilerin yanı sıra öğretmenlerin aralarındaki iletişimin, okulda yapılan etkinliklerin, yönetici davranışlarının ve okul büyüklüğünün okul iklimi ile ilişkisi de araştırılmıştır (Kılınç, 2014; Şenel ve Buluç, 2016; Doğan, 2012; Tofur ve Balıkcı, 2018; Karakütük vd. 2014). Bu araştırmalarda elde edilen sonuçlar ise şu şekildedir; kısıtlayıcı okul ikliminde çalışan öğretmenler liderlik rolü üstlenmemektedir. Bu durum okul iklimini olumsuz yönde etkilemektedir (Kılınç, 2014). Okulda yapılan etkinlikler ile öğretmenler arası güçlü iletişim ve yardımlaşma okul iklimini olumlu etkilemektedir (Şenel ve Buluç, 2016). Öğretmenlerin cinsiyeti ve yaşı ile öğretmenler arası iletişimin niteliği okul iklimi üzerinde etkilidir (Doğan, 2012). Bir kurumda yöneticilerin astlara değer vermesi, eğitime önem verilmesi, çalışan iletişimi, paydaşların kararlara katılımı, adil yönetim, vizyon ve misyonun tanılanması, çalışanların görev ve sorumluluklarının farkında olması, aile ortamının olması okul iklimini pozitif yönde etkilemektedir. Ayrıca bir okulda öğrenim gören öğrenci sayısı az ise okuldaki öğrencilerin okul iklimi ile ilgili olumlu algıları artmaktadır (Karakütük vd. 2014).

Alanyazın incelendiğinde, okul ikliminin birçok değişkenden etkilenen karmaşık bir kavram olduğu anlaşılmaktadır. Okul iklimi ile ilgili bu araştırmalar bir bütün olarak ele alındığında okul iklimini olumlu etkileyen değişkenler şu şekilde sıralanabilir: Okulun güvenli olması, öğrencinin kendini okula ait hissetmesi, okuldaki ve sınıftaki yönetimin başarılı olması, okulun genelinde bir istikrar algısının oluşması, öğrencilere adil davranılması, okulda sağlıklı iletişim olması, öğrencilerin başarısının desteklenmesi, okuldaki deneyimlerin niteliği ve öğretim ortamının niteliği şeklindedir. Bunlara ek olarak araştırmalarda okul ikliminin öğrencilerin cinsiyeti, sınıf düzeyi, akademik başarısı, yaşı, aile yapısı ile de ilişkili olduğu belirlenmiştir. Okul iklimi ile ilgili değişkenlerin ve bu değişkenlerin etkilerinin belirlenmesi için öğrencilerin, öğretmenlerin, yöneticilerin ve velilerin görüşlerini incelemeye yönelik araştırmaların artması ve çeşitlenmesi gerekmektedir. Bu araştırmada, yüksekokul öğrencilerinin okul iklimi algılarını belirlemek ve bu sonuçlar ışığında yüksekokullarda okul ikliminin iyileştirilmesi için önerilerde bulunmak amaçlanmıştır. Bu araştırmada, araştırmanın amacına uygun olarak şu problemlere yanıt aranmıştır: i) Meslek yüksekokulu öğrencilerinin okul iklimi algıları hangi düzeydedir? ii) Meslek yüksekokulu öğrencilerinin okul ikliminin alt boyutları ile ilgili algıları hangi düzeydedir? iii) Meslek yüksekokulu programları açısından okul iklimi puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır? iv) Sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu programları açısından okul iklimi puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır? v) Sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu öğrencileri ile meslek yüksekokulu öğrencilerinin okul iklimi ile ilgili puanları arasında anlamlı bir fark var mıdır? vi) Öğrencilerin sınıf düzeyine göre okul iklimi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır? vi) Öğrencilerin yaşına göre okul iklimi puanları arasında anlamlı bir farklılık var mıdır?

## **2. Materyal ve Metot**

Bu araştırmada, ön lisans programlarında öğrenim gören öğrencilerin okul iklimi algıları belirlenmiştir. Araştırma modeli olarak nicel araştırma yöntemlerinden biri olan betimsel model kullanılmıştır. Araştırmanın örnekleminin belirlenmesinde uygun örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Araştırmada veriler “Okul İklimi Ölçeği” ile toplanmıştır. Öğrencilerin vermiş olduğu yanıtlar betimsel istatistik ve fark testleri kullanılarak analiz edilmiştir.

## 2.1. Örneklem

Araştırmanın örnekleminin belirlenmesinde, uygun örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Örneklemin belirlenmesinde bu yöntemin seçilme nedeni araştırmaya hız kazandırmasıdır (Kılıç, 2013). Bu yöntemde yanlılık fazla olduğu için araştırmanın örneklemini büyük seçilmiştir. Araştırmanın örneklemini Türkiye'deki bir vakıf üniversitesinin ön lisans programlarında öğrenim gören "664" öğrenci oluşturmaktadır. Anket ile ilgili demografik bilgiler bölümünü dolduran öğrencilerin beyanlarına göre 2018-2019 güz yarıyılında öğrenim gören bu öğrencilerin %27,0'ı meslek Yüksekokulu; %73,0'ı sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu öğrencisidir. Ayrıca araştırmaya katılan öğrencilerin %51,0'ı birinci sınıf; %49,0'ı ikinci sınıf öğrencisidir. Bu öğrencilerin %92,0'ı 17-25; %4,0'ı 26-34; %4,0'ı ise 35 ve üzeri yaş aralığındadır.

## 2.2. Veri Toplama Aracı

Çalışmada veri toplama aracı olarak Terzi (2015) tarafından üniversitedeki öğrencilerin okul iklimi algılarını ölçmek için geliştirilen "Okul İklimi Ölçeği" kullanılmıştır. Ölçek beşli Likert (hiçbir zaman, nadiren, bazen, çoğunlukla, her zaman) tipindedir ve 17 maddeden oluşmaktadır. Ölçek maddeleri üç faktör altında toplanmıştır. Ölçekte yer alan bu faktörler okula bağlılık, iletişim ve öğrenme ortamıdır. Terzi (2015) tarafından ölçeğin güvenilirlik ve geçerlilik çalışmaları yapılmıştır. Ölçeğin maddeleri için faktör yük değerleri .46 ile .76 arasında, madde-toplam korelasyonları ise .34 ile .60 arasında değişmektedir. Ölçeğin tümü için hesaplanan Cronbach alpha katsayısı ise .90'dır.

## 2.3. Verilerin Analizi

Ölçek verileri şu şekilde puanlanmıştır; hiçbir zaman yanıtı "1 puan", nadiren yanıtı "2 puan", bazen yanıtı "3 puan", çoğunlukla yanıtı "4 puan" ve her zaman yanıtı "5 puan". Bu puanlamaya göre ölçekten en fazla "85 puan" alınabilmektedir. Öğrencilerin ölçek puanları "JASP 0.10.2.0" programına aktarılmıştır. Verilerin analizinde ilk olarak betimsel istatistik kullanılmıştır.

Öğrencilerin her bir soru ve faktör için yanıtlara dağılım yüzdeleri incelenmiştir. Buna ek olarak öğrencilerin ortalama puanları, standart sapmaları hesaplanmıştır. Ölçek puanları değerlendirilirken 0-44 aralığındaki puanlar "düşük düzeyde okul iklimi algısı", 45-64 aralığındaki puanlar "orta düzeyde okul iklimi algısı", 65-85 aralığındaki puanlar "yüksek düzeyde okul iklimi algısı" olarak kabul edilmiştir. Tüm bunlara ek olarak puan ortalamaları arasındaki farkları analiz etmek için fark testlerinden yararlanılmıştır. Normallik testi olan "Shapiro-Wilk Testi" kullanılmıştır. Veriler normal dağılım gösterdiği için "İlişkisiz Örneklemeler için Tek Yönlü Varyans Analizi" uygulanmıştır. Gruplar arasındaki farkların hangi grup lehine olduğunu belirlemek için ise "Scheffe Çoklu Karşılaştırma Tekniği" kullanılmıştır.

## 3. Bulgular

Bu bölümde araştırmanın betimsel istatistik ve fark testi sonuçlarına yer verilmiştir.

### 3.1. Betimsel İstatistik ile Analiz Edilen Bulgular

Tablo 1'de yanıtların ölçek faktörlerine ve faktör maddelerine dağılım yüzdeleri yer almaktadır.

Tablo 1. Öğrenci yanıtlarının faktörlere ve maddelere dağılım yüzdeleri

Faktör ve Maddeler	Hiçbir Zaman	Nadiren	Bazen	Çoğunlukla	Her zaman
<i>Okula Bağlılık</i>	16.1	19.5	31.3	19.0	15.5
<i>Kendimi okulun bir parçası gibi görüyorum.</i>	13.0	16.3	34.0	20.3	15.5
<i>Üniversite sınavına gireceklere okulumu tercih etmelerini öneririm.</i>	19.7	20.2	28.9	16.9	14.2
<i>Okulumu her ortamda savunurum.</i>	13.4	18.8	33.6	20.0	13.7
<i>Okuduğum okulun öğrencisi olmak ayrıcalıktır.</i>	17.3	22.1	30.1	18.4	11.3
<i>Okulum hayata dair beklentilerimi karşılamaktadır.</i>	17.3	20.2	30.0	19.6	11.4
<i>İletişim</i>	6.3	9.9	21.2	27.7	33.8
<i>Öğretim elemanları iletişime her zaman açıktır.</i>	3.3	7.7	13.9	31.9	42.3
<i>Öğretim elemanları beni dinlemek için gönüllü davranır.</i>	4.4	6.9	19.6	28.9	39.2
<i>Bir problemim olduğunda öğretim elemanlarına danışmaktan çekinmem.</i>	4.7	7.5	17.0	24.4	45.3
<i>Bir problem yaşadığımda öğretim elemanları yardım için elinden geleni yapar.</i>	3.8	8.0	19.0	30.0	38.1
<i>Okul yönetimi, öğrencileri uygulamalar hakkında zamanında bilgilendirir.</i>	10.5	14.9	29.4	25.6	18.5
<i>Uygulamalarla ilgili düşüncelerimi okul yönetimine yeterli düzeyde aktarabilirim.</i>	10.8	14.2	28.5	25.5	19.3
<i>Öğrenme Ortamı</i>	11.0	15.7	26.2	27.7	18.5

Okulum mesleğimle ilgili bilgi ve becerileri yeterli düzeyde kazandırmaktadır.	10.1	13.6	23.6	29.4	22.9
Okulumda öğrenci merkezli bir öğretim anlayışı söz konusudur.	14.0	16.0	27.4	26.2	14.9
Okulum öğrenme için yeterli fiziksel donanımına sahiptir.	15.2	22.3	27.0	22.4	12.3
Okulumda var olan donanımına kolaylıkla erişebilir ve kullanabilirim.	11.4	17.8	28.3	25.5	16.0
Yeter ki öğrenmek isteyeyim. Okulumda bir fırsatını mutlaka bulurum.	8.3	14.5	24.4	29.5	22.4
Derslerde üst düzey (eleştirel, yaratıcı vb.) düşünmeye ağırlık verilir.	6.8	10.2	26.4	33.1	22.7
Genel Ortalama	11.1	15.0	26,2	24.8	22.6

Tablo 1 incelendiğinde öğrencilerin ölçeğin bütünü için “bazen” yanıtında toplandıkları anlaşılmaktadır. Yanıtların genel dağılımı incelendiğinde ise öğrencilerin okul iklimi ile ilgili “çoğunlukla” ve “her zaman” şeklindeki olumlu yanıt yüzdelерinin fazla olduğu anlaşılmaktadır. Tablo 1’deki yanıt dağılımı faktörlere göre incelendiğinde ise öğrencilerin “okula bağlılık” faktörü içinde “bazen” yanıtında toplandıkları anlaşılmaktadır. Bununla birlikte “hiçbir zaman” ve “nadiren” yanıtlarının fazlalığı dikkat çekmektedir. Bu faktör için öğrencilerin olumsuz yanıt yüzdesinin en fazla olduğu madde ise şudur: “Üniversite sınavına gireceklere okulumu tercih etmelerini öneririm”. “İletişim” faktörü ile ilgili yanıtlar incelendiğinde öğrencilerin “her zaman” yanıtında toplandıkları anlaşılmaktadır. Bununla birlikte “çoğunlukla” yanıtının fazlalığı dikkat çekmektedir. Bu faktör için öğrencilerin olumlu yanıt yüzdesinin en fazla olduğu madde şudur: “Bir problemim olduğunda öğretim elemanlarına danışmaktan çekinmem.” “Öğrenme ortamı” faktörü ile ilgili yanıtlar incelendiğinde, öğrencilerin “çoğunlukla” yanıtında toplandıkları anlaşılmaktadır. Bununla birlikte “bazen” yanıtlarının fazlalığı dikkat çekmektedir. Bu faktör için öğrencilerin olumlu yanıt yüzdesinin en fazla olduğu madde şudur: “Yeter ki öğrenmek isteyeyim. Okulumda bir fırsatını mutlaka bulurum.” Bu verilere ek olarak öğrencilerin ölçekten aldıkları ortalama puan 56,65; standart sapma ise 14,68 dir.

### 3.2. Fark Testleri ile Analiz Edilen Bulgular

Bu bölümde ilk olarak verilerin normal dağılım durumu incelenmiştir. Ardından meslek yüksekokulu programlarının ve sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu programlarının ayrı ayrı ortalama puanları arasındaki farklılık incelenmiştir.

#### 3.2.1. Normallik Testi Sonuçları

Tablo 2’de Shapiro-Wilk normallik testi sonuçları yer almaktadır.

Tablo 2. Ölçek maddeleri için Shapiro-Wilk Testi sonuçları

Soru	İstatistik	s.d	p	Çarpıklık	Basıklık	Soru	İstatistik	s.d	p	Çarpıklık	Basıklık
1	,919	664	,000	-,154	-,721	10	,835	664	,000	-1,015	,543
2	,906	664	,000	,112	-1,020	11	,914	664	,000	-,337	-,667
3	,919	664	,000	-,054	-,773	12	,914	664	,000	-,394	-,625
4	,921	664	,000	,070	-,854	13	,919	664	,000	-,278	-,805
5	,926	664	,000	-,019	-,841	14	,922	664	,000	-,025	-,921
6	,896	664	,000	-,4654	-,727	15	,920	664	,000	-,247	-,759
7	,805	664	,000	-1,191	-,942	16	,902	664	,000	-,483	-,586
8	,831	664	,000	-1,026	,531	17	,891	664	,000	-,637	-,166
9	,804	664	,000	-1,095	,465						

*s.d. serbestlik derecesidir.*

Tablo 2’de yer alan bulgulara göre veriler normal dağılım göstermemektedir ( $p < .05$ ). Fakat skewness ve kurtosis değerleri -2 ile +2 arasında yer almaktadır. Bu nedenle değişkenlerin normal dağılım gösterdiği kabul edilmiş (George ve Mallery, 2010) ve verilerin analizinde parametrik testler kullanılmıştır.

#### 3.2.2. Meslek Yüksekokulu Programlarının Okul İklimi Puanlarının Karşılaştırılması

Tablo 3’te meslek yüksekokulu programlarının ortalama puanları yer almaktadır.



Tablo 3. Meslek Yüksekokulu programlarının ortalama puanları

Program	N	Ortalama Puan	Standart Sapma
Grafik Tasarımı	53	58.17	12.57
Moda Tasarımı	13	55.23	13.04
Mimari Restorasyon	80	58.16	16.24
Radyo Televizyon	11	55.73	12.74
Toplam	157	57.75	14.51

Ölçekten alınabilecek en yüksek ortalama puan: 85'tir. N kişi sayısıdır.

Tablo 3'te meslek yüksekokulu programı öğrencilerinin ölçekten aldığı ortalama puanlar yer almaktadır. Bu sonuçlara göre meslek yüksekokulu programlarında öğrenim gören öğrencilerin okul iklimi algıları orta düzey (45-64 puan aralığı) olarak kategorize edilmiştir.

Meslek yüksekokulu programlarına göre öğrencilerin puanları arasındaki farklılığın önem durumunu belirlemek için Levene testi uygulanmıştır. Bu testin sonuçlarına göre grupların varyanslarının eşitliği kabul edilmiştir ( $p > .05$ ). Bu sayede tek yönlü varyans analizi için ön koşul sağlanmıştır.

Tablo 4. Meslek yüksekokulu programları için tek yönlü varyans analizi sonuçları

	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Gruplar Arası	150.463	3	50.154	.235	.872
Grup İçi	32700.849	153	213.731		
Toplam	32851.312	156			

Varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri .235 olarak hesaplanmıştır. Grupların ortalama puanları arasındaki fark ( $p < .05$ ) anlamsız bulunmuştur.

### 3.2.3. Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Programlarının Okul İklimi Puanlarının Karşılaştırılması

Tablo 5'te sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu programlarının ortalama puanları yer almaktadır.

Tablo 5. Sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu programlarının ortalama puanları

Program	N	Ortalama Puan	Standart Sapma
Ameliyathane Hizmetleri	76	52.39	14.109
İş Sağlığı ve Güvenliği	28	64.54	11.955
Odyometri	74	53.35	14.371
Optisyenlik	41	66.20	11.426
Tıbbi Dokümantasyon	64	55.64	14.386
Tıbbi Görüntüleme	100	55.03	14.597
Tıbbi Laboratuvar	50	50.64	13.779
Toplam	433	55.54	14.576

Ölçekten alınabilecek en yüksek ortalama puan: 85'tir. N kişi sayısıdır.

Tablo 5'te sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu programlarındaki öğrencilerin ölçekten aldığı ortalama puanlar yer almaktadır. Bu sonuçlara göre "optisyenlik" ve "iş sağlığı ve güvenliği" programı öğrencilerinin okul iklimi puanları yüksek düzey okul iklimi algısı (65-85 puan aralığı) olarak kategorize edilmiştir. Diğer programlar ise orta düzey okul iklimi algısı (45-64 puan aralığı) olarak kabul edilmiştir.

Sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu programlarına göre öğrencilerin okul iklimi puanları arasındaki farklılığın önem durumunu belirlemek için Levene testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre grupların varyanslarının eşitliği kabul edilmiştir ( $p > .05$ ). Bu sayede tek yönlü varyans analizi yapabilmek için ön koşul sağlanmıştır.

Tablo 6. Sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu programları için tek yönlü varyans analizi sonuçları

	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Gruplar Arası	9254.105	6	1542.351		
Grup İçi	82523.590	426	193.717	7.962	.000
Toplam	91777.695	432			

Varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri 7.962 olarak hesaplanmıştır. Gruplar arasındaki ortalama puanlar arasındaki fark  $p < .05$  anlamlılık düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Gerçekleştirilen Scheffe çoklu karşılaştırma analizi sonuçları aşağıdaki tabloda yer almaktadır.

Tablo 7. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonrası post-hoc Scheffe testi sonuçları

Program (i)	Program (j)	Ortalama Farkı	p	Program (i)	Program (j)	Ortalama Farkı	p
Amel. Hiz.	İş Sağ. G	-12,141*	,018	Tıbbi Dök.	Amel. Hiz.	3,246	,929
	Odyomet.	-,967	1,000		İş Sağ. G	-8,895	,244
	Optisyen.	-13,800*	,000		Odyomet.	2,289	,998
	Tıbbi Dök.	-3,246	,929		Optisyen.	-10,554*	,027
	Tıbbi Gör.	-2,635	,956		Tıbbi Gör.	,611	1,000
	Tıbbi Lab.	1,755	,998		Tıbbi Lab.	5,001	,727
İş Sağ. G.	Amel. Hiz.	12,141*	,018	Tıbbi Gör.	Amel. Hiz.	2,635	,956
	Odyomet.	11,184*	,043		İş Sağ. G	-9,506	,119
	Optisyen.	-1,659	1,000		Odyomet.	1,679	,996
	Tıbbi Dök.	8,895	,244		Optisyen.	-11,165*	,005
	Tıbbi Gör.	9,506	,119		Tıbbi Dök.	-,611	1,000
	Tıbbi Lab.	13,896*	,007		Tıbbi Lab.	4,390	,768
Odyomet.	Amel. Hiz.	,957	1,000	Tıbbi Lab.	Amel. Hiz.	-1,755	,998
	İş Sağ. G.	-11,184*	,043		İş Sağ. G.	-13,896*	,007
	Optisyen.	-12,844	,001		Odyomet.	-2,711	,980
	Tıbbi Dök.	-2,289	,988		Optisyen.	-15,555*	,000
	Tıbbi Gör.	-1,679	,996		Tıbbi Dök.	-5,001	,727
	Tıbbi Lab.	2,711	,980		Tıbbi Gör.	-4,390	,768
Optisyen.	Amel. Hiz.	13,800*	,000				
	İş Sağ. G	1,659	1,000				
	Odyomet.	12,844*	,001				
	Tıbbi Dök.	10,554*	,027				
	Tıbbi Gör.	11,165*	,005				
	Tıbbi Lab	15,555*	,000				

.05 seviyesinde farkı anlamlı  $p < .05$

Tablo 7’de (\*) ile ifade edilen ortalama farklar anlamlı fark çıkan verileri belirtmektedir. Tablo 7 incelendiğinde programlar arasındaki en büyük farklılığın “optisyenlik” ve “iş sağlığı güvenliği programı” ile “tıbbi laboratuvar programı” arasında “optisyenlik” ve “iş sağlığı güvenliği” lehine olduğu görülmektedir. Yukarıdaki tablo incelendiğinde diğer önemli bir farklılığın ise “optisyenlik” programı ile “ameliyathane hizmetleri” arasında “optisyenlik” programı lehine olduğu anlaşılmaktadır.

### 3.2.4. Yüksekokulların Okul İklimi Puanlarının Karşılaştırılması

Tablo 8’de sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu ile meslek yüksekokulu ortalama puanları arasındaki farklılık ile ilgili bulgular yer almaktadır.

Tablo 8. Meslek yüksekokulu ve sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu ortalama puanları

Yüksekokul	N	Ortalama	Standart Sapma	t	p
Meslek yüksekokulu	233	57.75	14.70	0.777	.437
Sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu	366	55.54	14.64		

$p > 0.05$  fark anlamlı değil

Tablo 8 incelendiğinde sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu ile meslek yüksekokulu öğrencilerinin puanları arasında anlamlı bir farklılık olmadığı anlaşılmaktadır.

### 3.2.5 Yüksekokulların Okul İklimi Puanlarının Sınıf Düzeyine Göre Karşılaştırılması

Tablo 9’da ön lisans öğrencilerinin sınıf düzeyine göre ortalama puanları yer almaktadır.

Tablo 9. Ön Lisans Öğrencilerinin Sınıf Düzeyine Göre Ortalama Puanları

Yüksekokul	N	Ortalama	Standart Sapma	t	p
Birinci sınıf	305	59.13	13.51	5.391	.001
İkinci sınıf	291	52.82	15.04		

$p > 0.05$  fark anlamlı değil

Tablo 9 incelendiğinde her iki grubunda orta düzey okul iklimi algısı (45-64 puan aralığı) kategorisinde yer aldığı anlaşılmaktadır. Buna ek olarak birinci ve ikinci sınıf öğrencilerinin ortalama puanları arasındaki farkın birinci sınıf lehine anlamlı olduğu anlaşılmaktadır.

### 3.2.6 Yüksekokulların Okul İklimi Puanlarının Yaşa Göre Karşılaştırılması

Tablo 10'da ön lisans öğrencilerinin yaş aralığına göre ortalama puanları yer almaktadır.

Tablo 10. Yaş aralığına göre ortalama puanlar

Yaş Aralığı	N	Ortalama Puan	Standart Sapma
17-25	494	55.55	14.37
26-34	21	59.38	16.65
35-üzeri	21	65.00	11.62

Ölçekten alınabilecek en yüksek ortalama puan: 85'tir. N kişi sayısıdır.

Araştırmaya katılan öğrencilerin 17-25 yaş aralığında olanlar ile 26-34 yaş aralığında olanlar orta düzey okul iklimi algısı (45-64 puan aralığı) kategorisinde yer almaktadır. 35 ve üzeri yaş aralığında olan öğrenciler ise yüksek düzey okul iklimi algısı (65-85 puan aralığı) kategorisinde yer almaktadır. Öğrencilerin yaş aralıklarına göre puanları arasındaki farkın önem durumunu belirlemek için Levene testi uygulanmıştır. Test sonuçlarına göre ( $p > .05$ ) grupların varyansı homojendir.

Tablo 11. Sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu programları için tek yönlü varyans analizi sonuçları

	Kareler Toplamı	sd	Kareler Ortalaması	F	p
Gruplar Arası	2036	2	1018.0	4.931	.008
Grup İçi	110031	533	206.4		
Toplam	112067	535	1224.4		

Varyans analizi sonucunda elde edilen F değeri 4.931 olarak hesaplanmıştır. Bu değer  $p < .05$  düzeyinde anlamlılık koşulunu sağladığı için öğrencilerin yaş değişkenine göre ortalama puanları arasındaki fark anlamlıdır.

Tablo 12. Tek yönlü varyans analizi (ANOVA) sonrası post-hoc Scheffe testi sonuçları

Yaş Aralığı (i)	Yaş Aralığı (j)	Ortalama Farkı	p
17-25	26-34	-3.826	.444
	35 ve üzeri	-9.445	.009
26-34	35 ve üzeri	-5.619	.402

.05 seviyesinde farkı anlamlı  $p < .05$

Tablo 12 incelendiğinde yaş grupları arasındaki en büyük farklılığın 17-25 yaş aralığı ile 35 ve üzeri yaş aralığı arasında olduğu anlaşılmaktadır. Yaş aralıkları arasındaki bu farklılık 35 ve üzeri yaş aralığı lehinedir.

## 4. Sonuç ve Tartışma

Okul iklimi, okuldaki insanlara bağlı olarak gelişen ve onların davranışları ile şekillenen bir kavramdır (Şahin, 2010). Bu araştırmada İstanbul'daki bir vakıf üniversitesinin meslek yüksekokulu ve sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu öğrencilerinin okul iklimi algılarını belirlemek amaçlanmıştır. Öğrencilerin okula bağlılık, iletişim ve öğrenme ortamı faktörlerinden oluşan okul iklimi algıları incelenmiştir.

Araştırmada öğrencilerin okul iklimi ile ilgili algıları orta düzey okul iklimi algısı olarak kategorize edilmiştir. Benzer araştırma bulgusuna Saleh vd. (2018), üniversite öğrencilerinin okul algılarını inceledikleri bir araştırmada ulaşılmıştır.

Araştırmada öğrencilerin öğrenim gördükleri yüksekokulu, okul ikliminin "iletişim" ve "öğrenme ortamı" faktörleri açısından yeterli buldukları sonucuna ulaşılmıştır. Öğrenciler öğrenim gördükleri yüksekokulun öğretim üyelerinin iletişiminden memnun olduklarını ifade etmiştir. Öğrenciler bir problemleri olduğunda öğretim üyelerine danışmaktan çekinmediklerini belirtmiştir. Ayrıca araştırmada öğrencilerin yüksekokullarını akademik açıdan yeterli bulduğu sonucuna ulaşılmıştır. Öğrenciler öğrenim gördükleri yüksekokulun kendilerine meslekleri ile ilgili bilgileri kazandırmada her türlü imkanı sağladığını ifade etmiştir. Öğrencilerin öğrenim gördükleri yüksekokulu akademik açıdan yeterli bulmaları okul iklimi açısından önemlidir. Çünkü MacNeil, Angus ve Steve (2009)'in ifade ettiği gibi sağlıklı öğrenme ortamı öğrencilerin akademik başarısını arttırdığı gibi öğrencilerin okul iklimi algılarını da olumlu etkilemektedir.

Araştırmada, öğrencilerin öğrenim gördükleri yüksekokulu, okul ikliminin "okula bağlılık" faktörü açısından yeterli bulmadıkları sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca öğrenciler, öğrenim gördükleri yüksekokulu üniversite sınavına girecek öğrencilere önermediklerini ifade etmiştir. Öğrencilerin okula bağlılığı ile okul iklimi algıları arasında pozitif bir korelasyon vardır (Gündoğan ve Koçak, 2017). Olumlu okula bağlılık, öğrencilerin akademik başarısı, üniversitedeki sosyal ve kültürel faaliyetler ve öğretmenlerin mesleki yeterlilikleri ile ilgilidir (Erdoğan ve Yüzbaşı, 2018; Bülbül, 2012). Yüksek düzeyde okula bağlılığın, iletişimin, yeterli donanımın okul iklimi üzerine

olumlu etkileri göz önünde bulundurularak (Gündoğan ve Koçak, 2017) yüksekokullara bağlılığını artırıcı faaliyetler önerilebilir; bina, sınıf, kafeterya, bahçe gibi fiziksel imkanların iyileştirilmesi; öğrenci kulüplerinin aktif çalışması, sanat ve spor etkinlikleri ve bilimsel geziler yapılması, öğretimin modern yöntem ve tekniklerle yapılması, öğretim üyelerinin mesleki yeterliliklerinin artırılması.

Araştırmada yüksekokul programları kendi içinde karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Meslek yüksekokulu öğrencilerinin öğrenim gördükleri programa göre okul iklimi algıları arasında farklılık yoktur fakat sağlık hizmetleri meslek yüksekokulu öğrencilerinin öğrenim gördükleri programa göre okul iklimi algıları arasında bir farklılık vardır. “Optisyenlik” ve “iş sağlığı güvenliği” programları öğrencilerinin okul iklimi algıları, “ameliyathane hizmetleri”, “odyometri”, “tıbbi dokümantasyon”, “tıbbi görüntüleme”, “tıbbi laboratuvar” programları öğrencilerinin okul iklimi algılarından daha yüksektir. Bu bulgular, sağlık sektörünün merkezinde yer alan programlarda (mezunlarının genellikle hastanede çalıştığı programlarda) öğrenim gören öğrencilerin sağlık hizmetleri meslek yüksekokulunu okul iklimi açısından yetersiz bulduğu şeklinde yorumlanmıştır. Bu programlarda öğrenim gören öğrencilerin okul iklimi algılarını artırmak için okul atmosferinin sağlık okulu atmosferine dönüştürülmesi önerilmektedir. Bunun için üniversite bünyesinde sağlık bilimleri, tıp ve diş hekimliği fakülteleri gibi diğer sağlık okullarının açılması önerilebilir. Ayrıca öğrencilerin staj ve klinik uygulama öğretimlerine verilen önem artırılabilir.

Araştırmada, Saleh vd. (2018)’nin ulaştığı sonuca benzer şekilde öğrencilerin okul iklimi algılarının sınıf düzeyi arttıkça azaldığı tespit edilmiştir. Bu bulgu, yüksekokula dışardan gelen öğrencilerin okul iklimi algılarının iyi olduğunu, öğrencilerin öğrenimi sırasında karşılaştığı olumsuz durumlar nedeni ile okul iklimi algılarının azaldığı şeklinde yorumlanmıştır. Buna ek olarak öğrencilerin öğrenim gördükleri yüksekokul ile ilgili okul iklimi algılarının öğrencilerin yaşı arttıkça arttığı sonucuna ulaşılmıştır. Benzer araştırma sonucuna Şamdan ve Baskan (2019) tarafından da ulaşılmıştır. Okul iklimi ile öğrencilerin yaşları arasındaki bu ilişki, araştırmanın yapıldığı üniversitenin yüksekokullarına gelen yaşları büyük öğrencilerin çoğunlukla bir mesleğe sahip olmaları ile ilişkilendirilmiştir. Mesleki kaygıları olmayan bu öğrenciler genellikle okuldaki sosyal ortama dahil olmamaktadırlar. Bu nedenle bu öğrencilerin yüksekokuldan beklentileri yalnızca akademik yeterlilik olmaktadır. Bununla birlikte yüksekokula gelen yaşı küçük öğrenciler çoğunlukla bir mesleğe sahip olmadıkları için mesleki kaygı taşımaktadır ve okuldaki sosyal ortama dahil olmamaktadırlar. Bu nedenle bu öğrenciler yüksekokullarını okul iklimi açısından değerlendirirken akademik ortamın yanı sıra diğer etkenleri de dikkate almaktadır.

Vakıf üniversitelerinin meslek yüksekokullarında çalışan öğretim üyeleri, öğrencilerin kurumlara öğretim ücreti ödemesinin de etkisi ile öğrencileri ile iyi iletişim kurmaktadır. Bu kurumlardaki yöneticiler de öğretim üyelerinin öğrencileri ile olan iletişimine önem vermektedir. Buna karşılık vakıf üniversitelerinin bir bölümünün fiziksel ve sosyal olanakları yetersizdir. Bu üniversitelerin meslek yüksekokullarının çoğunlukla bir kampüsü bulunmamaktadır ve öğretim yaptıkları binaların sosyal olanakları ve altyapıları yetersizdir. Alanyazındaki diğer araştırmaların ve bu araştırmanın sonuçları ışığında yapılan okul iklimini artırıcı öneriler, Türkiye’deki tüm vakıf üniversitelerinin yüksekokullarına genellenebilir.

Araştırmacılara, bu araştırmaya benzer bir araştırmayı bir devlet üniversitesinin yüksekokullarında öğrenim gören öğrenciler ile yapmaları önerilmektedir. Vakıf ve devlet üniversitesi yüksekokullarında yapılacak okul iklimi algısı araştırması bulguları ışığında Türkiye’deki tüm yüksekokullar için okul iklimini artırıcı öneriler oluşturulabilir.

## **Kaynakça**

- Akkuzu Güven, N. and Uyulgan, M. A. (2019). Analitik kimya laboratuvarında sorgulama temelli sistematik kalitatif katyon analizi deneylerinin bilimsel süreç becerilerine yansımaları. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 423-436.
- Bektaş F. ve Nalçacı B. (2013). Okul iklimi ile öğrenci başarısı arasındaki ilişki. *Uluslararası Avrasya Sosyal Bilimler Dergisi*, 4 (13), 1-13.
- Bocchi B., Dozza L. and Cavrini G. (2013). School climate: comparison between parents’ and teachers’ perception. *Procedia-Social and Behavioral Science* 1, 116(21), 4643-4649.
- Bülbül T., (2012). Okul yöneticilerinin yenilik yönetimine ilişkin yeterlik inançları. *Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 14(1), 45-68.
- Uğurlu C. T (2017). Okul Yönetimi, ANI Yayıncılık, Ankara.
- Doğan S. (2012). Lise öğrencilerinin okul iklimi algıları. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 55-92.
- Ekşi H., Türk T. ve Avcu A. (2017). Maryland güvenli ve destekleyici okul iklim ölçeği (MGDOI)’nin türk kültürüne uyarlanması: geçerlik ve güvenilirlik çalışması. *Abant İzzet Baysal Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 17(4), 1882-1899.
- Erdoğan, M.Y. ve Yüzbaş, D. (2018). Lise öğrencilerinin okula bağlılık ile genel öz-yeterlilik düzeyleri arasındaki ilişki. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(32), 205-227.
- George, D. and Mallery, M. (2010). *SPSS for Windows Step by Step: A Simple Guide and Reference* (10. ed.), Boston: Pearson.
- Gündoğan A. ve Koçak S. (2017). Öğretmen adaylarının okul iklimi algıları ile akademik öz-yeterlilik inançları arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Sakarya University Journal of Education*, 7(3), 639-657.
- Haynes, N. M., Emmons, C. and Ben-Avie, M. (1997). School climate as a factor in student adjustment and achievement. *Journal of Educational & Psychological Consultation*, 8(3), 321-329.
- Karakütük K., Binalı T., Tuncer B., Güven Ö. ve Murat T. (2014). Genel Ortaöğretim Okullarının Büyüklüğü ile Okul İklimi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Eğitim ve Bilim*, 39(171), 304-216.
- Kılıç, S. (2013). Örneklem Yöntemleri. *Journal of Mood Disorders*, 3(1), 44-46.
- Kılınç A.Ç. (2014). Examining the relationship between teacher leadership and school climate. *Educational Sciences: Theory and Practice*, 14(5), 1729-1742.
- MacNeil, D.L., Angus J.P. and Steve B. (2009). The effects of school culture and climate on student achievement. *International Journal of Leadership in Education: Theory and Practice*. 12(1). 73-84.



- Mitchell, M. M., Bradshaw, C. P. and Leaf, P. J. (2010). Student and teacher perceptions of school climate: a multilevel exploration of patterns of discrepancy. *Journal of School Health*, 80(6), 271–279.
- Özdemir S., Sezgin F., Sirin H., Karip E. ve Erkan S. (2010). İlköğretim okulu öğrencilerinin okul iklimine ilişkin algılarını yordayan değişkenlerin incelenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*. 38, 213-224.
- Pritchard, R. J., Morrow, D. and Marshall, J. C. (2003). School and district culture as reflected in student voices and student achievement: school effectiveness and school improvement. *An International Journal of Research, Policy and Practice*, 16 (2), 153-177.
- Saleh M., Arabiat D., Shaheen A., Nassar O. and Mansour A. (2018). Social and health determinants of adolescents' wellbeing in Jordan: implications for policy and practice. *Journal of Pediatric Nursing*, 39, 55-60.
- Şamdan T. ve Baskan G. (2019). Öğretmenlerin Algılarına Göre Örgütsel Adalet ve Örgütsel Sinizm Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 47, 17-40.
- Saraç K. (2015). Okul İkliminin Ortaokul Öğrencilerinin Algılarına Göre Değerlendirilmesi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü Eğitim Bilimleri Anabilim Dalı Eğitim Yönetimi, Teftişi, Planlaması ve Ekonomisi Bilim Yüksek Lisans Tezi*, Eskişehir.
- Şahin A. (2010). Örgüt kültürü-yönetim ilişkisi ve yönetsel etkinlik. *Maliye Dergisi*, 159, 21-35.
- Şenel T. ve Buluç B. (2016). İlkokullarda okul iklimi ile okul etkililiği arasındaki ilişki. *TÜBAV Bilim Dergisi*, 9(4), 1-12.
- Terzi, A.R. (2015). Üniversite öğrencilerine yönelik okul iklimi ölçeğinin geliştirilmesi. *Eğitim ve Öğretim Araştırmaları Dergisi*, 4(4), 111-117.
- Tofur S. ve Balıkcı A. (2018). Okul yöneticileri ve öğretmenlere göre okul iklimini etkileyen faktörlerin incelenmesi: ortaokul örneği. *Turkish Studies Educational Sciences*, 13(11), 279-1295.



# Yapay Sinir Ağları ve Üstel Düzleştirme Yöntemi ile Türkiye'deki CO<sub>2</sub> Emisyonunun Zaman Serisi ile Tahmini

Erkan Özhan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3971-2676)

(İlk Geliş Tarihi 18 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 26 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.705666)

**ATIF/REFERENCE:** Özhan, E. (2020). Yapay Sinir Ağları ve Üstel Düzleştirme Yöntemi ile Türkiye'deki CO<sub>2</sub> Emisyonunun Zaman Serisi ile Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 282-289.

## Öz

Sera gazlarının atmosferdeki miktarı gün geçtikçe artmaktadır. Bu artışın başta küresel ısınma olmak üzere neden olduğu çok sayıda olumsuz etki ortaya çıkmaktadır. Geleceğe dönük sera gazı emisyonunun tahminlenmesi özellikle karar alıcılar ve CO<sub>2</sub> salınımlarında payı olan sektörler açısından bakıldığında bu salınımın azaltılması ve alternatif kaynakların aranması için cesaret verici olabilir. Zaman serileri zaman düzleminde düzenli olarak belirli aralıklarla elde edilmiş verilerin literatürdeki adıdır ve bu serilerin analizinin nasılını inceleyen süreçlere ise zaman serisi analizi denir. Araştırmada Türkiye'ye ait sera gazı emisyonu (CO<sub>2</sub> eşdeğeri) değerlerini içeren Dünya Bankası veri tabanındaki 55 yıllık verileri içeren veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti içerisinde yapay sinir ağları ve üstel düzleştirme yöntemleri ile faydalı örüntüler elde edilmesi amaçlanmıştır. Analizler için zaman serisi formatına dönüştürülen veri seti daha sonra eğitim ve test verisi olarak iki bölüme ayrılmıştır. Zaman serisi tipindeki eğitim verileri üstel düzleştirme yöntemini temel alan Holt'un lineer trend modeli ve yapay zekanın alt dallarından biri olan yapay sinir ağları (YSA) ile analizi edilmiştir. Bu analizler sonucunda ortaya çıkan modellere göre eğitim ve test verileri üzerinden tahmin modelleri elde edilmiştir. YSA'nın ve Holt'un lineer trend yönteminin test verileri için ortaya koyduğu tahminler ile modelleri değerlendirmek için RMSE, MAPE gibi değerlendirme metrikleri elde edilmiştir. Bu değerlere göre iki model karşılaştırılmış ve en az hata oranına sahip modelin YSA olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada elde edilen bulgulara göre YSA 0.1607'lik RMSE değeri ile, Holt'un lineer trend yöntemine göre çok daha az hata oranına sahiptir. YSA'nın daha doğru tahminler yapacağı bulgusu elde edildikten sonra bu yöntemin önerdiği model kullanılarak 2021 yılına kadar tahminler gerçekleştirilmiştir. Model Türkiye için 2021 yılı sera gazı eşdeğeri CO<sub>2</sub> emisyonunu 366,3972 milyon ton olarak tahminlemiştir. Araştırmada görülen bir diğer sonuç ise CO<sub>2</sub> emisyonunun dalgalı bir seyir izlediği ancak genel olarak yükselme eğiliminde olduğudur.

**Anahtar Kelimeler:** Zaman serisi, yapay sinir ağları, üstel düzleştirme, Türkiye, CO<sub>2</sub>.

## Estimation Of CO<sub>2</sub> Equivalent Greenhouse Gas Emissions In Turkey By Artificial Neural Networks And Exponential Smoothing Method

### Abstract

The amount of greenhouse gases in the atmosphere is increasing day by day. This increase is caused primarily by global warming, resulting in numerous negative effects. Predicting future greenhouse gas emissions can be encouraging, especially in terms of decision makers and sectors with a share in CO<sub>2</sub> emissions, to reduce this emission and to seek alternative sources. Time series is the name in the literature of the data obtained regularly at regular intervals on the time plane, and the processes that examine how these series are analyzed are called time series analysis. The study used a data set containing 55 years of data from the World Bank database containing the greenhouse gas emissions (CO<sub>2</sub> equivalent) values of Turkey. It is aimed to obtain useful patterns from this data set with artificial neural networks and exponential smoothing methods. The data set, which was converted to time series format for analysis, was then divided into two parts as training and test data. The training data in the time series type was analyzed using Holt's linear trend model, which is based on the exponential smoothing method, and artificial neural networks (NSA), which is one of the

\* Sorumlu Yazar: Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Müh. Bölümü, Tekirdağ, Türkiye, ORCID: 0000-0002-3971-2676, [erkanozhan@gmail.com](mailto:erkanozhan@gmail.com)

sub-branches of artificial intelligence. As a result of these analyses, prediction models were obtained based on training and test data. Assessment metrics such as RMSE, MAPE were obtained to evaluate the models with the predictions of ANN and Holt's linear trend method. According to these values, two models were compared and it was determined that the model with the least error rate was ANN. According to the findings obtained in the study, YSA has RMSE value of 0.1607 and it has a much lower error rate compared to Holt's linear trend method. After finding that the YSA would make more accurate predictions, estimates were obtained by 2021 using the model proposed by this method. The Model estimated Turkey's greenhouse gas equivalent to CO<sub>2</sub> emissions in 2021 at 366,3972 million tons. Another result seen in the research is that CO<sub>2</sub> emissions follow a fluctuating course but tend to increase in general.

**Keywords:** Time series, artificial neural networks, greenhouse, data mining, CO<sub>2</sub>.

## 1. Giriş

Tarihin başlangıcından beri, insanlar Dünya'yı kendi çıkarları için kullanma yeteneğine sahiptirler ve günümüzde nüfustaki hızlı artış, işletmelerin artan yoğunluğu Dünya'yı küresel ölçekte değiştirmektedir (Keeling, 1997). Atmosfer tüm canlıların paylaştığı temel gazları ihtiva eder. Bu gazları çok sayıda canlı değişik amaçlar için kullanmaktadır. Karbondioksit bu gazlardan biridir ve Cambridge sözlükte “yanma veya insan, hayvan solunumu ile oluşan bir sera gazı” olarak tanımlanmıştır (Cambridge, 2020). EPA (Environmental Protection Agency)'ya göre CO<sub>2</sub>, atmosferde doğal olarak bulunan, fosil yakıtların ve biyokütlenin yanmasının yanı sıra arazi kullanımındaki değişiklikler ve diğer endüstriyel süreçlerin bir yan ürünü olarak ortaya çıkan, dünyanın radyasyon dengesini etkileyen başlıca insan kaynaklı sera gazıdır (U.S. Environmental Protection Agency, 2019).

Karbondioksit, insan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan, üretilen en bol maddedir ve sera etkisinin artmasından kaynaklanan riskli durumları önlemek için atmosferde daha fazla birikiminden kaçınılmalıdır (Sun, 2004). Bu çalışmanın anlaşılabilirliğini artırmak için iklim kavramını da tanımlamak faydalı olabilir. Atmosferik karakteristiklerin olasılıksal dağılımı “climate-iklim” olarak tanımlanabilir (Nordhaus, 1977). CO<sub>2</sub> ile sıklıkta bir arada kullanılan bir diğer terim ise “Greenhouse-sera” kelimesidir. Bu terim ilk olarak evlerin izolasyonunda cam kullanılması sonucu ortaya çıkmıştır ve “glasshouse” olarak bilinmekle birlikte, zamanla camın yerini plastiğin almasıyla yaygın olarak “greenhouse-sera” terimi kullanılmaktadır (Zhang, 2003). Dünya'daki karbonu etkileyen ve dolayısıyla atmosferik karbondioksit konsantrasyonunu kontrol eden tüm süreçlerin toplamına ise “karbon döngüsü” adı verilir (Keeling, 1997). Emisyon, bir maddenin (genellikle iklim değişikliği konusuna atıfta bulunurken bir gaz) atmosfere salınması olarak tanımlanır (U.S. Environmental Protection Agency, 2019). Emisyon faktörü, genellikle kirleticinin ağırlığının, birim ağırlığın, hacmin, mesafenin veya kirleticiyi yayan aktivitenin süresine bölünmesiyle ifade edilir (Cheremisinoff, 2011). Emisyon genellikle (metrik ton yıl<sup>-1</sup>) olarak ifade edilir.

Küresel çevre sorunları, özellikle atmosferde giderek artan karbondioksit birikiminin neden olduğu küresel ısınma, günümüzde insanlar için olduğu kadar küresel sürdürülebilirlik için de önemli bir sorun haline gelmiştir (Park, Chang, & Lee, 2004). Mevcut atmosferik CO<sub>2</sub> artışına CO<sub>2</sub> emisyonları neden olmaktadır ve bu emisyonların yaklaşık dörtte üçü fosil yakıt yanmasından kaynaklanmaktadır (Lead et al., 2018). Konsantrasyon ise belirli bir hacim veya ağırlıktaki hava, su, toprak veya diğer ortamdaki kimyasal madde miktarı olarak tanımlanmaktadır (U.S. Environmental Protection Agency, 2019). Atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarını neyin kontrol ettiğini ve dolayısıyla sera etkisi üzerindeki etkisini anlamak için, atmosferdeki konsantrasyonunu etkileyen ve bundan etkilenen tüm süreçler ele alınmalıdır (Keeling, 1997). Küresel çevre sorunları, özellikle atmosferde giderek artan karbondioksit birikiminin neden olduğu küresel ısınma, günümüzde insanlar için olduğu kadar küresel sürdürülebilirlik için de önemli bir sorun haline gelmiştir (Park et al., 2004). Geniş ölçekte, atmosferik CO<sub>2</sub> konsantrasyonu iklim değişikliğiyle açıkça bağlantılıdır (Bender, Sowers, & Brook, 1997). Küresel ortalama sıcaklıklardaki ve mevsimsel döngüdeki değişiklikler, atmosferik CO<sub>2</sub> konsantrasyonuna güçlü bir şekilde bağlıdır (Thomson, 1997).

Yapay zeka (Artificial Intelligence-AI), insanın öğrenme, akıl yürütme, problem çözme, deneyim kazanma gibi yeteneklerini makinelere aktarmanın nasılını inceleyen ve kendi içerisinde alt dallara ayrılmış popüler bir disiplindir. AI, özellikle tahminler yapmak ve veri setlerine dayalı önerilerde bulunmak, büyük miktarda veriyi yönetmek için çözüm olarak ortaya çıkan güçlü bir araçtır (Kibria et al., 2018). Araştırmada kullanılan yapay sinir ağları (YSA, Artificial Neural Network-ANN) yapay zekanın bir alt dalıdır. YSA insan beyninin sinir sistemi yapısından ve çalışma ilkelerinden esinlenerek geliştirilmiş matematiksel modellerle sınıflandırma, kümeleme vb. problemlerin çözümünü amaçlamaktadır. Biyolojik bir nöron çekirdek, akson ve nöronlardan oluşurken, bunu taklit eden yapay bir nöron nöron gövdesinden ve diğer nöronlarla bağlantılardan oluşur (Livshin, 2019). İlk çalışmalar beyni oluşturan nörolojik hücrelerin (nöron) matematiksel olarak modellenmesi üzerine yoğunlaşmıştır (Efe & Kaynak, 2000). 1949 yılında biyolojik olarak mümkün olan öğrenme işlevinin bilgisayarlar aracılığı ile yapılabilecek şekilde geliştirilmesi ile başlayan süreç 1956 yılında en küçük kareler yöntemini kullanan ADALINE (Adaptif Linear Element) ve Widrow öğrenme algoritmalarının ortaya çıkması ile yeni bir boyut kazanmıştır (Öztemel, 2012). Bu algoritmalar daha sonra geliştirilecek olan YSA algoritmalarına temel oluşturmuştur. Bir YSA girdiler, ağırlıklar, ara katman-lar ve çıktılardan oluşur. ADALINE, ağırlık çıktısı değerinin beklenen çıktıya en yakın değeri verecek şekilde ağırlıklarının ayarlanmasını hedeflemektedir. ADALINE yapı olarak tek katmana sahip olduğundan özellikle XOR problemi gibi karmaşık problemleri çözmede başarısız olmuştur. Bu durum YSA için bir duraklama dönemine neden olsada MADALINE (Çok katmanlı ADALINE) ağlarının geliştirilmesi ve doğrusal olmayan ilişkiler içeren XOR problemini başarı ile çözmesi üzerine tekrar dikkatleri üzerine çekmeyi başarmıştır. Bir YSA ağı, en düşük hata ile çıktıyı elde etmeyi sağlamak üzere iterasyon adı verilen ve ağırlıkları sürekli değiştirerek en ideal ağırlık konfigürasyonunu elde etmeyi amaçlayan bir dizi süreci gerçekleştirir. Günümüzde bu süreçler hesaplama yapma kapasitesi ve hızı nedeniyle bilgisayarlar tarafından otomatik olarak yapılmaktadır.

Zaman serileri, büyük ölçüde zamana göre sıralı değerler dizisinden oluşan karmaşık bir veri türüdür ve tıp, astronomi, sismografi, ekonomi, klimatoloji vb. gibi geniş bir alanda kullanılmaktadır (Molina, Perez, & Valente, 2016). Zaman serisi, belirli bir dinamik fenomenin özünde olan zaman ait birçok değişkeni içerir ve bu nedenle zaman serileri ekonomik, teknolojik, çevresel ve

sosyal temel özellikleri yansıtabilir (de Mattos Neto, Cavalcanti, Firmino, Silva, & Vila Nova Filho, 2020). Zaman serilerinin verileri ekonomik, siyasi, sosyal veya daha başka etkenlerin karşılıklı etkileşimi sonucu oluşabilir (Genceli, 2012). Zaman serisi örüntüleri (pattern) ve kuralları araştırma nesnesi olarak zaman serisi verilerini alır (Yao et al., 2020). Zaman serisi analizi zaman düzleminde elde edilmiş veriler üzerinde yapılan her türlü çıkarımsal analizi ifade eder. Zaman serisi analizi ile zamana göre kayıt altına alınmış bir dizi veri içerisindeki trend(eğilim)ler tespit edilerek geleceğe dönük sayısal tahminler öngörülebilir. Bunun yanında zaman serisi analizi sonucunda veri dizisi içerisindeki sezona bağlı değişimler olup olmadığı da tespit edilebilir. Sayısal olarak geleceğe dönük öngörüler elde edilmesi özellikle karar alıcılar ve planlayıcılar için hayati öneme sahip olabilir. Tahminleme bilinen sonuçlardan model geliştirilerek bilinmeyen sonuçları elde etmeye çalışan süreç ve yöntemlerdir (Aydemir, 2019). Proaktif önlemler almak amacıyla bu değişimin istenilen ölçüde kalması veya artırılması için ek faaliyetler planlanabilir.

Karbondioksit emisyonunu etkileyen veya bundan etkilenen, diğer faktörler arasındaki ilişkiyi ortaya çıkarmaya yönelik çok sayıda çalışma yapılmıştır. Araştırmacılar (Çoban & Şahbaz, 2015), enerji kaynaklı kişi başına karbon emisyonu ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında tek yönlü nedensel bir bağlantı olduğunu tespit etmişlerdir. Dertli ve Yınaç (Dertli & Yınaç, 2018), yaptıkları çalışmada yenilenebilir enerji, tüketimi, ekonomik büyüme, enerji ithalatı ve karbondioksit emisyonu arasında bütünlük ilişkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Mercan, yaptığı çalışmada TÜİK tarafından yayınlanan 1990-2013 dönemine ait sera gazı miktarlarını kullanarak parabolik, kübik ve üstel olarak tahminler yapmış ve 2030 yılına kadar bulgularını paylaşmıştır. Bir diğer çalışmada (Baki, 2017) gelirle karbondioksit emisyonu arasında ters orantılı bir ilişki olduğu belirtilmiştir.

Bu sorunun çözümü için sunulan öneriler arasında kimyasallar üretmek için hammadde olarak CO<sub>2</sub> kullanımı da vardır. Bu çözümün en azından kısa-orta vadeli bir senaryoda, sera gazı emisyonlarının azaltılması üzerinde büyük bir etkisi olmayacaktır, ancak karbon yönetiminin ayrılmaz bir parçasıdır (Park et al., 2004).

CO<sub>2</sub> emisyonu ve iklim değişikliği üzerine yapılan değerli çalışmalarda gösteriyorki CO<sub>2</sub> emisyonu önemli bir faktördür ve neden olduğu-olabileceği sorunlar üzerinde gelecek yıllardaki seviyelerini YSA ve zaman serisi analizi ile tahminlemek CO<sub>2</sub> emisyonunun kontrol edilmesinde ve gelecekteki etkilerini görmekte anlamlı faydalar sağlayabilir. Bu çalışma 1960-2014 yılı içerisindeki CO<sub>2</sub> salınımlarını YSA ve zaman serisi yöntemleri ile analiz ederek hem geleceğe dönük tahminler yapmayı amaçlamaktadır. Çalışmada Türkiye'nin 2021 yılına kadar olan 7 yıllık CO<sub>2</sub> emisyonu tahmin edilmeye çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan veriler Dünya Bankası web sayfasından (World Bank Group, 2020) alınmıştır. Verilerin zaman serisi ile analizinde ise R yazılımı kullanılmıştır. R, istatistiksel hesaplama ve grafik için bir dil ve ortamdır, John Chambers ve meslektaşları tarafından Bell Laboratories'de (eski adıyla AT&T, şimdi Lucent Technologies) geliştirilen S dili ve ortamına benzeyen bir GNU projesidir (The R Foundation, 2020). Bu yazılım içerisinde çok sayıda paket adı verilen araç bulunmaktadır. Bu paketlerden "forecast, tseries, fpp2" paketlerindeki "holt, nnetar" fonksiyonları ile tahminler gerçekleştirilmiştir. Veri düzenleme diğer görselleştirme ile analizler için ise R içerisindeki tidyverse, ggplot2, readxl vb. paketlerden faydalanılmıştır. Çalışmada (Holt, 2004<sup>2</sup>)'un doğrusal eğilim (üstel düzeltilme) ve yapay sinir ağları olmak üzere iki farklı zaman serisi analizi yaklaşımı kullanılmıştır.

### 2.1. Veri Setinin Hazırlanması

Çalışmada kullanılan veriler Dünya Bankasının 09-04-2020 tarihinde güncellediği "World Development Indicators (WDI)" başlıklı veri tabanından(World Bank Group, 2020) alınmıştır. Dünya Bankası'nın sağladığı meta veri belgesi (World Bank Group, 2020)'ne göre Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine katkıda bulunan sera gazlarının en büyük payını oluşturmaktadır ve diğer tüm sera gazlarını (metan (CH<sub>4</sub>), azot oksit (N<sub>2</sub>O), hidroflorokarbonlar (HFC'ler), perflorokarbonlar (PFC'ler), sülfür heksaflorür (SF<sub>6</sub>)) karbon dioksit (veya CO<sub>2</sub>) eşdeğerlerine dönüştürmek bunları karşılaştırmayı ve belirlemeyi mümkün kılar. Bu nedenle çalışmada kullanılan veriler CO<sub>2</sub> eşdeğeri emisyon değerleridir. Dünya bankası verileri kiloton(kt) olarak ölçmüş ancak bu birim sayısal basamak sayısını çok artırdığından ve grafik üzerinde gösterimi zorlaştırdığından 1000'e bölünerek Mt (Milyon ton)'a dönüştürülmüştür. Türkiye'nin 1960-2014 yılları arasındaki CO<sub>2</sub> eşdeğeri sera gazı emisyonu ölçümleri Tablo 1.'de gösterilmiştir.

Tablo 1. Türkiye'nin 1960-2014 arası toplam sera gazı emisyonları (CO<sub>2</sub> eşdeğeri-mt) Kaynak: (World Bank Group, 2020)

Yıl	CO <sub>2</sub>	Yıl	CO <sub>2</sub>	Yıl	CO <sub>2</sub>	Yıl	CO <sub>2</sub>
1960	16820.529	1974	61136.224	1988	126309.815	2002	205685.697
1961	17363.245	1975	65697.972	1989	139316.664	2003	218523.864
1962	21631.633	1976	73721.368	1990	145858.592	2004	225421.491
1963	22669.394	1977	81572.415	1991	148619.843	2005	237390.579
1964	26336.394	1978	77256.356	1992	153108.251	2006	261614.781
1965	27388.823	1979	75576.870	1993	159136.799	2007	284658.209
1966	31547.201	1980	75763.887	1994	156848.591	2008	283979.814

<sup>2</sup> 1957 yayımının tekrar basımıdır.



1967	33523.714	1981	79874.594	1995	171974.966	2009	277844.923
1968	36314.301	1982	86988.574	1996	188205.108	2010	298002.422
1969	38807.861	1983	90541.897	1997	198535.047	2011	320840.498
1970	42639.876	1984	95796.708	1998	200614.236	2012	329560.624
1971	47733.339	1985	106717.034	1999	196771.220	2013	324771.522
1972	53857.229	1986	116881.958	2000	216151.315	2014	345981.450
1973	59486.074	1987	129907.142	2001	194552.685		

Veri seti, Türkiye'nin 1960 ile 2014 yılları arasındaki sera gazı emisyonlarının CO<sub>2</sub> eşdeğerinden oluşmaktadır. Web sitesinden anlaşıldığına göre bu veriler 09-04-2020 yılında güncellenmiş verilerdir. 2014 yılından sonra CO<sub>2</sub> emisyonu değerinin bulunmaması dikkat çekicidir ancak bu durum ile ilgili web sitesinde herhangi bir bilgiye rastlanmamıştır.

## 2.2 Üstel Düzleştirme ile Zaman Serisi Analizi

Zaman serisi analizi bir değişkenin önceki durumlarına göre gelecekteki durumunu tahmin etmekle ilgilenen makine öğrenmesi ve istatistik biliminin alanıdır (Rhys, 2020). Bunun yanında zaman düzleminde görselleştirme ve veriler arasındaki korelasyonların tespiti gibi verileri anlamamıza ve geleceğe dönük tahminler yapmamıza katkı sağlamaktadır. Çalışmada kullanılan verilerin zaman serisi analizinde R yazılımı kullanılmıştır. Veriler MS Excel dosyası halinde elde edilmiş R yazılımı ile data.frame yapısına dönüştürülmüştür. Ardından gerekli bu data.frame R kodları yazılarak zaman serisi(ts) tipine çevrilmiştir.

Elde edilen zaman serisi verisi eğitim ve test olmak üzere iki parçaya bölünmüştür. Eğitim veri setinde 1960 yılı ile 2004 yılı arasındaki sera gazı emisyonları, test veri setinde ise 2005-2014 yılları arasındaki sera gazı emisyonları bulunmaktadır. Veriler kilo ton (kt) birimindedir. Ancak bu birim sayısal basamak olarak çok uzun emisyon değerlerinde olduğundan, tüm emisyon değerleri 1000'e bölünerek 3 basamak kısaltılmıştır. Öncelikle veri setinin zaman serisi olarak grafiği elde edilmiştir.

Bir düzleştirilmiş zaman serisi üretmek için en popüler parametrik tahmin tekniğinden biri, üstel düzleştirmedir. Üstel düzleştirme eski gözlemlerin tahmindeki ağırlıklarını aşamalı azaltarak, son gözlemlere daha fazla ağırlık verilmesini temel alır (M, Pandit, & Bakshi, 2019). (Holt, 2004), mevsimsel ve trend tahminleriyle başa çıkmada üstel ağırlıklı hareketli ortalamaların büyük esnekliğe sahip olduğunu belirttiği çalışmada bunu hem teorik hemde ampirik çalışmalarla kanıtlamıştır. Holt, denklem 1.1'de gösterildiği gibi verilerin bir trendle tahmin edilmesini sağlamak için basit üstel yumuşatmayı bir tahmin denklemi ve iki düzeltme denklemi içerecek şekilde genişletmiştir (Deppa, 2018). Bu denklemler denklem 1.1 de görülebilir.

$$\text{Tahmin denklemi} \quad \hat{y}_{t+h|t} = f_t + hb_t$$

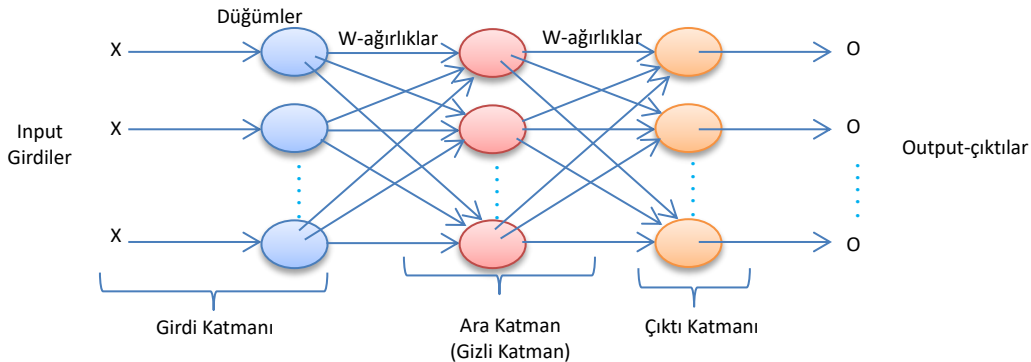
$$\text{Seviye denklemi} \quad f_t = \alpha y_t + (1 - \alpha)(f_{t-1} + b_{t-1}) \quad (1.1)$$

$$\text{Trend denklemi} \quad b_t = \beta^* (f_t - f_{t-1}) + (1 - \beta^*)b_{t-1}$$

Burada  $f_t$ ,  $t$  zamanındaki serinin seviyesini,  $b_t$ ,  $t$  zamanındaki serinin eğilimini,  $\alpha$  ise serinin seviyesi için,  $\beta$  ise trend için düzleştirme parametresini göstermektedir. Üstel düzleştirme modelleri basit, doğru ve sağlam tahmin modelleri olarak literatürde yaygın bir şekilde kullanılmakla birlikte Holt'un doğrusal eğilim yöntemi trend verileri ile başa çıkmaya yardımcı olan üstel düzleştirme araçlarının değerli bir türüdür (Yapar, Capar, Selamlar, & Yavuz, 2018). R içerisinde bulunan "fpp" paketindeki "holt" fonksiyonu ile zaman serisi üstel düzleştirmeye tabi tutulmuştur. Elde edilen bulgular araştırma sonuçları bölümünde sunulmuştur.

## 2.3 Yapay Sinir Ağları ile Zaman Serisi Analizi

YSA (ANN), doğrusal olmayan problemlerin çözümü için kullanılan çok katmanlı algılayıcı (Multi Layer Perceptron) geleneksel olarak Şekil 1.'de görüldüğü gibi üç katmandan oluşur. İlk katman girdi katmanı, ikinci katman ara katman olarak adlandırılır ve son katman ise çıktı katmanıdır.



Şekil 1. Yapay sinir ağının yağısı

Girdiler bağımsız değişkenler-öznitelikler-değişkenler olarak isimlendirilebilmektedir. Düğümler insan beyninin biyolojik sinir hücreleri olarak düşünülebilir. Ağırlıklar ise başka bir sinir hücresinden veya dünyadan gelen sinyalleri ileten sinapslar olarak

düşünülebilir ve düğümleri birbirine bağlar. Ancak her sinapsın iletiği mesajların ağırlığı aynı değildir. Esasen problemin çözümü için çok önemli olan ve deneme yanılma yoluyla bulunması gereken en önemli bileşenlerden biri sinir ağının herbir ağırlığının çıktığı en az hatayla verebilecek şekilde bulunmasıdır. Deneme yanılma yoluyla bilgisayarlar YSA içerisindeki tüm ağırlıkları iterasyon adı verilen ve sistematik olarak sürekli değiştirmeyi içeren bir süreç yoluyla ararlar.

Başlangıç ağırlık değerleri rastgele seçilmesine rağmen daha sonra ağırlıklar beklenen ve gözlemlenen çıktı arasındaki farkın açılması veya kapanmasına göre artırılır veya azaltılır. En uygun konfigürasyonun bulunması sadece ağırlık değişimine bağlı değildir. Çünkü her bir düğümün çıktısı başka bir düğümün girdisidir ve bu nedenle bir düğüme gelen bütün sinyallerin toplandıktan sonra diğer düğümlere aktarılması gerekir ve bu noktada yine bir ağırlık söz konusudur. Düğümlerden gelen sinyaller ve ağırlıkların toplanmasından sonra aktivasyon fonksiyonu adı verilen fonksiyonlar kullanılır.

Aktivasyon fonksiyonu ağırlıklar ve girdilerin çarpılmasıyla elde edilen toplama göre ilgili sinir hücresinin aktif edilip edilmeyeceğini belirler. Bu yüzden aktivasyon fonksiyonu denir. Bir düğümün aktif edilmesi demek onunla bağlantılı olan tüm düğümlerin girdilerini etkileyeceği için tüm sinir ağını etkiler ve buda doğal olarak çıktığı etkiler. Bu nedenle aktivasyon fonksiyonunun seçimi son derece önemlidir.

Lineer fonksiyonlar olduğu gibi lineer olmayan aktivasyon fonksiyonları da vardır. Genellikle karmaşık, çok sayıda çıktısı olan problemler lineer olmadıkları için lineer olmayan sigmoid, tanh vb. gibi aktivasyon fonksiyonları kullanılarak çözülmeye çalışılır.

Araştırmada R yazılımı içerisinde yüklenebilen “nnetar” adlı YSA fonksiyonu kullanılmıştır. “nnetar” fonksiyonun repeats, p, P ve size olmak üzere dört argümanı vardır. Repeats: uygun sinir ağlarının sayısını kontrol eder ve varsayılan değeri 20 iken, P mevsimsel gecikme sayısını, p: serinin girdi olarak seçilecek gecikme sayısını, size ise gizli katmandaki düğüm sayısını ifade eder (Shmueli & Lichtendahl, 2016).

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışmada eğitim ve test için ayrılan veriler üzerinde sırasıyla önce Holt’s lineer trend yöntemi ve ardından YSA yöntemi uygulanmıştır. Seri yükseliş eğilimi gösterdiğinden “tsCV(çapraz doğrulama)” fonksiyonu içerisindeki “damped” parametresi “damped=F” olarak ayarlanmıştır. Bu parametre ayarlamasından sonra Holt’s lineer trend yönteminin eğitim verilerini kullanarak oluşturduğu modelin ileriye dönük 10 yıllık tahmin yapması istenmiş ve bu tahmin sonucu test için ayrılan gerçek veriler ile karşılaştırılmıştır.

Holt’s lineer trend yönteminden sonra YSA yöntemine geçilmiştir. “nnetar” fonksiyonunda “p=30, lambda=0.7 repeats=10” konfigürasyonuna göre eğitim verileri üzerinde model geliştirilmiş ve bu modelinde de ileriye dönük 10 yıllık tahmin üretmesi istenmiştir. Üretilen tahminler test için ayrılan gerçek değerlerle karşılaştırılmıştır. Elde edilen bulgular Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Holt’s Lineer Trend ve YSA Modellerinin Test Sonuçları

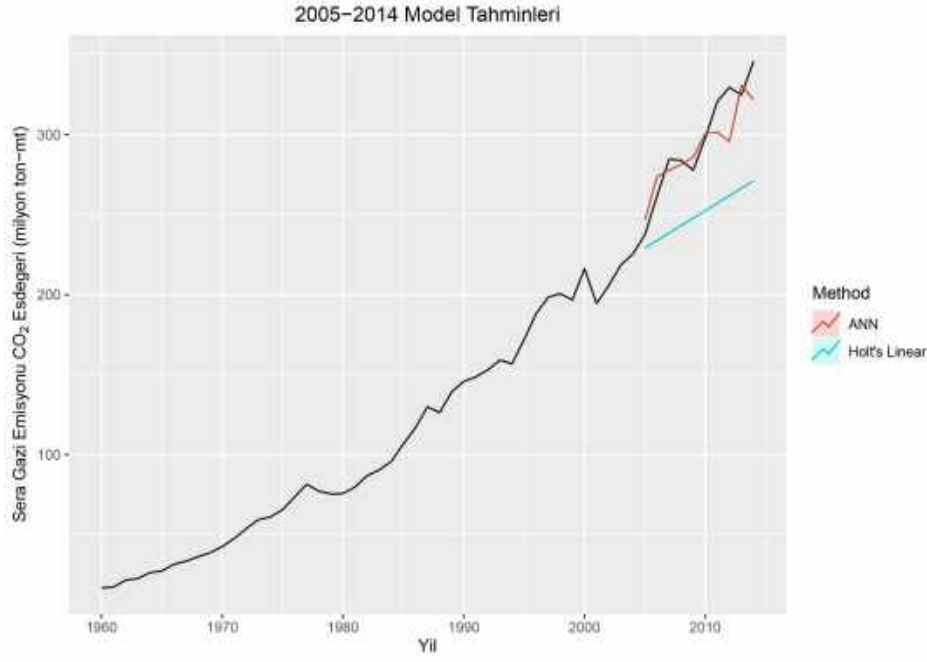
		ME	RMSE	MAE	MPE	MAPE	MASE	ACF1	Theil's U
Holt's Lineer Trend	Training set	0.0562	6.40858	4.6142	-2.0884	5.36372	0.71678	-0.0207	#YOK
	Test set	46.2576	50.2014	46.2576	15.0569	15.0569	7.18574	0.4642	2.81585
Yapay Sinir Ağı	Training set1	0.00127	<b>0.16067</b>	0.12299	-0.0012	<b>0.07159</b>	0.01911	-0.2642	#YOK
	Test set1	4.84667	<b>15.7835</b>	12.4734	1.23649	<b>4.07218</b>	1.93764	0.04698	0.85213

Tablo 2’de RMSE (Root mean squared error) ve MAPE (mean absolute percentage error) değerleri değerlendirildiğinde yapay sinir ağlarından elde edilen modelin üstel düzleştirme yöntemlerinden biri olan Holt’s lineer trend yöntemine göre çok daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür. Esasen tüm hata metriklerinde YSA modelinin daha başarılı sonuç verdiği görülmektedir.

Modellerin hata değerleri karşılaştırıldıktan sonra test verileriyle tahmin verilerinin ne derece örtüşdüğünü görmek için Şekil 2’deki grafik elde edilmiştir.

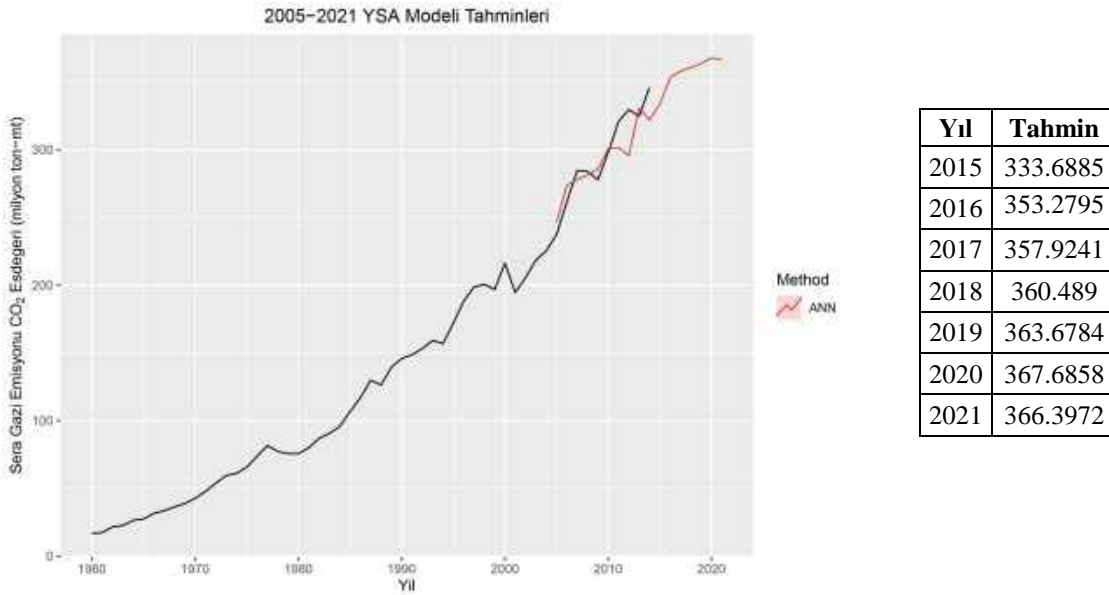
Şekil 2 incelendiğinde YSA modelinin ürettiği tahminlerin gerçek değerlere yakın seyrettiği ancak Holt’s lineer trend yönteminin yükselme eğilimi göstereceği derçek değerlerden YSA’ya göre daha uzak mesafelerde seyrettiği görülmektedir. Bunun yanında sera gazı emisyonu değerlerinde sürekli bir artış olmadığı dalgalanmalar şeklinde bir davranış olduğu da gözlemlenmiştir.

YSA modeli ile 2014-2021 yılları için tahmin yapılmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 3.’te sunulmuştur. Sera gazı emisyonu CO<sub>2</sub> eşdeğeri tahminleri daha iyi anlaşılması açısından Şekil 3.’te gösterilmiştir.



Şekil 2. Yöntemlerin 2005-2014 yılları arasındaki tahminleri ve gerçek değerler.

Şekil 3.'teki modele ait tahmin verilerine bakıldığında 2021 yılında Türkiye'nin sera gazı emisyonunun 366 milyon ton olacağı tahmin edilmiştir.



Yıl	Tahmin
2015	333.6885
2016	353.2795
2017	357.9241
2018	360.489
2019	363.6784
2020	367.6858
2021	366.3972

Tablo 3. 2021 yılına kadar CO<sub>2</sub> salınımı tahminleri

Şekil 3. YSA modelinin 2014-2021 yılları arasındaki tahminleri.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada yapay sinir ağları ve Holt'un lineer trend yöntemi kullanılarak Türkiye'de açığa çıkan toplam sera gazı emisyonu değeri zaman serisi olarak analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular 2021 yılında Türkiye'nin sera gazı emisyonunun 366 milyon ton'a ulaşacağını tahmin etmiştir. Bu çalışmada elde edilen bir diğer sonuç ise YSA yönteminin Holt'un lineer trend yönteminden daha iyi sonuçlar verdiğinin görülmüştür.

Bu çalışmada elde edilen bulgulara göre Türkiye'nin CO<sub>2</sub> eşdeğeri sera gazı miktarı dalgalı görünüm sergilese de genel olarak artış eğilimindedir. Bu düzeyin aşağı çekilmesine yönelik önlemler planlanabilir. Hızlı bir şekilde yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmek sera gazı emisyonunu azaltabilir. Özellikle güneş ve rüzgar enerjisi gibi doğal kaynaklardan elde edilen ve sürekliliği olan enerji kaynaklarına yönelmek hem CO<sub>2</sub> emisyonu düşürebilir hemde çevreye olan diğer olumsuz etkileri azaltabilir.

Gelecekte araştırmacılar genetik algoritmalar gibi farklı teknikleri kullanarak bu tür analizlerin performansını artırmayı deneyebilirler. Bunun yanında YSA'nın farklı türlerini deneyerek ileriye dönük tahminleri yenileyebilirler.

## Kaynakça

- Aydemir, E. (2019). Ders Geçme Notlarının Veri Madenciliği Yöntemleriyle Tahmin Edilmesi. *European Journal of Science and Technology*, (15), 70–76. <https://doi.org/10.31590/ejosat.518899>
- Baki, Ö. (2017). *Karbondioksit emisyon hacminin alt sektörler için analizi: Türkiye örneği*. NEVŞEHİR HACI BEKTAŞ VELİ ÜNİVERSİTESİ. Retrieved from <https://tez.yok.gov.tr/>
- Bender, M., Sowers, T., & Brook, E. (1997). Gases in ice cores. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(16), 8343–8349. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.16.8343>
- Cambridge. (2020). Cambridge English Dictionary. Retrieved March 9, 2020, from <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/carbon-dioxide>
- Cheremisinoff, N. P. (2011). Pollution Management and Responsible Care. In *Waste* (pp. 487–502). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381475-3.10031-2>
- Çoban, O., & Şahbaz, N. (2015). Yenilenebilir Enerji Tüketimi Karbon ve Emisyonu İlişkisi: TR Örneği. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*. Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, 38039 KAYSERİ: Erciyes Üniversitesi.
- de Mattos Neto, P. S. G., Cavalcanti, G. D. C., Firmino, P. R. A., Silva, E. G., & Vila Nova Filho, S. R. P. (2020). A temporal-window framework for modelling and forecasting time series. *Knowledge-Based Systems*, 193, 105476. <https://doi.org/10.1016/J.KNOSYS.2020.105476>
- Deppa, B. (2018). Holt's Linear Trend Methods. Retrieved April 28, 2020, from [http://course1.winona.edu/bdeppa/FIN335/Handouts/Exponential\\_Smoothing\(part2\).html#holts-linear-trend-method](http://course1.winona.edu/bdeppa/FIN335/Handouts/Exponential_Smoothing(part2).html#holts-linear-trend-method)
- Dertli, G., & Yinaç, P. (2018). Yenilenebilir Enerji Tüketimi, Karbondioksit Emisyonu, Enerji İthalatı ve Ekonomik Büyüme: Türkiye Örneği. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 15(2), 583–606. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ksusb/issue/40204/446928>
- Efe, M. Ö., & Kaynak, O. (2000). *Yapay Sinir Ağları ve Uygulamaları* (1st ed.). İstanbul, Türkiye: Bogazici University.
- Genceli, M. (2012). Trend Oluşturulmasına İlişkin Bazı Sorunlar. *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası*, 35(1–4). Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/iuifm/issue/849/9416>
- Holt, C. C. (2004). Forecasting seasonals and trends by exponentially weighted moving averages. *International Journal of Forecasting*, 20(1), 5–10. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2003.09.015>
- Keeling, C. D. (1997). Climate change and carbon dioxide: an introduction. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 94(16), 8273–8274. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.16.8273>
- Kibria, M. G., Nguyen, K., Villardi, G. P., Zhao, O., Ishizu, K., & Kojima, F. (2018). Big Data Analytics, Machine Learning, and Artificial Intelligence in Next-Generation Wireless Networks. *IEEE Access*, 6, 32328–32338. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2837692>
- Lead, C.-O., Lead, I. C. P., Farquhar, G. D., Fasham, M. J. R., Goulden, M. L., Heimann, M., ... Rojas, A. R. (2018). *The Carbon Cycle and Atmospheric Carbon Dioxide*.
- Livshin, I. (2019). *Artificial Neural Networks with Java: Tools for Building Neural Network Applications*. Apress.
- M, C., Pandit, P., & Bakshi, B. (2019). Forecasting Of Area And Production Of Cashew Nut In Dakshina Kannada Using Arima And Exponential Smoothing Models. *Journal of Reliability and Statistical Studies*, 12(2), 61–76.
- Molina, M. E., Perez, A., & Valente, J. P. (2016). Classification of auditory brainstem responses through symbolic pattern discovery. *Artificial Intelligence in Medicine*. <https://doi.org/10.1016/j.artmed.2016.05.001>
- Nordhaus, W. D. (1977). Economic Growth and Climate: The Carbon Dioxide Problem. *The American Economic Review*, 67(1), 341–346. Retrieved from <http://www.jstor.org/stable/1815926>
- Öztemel, E. (2012). *Yapay Sinir Ağları*. (3, Ed.). İstanbul, Türkiye: Papatya Yayıncılık.
- Park, S. E., Chang, J. S., & Lee, K. W. (2004). *Carbon Dioxide Utilization for Global Sustainability: Proceedings of the 7th International Conference on Carbon Dioxide Utilization, Seoul, Korea, October 12-16, 2003*. Elsevier Science.
- Rhys, I. H. (2020). *Machine Learning with R, the tidyverse, and mlr*. Manning Publications.
- Shmueli, G., & Lichtendahl, K. C. (2016). *Practical Time Series Forecasting with R: A Hands-On Guide [2nd Edition]*. Axelrod Schnall Publishers.
- Sun, Y. H. (2004). Chemicals from CO<sub>2</sub> via heterogeneous catalysis at moderate conditions. In Park, SE and Chang, JS and Lee, KW (Ed.), *CARBON DIOXIDE UTILIZATION FOR GLOBAL SUSTAINABILITY* (Vol. 153, pp. 9–16). SARA BURGERHARTSTRAAT 25, PO BOX 211, 1000 AE AMSTERDAM, NETHERLANDS: ELSEVIER SCIENCE BV.
- The R Foundation. (2020). R: What is R? Retrieved March 13, 2020, from <https://www.r-project.org/about.html>
- Thomson, D. J. (1997). Dependence of global temperatures on atmospheric CO<sub>2</sub> and solar irradiance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(16), 8370 LP – 8377. <https://doi.org/10.1073/pnas.94.16.8370>
- U.S. Environmental Protection Agency. (2019). US EPA. Retrieved March 10, 2020, from [https://ofmpub.epa.gov/sor\\_internet/registry/termreg/searchandretrieve/glossariesandkeywordlists/search.do?details=&glossaryName=Glossary Climate Change Terms](https://ofmpub.epa.gov/sor_internet/registry/termreg/searchandretrieve/glossariesandkeywordlists/search.do?details=&glossaryName=Glossary Climate Change Terms)
- World Bank Group. (2020). World Development Indicators | DataBank. Retrieved April 28, 2020, from <https://databank.worldbank.org/reports.aspx?source=2&series=EN.CO2.OTHX.ZS&country=>
- Yao, J., Wang, P., Wang, G., Shrestha, S., Xue, B., & Sun, W. (2020). Establishing a time series trend structure model to mine potential hydrological information from hydrometeorological time series data. *Science of The Total Environment*, 698, 134227. <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.134227>
- Yapar, G., Capar, S., Selamlar, H. T., & Yavuz, I. (2018). Modified holt's linear trend method. *Hacettepe Journal of Mathematics and Statistics*, 47(5), 1394–1403. <https://doi.org/10.15672/HJMS.2017.493>



Zhang, Z. Q. (2003). *Mites of Greenhouses: Identification, Biology and Control*. CABI Pub.



# Pamuklu Tekstil Mamullerine Güç Tutuşurluk Özelliğinin Kazandırılması İçin Alternatif Kimyasalların Araştırılması

Numan Harımdar<sup>1\*</sup>, Feyza Akarslan<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4620-1874)

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye

(İlk Geliş Tarihi 24 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 26 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.708388)

**ATIF/REFERENCE:** Harımdar, N. & Akarslan, F.. (2020). Pamuklu Tekstil Mamullerine Güç Tutuşurluk Özelliğinin Kazandırılması İçin Alternatif Kimyasalların Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 290-296.

## Öz

Tekstil materyalleri oteller, çocuk yuvaları ve hastaneler gibi toplu yaşam alanlarında, kişisel kullanımlarda vucutla temas halinde sürekli olarak kullanılan materyallerdir. Geniş yüzey alanına sahip olan tekstil malzemeleri yanıcılığı yüksektir. Mal ve can güvenliği açısından güç tutuşur tekstillerin üretimi önemli hale gelmiştir. Tekstil endüstrisinin gelişmesiyle birlikte fonksiyonel lifler, kumaşlar ve giysilerde yeni gelişmeleri meydana gelmektedir. Bu çalışmada % 100 pamuklu örme kumaş numunelerine piyasada kullanılan iki tanesi yıkamaya karşı dayanıklı diğer ikisi dayanıksız olmak üzere dört farklı güç tutuşurluk kimyasalları uygulanmıştır. Ayrıca iyonik yapıya sahip firetex kimyasalı alternatif olarak kumaşlara uygulanmıştır. Uygulama yapılan tüm kumaşlara güç tutuşurluk ve renk ölçüm testleri yapılmıştır. Test sonuçlarına göre tüm kumaşlara güç tutuşurluk özelliği kazandırılmıştır. Alternatif kimyasal ile yapılan 1/8 oranındaki çalışmada karbonlaşma mesafesi diğer kimyasallara göre daha iyi sonuç vermiştir. Yıkamaya karşı dayanıklı olan Apyrol CEP ve Pyrovatex CP-LF kimyasallarından Apyrol CEP daha iyi sonuçlar vermiştir. Yıkamaya karşı dayanıksız olan Flovan, Apyrol PGH ve Firetex kimyasallarından en iyi sonucu Firetex vermiştir. Maliyet yönünden baktığımızda ise en ucuz olan kimyasalın Firetex olduğu görülmüş ve Firetex için optimum uygulanma oranı tespit edilmiştir. Kimyasal apre uygulamaları sonucunda oluşan renk farklılığı önemli sorunlar meydana getirmektedir. Bu nedenle çalışmada kullanılan kumaşlara güç tutuşurluk bitim işleminden sonra kumaşların renklerinde meydana gelen değişimler ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta H^*$ ,  $\Delta E$ ) tespit edilmiştir. Çalışmalarda yapılan toplam renk farklılığı analizi sonucunda renk değişimi en az Apyrol PGH kimyasalı uygulanan C-3 ve C-6 kumaşlarında, en fazla renk değişimi Apyrol CEP kimyasalı kullanılan C-2 kumaşında görülmüştür. Firetex kimyasalı ile güç tutuşurluk bitim işlemi uygulanan kumaşlardaki renk değişimi diğer kimyasallara oranla daha az meydana gelmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Pamuklu kumaş, Güç tutuşurluk, Renk değişimi.

## Enhancing the Power Fability of Cotton Textile Products for the Research of Alternative Chemicals

### Abstract

Textile materials are materials that are used continuously in contact with our body in our personal uses in public life areas such as hotels, kindergartens and hospitals. Textile materials with a large surface area are highly flammable. Production of flammable textiles has become important in terms of property and life safety. With the development of the textile industry, new developments have occurred in functional fibers, fabrics and garments. In this study, four different flammability chemicals were applied to 100% cotton knitted

\* Sorumlu Yazar: Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4620-1874, [numanharimdar\\_20@hotmail.com](mailto:numanharimdar_20@hotmail.com)

fabric samples, two of which are resistant to washing and the other two are non-durable. In addition, firetex chemical with ionic structure was applied to the fabrics as an alternative. Flammability and color measurement tests were carried out on all fabrics. According to the test results, all the fabrics are provided with flammability feature. In the study of 1/8 with alternative chemicals, the carbonization distance gave better results than other chemicals. Apyrol CEP which is resistant to washing and Apyrol CEP from Pyrovatex CP-LF chemicals gave better results. Floet, which is resistant to washing, has the best result from Apyrol PGH and Firetex chemicals. In terms of cost, it was seen that the cheapest chemical was Firetex and the optimum application rate was determined for Firetex. The color difference resulting from chemical finishing applications creates important problems. For this reason, the changes that occur in the colors of the fabrics ( $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ ,  $\Delta C^*$ ,  $\Delta H^*$ , sonraE) have been detected after the flame retardant finishing process. As a result of the analysis of the total color difference in the studies, the color change was observed in the C-3 and C-6 fabrics with the least Apyrol PGH chemicals, and the most color change was in the C-2 fabric with the Apyrol CEP chemicals. With the Firetex chemical, the color change in the fabrics where flame retardant finishing is applied is less than the other chemicals.

**Keywords:** Cotton fabric, Flammability, Color change.

## 1. Giriş

Tekstil ürünleri insan yaşamındaki gereksinimleri arasında yiyeceklerden sonra ikinci sırada yer alan, en yakınımızda, en çok bulunan materyallerdir. Tekstiller, selüloz ve protein gibi doğal polimerlerden veya poliesterler, poliolefin, poliamid, selüloz asetat gibi çok çeşitli sentetik polimerlerden meydana gelir. Tüm bu polimerler, mükemmel lif oluşturma özellikleri nedeniyle tekstilde kullanım için uygundur. Fakat organik polimerler zengin bir hidrokarbon kaynağı oldukları için yanma işlemi sırasında çok iyi bir yakıt kaynağına dönüşürler (Horrocks, 2001). Tekstil materyallerinin normal çevre koşullarında yanıcı olması ve yangın kazalarında ciddi yangın tehlikesi oluşturması sebebiyle bir yangın tehlikesinde tekstil materyalinin can ve mal güvenliğinin korunması için güç tutuşurluk özelliğine sahip olması hayati öneme sahiptir (Saxena ve Gupta, 1990).

Yanma reaksiyonu maddenin ısı ve oksijen ile birleşmesi sonucu meydana gelmektedir. Yangın, tarih boyunca insanoğlunun en büyük felaketlerinden biri olmuştur. Gelişen teknoloji ve sanayileşmenin artması, nüfusun giderek artması, toplu yaşam alanlarının fazlaşması, yangın riskinin artmasına neden olmaktadır. Günlük yaşamımızda çevremizde bulunan tekstil, tahta ve kâğıt ürünleri kolayca yanabilen ve yangının devam ettiği her geçen saniye katlanarak maddi ve manevi kayıplara sebep olmaktadır. (Bhatnagar, 1975). Bu yüzden çevremizde bulunan tekstil materyallerinden beklenen en önemli özellik herhangi bir nedenle alev maruz kaldığında yangının yayılmasını engelleyen veya bunlara direnen tekstiller olmasıdır. Bunun için de yangın başladıktan sonra değil daha yanma olayı başlamadan önlem alınmalıdır (Çelebi, 2009).

Güç tutuşur tekstiller, itfaiyeci, asker, polis, pilot, endüstriyel işlerde çalışanların giysilerinde (Duran ve ark., 2007; Rodie, 2008); yüksek performanslı spor uygulamalarında (Stegmaier ve ark., 2005); toplu yaşanan yerlerdeki çocuklar ve yaşlıların giysilerinde (Horrocks ve diğerleri, 2004), halı, perde gibi hertürlü döşemelerinde ve ev mobilyalarında (Kamath ve ark., 2009), tüm taşıt araçlarının ve topluma açık yerlerdeki tekstil ürünlerinde (Flambard ve ark., 2005) kullanılabilir. (Kamath ve ark., 2009).

### 1.1. Güç tutuşur tekstil materyali elde etme mekanizması

Tutuşma bir sistemin reaksiyona girmeyen metastabil durumdan, ilerleyen yanma durumuna geçişi olarak tanımlanmaktadır. Yanma üç aşama üzerinden gerçekleşir. İlk aşamasında polimerik malzeme ısınır, ikinci aşamada ısı etkisiyle bozunmaya başlar (piroliz) ve son aşamada bozunma sonucu oluşan yanıcı gazlar havadaki oksijen ile birleşerek, belli bir sıcaklıkta yanmayı başlatmaktadırlar (Günsal, 2007). Yanmanın devam etmesi, yüzeyin ısınması için gerekli olan mevcut enerji miktarına bağlıdır. Varolan enerji ilk tutuşan piroliz ürünlerinin çevresindeki lifleri parçalamaya ve bu parçalamalar sonucu meydana gelecek olan yanma ürünlerini tutuşturmaya devam ettiği takdirde yanma devam etmektedir (Kalın, 2008).

Polimerin pirolize karşı davranışı malzemenin kimyasal yapısına bağlıdır. Aynı zamanda malzeme üzerinde bulundurduğu dolgu malzemeleri, pigmentler, stabilizatörler, güç tutuşturucu maddelerde piroliz mekanizmasını etkilemektedir (Kroschwitz, 1990). Molekül yapısında H-C oranı ne kadar yüksek ise malzeme o kadar yanıcı olmaktadır. Lifin piroliz ürünleri de lifin kimyasal yapısına bağlı olarak farklılık gösterir. Bu bilgiler ışığında tutuşmanın olmaması için gerekli olan prensipler 3 başlık altında toplanabilir.

#### a) Tutuşma olması için ihtiyaç duyulan enerjinin artırılması

Tutuşma için gerekli enerjinin artırılması, mamule yüksek buharlaşma ve parçalanma enerjisine ihtiyaç gösteren maddelerin katılmasıyla sağlanabilmektedir. Örneğin: alüminyumoksit-hidrat ilave edilmiş poliyester bir mamulün ısıtılması sırasında,  $Al_2O_3 \cdot 3H_2O$  350 °C'de alüminyumoksit ve suya parçalanmakta ve su hemen buharlaşmaktadır. Bu endotermik parçalanma ve buharlaşma olayı için gerekli enerji, tutuşturma (ısıtma) kaynağından alındığı için de, mamulün tutuşması için gerekli toplam enerji artmış ve dolayısıyla mamulün tutuşması, yanması zorlaşmış olmaktadır. Bu şekilde etki gösteren alüminyumoksit-hidrat, magnezyumsilikat vb. ürünler güç tutuşurluk bitim işlemlerinde kullanılmaktadır. (İlgaz vd., 2006).

#### b) Piroliz ile açığa çıkan enerji miktarının azaltılması

Yanıcı piroliz ürünlerinin açığa çıkmasını engellemek piroliz ile açığa çıkan enerji miktarını azaltacaktır. N, CO<sub>2</sub> gibi yanmayan gazların açığa çıkması ortamdaki oksijen varlığı seyreltiği için yanma sonucu ortama yayılan enerjinin azalmasını sağlamaktadır. Bir diğer yol ise halojen bileşikler gibi yanmayı frenleyici ürünler yardımıyla yanmayı engellemektir. Özellikle sentetiklerin tutuşmazlık bitim işlemlerinde kullanılan brom gibi halojen bileşikler bu yönde etki göstermektedirler. Liflerin pirolizleri esnasında gaz fazında meydana gelen C ve OH radikallerinin O ile reaksiyona girme isteği çok yüksek olduğundan hızlı bir şekilde oksitlenmektedirler, yani yanmaktadırlar. Halojen radikalleri, bu C ve özellikle OH radikallerini yakalayarak, yanmalarını engeller ve açığa çıkan enerji miktarını

azaltılmaktadır. Ayrıca yanıcı olmayan gazların malzemenin etrafını sararak oksijenle teması azaltarak sağlanabilir. (Bayramoğlu, 2003; Ilgaz ve ark., 2006).

### c) Piroliz mekanizmasının değiştirilmesi

Özellikle selüloz liflerinin güç tutuşurluk bitim işlemlerinde kullanılan bileşiklerin etkisi, liflerin piroliz mekanizmasının değişmesine dayanmaktadır. Şöyle ki, normal bir pamuğun pirolizi sonucu meydana gelen ürünlerin sadece % 20' si yanıcı olmayan maddeler iken, tutuşmazlık bitim işlemi görmüş pamuk liflerinde bu oran % 60-75'e kadar çıkmaktadır. Piroliz mekanizmasının değişmesi sonucu özellikle sıvı parçalanma ürünlerinin, yanmayan gazların açığa çıkmasında ve kömürleşme kalıntısı miktarında önemli artışlar olmaktadır. Sıvı parçalanma ürünleri buharlaşırken ortamdaki enerji almakta, kömürleşme kalıntıları ise yanma sonucu açığa çıkan ısıyı yapısında tutarak ortama yayılmasını engellemektedir. Selüloz liflerinin pirolizi tam bir dehidratasyon şeklinde meydana gelirse yalnızca su buharı oluşacağından ve geriye karbon kalacağından, yanma imkânsızlaşacaktır. Tutuşmazlık bitim işlemi sonucu, selülozun tam dehidratasyonu sağlanamamakta ise de, pirolizin bu yöne doğru kaydırılması sağlanabilmektedir. Bu ürünlerin dehidratize edici etkileri, ısınmaları sonucu meydana gelen asitler tarafından sağlanmaktadır (Kalın, 2008, Demirel, 2007).

Bu çalışmada % 100 pamuklu örme kumaşlara 4 farklı güç tutuşurluk kimyasalları ile bitim işlemi uygulanmıştır. Ayrıca güç tutuşurluk sağlayan kimyasallara alternatif olabilecek olan firetex kimyasalı kullanılmıştır. Güç tutuşurluk bitim işlemi uygulanmış tüm kumaşlara 45° eğik yanma testi yapılmıştır. Daha sonra kimyasal apre uygulamaları sonucunda oluşan renk değişimini belirlemek için CIE Lab sistemine göre renk değişim testleri yapılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Kumaşlar

Çalışmamızda kullandığımız kumaşlar Ekoten Firmasından boyalı olarak temin edilmiştir. Kullanılan kumaşların gramaj, elyaf karışım oranları ve boyama reçeteleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Kumaşların Özellikleri

Kumaş	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Lif cinsi ve oranı	Boyarmadde
C-1	410	%100 Pamuk	% 2,8 Evercion Yellow He 4r
			% 1,0 Evercion Crimson Esl
			% 2,02 Evercion Navy Esl
C-2	160	%100 Pamuk	%0.06 Novacron Ruby S 3b
			%0.19 Novacron Ocean S R
C-3	220	%100 Pamuk	% 1,32 Evercion Yellow He 4r
			% 2,26 Evercion Crimson Esl
			% 0,04 Evercion Navy Esl
C-4	130	%100 Pamuk	% 0,1 Levafiks Brill Blau E-Ffn 150
			% 0,66 Levafiks Rot Ca Granulat
C-5	250	%100 Pamuk	% 3,15 Everzol Black Ed R
			% 0,99 Everzol Black Ed G
			% 0,21 Remazol Gelb 3 Rs A
C-6	80	%100 Pamuk	% 0,066 Levafiks Amber Ca
			% 0,019 Levafiks Rot Ca Granulat
			% 0,055 Levafiks Blau Ca Granulat
C-7	210	%100 Pamuk	Optik beyaz
C-8	180	%100 Pamuk	İşletmede deneme aşamasında olduğu için reçete bulunamamıştır.
C-9	70	%100 Pamuk	İşletmede deneme aşamasında olduğu için reçete bulunamamıştır.

Kahverengi = Color-1, Kırmızı= Color-2, Mavi= Color-3, Mor= Color-4, Siyah= Color-5, Gri= Color-6, Beyaz= Color-7, Pembe= Color-8, Açık Pembe= Color-9.



## 2.2. Kimyasallar

Güç tutuşurluk apre işlemin de yıkamaya karşı dayanımı olan CHT firmasından Apyrol Cep ve Apyrol PGH, Huntsman firmasından Pyrovatex CP-LF ve Flovan CVF, Kale firmasından Firetex güç tutuşurluk kimyasalları temin edilmiştir. Yardımcı kimyasal olarak CHT firmasından çapraz bağlayıcı Apyrol MH ve silikon içeren resktif yumuşatıcı Apyrol S, selüloz çapraz bağlayıcı Knittex MLF New ve H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (fosforik asit) temin edilmiştir.

## 2.3. Metod

Çalışmamızda kullandığımız kumaşlara güç tutuşurluk apresi Tablo 2'deki gibi uygulanmıştır.

Tablo 2. Güç Tutuşurluk Bitim İşlemi İçin Uygulanan Reçeteler

Reçete No	Reçete Kodu	Reçete içeriği	Durulama
1	G-1	200 g/L Apyrol PGH	Yok
2	G-2	Apyrol Mh 40 g/l Apyrol S 30 g/l Fosforik asit %85 20 g/l	4 pasaj su ile durulama 50 °C 4 pasaj 15–20 g/l soda yıkama 40 °C 4 pasaj 10–15 g/l soda yıkama 60 °C 4 pasaj 10 g/l soda yıkama 60 °C 4 pasaj su ile durulama 50 °C 2 pasaj su ile durulama 40 °C
3	G-3	Pyrovatex Cp-Lf 450 g/l Knittex Mlf New 60 g/l Ultratex Fsa New or Turpex Acn New 30 g/l Phosphoric Acid %80 25 g/l	35g/l soda ile 30 °C de yıkama 12g/l soda ile 60 °C de yıkama 1-2 g/l hidrojen peroksit ile 45 °C ile yıkama 20–40 g/l soda ile 50 °C de 30 dk yıkama 50 °C de durulama
4	G-4	150 g/l Flovan CWF	Yok
5	G-5	1/1, 1/2, 1/4, 1/8, 1/16 oranlarında Firetex	Yok

Güç tutuşurluk apresi emdirme yöntemi ile AF %80 olacak şekilde yapılmıştır. Daha sonra tüm kumaşlar 110°C de 3 dk kurutulmuştur ve 150 °C de 5 dk fikse edilmiştir. Apre işlemi yapılan kumaşlar ve ham kumaş DIN 54335 standardına göre 7.5cm x 15cm ebatlarında hazırlanarak, güç tutuşurluk testleri 45° eğik yanma testi yapılmıştır.

Renk değişim ölçümü Minotta Spectrophometer CM-3600 d cihazı ile (Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Tekstil Müh.Lab.) yapılmıştır. Bu cihazla numunelerin reflaktans değerleri 400-700 nm arasında ölçülmüştür. Maksimum absorpsiyonun olduğu dalga boyundaki reflaktans değerleri esas alınarak değerlendirme yapılmıştır. Boyanmış maddelerin renk ölçümleri CIE Lab sistemine göre 10°'lik gözlem açısı kullanılarak D65 gün ışığı altında yapılmış ve L\*, a\*, b\*, C\*, h değerleri kaydedilmiştir. L\* değeri, parlaklık koordinatı; a\* değeri, kırmızı-yeşil koordinatı; b\* değeri, mavi-sarı koordinatı anlamına gelmektedir. L, bir rengin açıklığını-koyuluğunu, a ve b ise renk nüansını oluşturmaktadır. C\* değeri, doyunluk farkı, h ise açısız renk farkını vermektedir. Renk ölçümü yapılırken güç tutuşurluk bitim işlemi görmemiş kumaş referans değer olarak kabul edilerek renk değişim (dE) değeri aşağıdaki formül ile belirlenmiştir.

$$dE = \sqrt{(L - Lx)^2 + (a - ax)^2 + (b - bx)^2} \quad (1)$$

Hesaplamalar sonucunda dE değerinin düşük olması farklılığın az olduğunu, dE değerinin yüksek olması ise farklılığın çok olduğunu göstermektedir (Kadem ve Gülşen, 2014).

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada emdirme yöntemi ile farklı güç tutuşurluk kimyasalları uygulanan kumaşların güç tutuşurluk ve renk ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir.

### 3.1. Bitim İşlemi Uygulanan Kumaşların 45° Eğik Yanma Test Sonuçları

Kumaş gramajının yanmazlığa etkisini araştırmak için gramajları farklı 9 kumaşa Apyrol PGH güç tutuşurluk apresi uygulandı. Ham kumaş ve Apyrol PGH kimyasalı ile güç tutuşurluk apresi uygulanan kumaşların güç tutuşurluk test sonuçları Tablo 3' de verilmiştir.

Tablo 3. Apyrol PGH ile işlem gören kumaşların 45° eğimli yanma testi sonuçları

Apyrol PGH İle İşlem Gören Kumaşların Yakma Analiz Sonuçları					İşlem Görmemiş Kumaşların Yakma Analizi Sonuçları	
Kumaş	Kumaşın tutuştuğu süre (sn)	İpin koptuğu süre (sn)	Sönmenin olduğu süre (sn)	Yanmadaki ilerleme (cm)	Kumaşın tutuştuğu süre (sn)	İpin koptuğu süre (sn)
C-1	Tutuşma olmadı			4,5	15,8	75,4
C-2	13,2		29	4,5	4,7	48,8
C-3	5	48,3		11	4	42,9
C-4	3,1	35,2		12,5	3,3	26,4
C-5	Tutuşma olmadı			4,5	15	72
C-6	1,3	14		13	0,9	20
C-7	3,5	49,9		12	3,6	34
C-8	7,3	54,3		13	3,8	45
C-9	4,8	36,6		12,7	2,4	14,6

Güç tutuşurluk apresi uygulanan kumaşların tamamında güç tutuşurluk özelliklerinde büyük gelişmeler olmuştur. Kumaşların tamamında kumaşın tutuşma süresi artmıştır. Kumaş gramajı yüksek olan C-1 ve C-5 kumaşlarında aleve maruz kalmasına rağmen tutuşma olmamıştır. Aleve temas eden kumaşta 4,5 cm'lik bölgede karbonlaşma meydana gelmiştir. C-2 kumaşında ise tutuşma olduktan 29 sn sonra kendiliğinden sönmüştür. Yapılan güç tutuşurluk apresinin reçetede belirtildiği gibi yıkamaya karşı dayanımı yoktur. Genel olarak bakıldığında kumaş gramajı arttıkça güç tutuşurluk özelliği iyileşmiştir (Kalın, 2008).

Yıkamaya karşı dayanımı olan Apyrol CEP ile güç tutuşurluk bitim işlemi uygulanan kumaşların güç tutuşurluk test sonuçları Tablo 4' de verilmiştir.

Tablo 4. Apyrol CEP ile işlem gören kumaşların 45° eğimli yanma testi sonuçları

Kumaş	Kumaşın tutuştuğu süre (sn)	Karbonlaşmanın olduğu yer (cm)
C-1	Tutuşma olmadı	3,5
C-2	Tutuşma olmadı	3
C-3	Tutuşma olmadı	3,5
C-4	Tutuşma olmadı	3

Yıkamaya karşı dayanımı olan Apyrol CEP kimyasalı ile apre işlemi uygulanan kumaşların güç tutuşurluk test sonuçlarına göre tüm kumaşlarda tutuşma olmamıştır. Aleve temas eden yerde yaklaşık 3 cm'lik bölgede karbonlaşma meydana gelmiştir. Karbonlaşma mesafeleri karşılaştırıldığında Apyrol CEP'in karbonlaşma mesafesinin daha küçük olduğu tespit edilmiştir. Piyasada ticari olarak kullanılan, yıkamaya karşı dayanıklı Pyrovatex CP-LF durable ve yıkamaya karşı dayanıksız olan Flovan CWF non-durable kimyasalları ile işlem gören C-1 kumaşının güç tutuşurluk test sonuçları Tablo 5'da verilmiştir.

Tablo 5. PyrovatexCP-LF ve Flovan CWF non-durable ile işlem gören C-1 kumaşların 45° eğimli yanma testi sonuçları

Kimyasal	Kumaşın tutuştuğu süre (sn)	Karbonlaşmanın olduğu yer
Pyrovatex CP-LF	Tutuşma olmadı	4
Flovan CWF	Tutuşma olmadı	3,5

Yıkamaya dayanıklı Pyrovatex Cp-Lf kimyasalı uygulanan C-1 kumaşının test sonuçları olumlu çıkmıştır. Karbonlaşma mesafesine de bakıldığında yıkamaya karşı dayanıklılığının yanında iyi bir güç tutuşurluk özelliğinin olduğunu göstermiştir. Yıkamaya dayanıksız olan Flovan Cwf Non-Durable kimyasalı uygulanan C-1 kumaşının Apyrol PGH'a göre karbonlaşma mesafesinin daha geniş olduğu gözlenmektedir.

Güç tutuşur malzemelerin en büyük dezavantajı, kullanımlarını sınırlandıran maliyetinin yüksek olmasıdır. Birçok sipariş, işletmelerde denemeler yapıldığı halde maliyet yüksekliği nedeniyle hayata geçirilememektedir. Bu doğrultuda bu çalışmada Kale

Firmasının iyonik sıvısı olan Firetex kullanılmıştır. Firetex ile işlem görmüş kumaşların (DIN 54335) 45° lik eğik yanma testi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Firetex ile işlem gören C-1 kumaşların 45° eğimli yanma testi sonuçları

Kumaş	Karışım oranı	Kumaşın tutuştuğu süre (sn)	Karbonlaşmanın olduğu yer (cm)
C-1	1/ 1	Tutuşma olmadı	2
C-1	1/ 2	Tutuşma olmadı	2,5
C-1	1/ 4	Tutuşma olmadı	3
C-1	1/ 8	Tutuşma olmadı	3,5
C-1	1/ 16	33.3 sn de tutuştu	10

Güç tutuşurluk apre işlemlerinde kullanılan kimyasallara alternatif olabileceği düşünülen iyonik sıvının test sonuçlarına bakıldığında 1/1 ve 1/2 oranındaki uygulamalar da sırasıyla 2 ve 2,5 cm mesafesinde karbonlaşma oluşmuştur. Test sonucunda kumaşlarda tutuşma olmamıştır. Piyasadaki kimyasallardan daha iyi sonuçlar vermiştir. 1/4 ve 1/8 oranındaki uygulamalarda ise sırasıyla 3 ve 3,5 cm mesafesinde karbonlaşma olmuştur ve tutuşma meydana gelmemiştir. 1/16 oranındaki uygulamada 10 cm'lik bölgede karbonlaşma olmuştur ve 33,3 sn'de tutuşma olmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde maliyet açısından ve güç tutuşurluk etkinliği açısından en iyi sonucu 1/8 oranındaki uygulamadır.

### 3.2. Güç Tutuşurluk Apresi Uygulanan Kumaşların Renk Ölçüm Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Renk, hammaddenin özelliğinden, son apre işlemine kadar, üretimin her aşamasından etkilenen bir olgudur. Özellikle kimyasal apre uygulamaları sonucunda oluşan renk farklılığı önemli sorunlar yaratmaktadır. Güç tutuşurluk bitim işlemi yapılan kumaşların TS EN ISO 105-J03 standardı ile yapılan renk ölçümleri yapılmıştır. Renk ölçüm sonuçları bitim işlemi uygulanmayan kumaşlar referans alınarak hesaplanmıştır. Ham kumaş ve Apyrol PGH kimyasalı ile güç tutuşurluk apresi uygulanan kumaşların renk ölçüm değerleri karşılaştırıldığında kumaşların genelinde renk açılması vardır. Bütün kumaşların kırmızı ve sarı skalaya kaydığı görülmüştür. Genel olarak da renk parlaklığı artmıştır. Tüm bu skalaların etkilediği dE değerlerine bakıldığında ise C-3 ve C-6 kumaşlarının renk değişimi az çıkarken, C-2 ve C-7 kumaşlarının renk farklılığı yüksek çıkmıştır.

Ham kumaş ve Apyrol CEP kimyasalı ile güç tutuşurluk apresi uygulanan kumaşların renk ölçüm değerleri karşılaştırıldığında işlem görmüş kumaşların genelinde renk açıklığı görülmüştür. Kumaşlarda kırmızı ve sarı skalaya kaydığı görülmüştür. Genel olarak da parlaklığı artmıştır ve dE değerlerine bakıldığında C-1 kumaşında işlem sonucu renk farklılığı düşük çıkarken, diğer kumaşlarda renk değişimi yüksektir. Yıkamaya dayanıksız Apyrol PGH ile yıkamaya dayanıklı Apyrol CEP'i karşılaştırdığımızda Apyrol CEP uygulanan kumaştaki renk değişiminin daha fazla olduğu görülmektedir.

Pyrovatex CP\_LF kimyasalı ile işlem gören kumaşlar değerlendirildiğinde C-1 kumaşının renk açıklığı artmıştır. Aynı zamanda kumaş kırmızı ve sarı skalaya kaymıştır. C değeri ile kumaşın renk parlaklığının arttığı görülmektedir. Renk değişiminin fazla olduğu tespit edilmiştir.

Flovan CVF ile işlem görmüş C-1 kumaşı için L değerine bakıldığında kumaşın renk açıklığının arttığı, aynı zamanda kumaşın yeşil ve mavi skalaya kaydığı görülmüştür. C değeri kumaşın renk parlaklığının azaldığı, dE değeri incelendiğinde renk farklılığının önemli düzeyde olduğunu görülmektedir.

Güç tutuşurluk bitim işlemleri için alternatif kimyasal olarak kullanılan firetex uygulanan kumaşlar değerlendirildiğinde ise uygulama oranı azaldıkça renkteki değişimin azaldığı görülmektedir. Hemen hemen tüm oranlarda kumaş kırmızı ve mavi skalaya yaklaşmıştır. Parlaklığında ise pek fazla bir değişim görülmemektedir. Renk değişimi %6,25 ve %12,5 oranlarında az olurken diğerlerinde yüksek çıkmıştır.

## 4. Sonuç

Farklı gramajlarda 9 tip % 100 pamuk örme kumaşa ticari olarak kullanılan 4 farklı kimyasal (Apyrol PGH, Apyrol Cep, Pyrovatex CP-LF ve Flovan Cwf Non-Durable) ile bitim işlemi uygulanmıştır. Ayrıca güç tutuşurluk bitim işlemlerinde kullanılan kimyasallara alternatif olabilecek firetex kimyasalının farklı oranlarda (1/ 1, 1/ 2, 1/ 4, 1/ 8 ve 1/ 16) uygulamaları yapılmıştır. Güç tutuşurluk uygulaması yapılan tüm kumaşlar DIN 54335 standardına göre 7,5cm x 15cm ebatlarında hazırlanarak, güç tutuşurluk testleri 45° eğik yanma testi yapılmıştır. Daha sonra uygulama yapılan kumaşlardaki renk değişiminin belirlenmesi için TS EN ISO 105-J03 standardı ile renk ölçümleri yapılmıştır.

Apyrol PGH ile işlem yapılan tüm kumaşlarda ham kumaşa göre güç tutuşurluk özelliğinde iyileşmeler görülmüştür. En iyi sonuçlar kumaş gramajı yüksek olan C-1 ve C-5 kumaşlarında görülmüştür. Flovan Cwf Non-Durable ile yapılan uygulamada tutuşma olmamıştır. Yıkama dayanımı olmayan Apyrol PGH ve Flovan Cwf kimyasalları karşılaştırıldığında, Flovan Cwf uygulaması yapılan kumaşta karbonlaşma mesafesi daha küçüktür. Güç tutuşurluk apresi yıkama dayanımı olan Apyrol Cep ve Pyrovatex CP-LF kimyasalları ile yapılan kumaşların test sonuçları incelendiğinde tüm kumaşlarda tutuşmanın olmadığı görülmektedir. karbonlaşma mesafeleri karşılaştırıldığında Apyrol Cep kimyasalının daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Firetex güç tutuşurluk kimyasallarını

yanma test sonuçları incelendiğinde 1/ 1, 1/ 2, 1/ 4 ve 1/ 8 oranlarında tutuşmanın olmadığı görülmektedir. Yalnız 1/16 oranındaki uygulamada tutuşma olmuştur. Optimum kullanım oranının 1/8 olduğu tespit edilen firetex kimyasalının maliyet açısından güç tutuşurluk kimyasalları için önemli bir alternatif olabileceği düşünülmektedir. Fakat bu uygulamanın yıkama dayanımının olmaması büyük bir dezavantajdır.

Güç tutuşurluk apresi uygulanan kumaşların tamamında renk açılması görülmüştür. Apyrol PGH, Apyrol CEP ve Pyrovatex CP\_LF' de kumaşların renkleri kırmızı ve sarı skalaya kayarken, Flovan uygulanan kumaşın rengi yeşil ve mavi skalaya kaymıştır. Tüm kumaşların renklerinde parlaklık artarken Flovan ile işlem gören kumaşın parlaklığı azalmıştır. Tüm kumaşlarda renk değişimleri meydana gelmiştir. Firetex kimyasalının renk değişimi incelendiğinde güç tutuşurluk açısından optimum oran olan 1/8 oranı, diğer tüm kimyasal uygulamalarına göre daha düşük çıkmıştır. Renk değişimi olarak olumlu sonuçlar veren ve kumaşlara çok iyi bir güç tutuşurluk aktivitesi sağlayan firetex kimyasalının tekstil alanında kullanılabileceği düşünülmektedir.

## **Kaynakça**

- Bayramoğlu, E.Ç. (2003). Lyocell ve Lyocell/Pamuk Karışımlarının Alev Etkeni Karşısındaki Davranışları. Marmara Üniversitesi Doktora Tezi, İstanbul
- Bhatnagar, V. M., (1975). Flammability of Apparel, Progress In Fire Retardancy Series, (7) 15-20.
- Çelebi, K., (2009). Poliester Örmeye Kumaşın Güç Tutuşurluk Davranışının İncelenmesi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 96s, Bursa.
- Demirel, M., (2007). Cam Elyaf Takviyeli Poliester Kompozitlere Yanmazlık Özelliği Kazandırılması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Duran, K. , Bahtiyari, I. , et al . (2007) Protective nonwoven technical textiles. *Tekstil Ve Konfeksiyon*, 17: 174–177.
- Flambard, X., Bourbigot, S., et al. (2005) Progress in safety, flame retardant textiles and flame barriers for seats in transportation. *Polymer Degradation and Stability*, 88: 98–105.
- Günsal, Ç., (2007). Tekstil Malzemelerine Yanmazlık Özelliğinin Kazandırılması. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Horrocks, A. R. (2001) Textiles. In: Horrocks, A. R. and Price, D. (eds.) *Fire Retardant Materials*. Cambridge: Woodhead Publishing, pp. 128–81.
- Horrocks, A. R., Nazare, S., et al. (2004) The particular flameability hazards of nightwear. *Fire Safety Journal*, 39: 259–276.
- İlgaz, S., Mecit, D., Duran, D., Başal, G., Gülümser, T., Tarakçıoğlu, I. (2006). *Koruyucu Tekstiller*. Erişim Tarihi: 27.05.2011. <http://www.ttam.ege.edu.tr>
- Kadem F. D. ve Gülşen G. (2014). Polyester Esaslı Kumaşlara Boya Banyosuna İlave Edilen Borlu Kimyasallarla Güç Tutuşurluk Özelliği Kazandırılması Üzerine Bir Araştırma. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(1), 165-171s, Adana.
- Kalın, M. B., (2008). Tekstil Yüzeylerinin Yanmaya Karşı Dirençlerinin Arttırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86s, Kahramanmaraş.
- Kamath, M. G., Bhat, G. S., et al. (2009) Processing and characterization of flame retardant cotton blend nonwovens for soft furnishings to meet federal flameability standards. *Journal of Industrial Textiles*, 38: 251–262.
- Kroschwitz, J., (1990). *Thermal Degradation of Polymers, Fibres and Textiles, A Compendium, Encyclopedia Reprint Series*, A Wiley Interscience Publications, USA, 444.
- Rodie, J. B. (2008) Armored up with textiles. *Textile World*, March/April, 35.
- Saxena, N.K., Gupta ,D.R. (1990) Development and evaluation of fire retardant coatings, *Fire Technology* (26) 329–341.
- Stegmaier, T., Mavely, J., et al. (2005) High performance and high functional fibres and textiles. In: Shishoo, R. (ed.) *Textiles in Sport* . Cambridge: Woodhead Publishing, pp. 89–119.





# Glucagon-like peptide-2 May Assist to Protect against Valproic Acid Induced Hepatic Injury in Rats

Özlem Öztopuz<sup>1\*</sup>, Hakan Aylanç<sup>2</sup>, M.Hilal Şehitoğlu<sup>3</sup>, Hakan Türkön<sup>4</sup>, Fatih Battal<sup>2</sup>, Ufuk Demir<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyofizik AD, Çanakkale, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1373-6311)

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD, Çanakkale, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8907-3809)

<sup>3</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Tıbbi Biyokimya AD, Çanakkale, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9040-7880)

<sup>4</sup> Meddem Hastanesi, Tıbbi Biyokimya Laboratuvarı, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1888-9322)

<sup>2</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Çocuk Sağlığı ve Hastalıkları AD, Çanakkale, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9040-7880)

<sup>5</sup> Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Fizyoloji AD, Çanakkale, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0020-1633)

(First received 30 March 2020 and in final form 26 May 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.711063)

**ATIF/REFERENCE:** Öztopuz, Ö., Aylanç, H., Şehitoğlu, M. H., Türkön, H., Battal, F. & Demir, U. (2020). Glucagon-like peptide-2 May Assist to Protect against Valproic Acid Induced Hepatic Injury in Rats. *European Journal of Science and Technology*, (19), 297-302.

## Abstract

VPA is widely used in epilepsy and other psychological disorders, increasing the probability of developing non-alcoholic liver disease in long-term treatments. GLP-2 is a proglucagon belonging to the peptide family expressed in the intestine, pancreas and brain to date. Although there are many studies on the use of GLP-2 for therapeutic purposes on the gastrointestinal system, its effect on liver toxicity is unknown. We aimed to investigate the effect of GLP-2 administration on hepatic function in a rat model with VPA-induced hepatotoxicity. Rats were injected intraperitoneally at 500 mg/kg and GLP-2 5 µg/kg a day. The rats (200-250g) were separated into four groups (n=7). Group C was administrated 1 mL of 0.9% SF, Group GLP treated with GLP-2 (5 µg/kg/day), Group GLP+VPA were received GLP-2 (5 µg/kg) 1 h prior to VPA (500 mg/kg), Group VPA received VPA (500 mg/kg), 1 h prior to 1 mL of 0.9% SF ip (n=7). Liver tissues were used to investigate effects of VPA and GLP-2 in the liver 15 days after application. While VPA caused moderate but significant liver damage according to biochemical results, mRNA expression of cytokines were found to significantly increase after the day 15. VPA administration significantly induced expression of Interleukin 1 beta (IL-1β), Tumor necrosis factor alpha (TNF-α), Interleukin 10 (IL-10). In contrast, GLP-2 treatment reduced expression of IL-1β, TNF-α and IL-10. Also malondialdehyde (MDA), glutathione s-transferase (α-GST), superoxide dismutase activities (SOD), total antioxidant status (TAS) and total oxidant status (TOS) levels were estimated. GLP-2 had positive effects on both liver enzymes and oxidative stress markers in VPA-induced hepatotoxicity. These results suggest that endogenous GLP-2 administration is associated with a mechanism that moderately protects liver tissue.

**Keywords:** Glucagon-like peptide-2 (GLP-2), Valproic acid (VPA), Hepatoprotective effect.

## Glukagon benzeri peptit-2 Sıçanlarda Valproik Asite Bağlı Hepatik Yaralanmaya Karşı Korunmaya Yardımcı Olabilir

### Öz

Valproik asit (VPA), epilepsi ve diğer psikolojik bozuklukların uzun süreli tedavilerinde yaygın olarak kullanılmakta, alkolik olmayan yağlı karaciğer hastalığı gelişme riskini artırmaktadır. Bugüne kadar, GLP-2, bağırsak, pankreas ve beyinde ekspres edilen peptit familyasına ait bir proglukagondur. GLP-2'nin gastrointestinal sistem üzerinde tedavi amaçlı kullanımına dair birçok çalışma olmasına rağmen, karaciğer toksisitesine olan etkisi bilinmemektedir. Bu çalışmada VPA ile hepatotoksosite oluşturulmuş sıçan modelinde GLP-2 uygulamasının hepatic fonksiyon üzerindeki etkisini araştırmayı amaçladık. Sıçanlara intraperitoneal olarak 500 mg/kg/gün ve GLP-2 (5 µg /kg/gün) enjekte edildi. Sıçanlar (200-250g) dört gruba ayrıldı (n=7). C grubuna 1 mL % 0.9 tuzlu su verildi, GLP-2 grubuna 5 µg /kg/gün GLP-2 verildi, Grup GLP+VPA'ya, VPA'dan (500 mg/kg) 1 saat önce GLP-2 (5 µg/kg) verildi. Grup VPA, 1 mL %0.9 tuzlu sudan 1 saat önce VPA (500 mg/kg) aldı. Uygulamadan 15 gün sonra karaciğerdeki VPA ve GLP-2 etkilerini araştırmak için karaciğer dokuları kullanıldı. VPA, biyokimyasal sonuçlara göre orta fakat önemli karaciğer hasarına neden olurken, sitokinlerin mRNA

\* Corresponding Author: 1 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyofizik AD, Çanakkale, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1373-6311), [ozlemtopuz@comu.edu.tr](mailto:ozlemtopuz@comu.edu.tr)  
<http://dergipark.gov.tr/ejosat>

ekspresyonunun kontrol grubuna göre 15. günden sonra önemli ölçüde arttığı bulunmuştur. VPA uygulaması Interleukin 1 beta (IL-1 $\beta$ ), Tümör nekroz faktörü alfa (TNF- $\alpha$ ), İnterlökin 10 (IL-10) ekspresyonunu artırırken, aksine, GLP-2, IL-1  $\beta$ , TNF- $\alpha$  ve IL-10 ekspresyonunu azaltmıştır. Ayrıca malondialdehit (MDA), glutatyon s-transferaz ( $\alpha$ -GST), süperoksit dismutaz aktiviteleri (SOD), toplam antioksidan status (TAS) ve toplam oksidan status (TOS) seviyeleri ölçüldü. GLP-2'nin VPA kaynaklı hepatotoksisitede hem karaciğer enzimleri hem de oksidatif stres belirteçleri üzerinde olumlu etkileri olmuştur. Bu sonuçlar endojen GLP-2 uygulamasının, karaciğer dokusunu orta derecede koruyan bir mekanizma ile ilişkili olduğunu düşündürmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Glukagon benzeri peptit-2 (GLP-2), Valproik asit (VPA), Hepatoprotektif etki

## 1. Introduction

Valproic acid (VPA) is used to treat epilepsy in all age groups, including childhood. It is also a suggested drug in migraine, bipolar, mood, anxiety and psychiatric disorders. However, adverse drug reactions have limited clinical practice, particularly hepatotoxicity, teratogenicity, and pancreatitis (Ghodke-Puranik et al, 2013; Chen et al, 2019). In particular, the use in children younger than 2 years old, appears to be an increased risk of hepatotoxicity with susceptibility to a variety of metabolic disorders (Diederich et al, 2010). Various factors are involved in the formation of hepatotoxicity, including lipid peroxidation, reactive oxygen species (ROS) production, proinflammatory mediators such as cytokines and chemokines (Chen et al, 2019).

VPA, which is among anticonvulsants, primarily acts through the combination of many mechanisms such as inhibition of sodium channels and calcium conductivity. Important features that play a role in the toxicity of anticonvulsants are metabolism and elimination. VPA metabolizes 50-80% in mitochondria and endoplasmic reticulum with  $\beta$ -oxidation in liver. As a result of beta oxidation, 4-en-VPA and propionate products are formed. It causes the inhibition of carbamoylphosphate synthase 1, which is necessary for the inclusion of 4-en-VPA ammonia, which is hepatotoxic, in urea production. With this enzymatic inhibition, serum ammonia concentration increases (Springer & Nappe, 2019; Guo et al, 2019).

GLP-2 has been shown to reduce gastric acid release and movement, increase enteric food carriage, peptic activity of enzyme, intestinal barrier concern, food use, and suppress food intake. Except for its effects on food intake, all reports are concentrated in the gastrointestinal effects of GLP-2. Conversely, in the generality of other investigate, pharmacological doses of GLP-2 or analogous have been used, and the effects of GLP-2 on physiological doses have not been fully elucidated (Lim et al, 2016).

Among all intestinal hormones, GLP-2 appears to be an interesting treatment to protect against VPA-induced hepatotoxicity. GLP-2 is a proglucagon belonging to the peptide family expressed in the intestine, pancreas and brain. It has a trophic (cell division and maturation) effect on epithelial cells, especially in the gastrointestinal tract and small intestine. It also has an effect of increasing intestinal mucosal blood flow. A study has been report to possess a beneficial effect on liver ischemic injury. It also has an inhibitory effect on apoptosis (Lim et al, 2014).

Numerous studies have been conducted showing the beneficial potency of GLP-2 on intestine extension and improvement (Lim et al, 2016; Drucker,2002; Boushey et al, 1999). Treatment of GLP-2 in dextran-sulfate-induced colitis and indomethacin-induced enteritis has prolonged life span and decreased bacteremia, tissue damage, inflammation and expression of inflammatory cytokines (Boushey et al, 1999; Drucker et al,1999). Arda-Pirincci and Bolkent investigated possible of GLP-2 on programmed cell death, cell proliferation, and oxidant-antioxidant balance on a mouse model of intestinal injury induced by TNF- $\alpha$ /ActD. They found pretreatment of GLP-2 prevented TNF-a /Act D-induced oxidative damage by reducing GSH levels, lipid peroxidation, GPx and SOD activities and caspase3 expression. To the best of our information, a study on the protective effects of GLP-2 against VPA hepatotoxicity has not been reported in the literature yet. It was thought that GLP-2 was found protective on VPA-induced hepatotoxicity. With these results, GLP2 will play a protective role in drug-induced liver toxicity. The current study was organized to evaluate the possible therapeutic profit of GLP-2, in the hepatotoxic-induced rat example of VPA.

## 2. Material and Method

### 2.1. Animal model

Male Wistar rats were applied in this experiment (n=28). The experiment process were permitted by Çanakkale Onsekiz Mart University Institutional Animal Care and Use Committee (Protocol number:2018/02-09). Along the study, all rats were kept at 20 $\pm$ 2°C temperature in 12 hours light/12 hours dark cycle (light 08:00-20:00, dark 20:00-08:00).

### 2.2. Experimental Design

A total of 28 rats (200-250g) were stated to four groups.

Group C: Rats were given 1 mL of 0.9% SF ip (n=7).

Group GLP: Rats were given only GLP (5 $\mu$ g/kg) ip (n=7).

Group GLP+VPA: Rats were given GLP (5 $\mu$ g/kg) 1h prior to VPA (500 mg/kg) ip (n=7).

Group VPA: Rats were given VPA (500 mg/kg), 1h prior to 1 mL of 0.9% SF ip (n=7)

GLP (Absolute GR for analysis, SIGMA) and VPA (Valproic acid sodium salt, Depakine, Sanofi) were prepared in sterile distilled water and rats were given daily by ip based on the body weight of the rats during the 15 days. On the 16<sup>th</sup> day of study, rats were anesthetized with 5 mg/kg xylazine (Rompun<sup>®</sup>, Bayer, Istanbul, Turkey) and 50 mg/kg ketamine hydrochloride (Ketalar<sup>®</sup>, Eczacıbasi) with room temperature, and blood and liver tissue were removed.

### 2.3. Biochemical analysis

After sacrifice, all biochemical investigation of rat liver tissue of malondialdehyde (MDA) levels, glutathione s-transferase ( $\alpha$ GST) and superoxide dismutase activities (SOD) from each sample were measured with sensitive ELISA spectrophotometry, respectively. Total antioxidant status (TAS) and total oxidant status (TOS; Rel Assay Diagnostics) levels were determined spectrophotometrically by accounted commercial kits. Oxidative stress index (OSI) value was accounted by using TAS and TOS level. The protein concentrations were evaluated by the Lowry method (Sigma Aldrich, Total protein kit-TP0300-1KT-(USA)). All the result was showed per mg of protein.

### 2.4. Genetic Analysis

Total RNA was separated from 10-30 mg liver tissue (Ambion Pure Link RNA). The purity and rate of the RNA was analyzed by calculating 260/280 absorbance ratio using a NanoDrop ND-1000 Spektrofotometre. Reverse transcription was applied using a kit (High Capacity cDNA Revere Transcription Kit). Synthesized cDNA samples were amplified for quantitative Real-Time PCR using Tagmanpro PCR master mix (ABI Stepone). Gene expression values were evaluated by Tagmanpro. Beta-actin was applied for genes normalization. Primer ID number of TNF- $\alpha$ , IL-1 $\beta$ , IL-10 and  $\beta$ -Actin are Rn01525859\_g1, Rn00566700\_m1, Rn01483988\_g1, Rn00667869\_m1 respectively (Thermofischer).

### 2.5. Statistical Analysis

All results were assessed by SPSS Statistics for Windows, Software Version 20.0 (Armonk, New York, USA: IBM Corp.) All groups were compared to One Way Anova test, followed Tukey's test and p <0.05 was statistically significant. Genes expression level were evaluated 2<sup>- $\Delta\Delta$ Ct</sup> method [ $\Delta\Delta$ Ct=(Ct Target gene- Ct reference gene)].

## 3. Results

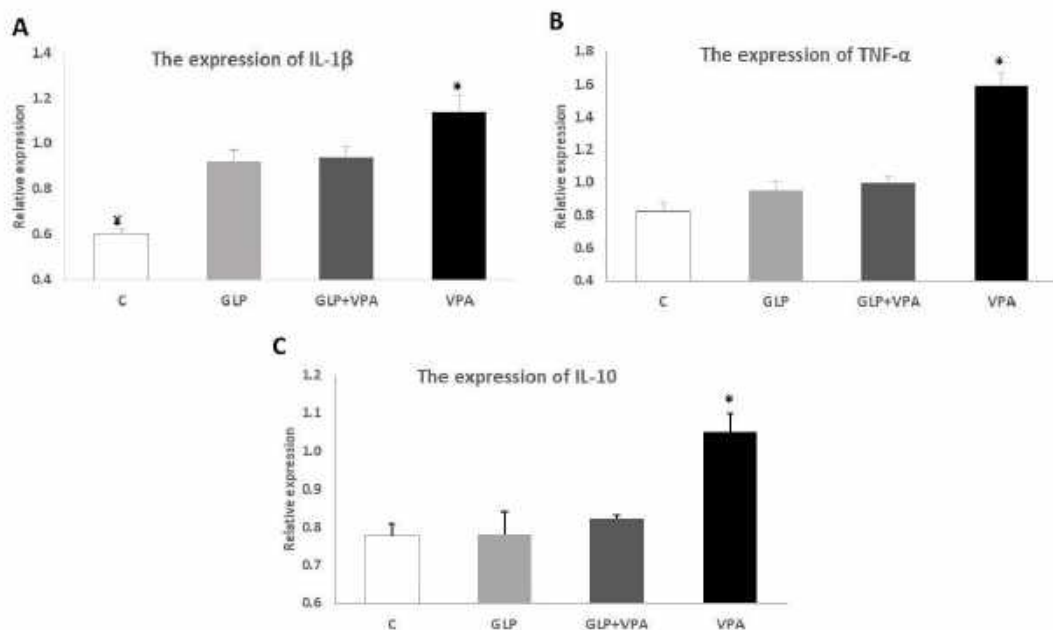
All animals survived throughout the experimental process. When the study was completed, liver tissue was removed from the rats.  $\alpha$ -GST, MDA, SOD, TAS, TOS and OSI levels, gene expression changes from liver tissue were examined. Compared with the control group, VPA administration significantly increased liver  $\alpha$ -GST, MDA, TOS levels and IL-1 $\beta$ , TNF- $\alpha$  and Il-10 gene expression levels whereas SOD, TAS levels decreased.

Table 1 represent the toxic effect of VPA in rat hepatocytes with an increased  $\alpha$ -GST levels. For protective assessment, GLP-2 administration has rendered a significant modification as compared to VPA group (Table 1).  $\alpha$ -GST was markedly increased in VPA treatment group (p<0.05) when compared to other groups (C, GLP, GLP+VPA). Conversely, VPA treatment evoked a significant increase on MDA (p=0.000) and TOS (p=0.001) levels when compared to C group. Additionally, GLP-2 pretreatment showed a significant decrease on MDA, and TOS levels as compared to VPA treatment group (p<0.05). GLP-2 administration caused an elevation on antioxidant enzymes concentrations. The levels of TAS were increased in GLP group compared to VPA group. GLP-2 only exposure led no significant change on OSI level as compared to control group (p=0.755). MDA level was significantly different between groups (p<.001), although the MDA level was lower GLP+VPA group (0.68 $\pm$ 0.03 nmole.ml<sup>-1</sup>.mg protein<sup>-1</sup>) than VPA group (0.72 $\pm$ 0.04 nmole.ml<sup>-1</sup>.mg protein<sup>-1</sup>), there was no statistically significant difference between the GLP+VPA and the VPA group after posthoc test (p=0.870). SOD level was significantly different between experimental groups (p = 0.002). After pairwise comparison, SOD value was found statistically significant between VPA treated group and other groups (p<0.05) (Table 1).

Table 1.  $\alpha$ -GST and SOD activities, MDA, TAS and TOS levels, and OSI value of rats in the groups.

Biochemical parameters	Groups			
	C (n=7)	GLP (n=7)	GLP+VPA (n=7)	VPA (n=7)
$\alpha$ -GST (ng/ml.mg protein)	1543 $\pm$ 3.3	1595 $\pm$ 29.7	1497 $\pm$ 74.9	1809 $\pm$ 68.9*
MDA (nmole.ml <sup>-1</sup> .mg protein <sup>-1</sup> )	0.43 $\pm$ 0.02 <sup>§</sup>	0.37 $\pm$ 0.01 <sup>α</sup>	0.68 $\pm$ 0.03	0.72 $\pm$ 0.04
SOD (U.ml <sup>-1</sup> .mg protein <sup>-1</sup> )	15.77 $\pm$ 0.8	17.34 $\pm$ 0.9 <sup>α</sup>	13.35 $\pm$ 0.5	6.43 $\pm$ 0.3*
TAS (mmol/L)	0.16 $\pm$ 0.1	0.14 $\pm$ 0.1	0.12 $\pm$ 0.0	0.11 $\pm$ 0.0 <sup>∞</sup>
TOS (μmol/L)	0.58 $\pm$ 0.0	0.47 $\pm$ 0.0	0.55 $\pm$ 0.0	0.82 $\pm$ 0.0* <sup>§</sup>
OSI (mmol/L)/(μmol/L)	0.28 $\pm$ 0.0	0.32 $\pm$ 0.0	0.24 $\pm$ 0.0	0.14 $\pm$ 0.0 <sup>π</sup>

All outcomes are showed as mean  $\pm$  standard error (m $\pm$  SE). \*:compared to other groups, <sup>§</sup>:compared to GLP+VPA and VPA, <sup>∞</sup>: compared to C, <sup>§</sup>: compared to GLP and GLP+VPA, <sup>π</sup>: compared to C and GLP, p<0.05.



**Figure 1:** Relative total RNA expression levels of *IL-1 $\beta$*  (A), *TNF- $\alpha$*  (B) and *IL-10* (C) were assessed in after treatment with VPA and GLP. Expression levels were normalized to  $\beta$ -Actin. The expression levels of *IL-1 $\beta$* , *TNF- $\alpha$*  and *IL-10* were significantly lower in VPA treatment groups than in the non-treatment group (\*:compared to other groups, †:compared to C and GLP.  $p < 0.05$ ).

Gene expression levels of, *IL-1 $\beta$* , *TNF- $\alpha$*  and *IL-10* were analyzed from liver tissues. The significant differences were observed in the VPA group, *IL-1 $\beta$* , *TNF- $\alpha$*  and *IL-10* levels compared to the C group. When the GLP+VPA group and the VPA group were compared, it was observed that in the GLP+VPA group, *IL-1 $\beta$* , *TNF- $\alpha$*  and *IL-10* levels decreased by approximately a third ( $p=0.037$ ,  $p=0.000$ ,  $p=0.001$ ) respectively. When the GLP group was compared with the C group, results close to the C group were obtained; in other words, *TNF- $\alpha$*  and *IL-10* expression levels were similar ( $p=0.015$ ,  $p=0.378$ ,  $p=1.000$ ) respectively (Figure 1).

## 4. Discussion

The consequence of VPA on hepatotoxicity was studied to assess biochemical data and liver gene expression levels. The liver is an organ in which various drugs are metabolised, constantly encountering various toxins and detoxifying them. Due to the functional structure of the liver, many factors can be injured. When this process is not respond by an effective regeneration and repair, the liver structure is impaired. Some therapeutic drugs can cause degeneration in liver cells or vascular parts of the liver (Neuman, 2019).

Alteration the level of biomolecules in the liver provide information about hepatocyte injury. The increase of biomarkers such as aminotransferase does not give information about the prognosis because the circulating enzymes cannot always give the actual dimension of hepatic damage (Neuman, 2019), Aminotransferases may increase in the initial period of severe liver injury, decrease after a short time, so the rate of increase in aminotransferase activities is not directly related to the significance of liver damage (Akşit et al, 2015). Studies have shown that  $\alpha$ -GST is more specific and sensitive than other liver enzymes such as transaminases to reveal liver damage (Clarke,1997). As a result of this present experiment, alanine aminotransferase and aspartate aminotransferase were analyzed colorimetrically in the blood; however, the results were variable among animals (data not shown).

The present study, liver toxicity was determined by measuring  $\alpha$ -GST levels because of the controversial status of aminotransferases. VPA treatment altered the activities of glutathione using enzymes such as glutathione-S-transferase. In this study,  $\alpha$ -GST was statistically significant between groups as it served as a marker of liver damage ( $p < 0.05$ ); After GLP-2 treatment,  $\alpha$ -GST concentrations of GLP + VPA group were found to be  $1497 \pm 74.92$  ng/ml.mg protein and VPA group was  $1809 \pm 68.93$  ng/ml.mg protein ( $p = 0.001$ )

(Table 1). Similar to our study, Tong et al. reported that rats administered 500 mg of VPA daily for 14 days, resulting in increased serum  $\alpha$ -GST levels on day 4, and increased incidence of inflammation in liver cells, which corresponded to hepatotoxicity (Tong et al, 2005).

There are different types of cells in the liver, normal hepatocytes have villae and are interconnected. If there is noxa, the villae disappear and the stellate cells accumulate lipids. When drug toxicity develops, macrophages produce proinflammatory cytokines and cell inflammation develops and the cell goes either to apoptosis or necrosis. VPA often induces microvesicular steatosis with necrosis (Neuman, 2019). VPA toxicity also is related to enhanced ROS level, which is an important risk factor for liver injury (Fourcade et al, 2010). Some study reports have shown that mechanism of induces toxicity of VPA is increased free radicals and oxidative stress (Kiang et al, 2010; Ahangar et al, 2017). Increased oxidative stress and ROS for various reasons damages lipids, proteins and DNA. Various functions have been submitted to clarify the inhibition of mitochondrial mechanism due to VPA (Tong et al. 2005). ROS takes part in many cellular events, such as mitogenesis, gene expression, various signaling pathways and apoptosis (Birben et al. 2012). Oxidative stress in hepatocytes frequently occurs throughout the an imbalance between pro-oxidants and antioxidants (Mercan, 2004). In this study, in the VPA group, oxidant MDA and TOS values were higher and antioxidant SOD and TAS values were lower than other groups



(Table 1). These results showed that the statement of oxidant/antioxidant was exchanged for the good of the oxidative stress by VPA treatment. MDA is one of the most important products resulting from lipid peroxidation. Likewise, SOD is one of the antioxidants that prevents oxidation produced by free radicals and has the capability to control and stabilize free radicals. VPA-induced hepatotoxicity promotes oxidative stress and elevate the production of ROS (Karaca et al, 2014).

Ahangar et al. (2017) showed that as a result of VPA application of 200 mg/kg/day for 4 weeks, the level of MDA increased compared to the control group, and lipid peroxidation decreased with Zn and Se supplementation. In this study, MDA level increased in VPA group compared to control, although GLP-2 supplementation partially decreased MDA level, but it was not statistically significant. The current experiment also analyzed the result of VPA on the SOD levels of rat liver cells as a cursor of mitochondrial dysfunction. SOD values decreased significantly in other groups compared to the control group. Hence, a significant difference was observed between the group that received VPA and the C, GLP and GLP + VPA group (Table 1). In a study, they examined liver functions in the autism animal model using single dose VPA (600 mg/kg VPA), SOD values did not change compared to the control group (Bambini-Junior et al, 2011).

The second purpose of this research was to investigate whether there is a potential effect in reducing the inflammatory response in hepatotoxic rats treated with GLP-2. GLP-2 is a growth factor, specific for intestinal epithelium, which has been proven to reduce gut mucosal damage and inflammation (Zhang et al, 2008). Therefore, it is thought to be responsible for endocrine regulation of intestine growth and adaptation in a variety of experimental and pathophysiological conditions associated with the release of proglucagon-derived peptides. However, GLP-2 may have functions that have not yet appeared. Recently, GLP-2 has been proven from the expression of the receptor in the hypothalamus that activates adenylate cyclase in brain sections (Hartman et al,2000). The biologically active GLP-2 acts on the GLP-2 receptor, which performs class II glucagon secretion and works together with the G protein (Munrore et al, 1999).

A study by Lim et al. studied the effects of exogenous GLP-2 treatment to improve cholestasis in the neonatal parenteral nutrition-associated model of liver disease in piglet, and found that GLP-2 treatment significantly reduced aminotransferase levels (Lim et al,2016). Chronic hepatocellular injury often causes defects in erythrocyte production. When major inflammation is a component of chronic liver disease, hemoglobin and hematocrit level reduce. Recently, Guan et al. stated that GLP-2 stimulates portal blood flow and the intestinal hemoglobin concentration increases with infusion (Guan et al, 2003). In this study, external GLP-2 application has been shown to have ameliorative effects on the antioxidant system, causing marked reductions on inflammation markers. Although this research indicates that GLP-2 has an important role in the circulatory system, its effects on circulation are not fully known. Even though the nourishing impression of GLP-2 administration on the intestinal mucosa are well investigated, GLP - 2 is not known to have a beneficial effect on the liver. When liver damage develops, levels of inflammatory mediators such as IL-1 $\beta$ , IL-6, NF- $\kappa$ B, TNF- $\alpha$  increase (Jin et al, 2014).

In the present study, we examined the result of external GLP-2 administration on gene expression of IL-1, TNF- $\alpha$  and IL-10 inflammation markers. While the mRNA levels of IL-1 and TNF- $\alpha$  inflammation cytokines increased in the VPA-administered group, GLP-2 treatment reduced the gene expression of liver inflammation markers negligibly (Figure 1). In one study, there was no difference in caspase-3 staining after GLP administration, suggesting that there was no measurable difference in proliferation or apoptosis (Lim et al, 2016). In another study, GLP-2 treatment significantly diminished the rate of mucosal injury, inflammation and submucosal edema, TNF and IFN- $\gamma$  expression in HLA-B27 rats (Alavi et al, 2000).

## 5. Conclusions and Recommendations

In this study, it was determined that the application of GLP-2 has protective effects against hepatotoxicity caused by VPA at the cellular, inflammatory and oxidative level. Pre-administration with GLP-2, could inverse the VPA-induced toxic outcome in liver tissue of rat. Based on the hepatoprotective, antioxidant and immune suppressive effect of GLP-2, we suggest that this molecule can be assessed as a possible safe and beneficial aspect to reducing the side effects of VPA-induced hepatotoxicity.

## 4. Acknowledge

The authors declare that they have no conflict of interest.

## References

1. Ahangar, N., Naderi, M., Noroozi, A., Ghasemi, M., Zamani, E., & Shaki, F. (2017). Zinc deficiency and oxidative stress involved in valproic acid induced hepatotoxicity: protection by zinc and selenium supplementation. *Biological trace element research*, 179(1), 102-109.
2. Akşit, H., Akşit, D., Bildik, A., Hatibe, K. A. R. A., Yavuz, Ö., & Seyrek, K. (2015). Deneysel karaciğer intoksikasyonunda N-asetil sistein'in glutatyon metabolizması ve lipid peroksidasyonuna etkileri. *Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 62(1), 1-5.
3. Alavi, K., Schwartz, M. Z., Palazzo, J. P., & Prasad, R. (2000). Treatment of inflammatory bowel disease in a rodent model with the intestinal growth factor glucagon-like peptide-2. *Journal of pediatric surgery*, 35(6), 847-851.

4. Arda-Pirincci, P., & BolKent, S. (2011). The role of glucagon-like peptide-2 on apoptosis, cell proliferation, and oxidant– antioxidant system at a mouse model of intestinal injury induced by tumor necrosis factor-alpha/actinomycin D. *Molecular and cellular biochemistry*, 350(1-2), 13-27.
5. Bambini-Junior, V., Rodrigues, L., Behr, G. A., Moreira, J. C. F., Riesgo, R., & Gottfried, C. (2011). Animal model of autism induced by prenatal exposure to valproate: behavioral changes and liver parameters. *Brain research*, 1408, 8-16.
6. Boushey, R. P., Yusta, B., & Drucker, D. J. (1999). Glucagon-like peptide 2 decreases mortality and reduces the severity of indomethacin-induced murine enteritis. *American Journal of Physiology-Endocrinology And Metabolism*, 277(5), E937-E947.
7. Birben E, Sahiner UM, Sackesen C, Erzurum S, Kalayci O (2012). Oxidative stress and antioxidant defense. *World Allergy Organ J* 5:9–19
8. Chen, G. W., Chen, T. Y., & Yang, P. M. (2019). Differential effect of herbal tea extracts on free fatty acids-ethanol-and acetaminophen-induced hepatotoxicity in FL83B hepatocytes. *Drug and chemical toxicology*, 1-6.
9. Chen, Y., Zhou, J., Xu, S., Liu, M., Wang, M., Ma, Y., Zhao, M., Wang, Z., Guo, Y. & Zhao, L. (2019). Association between the perturbation of bile acid homeostasis and valproic acid-induced hepatotoxicity. *Biochemical Pharmacology*, 170, 113669.
10. Clarke, H., Egan, D. A., Heffernan, M., Doyle, S., Byrne, C., Kilty, C., and Ryan, M. P. (1997). Alpha-glutathione S-transferase (alpha-GST) release, an early indicator of carbon tetrachloride hepatotoxicity in the rat. *Hum. Exp. Toxicol.* 16 , 154–157.
11. Diederich, M., Chateauvieux, S., Morceau, F., & Dicato, M. (2010). Molecular and therapeutic potential and toxicity of valproic acid. *J Biomed Biotechnol*, 2010, 201.
12. Drucker, D. J. (2002). Biological actions and therapeutic potential of the glucagon-like peptides. *Gastroenterology*, 122(2), 531-544.
13. Drucker, D. J., Yusta, B., Boushey, R. P., DeForest, L., & Brubaker, P. L. (1999). Human [Gly2] GLP-2 reduces the severity of colonic injury in a murine model of experimental colitis. *American Journal of Physiology-Gastrointestinal and Liver Physiology*, 276(1), G79-G91.
14. Fourcade,S., Ruiz, M., Guilera, C., Hahnen E, Brichta L, Naudi A, Portero-Otín M, Dacremont G, Cartier N, Wanders R, Kemp S, Mandel JL, Wirth B, Pamplona R, Aubourg P, Pujol A (2010). Valproic acid induces antioxidant effects in X-linked adrenoleukodystrophy. *Hum Mol Genet* 19:2005–2014 .
14. Ghodke-Puranik, Y., Thorn, C. F., Lamba, J. K., Leeder, J. S., Song, W., Birnbaum, A. K, Altman R.B & Klein, T. E. (2013). Valproic acid pathway: pharmacokinetics and pharmacodynamics. *Pharmacogenetics and genomics*, 23(4), 236.
15. Guan, X., Stoll, B., Lu, X., Tappenden, K. A., Holst, J. J., Hartmann, B., & Burrin, D. G. (2003). GLP-2-mediated up-regulation of intestinal blood flow and glucose uptake is nitric oxide-dependent in TPN-fed piglets. *Gastroenterology*, 125(1), 136-147.
16. Guo, H. L., Jing, X., Sun, J. Y., Hu, Y. H., Xu, Z. J., Ni, M. M., ..& Wang, T. (2019). Valproic Acid and the Liver Injury in Patients with Epilepsy: An Update. *Current pharmaceutical design*, 25(3), 343-351.
17. Hartmann, B., Johnsen, A. H., Ørskov, C., Adelhorst, K., Thim, L., & Holst, J. J. (2000). Structure, measurement, and secretion of human glucagon-like peptide-2. *Peptides*, 21(1), 73-80.
18. Jin, J., Xiong, T., Hou, X., Sun, X., Liao, J., Huang, Z., ..& Zhao, Z. (2014). Role of Nrf2 activation and NF-κB inhibition in valproic acid induced hepatotoxicity and in diammonium glycyrrhizinate induced protection in mice. *Food and chemical toxicology*, 73, 95-104.
19. Karaca, Ö., Sunay, F. B., Kuş, M. A., Gülcen, B., Özcan, E., Ögetürk, M., & Kuş, İ. (2014). Kadmiyum ile Oluşturulan Deneysel Karaciğer Hasarına Karşı Melatoninin Etkilerinin Biyokimyasal ve Histopatolojik Düzeylerde İncelenmesi. *Fırat Tıp Derg*, 19(3), 110- 115
21. Kiang,TK., Teng, XW, Karagiozov S, Surendradoss J, Chang TK, Abbott FS (2010). Role of oxidative metabolism in the effect of valproic acid on markers of cell viability, necrosis, and oxidative stress in sandwich-cultured rat hepatocytes. *Toxicol Sci* 118:501–509
22. Lim, D. W., Wales, P. W., Josephson, J. K., Nation, P. N., Wizzard, P. R., Sergi, C. M., .. & Turner, J. M. (2016). GlucagonLike Peptide 2 Improves Cholestasis in Parenteral Nutrition–Associated Liver Disease. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition*, 40(1), 14-21.
23. Mercan, U. (2004). Toksikolojide serbest radikallerin önemi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 15(1), 9196.
24. Munroe, D. G., Gupta, A. K., Kooshesh, F., Vyas, T. B., Rizkalla, G., Wang, H., ... & McCallum, K. (1999). Prototypic G protein-coupled receptor for the intestinotrophic factor glucagon-like peptide 2. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 96(4), 1569-1573.
25. Neuman, M. G. (2019). Biomarkers of drug-induced liver toxicity. *Therapeutic drug monitoring*, 41(2), 227-234.
26. Springer, C., & Nappe, T. M. (2019). Anticonvulsants Toxicity. In *StatPearls [Internet]*. StatPearls Publishing.
28. Tong, V., Teng, X. W., Chang, T. K., & Abbott, F. S. (2005). Valproic acid I: time course of lipid peroxidation biomarkers, liver toxicity, and valproic acid metabolite levels in rats. *Toxicological Sciences*, 86(2), 427-435.
29. Tong, V., Teng XW, Chang TK, Abbott FS (2005b).Valproic acid I: time course of lipid peroxidation biomarkers, liver toxicity, and valproic acid metabolite levels in rats. *Toxicol Sci* 86:427–435
30. Zhang, W., Zhu, W., Zhang, J., Li, N., & Li, J. (2008). Protective effects of glucagon-like peptide 2 on intestinal ischemia reperfusion rats. *Microsurgery: Official Journal of the International Microsurgical Society and the European Federation of Societies for Microsurgery*, 28(4), 285-290.



# Investigation of the Current and Voltage Waveforms for a TiO<sub>2</sub>-based Memristor with MATLAB

Niloufar Rajabiyoun<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3955-2489)

(First received 19 April 2020 and in final form 26 May 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.723069)

**ATIF/REFERENCE:** Rajabiyoun, N. (2020). Investigation of the Current and Voltage Waveforms for a TiO<sub>2</sub>-based Memristor with MATLAB. *European Journal of Science and Technology*, (19), 303-311.

## Abstract

The first TiO<sub>2</sub>-based memristor was implemented in 2008 by HP company in Nano-scale to present the predictable behavior of the memristor and voltage-current (V-I) hysteresis curve. Many aspects of this device are unknown yet and having an accurate model can help to control the voltage and current of this device. For this purpose, some of electronic-based soft wares can help like PSPICE or Workbench. This paper is modeling the resistive behavior of this component with non-linear ionic deviance of the TiO<sub>2</sub> by simple codes in MATLAB to be controlled by voltage or current. Some of the simulation results are presented with model adjustments for the specifications of this component.

**Keywords:** Memristor, TiO<sub>2</sub>, Matlab simulation

## Öz

İlk TiO<sub>2</sub> tabanlı memristör, 2008 yılında memristör ve voltaj-akım histerezis eğrisinin öngörülebilir davranışını sunmak için Nano ölçekte HP şirketi tarafından uygulanmıştır. Bu elektronik komponentin birçok yönü henüz bilinmemektedir ve doğru bir model, bu elemanın voltajını ve akımını kontrol etmeye yardımcı olabilir. Bu amaçla, elektronik tabanlı PSPICE veya Workbench gibi programlar yardımcı olabilir. Bu makalede, bu bileşenin dirençli davranışı, voltaj veya akım tarafından kontrol edilecek MATLAB'daki basit kodlarla TiO<sub>2</sub>'nin doğrusal olmayan iyonik sapması ile modellenmektedir. Bazı simülasyon sonuçları, bu bileşenin özellikleri için model ayarlamaları ile sunulmaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Memristör, TiO<sub>2</sub>, Matlab simülasyon

## 1. Introduction

For about 150 years it was believed that the resistance, the inductor, and the capacitor were the only three main passive elements of electronic circuits.

In 1960, Professor Lean Chua, using nonlinear circuit theory, proposed an independent differential relationship that coupled the electric charge and magnetic flux in the circuit, and predicted the existence of a fourth element called the memristor. He proved that memristive behavior is achieved by combining only inductor, resistance, and nonlinear capacitors [1]. Although Chua has shown that such a lost component of electronics is very interesting and has many circuit features, at that time and until recently no one had ever presented a real physical model or a sample of a piece made as a memristor. It took almost 40 years to build a real system that had memorization properties. Although Chua has shown that such a lost component of electronics is very interesting and has many circuit features, at that time and until recently no one had ever offered a real physical model or a sample of an implemented memristor. It took almost 40 years to build a real system that had memristive properties. A team from Hewlett Packard (HP) company was researching for the construction of a physical element with a memorial behavior. In 2006, the team concluded that the time-variable derivative of the state in the Chua

\* Corresponding Author: Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3955-2489), [niloufar.rajabiyoun12@ogr.atauni.edu.tr](mailto:niloufar.rajabiyoun12@ogr.atauni.edu.tr)

dynamic state equation is comparable to the rate of deviation of oxygen vacancies in a nanometer-sized titanium dioxide resistance switch [2-3]. As the investigation continued, in 2008 the team finally managed to build a two-legged component with the resistive features. In addition, they showed that using this element in a Crossbar array could be a good alternative to transistors in future computers [4-5].

In this study, we're going to take a closer look at the theory and interesting features, especially the "soft and hard switching" effects, by expanding previous work on the TiO<sub>2</sub>-based memristor model by using simple MATLAB codes according to existing mathematical equations at the new types recently suggested in various models of nonlinear ion deviation. In the second part, after this introduction, we discuss the general features of the memristor, the structure, and formulas of the titanium dioxide HP memristor. In the third section, we will review the various models available for this component, review the advantages and disadvantages of these models, and the characteristics of the proposed model. In the fourth part, the HP Memory MATLAB Model is introduced with a nonlinear ion deviation for the voltage or current control type, and some simulations are performed by adjusting the parameters of the model in accordance with the specifications of the memristor. Finally, the results of this article will be reviewed and summarized in the fifth section.

## 2. The Structure, Properties and Formulas of the Memristor

### 2.1. General Features of the Memristor

In 1971, Leon Cheva, a professor of electrical engineering at the University of California, Berkeley, arranged the linear relationships between all four basic variables describing the orbital relationships as shown in Figure 1. These four variables are related by six methods. With a sort of mathematical arrangement, he was able to predict the existence of a fourth passive element, a theory that linked the relationship between electric charge and magnetic flux.

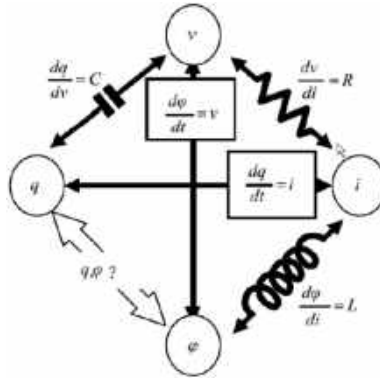


Figure 1: Four basic two-wire elements

### 2.2. Structure of the Memristor

Williams and his group presented the physical model of a two-ended electrical device that behaved like an ideal memristor within the limits set in 2008. This model has been in the literature for about 50 years; bipolar nanometer scale, especially in thin-film devices; switching provided a simplified explanation for current-voltage anomalies that occur as hysteretic conductivity, multi-state conductivity, and negative differential resistance. The electrical switching in thin-film devices has recently begun to attract more attention, as such technology can allow scaling in logic and memory circuits beyond the current limits of CMOS technology. Williams and his group proposed a model to explain electrical switching. According to this model, doped TiO<sub>2</sub> and undoped TiO<sub>2-x</sub> regions were formed between two Pt thin films in Pt / TiO<sub>2</sub> / Pt structure. The total thickness of the doped and undoped regions is in the order of several nm. The application of the V(t) voltage to the device from outside and the drift of oxygen ions, shifts the boundaries of the two regions as has been shown in figure 2, and switching occurs with the change of the equivalent resistance of the structure. In figure 3, the model for memristor, which is based on the observations of HP researchers, was later called the Linear Model.



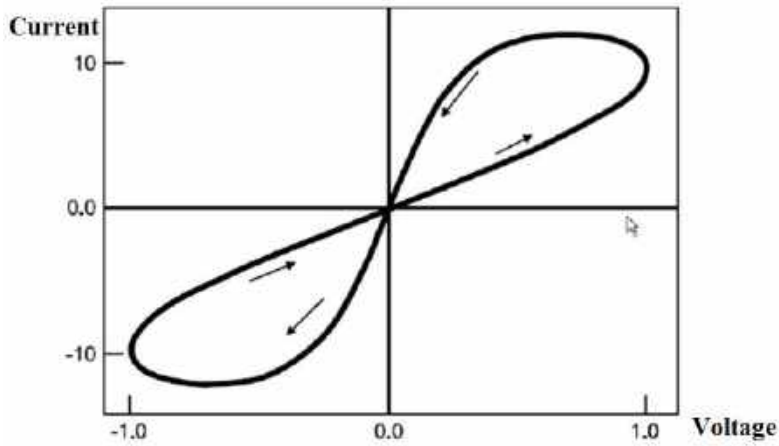


Figure 2. Typical current-voltage characteristic of the memristor

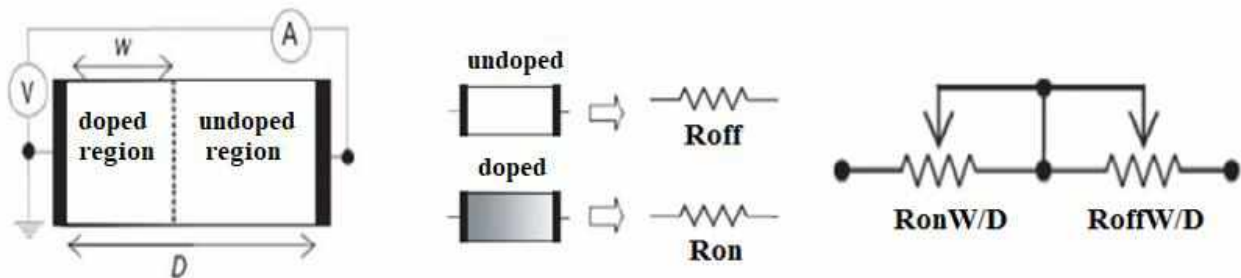


Figure 3. Variable resistance-pair model for memristor

There are four fundamental circuit variables, the current  $i$ , the voltage  $v$ , the charge  $q$  and the flux  $\phi$ . Chua [6] realized that only five of the six possible combinations are used, so he defines the missing combination to be the memristive one,

$$R(w) = \frac{dq}{d\phi} = \frac{v(t)}{i(t)} \tag{1}$$

where  $R$  is the instantaneous resistance and  $w$  is the state variable of the Memristor. The HP Memristor [7-8] was built on drifting the dopant between doped and undoped portion of the material, which models the memristive property. As shown in Fig.(1)  $w$  is modeled by the length of the doped region, which is bounded between 0 and device length  $D$ . The instantaneous resistance of the Memristor is written as [9],

$$R = x \cdot R_{on} + (1 - x)R_{off} \tag{2}$$

where  $x = w/D$ ,  $R_{on}$  is the resistance of the completely doped Memristor, and  $R_{off}$  is for the completely undoped. The Memristor resistance as a function of time is derived in [10-11]. We can generalize the resistance for linear dopant drift as,

$$R^2 = R_0^2 - 2kR_d\phi(t), R \in (R_{on}, R_{off}) \tag{3}$$

In this model, it can be written as shown below for linear ionic drift and resistive electronic conductivity in a uniform field with average mobility of oxygen ions representing the moving charge:

$$v(t) = (R_{on} \frac{w(t)}{D} + R_{off}(1 - \frac{w(t)}{D}))i(t) \tag{4}$$

$$\frac{\partial w(t)}{\partial t} = \mu_V \frac{R_{on}}{D} i(t) \tag{5}$$

From equation (5), one can calculate for  $W(t)$ :

$$W(t) = \mu_V \frac{R_{on}}{D} q(t) \tag{6}$$

By replacing (6) in (4):

$$M(q) = R_{off}(1 - \frac{\mu_V R_{on}}{D^2} q(t)) \tag{7}$$

The coefficient  $D$  corresponds to the total thickness of the doped and undoped regions.  $M(q)$  increases 1,000,000 times due to the dependence of the constant  $M(q)$  on  $1/D^2$  when descending from the micron dimension to the nm dimension. This, in fact, has attracted the attention of scientists with the studies in nanotechnology nowadays of a detail that has been overlooked in a macro dimension. Thus, as any device shrinks towards critical dimensions with a nanometer scale, memristance becomes very important to understand its electronic characteristics.

### 3. MATLAB Codes for Different Inputs and Simulation Results

MATLAB can be considered as a key program for behavior analysis in Memristor devices. This program can be used for other areas including the low power and high power applications in electrical and electronics engineering [12-15]. In this section for the mentioned doped ( $TiO_2$ ) and undoped ( $Ti$ ) blocks, different types of the input voltages under Memristor Parameters:  $R_{on} = 100$ ,  $R_o = 4k$  condition are given are results are reported.

MATLAB simulation for  $Ti$  and  $TiO_2$  blocks was carried out by means of the following codes, and the applied voltage, current, and current-voltage curves were obtained. The important detail is that, for applying the voltage to the structure, two thin layers of the platinum is considered as figure 4 shows.

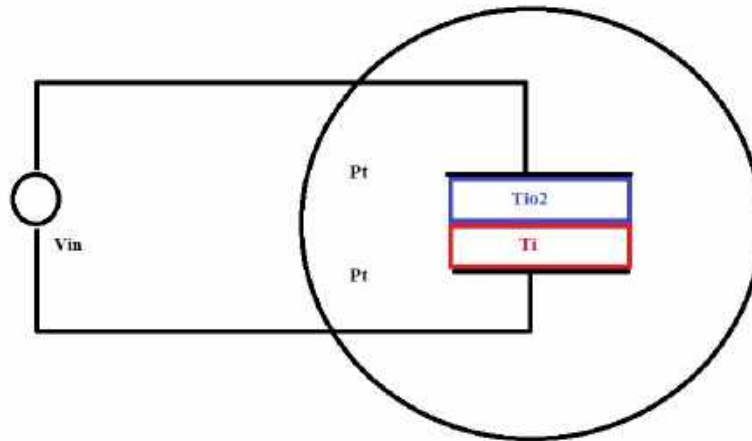


Figure 4. The proposed structure for applying the different voltages

#### 3.1 Sinusoidal Voltage:

For this state, the  $R_{on}$  and  $R_{off}$  are considered as  $R_{on}=54$  and  $R_{off}=1M\Omega$ . Also equations (2), (3) and (4) are considered for obtaining the current value of the structure. Figure 5 presents the voltage and current waveforms of the structure and the I-V hysteresis curve for this state.

```

clc;
clear all;
close all;
p=2;
v_d(1)=0;
f_p=[];
L=[];
f=5;
t = 0:0.01./f:10./f;
v=ones(size(t));
d = 9*10^(-9);
j=2;
u_v=30*10^-15;
r_on=54;
r_off=1000000;
r_i=11000;
%w(1)=0.9989*d;

w(1)=(r_off-r_i)/(r_off-r_on)*d;
x(1)=w(1)/d;
m(1)=r_on*(w/d)+r_off*(1-w/d);
% f_p(1)= 1 - (2*x-1)^(2*p);           %Joglekar window
f_p(1)=j*(1 - ((x-0.5)^2+0.75)^p);    %Prodromakis window
for index=2:length(t)
    i(index)=v(index)/m(index-1);

```

```

v_d(index)=(u_v*r_on*i(index)*f_p(index-1))/d;
w(index)=v_d(index)*(t(index)-t(index-1))+w(index-1);
x(index)=w(index)/d;
% f_p(index)=1 - (2*x(index)-1)^(2*p); %Joglekar window
f_p(index)=j*(1 - ((x(index)-0.5)^2+0.75)^p); %Prodromakis window
m(index)=r_on*(w(index)/d)+r_off*(1-w(index)/d);
if m(index)<r_on
    m(index)=r_on;
end
if m(index)>r_off
    m(index)=r_off;
end
x(index)=w(index)/d;
end

```

title('Memristor non linear boundary drift model')

```

subplot(3,1,1)
plot(v)
xlabel('time(t)')
ylabel('Voltage(V)')
subplot(3,1,2)
plot(i)
xlabel('time(t)')
ylabel('current(i)')
subplot(3,1,3)
plot(v,i)
xlabel('Voltage(V)')
ylabel('Current(A)')

```

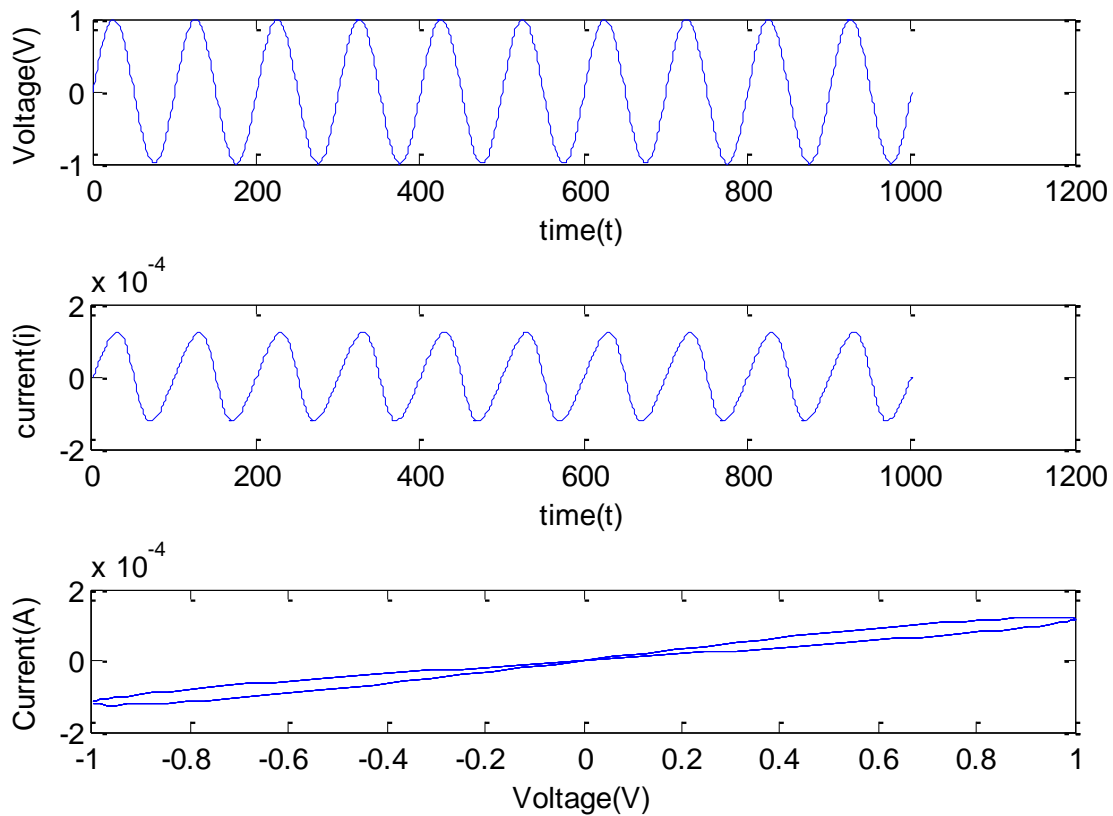


Figure 5. voltage, current and I-V hysteresis curves for sinusoidal input wave.

### 3.2 Triangular Voltage:

While between the two pelatin layers for Ti and Tio2 layers, MATLAM simulation was carried out by means of the following codes, and the current and current-voltage curves passing through the structure were obtained according to the applied voltage. Here are the codes and curves:

```

clc;
clear all;
close all;
p=40;
v_d(1)=0;
f_p=[];
L=[];
f=5;
t = 0:0.01./f:10./f;
v=sawtooth(t./(0.01.*pi),0.5);
d = 9*10^(-9);
j=2;
u_v=30*10^-15;
r_on=10.58;
r_off=1000000;
r_i=7500;
%w(1)=0.9989*d;

w(1)=(r_off-r_i)/(r_off-2.*r_on)*d;
x(1)=w(1)/d;
m(1)=2.*r_on*(w/d)+r_off*(1-w/d);
% f_p(1)= 1 - (2*x-1)^(2*p);           %Joglekar window
f_p(1)=j*(1 - ((x-0.5)^2+0.75)^p);    %Prodromakis window
for index=2:length(t)
    i(index)=v(index)/m(index-1);
    v_d(index)=(u_v*r_on*i(index)*f_p(index-1))/d;
    w(index)=v_d(index)*(t(index)-t(index-1))+w(index-1);
    x(index)=w(index)/d;
    % f_p(index)=1 - (2*x(index)-1)^(2*p);           %Joglekar window
    f_p(index)=j*(1 - ((x(index)-0.5)^2+0.75)^p);    %Prodromakis window
    m(index)=2.*r_on*(w(index)/d)+r_off*(1-w(index)/d);
    if m(index)<r_on
        m(index)=r_on;
    end
    if m(index)>r_off
        m(index)=r_off;
    end
    x(index)=w(index)/d;
end

title('Memristor non linear boundary drift model')
subplot(2,1,1)
plot(v)
xlabel('time(t)')
ylabel('Voltage(V)')
subplot(2,1,2)
plot(v,i)
xlabel('Voltage(V)')
ylabel('Current(A)')

```

V hysteresis curve for the trangular voltage signal with amplitude equal to 1V -Figure 6 presents the input voltage, output current and I



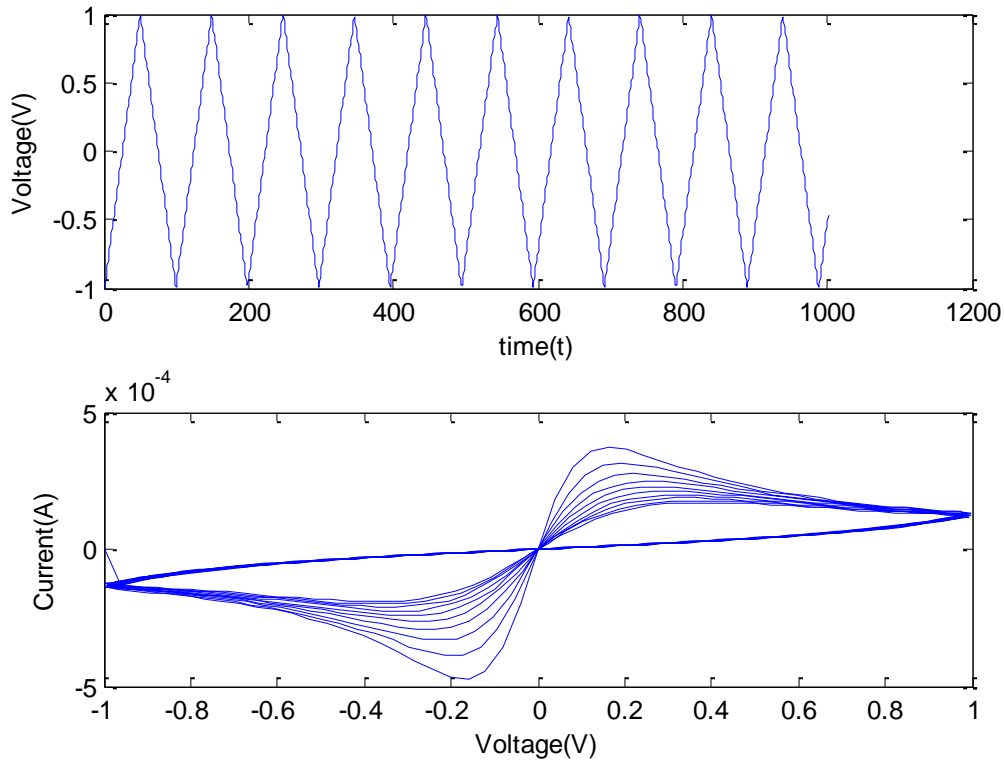


Figure 6. voltage, current and I-V hysteresis curves for traingular input wave.

### 3.3 Random Voltage with Different Magnitudes:

While the MATLAB simulation for Ti and TiO<sub>2</sub> layers is between the two platinum layers, the following codes were obtained and the current and current-voltage curves passing through the structure were obtained according to the applied voltage. The results were obtained by changing the waveform of the voltage. Here are the codes and curves:

```

clc;
clear all;
close all;
p=20;
v_d(1)=0;
f_p=[];
L=[];
f=5;
t = 0:0.01./f:10./f;
v=(t.*(sawtooth(t./(0.01.*pi),0.5)-1))./2;
d = 9*10^(-9);
j=2;
u_v=10*10^-15;
r_on=10.58;
r_off=1000000;
r_i=7500;
%w(1)=0.9989*d;

w(1)=(r_off-r_i)/(r_off-2.*r_on)*d;
x(1)=w(1)/d;
m(1)=2.*r_on*(w/d)+r_off*(1-w/d);
% f_p(1)= 1 - (2*x-1)^(2*p);           %Joglekar window
f_p(1)=j*(1 - ((x-0.5)^2+0.75)^p);    %Prodromakis window
for index=2:length(t)
    i(index)=v(index)/m(index-1);
    v_d(index)=(u_v*r_on*i(index)*f_p(index-1))/d;
    w(index)=v_d(index)*(t(index)-t(index-1))+w(index-1);
    x(index)=w(index)/d;
    % f_p(index)= 1 - (2*x(index)-1)^(2*p);           %Joglekar window

```

```
f_p(index)=j*(1 - ((x(index)-0.5)^2+0.75)^p); %Prodromakis window
m(index)=2.*r_on*(w(index)/d)+r_off*(1-w(index)/d);
if m(index)<r_on
    m(index)=r_on;
end
if m(index)>r_off
    m(index)=r_off;
end
x(index)=w(index)/d;
end
```

```
title('Memristor non linear boundary drift model')
plot(abs(v),abs(i))
xlabel('Voltage(V)')
ylabel('Current(A)')
```

with maximum amplitude  $V$  hysteresis curve for the random voltage signal-figure 7 presents the input voltage, output current and I-V equal to  $2V$ -equal to

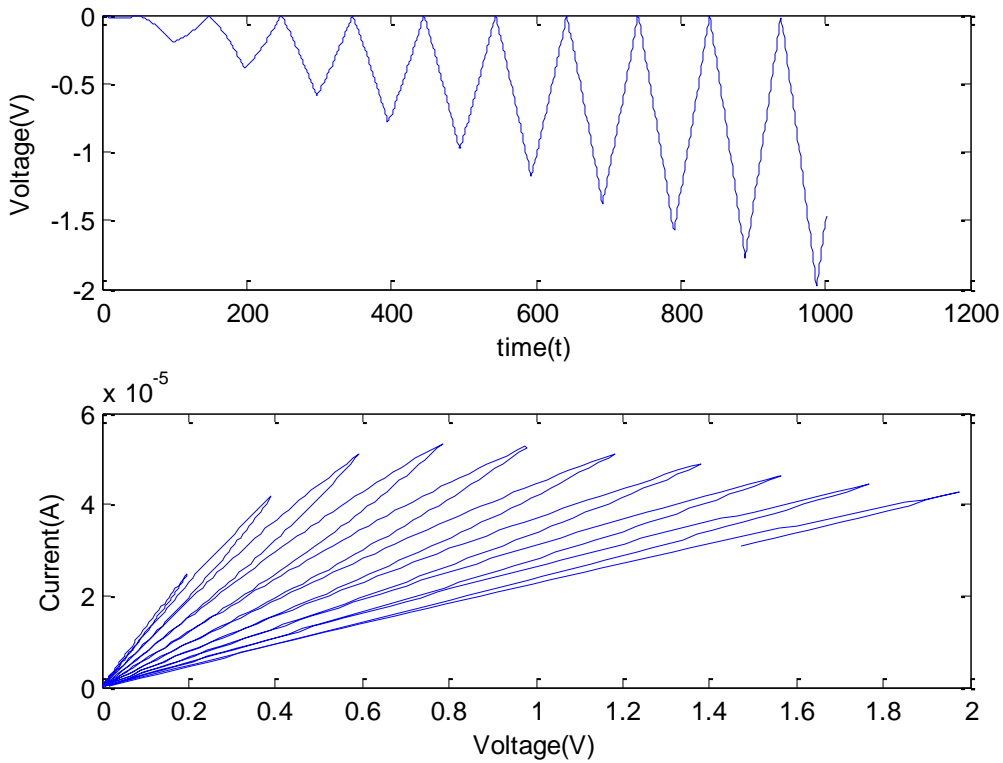


Figure 7. voltage, current and I-V hysteresis curves for sinusoidal input wave.

#### 4. Conclusion

Based on the results, it should be considered that a specified memristor block, presents completely different behaviors for different types of the input voltages. It means that for any memristor type, a specified value of the voltage should be applied. One of the main important parameters in behavior of a memristor device is the frequency of the input voltage signal that causes receiving to different hysteresis curves. Also, the changes of the ratio for  $R_{ON}$  and  $R_{OFF}$  can directly change the slope of the I-V curve. All these reactions are modeled in this study. One should take into account that memristors are categorized in the passive components type and could not give the energy to the circuit, so they need to be compacted with circuits including the active components like transistors which can amplify or switch the electronic signals. Circuits including memristors and transistors have some advantages like: higher efficiency, less components numbers and need to less power to be activated.

## References

1. A. Mazady and M. Anwar, "Memristor: Part II–DC, Transient, and RF Analysis," in *IEEE Transactions on Electron Devices*, vol. 61, no. 4, pp. 1062-1070, April 2014.
2. C. Wen, J. Hong, F. Ru, Y. Li and S. Quan, "A Novel Memristor-Based Gas Cumulative Flow Sensor," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 66, no. 12, pp. 9531-9538, Dec. 2019.
3. D. R. Hughart et al., "A Comparison of the Radiation Response of TaO<sub>x</sub> and TiO<sub>2</sub> Memristors," in *IEEE Transactions on Nuclear Science*, vol. 60, no. 6, pp. 4512-4519, Dec. 2013.
4. O. Krestinskaya, K. N. Salama and A. P. James, "Learning in Memristive Neural Network Architectures Using Analog Backpropagation Circuits," in *IEEE Transactions on Circuits and Systems I: Regular Papers*, vol. 66, no. 2, pp. 719-732, Feb. 2019.
5. J. Blasco, N. Ghenzi, J. Suñé, P. Levy, E. Miranda, Equivalent circuit modeling of the bistable conduction characteristics in electroformed thin dielectric films, *Microelectronics Reliability*, Volume 55, Issue 1, 2015, Pages 1-14, ISSN 0026-2714, <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2014.10.017>.
6. Ş. Ç. Yener, R. Mutlu, T. Yener and H. H. Kuntman, "Memristor-based timing circuit," 2017 *Electric Electronics, Computer Science, Biomedical Engineerings' Meeting (EBBT)*, Istanbul, 2017, pp. 1-3.
7. C. Wen, J. Hong, F. Ru, Y. Li and S. Quan, "A Novel Memristor-Based Gas Cumulative Flow Sensor," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 66, no. 12, pp. 9531-9538, Dec. 2019.
8. I. Messaris et al., "A TiO<sub>2</sub> ReRAM parameter extraction method," 2017 *IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, Baltimore, MD, 2017, pp. 1-4.
9. A. Vera-Tasama, M. Gomez-Cano and J. I. Marin-Hurtado, "Memristors: A perspective and impact on the electronics industry," 2019 *Latin American Electron Devices Conference (LAEDC)*, Armenia, Colombia, 2019, pp. 1-4.
10. J. Jiménez-León, A. Sarmiento-Reyes, C. A. De La Cruz Blas and C. Gomez-Polo, "Characterization and modelling of Ag/TiO<sub>2</sub>/ITO devices exhibiting bipolar memristive properties," 2017 *International Caribbean Conference on Devices, Circuits and Systems (ICDCS)*, Cozumel, 2017, pp. 53-56.
11. I. Messaris et al., "Live demonstration: A TiO<sub>2</sub> ReRAM parameter extraction method," 2017 *IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)*, Baltimore, MD, 2017, pp. 1-1.
12. Tekinalp, Z., Öztürk, S., Kuncan, M., 2013. OPC Kullanılarak Gerçek Zamanlı Haberleşen Matlab ve PLC Kontrollü Sistem. Otomatik Kontrol Ulusal Toplantısı, TOK2013, 26-28 Eylül, Malatya
13. Çubukçu, A., Kuncan, M., Kaplan, K., & Ertunc, H. M. (2015, May). Development of a voice-controlled home automation using Zigbee module. In 2015 23rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU), Malatya, Turkey, (pp. 1801-1804). IEEE.
14. Köse, İ., Öztürk, S., & KUNCAN, M. (2019). PANTOGRAPHY APPLICATION WITH REAL-TIME PLC BASED ON IMAGE PROCESSING IN GANTRY ROBOT SYSTEM. *European Journal of Technique*, 9(2), 219-229.)
15. Şengül, Ö., Öztürk, S., & Kuncan, M. (2020). Color Based Object Separation in Conveyor Belt Using PLC. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 401-412.)



# Hasadı Yapılan Tarımsal Ürünlerin Türkiye Muhasebe Standartları ve Türkiye Vergi Mevzuatına Göre Muhasebeleştirilmesi: Örnek Uygulama\*

Ali Antepli<sup>1</sup>, Ali Alagöz<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Beyşehir AA İşletme Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Konya, Türkiye.(ORCID: 0000-0001-9939-2443)

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Muhasebe-Finansman Bilim Dalı, Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7538-2213)

(İlk Geliş Tarihi 6 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 26 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.733210)

**ATIF/REFERENCE:** Antepli, A. & Alagöz, A. (2020). Hasadı Yapılan Tarımsal Ürünlerin Türkiye Muhasebe Standartları ve Türkiye Vergi Mevzuatına Göre Muhasebeleştirilmesi: Örnek Uygulama. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 312-322.

## Öz

Tarım, canlı varlıkların ihtiyacının karşılanması amacıyla doğadaki üretim faktörlerinin kullanımıyla gerçekleştirilen faaliyetlerinin bütünü olarak ifade edilir. İnsanların ve hayvanların yaşamları için yeme/içme güdülerinin karşılanması amacıyla doğanın sunduğu imkânlardan faydalanılarak yapılan üretim süreçleri olarak da ifade edilebilir. Tarımsal faaliyetler kapsamında üretilen hayvansal ve bitkisel ürünlerin sanayide ve hizmet sektöründe girdi sağlaması, ekonominin dinamik yapısı bakımından son derece önem arz etmektedir. Özellikle tarım sektörünün istihdam yaratma gücü, az gelişmiş ve gelişmekte olan ülke ekonomilerinin işgücü potansiyelinin aktif olması bakımından son derece önemlidir. Ayrıca tarımsal faaliyetlerden elde edilen ürünlerin ülkelerin gayrisafı milli hasılasında önemli bir paya sahip olması, tarım sektörünün lokomotif bir sektör olduğunun göstergesidir.

Üretim işletmelerinde stoklar, işletmelerin sürekliliğini büyük ölçüde etkileyen ve aktifler toplamındaki işlevleri gereği önemli paya sahip varlık kalemleridir. Tarım işletmeleri için hasadı yapılmış ve satışa hazır olan ürünler stok kalemleri olarak değerlendirilir. Tarımsal faaliyetlerinin muhasebeleştirilmesi ile ilgili TMS-41 Standardının hükümleri, hayvansal ve bitkisel üretim faaliyetlerinin üretim sürecine yönelik muhasebeleştirme usul ve esaslarını belirlemektedir. Üretim sonucu hasadı yapılan hayvansal ve bitkisel ürünlerin muhasebe açısından değerlendirilmesi konusunda TMS-2 Stoklar ve ilgili diğer standartları refere göstermektedir. Yani hasadı yapılmış ve satışa hazır olan ürünler TMS 2 deki usul ve esaslara göre muhasebeleştirilecektir.

Bu çalışmada, hasadı yapılan tarımsal ürünlerin TMS-2 Stoklar standardı ve Türkiye Vergi Mevzuatına göre muhasebeleştirilmesi konusunda farklılıklar incelenerek, süt üretimi yapan bir işletmenin örnek muhasebe uygulamalarına yer verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Tarım Muhasebesi, TMS-2 Stoklar, Vergi Usul Kanunu.

## Harvest of Turkey Accounting Standards for Agricultural Products and Turkey to be accounted for under the Tax Legislation: Case Study

### Abstract

Agriculture is expressed as a whole of its activities carried out with the use of production factors in nature in order to meet the needs of living assets. It can also be expressed as production processes using the opportunities offered by nature in order to meet the eating / drinking motives for the lives of people and animals. The fact that animal and vegetable products produced within the scope of agricultural activities provide input in industry and service sector is of great importance in terms of the dynamic structure of the economy. Employment power of the agricultural sector is especially important in terms of the active potential of the less developed

\* Bu çalışma Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Bilim Dalında yapılan, "41 Nolu Türkiye Muhasebe Standartları Çerçevesinde Tarımsal Faaliyetlerin Muhasebeleştirilmesi: Büyükbaş Hayvancılık İşletmesinde Bir Uygulama" adlı doktora tezinden türetilmiştir.

<sup>1</sup> Sorumlu Yazar: Selçuk Üniversitesi, Dr. Öğr. Üyesi, Selçuk Üniversitesi, Beyşehir AA İşletme Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, ORCID: 0000-0001-9939-2443, [ali.antepli@selcuk.edu.tr](mailto:ali.antepli@selcuk.edu.tr)



and developing countries' economies. In addition, the fact that the products obtained from agricultural activities have an important share in the gross national product of countries is an indicator that the agricultural sector is a locomotive sector.

Inventories in production enterprises are assets that have a significant share due to their functions in the total assets, which greatly affect the continuity of the enterprises. Products that are harvested and ready for sale for agricultural enterprises are considered as inventory items. The provisions of the TAS-41 Standard regarding the accounting of agricultural activities determine the accounting procedures and principles for the production process of animal and vegetable production activities. In terms of accounting of animal and vegetable products harvested as a result of production, TMS-2 refers to Stocks and other relevant standards. In other words, products harvested and ready for sale will be accounted according to the procedures and principles in TAS 2.

In this study, TMS-2 standard Inventories of agricultural products harvested and Turkey by examining differences in the recognition by the tax legislation, examples are given to a company's accounting practices engaged in milk production.

**Keywords:** Agricultural accounting, TAS-2 Stocks, Tax Procedure Law.

## 1. Giriş

Tarım sektörünün hem istihdam yaratma hem de sanayiye girdi sağlaması, ülke ekonomilerinin gelişimi açısından önemli bir faktör olduğu kabul edilmektedir. Bu bağlamda tarımsal faaliyetler için gerekli şartlara sahip olan ülkelerin başında gelen Türkiye, Jeopolitik avantajlara ve Agroekolojik faktörlere sahip önemli bir ülke konumundadır. Son yıllarda özellikle hayvancılığın geliştirilmesi ve bitkisel ürünlerin desteklenmesi konusunda önemli teşvikler uygulamaya konulmuştur. Türkiye tarımsal ürün yetiştiriciliğinde kendi kendine yeten ülkeler arasında yer almaktadır.

Tarımsal ürünlerin hasadının yapılmasından sonraki muhasebeleştirme süreci TMS-2 Stoklar ve BOBİ FRS standartlarında yer alan usul ve esaslara göre değerlendirilmektedir. Üretim işletmelerinde varlıklar içerisindeki payı nedeniyle önemli bir yer tutan stokların muhasebeleştirilmesi ve finansal tablolarda sunumu, finansal bilgi kullanıcıları açısından önemlidir. Finansal tablolarda yer alan bilgilerin gerçeği yansıtması, anlaşılabilir, zamanında ve karşılaştırılabilir olması birçok kesim tarafından istenilen bir durumdur. Ülkelerin ekonomik göstergeleri, yatırımcıların yatırım kararları, vergi mevzuatı açısından devletin beklentileri ve buna benzer nedenlerden dolayı finansal bilgilerin sayılan özellikleri taşıması gerekmektedir. Uluslararası düzeyde yatırım yapan işletmelerin aynı muhasebe dilini kullanması ve finansal tablolarını düzenlemesinin gerekliliği nedeniyle başta ABD olmak üzere gelişmiş ülkelerin muhasebe kuruluşları tarafından standart çalışmaları 70'li yılların ortalarında başlamış, ülkemizde de 2000'li yıllardan itibaren Türkiye Muhasebe ve Denetim Standartları Kurumu(TMSK) tarafından uygulamaya konulmuştur. TMSK'nın bu görevi 2011 yılında kurulan Kamu Gözetimi ve Denetimi Kurumu(KGK)'na devredilmiştir. KGK 2011 yılından itibaren Türkiye muhasebe standartlarının yayınlanması ve denetlenmesi görevini sürdürmektedir.

Türkiye'deki muhasebe uygulamalarına yön veren ilk gelişme 1989 yılında yürürlüğe konulan ve Türkiye'de muhasebecilik mesleğinin yasal bir statüye kavuşmasını sağlayan 3568 sayılı Serbest Muhasebeci Mali Müşavirlik ve Yeminli Mali Müşavirlik Kanunu'dur. Bu gelişmeye paralel olarak Muhasebe uygulamalarının usul ve esaslarını belirleyen "Muhasebe Sistemi Uygulama Genel Tebliği"(MSUGT) ise Maliye Bakanlığı tarafından 1994 yılı başlangıcından itibaren uygulamaya konulmuştur. Öte yandan Kamu Gözetimi ve Denetimi Kurumu"(KGK), dünyadaki muhasebe alanındaki gelişmelere uyum sağlamak amacı ile "Türkiye Muhasebe Standartları/Türkiye Finansal Raporlama Standartları"(TMS/TFRS)'ni belirlemiş ve uygulamaya koymuştur. Ayrıca KGK tarafından 01.01.2018 yılı başlangıcından itibaren uygulanması zorunlu olan Büyük ve Orta Boy İşletmeler için BOBİ FRS yayınlanmış ve yürürlüğe girmiştir. Tüm bu gelişmeler uluslararası muhasebe standartlarına olan uyum çabalarıdır.

Tarım işletmelerindeki tarımsal faaliyetler için 41 nolu muhasebe standardı bulunmaktadır. Ancak bu işletmelerdeki hasadı yapılan tarımsal ürünlerin muhasebeleştirilme esasları TMS-2 Stoklar Standardına göre yapılmaktadır. 2008 yılında yürürlüğe giren büyük ve orta büyüklükteki işletmeler için uygulanması zorunlu olan BOBİ FRS'lerde ise tarım işletmelerinde muhasebe konusu 7. Bölümde düzenlenmiştir. Stokların muhasebeleştirilmesi konusunda BOBİ FRS ve TMS-2 Stoklar Standardı arasında uyum söz konusu iken Vergi Usul Kanunu ile TMS-2 Stoklar Standardı arasında bazı farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıkların başında değerlendirme esasları gelmektedir. VUK maliyet bedeli esasını öngörürken, Standartlar Gerçeğe uygun değer esasıyla stokların değerlemesini istemektedir.

Bu çalışmada, tarım işletmelerinde hasadı yapılan ürünlerin maliyetlerinin ölçülmesinde ve muhasebeleştirilmesindeki usul ve esaslar ilgili muhasebe standartları ve vergi mevzuatı açısından ele alınarak bir tarım işletmesindeki muhasebe uygulamaları örnek olarak verilmiştir. Örnek uygulamada hem standarda göre hem de Vergi Usul Kanunu hükümlerine göre Gelir Tablosu düzenlenmiş, farklılıklar analiz edilerek nedenleri tartışılmıştır.

## 2. Stok Kavramı

İşletme faaliyetlerinin yürütülmesi için gerekli olan temizlik ve kırtasiye malzemeleri, üretimde kullanılan yarı işlenmiş mamuller ve hammaddeler ile satılmak amacıyla tedarik edilen ticari malları ifade etmek için stok kavramı kullanılmaktadır. İşletmeler açısından hammadde ve diğer sarf malzemeleri kabul edilen bu varlıkların, işletmenin faaliyette bulunduğu bir hesap döneminde tüketilmesi ya da üretimde kullanılması öngörülür. Bu nedenden dolayı Tekdüzen Hesap Planında dönen varlıklar sınıfında yer almaktadır. Ancak bu durum TMS-1 Finansal Tabloların Sunumu Standardı ile çelişmektedir. TMS-1 Standardına göre, bir yıl içerisinde nakde çevrilmesi beklenmeyen stokların da dönen varlık sayılması hususu yer almakta ve bu durumda olan stokların raporlama esnasında bilanço dipnotlarında belirtilmesi gereği vurgulanmaktadır(Sevilengül, O. 2014:78).

Stok Kavramının tanımı TMS-2 Stoklar Standardında şöyle yapılmaktadır; Stok, İşletmelerin normal faaliyetlerindeki iş akışında satılmak amacıyla tedarik edilen veya satılmak maksadıyla üretilip mamul haline getirilen veya tüketilmek amacıyla satın alınan ilk madde ve malzemeler şeklindeki varlık kalemleridir. Bobi Frs’de yapılan stoklar tanımı da TMS-2 standardında yapılan tanımla benzerlik göstermektedir. Vergi Usul Kanununda tarımsal ürünler, zirai mahsul olarak ifade edilmekte ve zirai mahsullerin ilk kayda alınması işleminde maliyet bedeli esas uygulanmaktadır.

BOBİ FRS’nin tarımsal faaliyetler başlığında, hasadı yapılan hayvansal ve bitkisel ürünlerin ilk muhasebeleştirilmesinin ne şekilde yapılacağı izah edilmektedir. Söz konusu bölümde, hasadı yapılmış olan tarımsal ürünlerin maliyet bedeli olarak ilk muhasebeleştirilmesindeki değeri dikkate alınmalıdır(BOBİ FRS md.6:18)

## **2.1. Stokların Değerlemesi**

Değerleme, işletme varlıklarının alınması veya satılması esnasında ona biçilen fiyattır. Başka bir ifade ile bir varlığın serbest bir piyasada alıcı ile satıcının alımı veya satımı noktasında anlaşıldığı tutardır. Stokların değerlendirilmesi konusunda Vergi Mevzuatı ve Muhasebe standartlarında farklı ölçütler bulunmaktadır. Vergi Usul Kanununda stokların değerlendirilmesi maliyet esasına göre yapılmaktadır. VUK md.262’de “ stok satın alma maliyet bedeli” şeklinde bir açıklama bulunmaktadır. Bu açıklamaya göre satın alınan stokun işletme ambarına teslimine kadarki geçen süreçte ödenen tüm harcamalardan oluştuğu anlaşılmaktadır. TMS-2 Stoklar ve BOBİ FRS Standartlarında ise stok maliyetlerinin nelerden oluşabileceği açıkça maddeler halinde belirtilmektedir. Standarda göre bir stokun maliyeti;

- Stok satın alma fiyatı
- Stok için ödenen ithalat vergileri
- Nakliyesi için ödenen ücretler

Şeklinde ifade edilen kalemlerin toplamından oluşmaktadır.

BOBİ FRS ile TMS-2 arasındaki stok maliyetlerinin tespitindeki farklı olan tek husus vadeli alımlarla ilgilidir. BOBİ FRS’ye göre; bir yıla kadar vadeli stok alımlarındaki vade farkı ayrıştırılmayarak ödenecek toplam tutar üzerinden değerlendirilir. Bir yıldan daha fazla vadeli stok alımlarında ise vade farkı ayrıştırılarak peşin fiyatı üzerinden muhasebeleştirilir ve vade farkı finansman gideri olarak muhasebeleştirilir. TMS- 2 Stoklar standardında vade farkı vadenin kısa veya uzunluğuna bakılmaksızın ayrıştırılarak, vade farkı finansman giderlerine kaydedilir. Borçlanma maliyetlerinde ise bir yıldan kısa süreli vadelerde stokların maliyetine dâhil edilecek, bir yıldan uzun süreli stok edinimlerinde ise satışa hazır hale gelinceye kadar geçen süreçteki borçlanma maliyetleri stok maliyetine dâhil edilecektir.

## **1.2. Hasadı Yapılan Tarımsal Ürünlerin Değerlemesi**

Bir canlı varlığın muhasebeleştirilmesinde dikkate alınacak hususlar; söz konusu canlı varlığın işletme tarafından kontrol edilebilme imkânının olması, canlı varlığın satılmasıyla işletmeye gelecekte muhtemel ekonomik fayda sağlaması, canlı varlığın gerçeğe uygun değerinin veya canlı varlığın maliyetinin güvenilir bir şekilde ölçülmesi şeklinde sıralanabilir(Buyruk Akbaba, 2015: 88).

Tarımsal faaliyetlerin muhasebeleştirilme konusu TMS-41 standardında ele alınmaktadır. Ancak hasadı yapılan tarımsal ürünler ile ilgili muhasebe uygulamaları için TMS-2 Stoklar Standardının usul ve esasları uygulanacaktır. TMS 2 Stoklar Standardına göre hasadı yapıldıktan sonra tarımsal ürünlerden oluşan stokların değerlendirilmesi, hasadın gerçekleştiği yerdeki aktif bir piyasada oluşan gerçeğe uygun değerinden satış maliyetleri düşüldükten sonra bulunan değer üzerinden ölçülür. Ölçülen bu değer, hasadı yapılmış ve satışa hazır halde olan tarımsal ürünün maliyetidir(Kaya, H.P. 2018:277).

TMS-41 Standardına göre hayvansal ve bitkisel ürünlerin değerlendirilmesinde aktif bir piyasanın varlığına vurgu yapmaktadır. Aktif piyasada makul bir fiyatın bulunması, yani alıcı ile satıcının ortak noktada anlaşıldığı fiyatın olması, Stokların gerçeğe uygun değeriyle ölçülmesi bakımından son derece önemlidir. Birden fazla piyasanın olması halinde ise stokun işlem gördüğü piyasa dikkate alınacaktır. Aktif bir piyasanın olmaması durumunda ise stoklar için gerçeğe uygun değer belirlenmesinde; en son piyasada işlem görmüş fiyat esas alınmalıdır. Bu ölçünün uygulanmasında ekonomik koşullarda anormal bir durumun olmaması şartı aranır. Ayrıca benzer türden varlıklara ait piyasalardaki işlem fiyatı veya emsal fiyatı da stokun değerlendirilmesinde kullanılabilir(Büyükipেকci ve Kâğıtçı, 2015: 109-110).

Stok değerlendirilmesi ile ilgili diğer bir ölçüt BOBİ FRS’de yapılmıştır. BOBİ FRS bölüm.7 de Tarımsal Faaliyetler başlığında hasadı yapılmış olan tarımsal ürünlerin ilk muhasebeleştirilmesinde nasıl ölçülmesi gerektiği anlatılmaktadır. Hasadın yapılmasından sonra stok olarak değerlendirilen tarımsal ürünlerin maliyet bedeli olarak ilk kayda alınmasındaki tespit edilen değeri dikkate alınır. Buna göre; tarımsal ürünler, hasadı yapılmış tarımsal ürünler satış için pazar maliyetleri düşüldükten sonraki gerçeğe uygun değeri üzerinden ölçülmeli ve ilk muhasebeleştirme esnasındaki kazanç ve kayıplar cari dönemin gelir ve giderleri içerisinde gösterilmelidir. TMS-2 Stoklar standardında ise; 41 nolu Tarımsal faaliyetler standardında ifade edildiği gibi, hayvansal ve bitkisel canlılardan elde edilen tarımsal ürünlerin değerlendirilmesi “ hasat yerindeki gerçeğe uygun değerinden satış maliyetlerinin indirgenmesi sonucu elde edilen net gerçeğe uygun değeriyle yapılmalıdır.

Tarımsal ürünlerin stok olarak ilk muhasebeleştirilme ve raporlama dönemindeki değerlemeleri konusunda BOBİ FRS ile TMS-2 Stoklar standardının hükümleri benzerlik göstermektedir. Ancak, Vergi Usul Kanununda “net gerçeğe uygun değer” kavramına yer verilmediği için, stokların değerlendirilmesinde “maliyet değeri” esas alınmaktadır. Standartların ve vergi mevzuatının bu konuda farklı uygulamaları olması, Stokların değerlendirilmesi konusunda muhasebe uygulayıcılarını zorlamaktadır(Selvi ve Ercan, 2018:54).

### 1.3. Stokların Değerlemesinde Vergi Mevzuatı ve Standartlar Arasındaki Farklılıklar

Muhasebe standartları, işletmede gerçekleşen mali olayların kaydedilmesi, sınıflandırılması ve raporlanmasına yönelik usul ve esasları belirleyen, finansal bilgi kullanıcılarına yönelik olarak hazırlanan finansal tabloların ve dipnotların sunum şekillerini düzenleyen, aynı zamanda hangi işletmelerin uygulayacağını belirleyen ve uygulanması zorunlu tutulmuş muhasebe kurallarıdır. Uygulamaya konulan standartların çoğu ekonominin tüm sektörlerinde uygulanacak tarzda hazırlansa da, ayrıcalıklı sektörler için özel olarak hazırlanmış standartlara da yer verilmiştir (Arzova ve Poroy, 2006:135).

TMS-2 Stoklar Standardı, Büyük ve Orta Boy İşletmeler için Finansal Raporlama Standardı (BOBİ FRS) ve Türkiye Vergi Mevzuatında stokların değerlemesi konusundaki bazı farklılıklar aşağıdaki tabloda gösterilmektedir.

Tablo 1: Stoklarda değerlendirme Farklılıkları

KONU	TMS-2 Stoklar	BOBİ FRS	VUK
İlk kayıt	Stokun, Net Gerçeğe Uygun Değeri ve Maliyet Bedeli arasından düşük olanı ile kaydedilir.	Stokun, Net Gerçeğe Uygun Değeri ile Maliyet Bedeli arasından düşük olanı ile kayda alınır.	Maliyet Bedeli ile kayda alınır.
Vade ve kur farkı giderlerinin kaydı	Stokların tedarik aşamasında vade farkları ile kur farkları stokun peşin değerinden ayrıştırılır ve vade farkları dönem gideri olarak muhasebeleştirilir.	Stokların tedarik aşamasında 1 yıla kadar olan vadelerde, vade farkı ayrıştırılmaz, stok maliyetine eklenir.	Stokların tedarik aşamasında vade ve kur farkları ayrıştırılmaz, stok maliyet bedeline dâhil edilir.
Özellikli varlıklarda vade ve kur farkı	Kullanımı veya satışa hazır hale gelmesi 1 yıldan uzun süren stoklar için vade ve kur farkı maliyet bedeli içerisinde izlenir.	Satışa hazır hale gelebilmesi için üretimi bir yıldan fazla süren stoklar için katlanılan borçlanma maliyetleri, satışa hazır hale gelinceye kadar stok maliyetine kaydedilir.	Satışa hazır hale gelinceye kadar katlanılan vade ve kur farkları, stok maliyet bedeli olarak kabul edilir.
Stok değerlendirme	Gerçek parti maliyet, FIFO, Ortalama Ağırlıklı Maliyet	Gerçek parti maliyet, FIFO, Ortalama Ağırlıklı Maliyet	Gerçek parti maliyet, FIFO, Ortalama Ağırlıklı Maliyet
Değer düşüklüğü	Net Gerçek Değeri Maliyet Bedelinden düşük ise, stok değer düşüklüğü söz konusudur ve karşılık ayrılarak Gelir Tablosunda raporlanır.	Net Gerçek Değeri Maliyet Bedelinden düşük ise, stok değer düşüklüğü söz konusudur ve karşılık ayrılarak Gelir Tablosunda raporlanır.	Satış fiyatının, maliyet bedelinin %10 veya altında olması halinde değer düşüklüğü söz konusudur karşılık ayrılarak Gelir Tablosunda raporlanır.
Maliyet yöntemi	Normal maliyet yöntemi esas alınır ve kapasite sapmaları dönem gideri olarak kaydedilir.	Tam maliyet ve normal maliyet yöntemi esas alınır ve sapmalar Satışların Maliyeti kaleminde izlenir.	Tam maliyet yöntemi esas alınarak, sapmalar dikkate alınmaz.

Kaynak, Öztürk,2017:145.; Arısoy ve Tuğay, 2019: 156'dan türetilmiştir.

İçerik bakımından TMS-2 Stoklar Standardı ile BOBİ FRS standardı arasında genelde bir uyum söz konusu olmakla birlikte bazı ayrıntılarda farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar aşağıdaki başlıklarda ele alınmıştır (Gençoğlu, Ü.G. 2017:13).;

- BOBİ FRS'de, Stokların vadeli alımlarında bir yıldan az olan vadelerde vade farkı ayrıştırılmaz ve stok maliyetine eklenir. Bir yıldan uzun vadelerde ise vade farkı ayrıştırılarak finansman giderlerine kaydedilir.
- Dönüştürme maliyetlerinin belirlenmesinde TMS-2 normal maliyet yöntemini önerirken, BOBİ FRS tam maliyet yönteminin kullanılmasını esas almaktadır.

### 3. Hasadı Yapılan Süt Ürünün Maliyetlerinin Hesaplanması ve Muhasebeleştirilmesine Yönelik Örnek Uygulama

Örnek uygulamadaki tarım işletmesinin muhasebe verileri, canlı varlık olan büyükbaş hayvancılık üretimi yapan et ve süt ürünlerinin üretimi ve pazarlanması faaliyetlerini gerçekleştiren XYZ Tarım ve Hayvancılık Ltd. Şti.'nden alınmıştır.

- Damızlık ve besi hayvanı yetiştiriciliğinin yanı sıra süt ve süt ürünlerinin üretimi yapılmaktadır.
- 10 işçi vardiya usulü çalışmakta olup, büyükbaş canlı varlıklar için veterinerlik hizmeti dışardan satın alınmaktadır.

- Canlı büyükbaş hayvanların takibinde sürü yönetim sistemi kullanılmaktadır.
- İşletme toplam 170 adet büyükbaş canlı hayvana sahiptir. Bunların 50 adedi et üretimi amacıyla beslenen besi hayvanı, 80 adedi süt üretiminde kullanılan olgunlaşmış inek ve 40 adet olgunlaşmamış inek bulunmaktadır.
- Örnek uygulamamızda KDV göz ardı edilmiştir.

Tablo:2 XYZ Tarım işletmesi 2019 Yılı Üretim Maliyetleri

	<b>Mamullerin Üretimi için Yapılan Giderler</b>	<b>Toplam</b>
0	Ham Madde Malzeme ve Diğer Malzeme Giderleri	672.000
1	İşçilik Ücretleri ve Diğer Giderleri	87.000
3	<b>Genel İmalat Giderleri</b> - Enerji giderleri 8.400 - Suni Tohumlama 22.500 - Endirekt İşçilik 21.600 - Endirekt madde malzeme 18.000 - İlaç giderleri 25.500	96.000
	<b>TOPLAM</b>	<b>855.000</b>

Tablo:3 XYZ Tarım işletmesi 2019 Yılı Dönem Gelir ve Giderleri

<b>İşletme Dönem Giderleri</b>		<b>İşletme Dönem Gelirleri</b>	
Sağmal İnek Yem Maliyeti	496.125	Satış Gelirleri (Süt)	764.156,25
Diğer Hayvan Yem Maliyet.	175.875	Canlı Hayvan Satış Geliri	340.500
Direkt İşçilik Maliyetleri	87.000	Olgunlaşmış İnek Satış Geliri	23.100
Sarf Malzemesi Tüketimleri	18.000	Sağmal İnek Teşvikleri	36.000
Diğer Giderler	5.400	Süt Satışı teşvik gelirleri	32.175
Suni Tohumlama Maliyeti	22.500	Hayvansal Gübre Satışları	4.875
Enerji Giderleri	8.400		
Veteriner Hizmet Giderleri	14.400		
İlaçlama Giderleri	21.600		
Pazarlama Giderleri	4.050		
<b>TOPLAM</b>	<b>864.450</b>	<b>TOPLAM</b>	<b>1.200.806,25</b>

**Giderlerin 7/B seçeneğine göre kaydı**

İşletme ambarından Toplam 672.000 TL değerinde hayvan yemi ve 18.000 TL değerinde temizlik malzemesi ve kırtasiye malzemesi kullanılmıştır.



	<b>790 İLK MADDE VE MALZEME GİDERLERİ</b> 010. Direkt Malzeme 672.000 11. Yatırım Gider Yeri 21.375 12 Yatırım Gider Yeri 92.700 1002 Esas Üretim Gider Yeri 21.300 1003 Esas Üretim Gider Yeri 105.975 2004 Esas Üretim Gider Yeri 430.650 <b>150 İLK MADDE VE MALZEME</b> 01. Hayvansal Yem 672.000	672.000	672.000
	Hammadde Gideri		
	<b>790 İLK MADDE VE MALZEME GİDERLERİ</b> 020. İşletme malzemesi 18.000 <b>150 İLK MADDE VE MALZEME</b> 02.İşletme malzemesi 18.000	18.000	18.000
	Malzeme kullanımı		

- Veterinere sağlık hizmetleri karşılığında 21.600 TL ödenmiştir.

	.../.../20.. <b>793 DIŞARDAN SAĞLANAN FAYDA VE HİZMETLER</b> 320. Veterinerlik Bakım Hizmeti 21.600	21.600	
	100 KASA		21.600
	Veteriner Ücreti ödemesi		

- Döneme ait işçi ücretleri brüt 87.000 TL olarak hesap edilmiştir.

	<b>791 İŞÇİ ÜCRET VE GİDERLERİ</b> 100. Esas İşçilik 87.000	87.000	
	<b>381 GİDER TAHAKKUKLARI</b> İşçilik Giderleri Tahakkuku		87.000

- Hasadı yapılan yıllık süt üretimi 536.250 litredir. Litre fiyatı 1.425 TL'den satılarak toplam 764.156,25 TL satış geliri olarak kaydedilmiştir.

	.../.../20.. 100 KASA	764.156,25	
	<b>600 YURTİÇİ SATIŞLAR</b> 03.Süt Satışları		764.156,25
	Süt Satışı		

- Hayvansal teşvikler kapsamında 80 adet Sağmal inek için hayvan başı 450 TL teşvik alınmıştır.

	102 BANKA	.../.../20..	36.000	
	Sağmal destek primi	602 DİĞER GELİRLER 01. Sığır Teşvik Gelirleri		36.000

#### - Süt Üretim Maliyetinin Hesaplanması

Sağmal inekler için yapılan maliyetlerin hesaplanmasında ilgili gider yerinde hesaplanan maliyetlerin tamamı süt üretim maliyetine yüklenmez. Çünkü sağmal inekler için verilen yem maliyetlerinin bir kısmı yaşam payı olarak hesaplanarak 635 Canlı varlık üretim giderlerine yüklenmektedir. Hayvanlara verilen günlük yem miktarları, hayvanlardan sağlanan günlük süt verimliliklerine göre değişmektedir. Günlük hayvanlara verilecek yem miktarının hesaplanmasında "Canlı ağırlık / 40" formülü uygulanır (Top, 2009: 66). Bu formülün uygulanmasıyla sağmal inekler için ortalama ağırlıkları 600 kg olarak kabul edilip formüldeki payda olan 40 sayısına bölüldüğünde verilecek yem miktarı günlük 15 kg olarak bulunmaktadır. Aşağıdaki örnek uygulamada karşılaştırma yapılarak günlük yem miktarı hesap edilmiştir.

- Hamile İnekler İçin Yem Miktarı = 13,75 kg./gün
- Sağmal İnek Günlük Yem Miktarı = 25,75 kg./gün
- Yaşam Payı =  $13,75 / 25,75 = 0,5340$
- Süt Verim Payı =  $1 - 0,5340 = 0,4660$

- Sağmal İnek Yem Gideri: 496.125 TL
- Sağmal İnek Yaşam Payı =  $496.125 \times 0,5340 = 264.930,75$  TL
- Süt Verim Payı =  $496.125 \times 0,4660 = 231.194,25$  TL

Süt üretim maliyeti hesaplanırken sağmal inekler için hesaplanan yaşam payları dikkate alınmamaktadır. Bununla birlikte süt içen buzağuların doyurulmasında kullanılan beş sağmal ineğin yem maliyetleri de süt üretim maliyetinin dışında tutularak buzağuların üretim maliyetlerine aktarılır.

- Süt Üretim Maliyeti =  $609.653,1 - 264.930,75 = 344.722,35$
- Satılan sütün maliyeti =  $344.722,35 \times 70/75 = 321.740,86$
- Satılmayan Sağmal Süt Maliyeti =  $344.722,35 - 321.740,86 = 22.981,5$

Buzağı başı süt maliyeti =  $22.981,5 / 15 = 1.532,1$  TL

- Buzağı (Erkek Süt İçen) 10 x 1.532,1 TL = 15.321 TL
- Buzağı (Dişi Süt İçen) 5 x 1.532,1 TL = 7.660,5 TL

#### Sağmal İneklerin Maliyetlerinin yansıtılması

II. Dağıtımdan sonra süt üretim maliyeti sütununun dikey toplamı 609.653,1 TL olarak bulunmuştur. Toplam maliyetten sağmal ineklerin yaşam payı 264.930,75 TL düşüldükten sonra kalan 344.722,35 TL süt üretim maliyeti olarak 799 no'lu hesaba yansıtılmıştır.

31/12/2019			
799 ÜRETİM MALİYET HESABI 01.Süt Üretim Maliyeti 344.722,75		344.722,35	
635 CANLI VARLIK ÜRETİM GİDERLERİ 01.Süt Üretim Giderleri		264.930,75	
798 GİDER ÇEŞİTLERİ YANSITMA HESABI 01.Sağmal Maliyetleri			609.653,1
Maliyetlerin yansıtılması			
635 CANLI VARLIK ÜRETİM GİDERLERİ 01.Süt Üretim Giderleri 344.722,35		344.722,35	
799 ÜRETİM MALİYET HESABI 01.Süt Üretim Maliyeti 344.722,35			344.722,35
Maliyetlerin yansıtılması			

-Hasadı yapılan sütün net gerçeğe uygun değeri 330.000 TL olarak hesaplanmıştır.

31/12/ 20..			
155 TARIM ÜRÜNLERİ 01. Süt 3300.000		330.000	
604 TARIMSAL ÜRÜN DEĞERLEME FARKI			330.000
Süt hasadının değerlendirilmesi			

-Sütün tamamı satılmıştır.

620 SATILAN MAMUL MALİYETİ 01.Süt Maliyeti 330.000		330.000	
155 TARIM ÜRÜNLERİ 01. Süt 330.000			330.000
Üretim maliyetini devri			

-Faaliyet döneminde elde edilen süt hasadının 536.250 litre olduğu tespit edilmiş ve litre başına 0.06 TL teşviki elde edilmiştir.

.../.../20..			
102 BANKA		32.175	
602 DİĞER GELİRLER 02. Süt Teşvik Gelirleri			32.175
Süt Teşvik Primi			

-Faaliyet dönemi içerisinde yirmi adet hamile düveden on iki dişi sekiz erkek buzağının doğumu gerçekleşmiştir. Doğumu gerçekleştiren sağlıklı buzağuların aktif piyasadaki gerçeğe uygun değerleri birim başına 1.950 TL olarak tespit edilmiştir.

164 BÜYÜKBAŞ CANLI HAYVANLAR 10. 01 Buzağı (süt içen) Erkek 15.600	15.600	
218 YAPILMAKTA OLAN CANLI VARLIK YATIRIMLARI 10.01 Buzağı (süt içen) Dişi 23.400	23.400	
606 CANLI VARLIK DEĞERLEME FARKLARI Buzağı Doğumu		39.000

### **Maliyetlerin Yansıtılması**

İşletmenin 1 Ocak ile 31 Aralık olan faaliyet dönemi içerisinde gerçekleşen giderleri 7/B seçeneğine göre kayda alınmıştır. 31 Aralık itibariyle dönem sonu işlemleri yapılmış ve gerekli kayıtlardan sonra maliyet hesapları ilgili üretim maliyet hesabına ve dönem giderlerine yansıtılarak kapatılmıştır. Bu giderlerin Gelir tablosuna aktarımı ile işletmenin faaliyet sonu ortaya konmuş olur.

#### *- Besideki hayvanların üretim maliyetlerinin yansıtılması*

31/12/2019 635 CANLI VARLIK ÜRETİM GİDERİ 02.Besi üretimi giderleri 188.978,85	188.978,85	
798 GİDER ÇEŞİTLERİ YANSITMA HESABI 02.Besi Üretim Maliyeti		188.978,85
Maliyetlerin Yansıtılması		

#### *- Olgunlaşmamış inek Maliyetlerinin yansıtılması*

635 CANLI VARLIK ÜRETİM GİDERİ 03.olgunlaşmamış inek üret. Gideri	173.770,26	
798 GİDER ÇEŞİTLERİ YANSITMA HESABI 03.olgunlaşmamış inek		173.770,26
Maliyetlerin Yansıtılması		

### **Dönem Sonunda Kâr ve Zararın Tespiti**

Dönem sonunda maliyet hesaplarında biriken giderlerin ilgili sonuç hesaplarına yansıtılmasından sonra yapılması gereken iş dönemin faaliyet sonucunu ortaya koyan Gelir Tablosunun düzenlenmesidir. Tekdüzen hesap planında 6. Sınıfta yer alan gelir ve gider hesaplarının bakiyeleri tabloya bir düzen çerçevesinde yerleştirilmektedir. En küçük grup olan 60 Brüt Satışlar gurubundan başlayarak bütün gelirler ve giderler tabloda yer almaktadır. Gelir Tablosunda 60 Brüt Satışlar, 64 Diğer Olağan Faaliyetlerden Elde Edilen Gelirler ve 67 Diğer Olağandışı Gelir ve Karlar grupları gelir hesaplarından oluşmaktadır. Bu üç gruptaki veriler tabloda matematiksel işleme tabi tutulurken gelir yani + olarak değerlendirilip diğer gruplardan sağlanan veriler eksi olarak işleme tabi tutulmaktadır. Tablonun en alt bölümünde bulunan tutar artı bir rakamı veriyorsa bu durum dönem net karının olduğunu göstermektedir. Aksi durum işletme zarar etmiş demektir.

Örnek uygulamamızda, 2019 yılındaki işletme faaliyetlerinden elde edilen dönem gelirleri ile katlanılan giderlerin karşılaştırılması sonucunda bulunan dönem net karı TMS-41 Tarımsal Faaliyetlerin Muhasebeleştirilmesi standardına göre ve VUK'a göre ayrı olarak aşağıdaki finansal tablolarda düzenlenmiştir.

Tablo.4. XYZ Tarım işletmesi 31/12/2019 Tarihli Gelir Tablosu  
( TMS-41 Tarımsal Faaliyetler Standardına göre)

<b>A- SÜRDÜRÜLEN FAALİYETLER</b>		1.855.031,25
1.	Yurtiçi Satışlar	1.104.656,25
2.	Diğer Gelirler	68.175
3.	Tarımsal Ürünler Değerleme Farkı	330.000
4.	Canlı Varlıklar Değerleme Farkları	352.200
<b>B- SATIŞ İNDİRİMLERİ (-)</b>		-
<b>D- SATIŞLARIN MALİYETİ (-)</b>		(670.500)
1-	Satılan Mamul Maliyeti (-)	330.000
2-	Satılan Canlı Varlık Maliyeti (-)	340.500
<b>E- CANLI VARLIK ÜRETİM GİDERLERİ (-)</b>		(972.402,15)
<b>BÜRÜT SATIŞ KARI</b>		<b>212.129,1</b>
<b>F- FAALİYET GİDERLERİ (-)</b>		(25.289,19)
1-	Araştırma ve Geliştirme Giderleri (-)	
2-	Pazarlama Satış ve Dağıtım Giderleri (-)	15.526,95
3-	Genel Yönetim Giderleri (-)	9.762,24
<b>FAALİYET KARI</b>		<b>186.839,91</b>
<b>G- DİĞER FAALİYETLERDEN OLAĞAN GELİR VE KARLAR</b>		4.875
1-	Diğer Olağan Gelirler	4.875
<b>H- DİĞER FAALİYETLERDEN OLAĞAN GİDER VE ZAR (-)</b>		-
<b>I- FİNANSMAN GİDERLERİ (-)</b>		-
<b>VERGİ ÖNCESİ KAR</b>		<b>191.714,91</b>
<b>L- DÖNEM VERGİ VE DİĞER YASAL YÜKÜMLÜLÜK KARŞILIK. (-)</b>		(65.343)
<b>DÖNEM NET KARI</b>		<b>126.371,91</b>

Tablo.5. XYZ Tarım işletmesi 31/12/2019 Tarihli Gelir Tablosu (VUK'a göre)

<b>A. BRÜT SATIŞLAR</b>		<b>1.109.531,25</b>
1.	Yurtiçi Satışlar	1.104.656,25
2.	Diğer Gelirler	3.250
<b>B. SATIŞ İNDİRİMLERİ (-)</b>		-
<b>C. NET SATIŞLAR</b>		<b>1.109.531,25</b>
<b>D. SATIŞLARIN MALİYETİ (-)</b>		<b>(977.003,1)</b>
1.	Satılan Süt Maliyeti	732.503,1
2.	Satılan Besi Hayvan Maliyeti	244.500
<b>• BRÜT SARIŞ KARI</b>		<b>132.528,15</b>
<b>E. FAALİYET GİDERLERİ (-)</b>		<b>(25.289,19)</b>
1.	Pazarlama Satış ve Dağ. Giderleri	15.526,95
2.	Genel Yönetim Giderleri	9.762,24
<b>• FAALİYET KARI</b>		<b>107.238,96</b>
<b>F. DİĞER FAALİYETLERDEN OLAĞAN GELİR VE KAR</b>		<b>75.525</b>
1.	Diğer Olağan Gelir ve Kâr	75.525
<b>G. DİĞER FAALİYETLERDEN OLAĞAN GİDER VE ZARARLAR</b>		-
<b>H. FİNANSMAN GİDERLERİ</b>		-
<b>• OLAĞAN KAR</b>		<b>182.763,96</b>
<b>İ. DİĞ. OLAĞANDIŞI GELİR VE KAR</b>		-
<b>J. DİĞ. OLAĞANDIŞI GİDER VE ZARAR</b>		-
<b>• DÖNEM KARI</b>		<b>182.763,96</b>
<b>K. DÖNEM KARI VE DİĞER YASAL YÜKÜMLÜLÜK KARŞ.</b>		<b>(59.172,792)</b>
1.	Dönem Vergi ve Yasal Yük.	24.368,528
2.	Ertelenmiş Vergi Yükümlülüğü	15.080
<b>DÖNEM NET KARI</b>		<b>123.591,68</b>



## 4. Sonuç

İhtiyaç duyulan bilgiyi zamanında, anlaşılabilir ve karşılaştırılabilir olarak sunmak muhasebenin başlıca görevidir. İşletme diye tabir edilen iktisadi ve ekonomik birimlerde meydana gelen ve değer yaratan mali olaylar, belgelendirmek koşuluyla muhasebe tarafından gerekli olan defterlere kaydedilir ve sınıflandırılır. Muhasebe tüm bu fonksiyonları yerine getirirken Tekdüzen Muhasebe Sistemi Uygulama Genel Tebliğiyle belirlene kurallara ve ilgili yönetmeliklere uymak zorundadır. Mali olayların yarattığı değer hareketlerinin kaydedilmesi ve sınıflandırılması Tekdüzen Hesap Planındaki ilgili hesap kullanılarak yevmiye ve kebir defterlerine yapılır. Muhasebenin diğer bir görevi de gerektiğinde işletmeyle ilgili finansal olayları raporlayarak Mali Tablolar şeklinde ilgili taraflara sunmaktır. Bilanço Tablosu ile işletmenin belirli bir tarihteki mevcutları, alacakları, borçları ve sermayesi toplu olarak gösterilir. Gelir Tablosu ile de işletmenin belirli tarihler arasındaki faaliyetlerinden elde ettiği gelirler ile katlanmak zorunda olduğu giderler gösterilir. Gelir Tablosu işletmenin performansını gösterirken, bilanço işletmenin mali durumunu gösteren bir mali tablodur.

Örnek uygulamamızdaki muhasebe kayıtlarına göre gelir tablosu TMS-41 ve VUK'a göre düzenlendiğinde dönem net karının değiştiği görülmektedir. Standarda göre düzenlenmesi durumunda **126.371,91 TL** dönem net karı hesaplanırken VUK'a göre **123.591,68 TL** hesaplanmaktadır. Bunun nedeni, stokların değerlendirilmesinde VUK maliyet bedeli yaklaşımını benimsemekte, standartlar ise gerçeğe uygun değer yaklaşımının uygulanmasını öngörmektedir. Uygulama örneğimizde maliyetlerim 7/B çeneği ile izlenmesinin kanaatimizce daha uygun olacağı savunulmaktadır. Çünkü çeşit esasına dayanan 7/B seçeneğinde tarımsal ürünlerin üretim sürecinde ortaya çıkan giderlerin kaydedilmesi ve maliyetlerin tespiti daha kolay olmaktadır. Ayrıca THP'de yer alan hesapların tarım işletmelerinin işlevine uygun hesaplarla zenginleştirilmesi gerekmektedir. Örnek uygulamamızda tarafımızca önerilen ve stoklar gurubunda açılması gereken 155 Tarımsal Ürünler hesabı tarım işletmelerinin uygulamadaki ihtiyaçlarını karşılayacak düzeyde bir hesap olarak düşünülmektedir. Ayrıca Özkan ve Aksoylu tarafından önerilen 635 Canlı Varlık Üretim Giderleri hesabı da faaliyet giderleri grubunda yer alan ve tarım işletmeleri için bir faaliyet gider yeri olarak düşünülen açılması gerekli önemli bir hesap olarak gözükmektedir.

Üretim işletmelerinde üretim sonucu elde edilen mamul olarak ifade edilen stoklar, işletmelerin sürekliliğini büyük ölçüde etkileyen ve aktifler toplamındaki işlevleri gereği önemli paya sahip varlık kalemleridir. Tarım işletmeleri için hasadı yapılmış ve satışa hazır olan ürünler stok kalemleri olarak değerlendirilir. Tarımsal faaliyetlerinin muhasebeleştirilmesi ile ilgili TMS-41 Standardının hükümleri, hayvansal ve bitkisel üretim faaliyetlerinin üretim sürecine yönelik muhasebeleştirme usul ve esaslarını belirlemektedir. Üretim sonucu hasadı yapılan hayvansal ve bitkisel ürünlerin muhasebe açısından değerlendirilmesi konusunda TMS-2 Stoklar ve ilgili diğer standartları referans gösterilmektedir. Yani hasadı yapılmış ve satışa hazır olan ürünlerin muhasebeleştirilmesinde TMS 2 Stoklar Standardının hükümleri uygulanacaktır.

Türkiye'de stokların değerlendirilmesi konusunda hâlihazırda iki standart bir de vergi mevzuatı hükümleri bulunmaktadır. TMS-2 ve BOBİ FRS'de yer alan hükümler birbiriyle genelde uyumlu iken, vergi mevzuatındaki hükümler söz konusu standartlarla çelişmektedir. Oysa muhasebe uygulamaları tüm Dünyada standartlaşma felsefesini benimserken ülkemizdeki farklı uygulamalar ilgili bütün taraflar için sorunlar oluşturmaktadır. Muhasebe tarafından hazırlanan finansal tablolarda yer alan bilgilerin, gerçeğe uygun, anlaşılabilir ve zamanında olması gerekmektedir. Bu açıdan bakıldığında vergi mevzuatının bir an önce güncellenerek standartlarla uyumlaştırılması büyük önem arz etmektedir. Bu uyum küreselleşen dünyada muhasebe uygulamalarına yön veren standartların yakalanması açısından da değerli olacaktır.

## Kaynakça

- Arısoy, K. ve Tuğay, O. (2019). Stok Maliyetlerinin Ulusal ve Uluslararası Mevzuat Çerçevesinde İncelenmesi ve Bir Uygulama, *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 3(1), s.155-178.
- Arzova, B. ve Poroy, A. A. (2006). "Türkiye Muhasebe Standartlarında Gerçeğe Uygun Değer Yaklaşımı ve TMS 41 Çerçevesinde Canlı Varlıkların Gerçeğe Uygun Değerlerinin Belirlenmesi", *Vergi Sorunları Dergisi*, Sayı: 216.
- Buyruk Akbaba, A. N. (2015), "Canlı Varlıkların Değerlemesi, Muhasebeleştirilmesi Ve Raporlanması: Borsa İstanbul'da (Bist) Kayıtlı Tarım, Orman Ve Balıkçılık Alanında Faaliyet Gösteren İşletmelerde Analiz", *Bitlis Eren Üniversitesi SBE Dergisi*, 4(2),s. 81-106.
- Büyükipেকci, S. ve Kâğıtçı, A. (2015), "Tarımsal Faaliyetlerin TMS 41'e Göre Muhasebeleştirilmesi", *KSÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(1),s. 105-113.
- Gençoğlu, Ü.G. (2017). Temel Konularda BOBİ FRS ve TMS/TFRS Karşılaştırması, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, sayı 76, s. 1-23.
- Kaya, H.P. (2018). Stoklara İlişkin Tms 2 ve Bobi Frs Karşılaştırması, *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 20(2), s. 262-285.
- Sevilengül, O. (2014). *Genel Muhasebe*, Ankara: Gazi Kitabevi.
- Selvi, Y. ve Ercan, M. (2018). Bobi FRS kapsamında Stoklar, *Muhasebe Enstitüsü Dergisi*, 16(59), s. 47 – 57
- Tunçez, H.A. (2018). Büyük ve Orta Boy İşletmeler İçin Finansal Raporlama Standardı (BOBİ FRS) İle Türkiye Muhasebe Standartları (TMS) Arasındaki Temel Farklılıklar, *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(61)s. 1019-1024.
- Özerhan, Y. (2016). "Yerel Finansal Raporlama Çerçevesi Taslağındaki Ölçümleme Esasları Üzerine Bir Değerlendirme", *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 18(2), s. 307 – 336.
- Özkan, A. ve Aksoylu, S. (2012). "TFRS'ye Göre Tarım Sektöründe Gerçek Değer Muhasebesi (TMS-41): Hayvancılık Örneği- Bir Yanılgı Uyarısı-1," *Yaklaşım Dergisi*, s.132-136.
- Öztürk, E. (2017), "Stok Maliyetlerinin Ölçüm Ve Muhasebeleştirilmesi Esaslarının VUK, TMS/ TFRS ve YFRÇ Taslağı Açısından Karşılaştırılması", *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (28), ss.141-158.
- Top, T. (2009). Türkiye Muhasebe Standartlarına Göre Canlı Varlıkların değerlendirilmesi; büyükbaş hayvanlar üzerinde bir uygulama, *(SDÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi)*.

<https://www.kgk.gov.tr>



# Türkiye de İthalat İhracat İle Enflasyon Arasında Nedensellik Analizi

Alper Gedik<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, Beyşehir Ali Akkanat İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9085-5605

(İlk Geliş Tarihi 8 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 26 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.734408)

**ATIF/REFERENCE:** Gedik, A. (2020). Türkiye de İthalat İhracat İle Enflasyon Arasında Nedensellik Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 323-333.

## Özet

Enflasyon ülkeler açısından çözülmesi gereken ekonomik sorunların başında gelmektedir. Özellikle dışa açık ekonomilerde enflasyona neden olan içsel faktörlerin yanında dışsal birçok faktörde ön plana çıkmaktadır. Diğer ülkelerle olan ithalat ve ihracat ilişkileri ülkelerin enflasyonun oluşumuyla ne oranda bağlantılı olduğunu öğrenmek, ülkelerdeki ekonomi politikalarında karar alıcılar açısından önem arz etmektedir. Buradan yola çıkarak enflasyon ile ithalat ihracat verileri arasındaki nedensellik ilişkisinin uygun dönemler itibari ile incelenmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

Çalışmada enflasyon ile ihracat ve ithalat verileri arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Çalışmada Türkiye İstatistik Kurumunun açıkladığı verilerden yararlanılmıştır. Çalışma 2008 ile 2016 yıllarını kapsamaktadır. Çalışmada bu yıllara ait aylık veriler kullanılmıştır. Çalışmada seriler durağan hale getirildikten sonra Johansen eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik analizi seriler üzerinde uygulanmıştır. Çalışmada eşbütünleşme analizi sonucunda seriler arasında anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Yapılan Granger nedensellik analiz sonucunda İhracat-İthalat ve İthalat-İhracat sonucuna bakıldığında ihracat ithalatın nedeni değildir. İthalat ihracatın nedenidir. Sonuca bakıldığında tek taraflı bir nedensellik vardır. Enflasyon-İhracat ve İhracat-Enflasyon sonucunda enflasyon ihracatın nedenidir. İhracat enflasyonun nedenidir. Sonuç olarak iki değişken arasında nedensellik vardır. Enflasyon-İthalat ve İthalat-Enflasyon sonucunda enflasyon ithalatın nedeni değildir. İthalat enflasyonun nedenidir. Sonuca bakıldığında tek taraflı bir nedensellik vardır.

**Anahtar Kelimeler:** Enflasyon, İthalat, İhracat, Nedensellik Analizi.

## Causality Analysis Between Import Export and inflation in Turkey

### Abstract

Inflation is one of the economic problems that need to be solved for countries. Especially in outward-oriented economies, besides the internal factors that cause inflation, external factors come to the fore. Import and export relations with other countries are important for decision makers in the economic policies of the countries to learn how countries are related to the formation of inflation. From this point of view, it is thought that it is necessary to examine the causality relationship between inflation and import and export data as of appropriate periods.

In the study, the relationship between inflation and export and import data was analyzed. The study has utilized data provided by the Turkey Statistical Institute. The study covers the years 2008 and 2016. Monthly data for these years were used in the study. After the series became stationary in the study, Johansen cointegration test and Granger causality analysis were applied on the series. In the study, as a result of cointegration analysis, a significant relationship was determined between the series. As a result of the Granger causality analysis, export-import and import-export results are not the reason of import. Imports are the cause of exports. Looking at the result, there is a one-sided causality. Inflation-Export and Export-Inflation is the cause of exports as a result of inflation. Export is

<sup>1</sup> Sorumlu Yazar: Selçuk Üniversitesi, Beyşehir Ali Akkanat İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9085-5605, [alpergedik@selcuk.edu.tr](mailto:alpergedik@selcuk.edu.tr)

the cause of inflation. As a result, there is causality between the two variables. Inflation-Import and Import-Inflation is not the cause of imports as a result of inflation. Imports are the cause of inflation. Looking at the result, there is a one-sided causality.

**Keywords:** Inflation, Import, Export, Causality Analysis.

## 1.Giriş

Dış ticaret ülkeler arası ilişkilerin geliştirilerek sürdürülebilmesinde önemli bir yere sahiptir. Ülkelerin iç piyasalarda üretilen mal ve hizmetlerin, dış piyasalara açılarak Pazar bulması ülke ekonomilerine sağlayacağı katkı açısından önemlidir. Ayrıca ülkede üretilsin veya üretilme imkânı olmayan her türlü mal ve hizmet dış piyasalardan ülkeye getirilerek pazarlanabilmesi de tüketiciler açısından avantajlar sağlamaktadır. Burada legal olan mallar için bu durum geçerlidir. Dış ticaret bu açıdan ülke ekonomilerin gelişmesi ve toplumsal ihtiyaçların karşılanabilmesi açısından ülkelere büyük avantajlar sağlamaktadır.

Ülkelerin ekonomik sorunlarının başında gelen bir kavram olan enflasyon; fiyatlar genel seviyesindeki artışı ifade eder. Enflasyon yaşandığı ülkenin para biriminin diğer ülke para birimleri karşısında değerinin düşmesini de beraberinde getirir. Enflasyon ile ülkelerin para birimlerinin alım güçlerinde düşme söz konusu olmaktadır. Ülkedeki yerleşikler yerli paralarının alım gücünün düşmesinden dolayı yabancı paralara yönelik gösterebilirler. Bu durum enflasyonun armasını sağlamakla beraber dış ticaret ve kambiyo piyasasını da etkilemektedir. Enflasyonun dış ticarete ithalat ve ihracat üzerine farklı etkileri olabilmektedir. İthalat açısından enflasyon ithal edilen ürünlerin fiyatlarının artmasından dolayı ithalatı özendirici bir etki oluşturabilmektedir. İhracat açısından ise, ihraç mallarının fiyatlarının artması dış piyasada mal ve hizmet rekabetini olumsuz etkileyerek ihracatın azalmasına sebebiyet verebilmektedir. Bu nedenlerden dolayı enflasyonun olduğu ülkelerin dış ticaret dengesinde bozulmaların olması kaçınılmazdır.

Özellikle enflasyonun Türkiye ekonomisinde çok fazla görülüyor olması, bu alanda yapılan çalışmalara ihtiyacı da arttırmaktadır. Ekonomi politikaları açısından enflasyon ile mücadele her zaman gündemdeki yerini korumaktadır. Çalışmada 2008 ile 2016 verileri aylık bazda kullanılarak dış ticaret ve enflasyon ilişkisi incelenmesi amaçlanmıştır. Türkiye ekonomisi açısından 2001 krizi sonrası değişen ekonomik yapı bir milat teşkil etmektedir. 2001 krizi sonrası sabit döviz kuru sistemi yerini serbest döviz kuruna bırakarak dış ticaret ve enflasyon açısından yeni bir ilişki döneminin başlangıcı olmuştur denilebilir. Sadece döviz kuru değil onunla beraber uygulamaya geçilen güçlü ekonomiye geçiş programı da ekonomik yapının değişiminde önemli bir etken olmuştur. 2002 sonrası toparlanmaya çalışan ve başarılı bir ivme dönemine giren ekonomi 2008 yılında yaşanan küresel ekonomik krize kadar bu durumunu sürdürmüştür. 2008 sonrası hem dünya hem Türkiye ekonomisi açısından bazı yeni adımlar atıldığı yeni bir ekonomik süreçler dizisi ortaya çıkmıştır. Bu sebeple 2008- 2016 yılları arası aylık verilerin özel olarak değerlendirilmesinin literatür açısından daha fazla yarar sağlayacağı düşünülmektedir.

Çalışmada, ilk olarak dış ticaret ve enflasyon kavramları değerlendirilmiştir. Daha sonra literatür taraması yapılarak çalışmada kullanılan model ve yöntem açıklanmıştır. Ardından araştırma bulguları verilerek değerlendirmeler yapılmıştır. En son olarak ise sonuç ve genel değerlendirme kısmıyla çalışma tamamlanmıştır.

## 2.Dış Ticaret Kavramı Ve Dış Ticareti Açıklayan Teoriler

Genel bir tanımlama yapılması gerekirse dış ticaret ülkeler arası belli bir bedel üzerinden yapılan ticari işlemidir. Ülkeler açısından gelişmenin en önemli kaynaklarının başında dış ticaret gelmektedir. Ülkeler başka ülkelerde ihtiyaçları olan malları satın alırken kendi ihtiyaçlarından fazla olan mal ve hizmetlerinde ihraç etmek suretiyle ülkenin gelişmesini sağlamaktadırlar. Dış ticaret mal alımı ve satımı işlemleridir. Dış ticarete başka ülkeye mal satımı ihracat, mal alımı ise ithalat olarak ifade edilir (Kara, 2012: 34). Dış ticaret ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre farklılık gösterebildiği gibi coğrafi etkenler ve yeraltı kaynakları da dış ticaretin yönünü belirlemekte etkin olmaktadır. Günümüzde genellikle gelişmekte olan ülkeler ham madde ve yarı mamul ürünlerini gelişmiş ülkelere satmaktadır. Gelişmiş ülkeler ise mamullerini gelişmekte olan ülkelere satmaktadır. Azgelişmiş ülkeler ise sanayi tesisleri yetersizliği olan ülkeler olduğu için genellikle ihracat kalemleri hammadde olabilmektedir. İthalatta ise ekonomik yetersizlik nedeniyle zaruri mal ve hizmetlerin ithalatı ancak mümkün olabilmektedir. Bu zaruri mallar gıda ve yatırım malları olabilmektedir. Genel olarak dünya dış ticareti özellikle gelişmekte olan ülkeler ile gelişmiş ülkeler arasında dış ticaret önem kazanmaktadır (Karluk, 1991: 154).

### 2.1.Klasik Dış Ticaret Teorileri

Kuramlar açısından dış ticarete bakışta genellikle durağan koşullar dikkate alınmaktadır. Dış ticarete rasyonelliğin sağlanması ve üretim faktörlerinin etkin kullanılması dış ticaret kuramları açısından genel hareket noktaları olmaktadır. Dış ticaret yaklaşımlarına arz ve talep yönüyle bakacak olursak genellikle klasik iktisatçılar dış ticareti arz yönüyle değerlendirirken ne klasik iktisatçılar dış ticaretin talep yönünü ön plana çıkarmışlardır. Her iki anlayışta da temel etken dış ticaretin önemi vurgulanması açısından önem arz etmektedir (Yörük, 2008: 78). Adam Smith'in geliştirdiği klasik dış ticaret teorilerinden biri mutlak üstünlükler teorisidir. Bu teoride iki ülke ve iki mal söz konusudur. Malı daha ucuza hangi ülke üretiyorsa onda uzmanlaşmalı diğer malı diğer ülke üretmelidir. Yani ülkeler daha az maliyetle ürettikleri üründe uzmanlaşarak onu fazlasını diğer ülkeye satmalıdır. Diğer maliyeti daha yüksek olan malı ise üretmeyip daha düşük maliyetle üreten ülkeden ihraç etmelidirler. Bu teori emek faktörünün temel alındığı diğer etmenlerin maliyete dâhil edilmediği bir teoridir (Bayraktutan, 2003: 177). Adam Smith'ten sonra David Ricardo sahneye çıkarak karşılaştırmalı üstünlükler teorini geliştirmiştir. Ricardo bu teoride eğer her ülke iki malda da üstün se faktöründen yola çıkmaktadır. Böyle bir durumda ülkeler maliyeti düşük ürün yerine maliyet oranı düşüklük durumunu ortaya koymaktadır. Karşılaştırmalı üstünlükler

teorisinde maliyetin düşük olması değil ülkeler arası maliyet farklılığının olması esas teşkil etmektedir (Şentürk,2007: 42-43). Bu teoriler beraberinde fırsat maliyeti kavramını da getirmektedir. Çünkü bir ürünü daha fazla üretmek için diğer ürünü üretmekten vazgeçme durumu ortaya çıkmaktadır. Bu vazgeçilen değer fırsat maliyeti olarak ifade edilmektedir. Fırsat maliyeti açıklanırken ülkelerin üretim imkânları eğrileri kullanılabilir (İyibozkurt, 1995: 30-31). Bunların dışında klasik dış ticaret teorilerinden bir tanesi de faktör donatım teorisidir. Bu teoride ülkelerin elinde buluna üretim faktörleri üzerinden bir açıklama yapılmaktadır. Ülkeler hangi üretim faktöründe daha fazla yeterliliğe sahipse o alanda mal ve hizmet üretmeli, üretim faktörlerinin yetersiz olduğu mal ve hizmeti satın almaz görüşünü ifade eder (Şentürk, 2007: 46). Bu teori ayrıca bolluk varsayımını dikkate almaktadır. Ülkede bol olan unsurun ucuz olacağı ve böylelikle o mal ve hizmetin üretim maliyetlerinin düşük olacağı varsayımıyla hareket edilmektedir (Ateş, 2005: 25-26).

## **2.2.Dış Ticareti Açıklayan Alternatif Teoriler**

Teoriler açısından dış ticareti açıklayan alternatif teorilerde söz konusudur. Bu teorilere göre dış ticaret yapmanın klasik teorilerin üzerinde durmadığı durumları dikkate alınmaktadır. Özellikle coğrafi farklılıklar ve ticaretin belli bölgelerde yoğunlaşması gibi temel hususlar değerlendirilmektedir. Ticarete konu olan malın taşıma ve lojistik maliyetleri ile Pazar payları da dikkate alınmaktadır. Ayrıca ülkelerin uyguladıkları dış ticaret politikaları ve buna göre şekillenen dış ticaret rejimleri büyük ölçüde alternatif teorilerin temelini oluşturmaktadır (Özel, 2012: 9). Alternatif dış ticaret teorilerinden ilki 1956 yılında Irving Kravis'in ortaya koyduğu varlık teorisidir. Bu teorinin temelinde ülkelerde üretimi olmayan mal ve hizmetler vardır. Ülkeler kendinde olmayan mal ve hizmeti mecburen dışardan ithal etmek zorundadır varsayımına dayanmaktadır (Ordu, 2013: 38). Bir başka teori ise Posner tarafından 1961 yılında ortaya atılan teknoloji açığı teorisidir. Bu teoride bazı varsayımlar söz konusudur. Bunlar gümrük tarifelerinin olmaması döviz kuru değerinin değişmemesi, istihdamın tam olması, ve zevk tercih olarak tüketicilerin standart olması gibi unsurlardır. Teoriye göre endüstrilerde en önemli bir husus teknoloji seviyesi olmasıdır. Her ülke teknoloji olarak aynı seviyede olamayacağı için teknoloji yeterli ülkelerde endüstrilerin daha düşük maliyetle daha fazla mal ve hizmet üretmesi mümkün olabilmektedir. Bu teknolojik farklılıklar ülkeler arası endüstrilerde üretim farklılıklarına neden olmaktadır. Farklı iki ülkede aynı üretim malını üreten iki firmanın yöntem ve üretim açısından farklılıkları söz konusu olabilmektedir (Türker, 2002: 33-34). Yine teknolojik açık teorisini referans alan yeni mal geliştirme teorisini ise Raymond Vernon 1966 yılında ortaya atmıştır. Bu teoride malın ilk ortaya çıkışı ile seri üretim aşamaları arasında çeşitli aşama dönemleri olmaktadır. Teoride bir mal ilk olarak icat eden firma tarafından ortaya çıkarılarak pazara sunulur ve öteki ülkelere ihracatı yapılabilir. Böyle durumda mal hakkında teknoloji ve üretimiyle ilgili bilgiler icat yapan firma tarafından bilinmektedir. Zamanla malın piyasalara yayılması diğer firmaların malı ve üretim yöntemlerini tanımasını sağlayacaktır. Böylelikle mal başka ülkelerde ki firmalar tarafından da üretilmeye başlanarak standart mallar arsına girecektir. Gelişmekte olan ülkeler üretim teknolojilerindeki yetersizlikten ötürü üretimi standartlaşmış olan malları ithal etmektedirler gelişmiş ülkeler ise yeni üretilmiş teknoloji yeni olan malları ihraç etme eğilimindedirler (Kebapçı, 2011: 62-63). Bu teorilerin dışında Keasing ve Kravis tarafından geliştirilen nitelikli işgücü açısından kendini geliştirebilmiş ülkelerin nitelikli mal ve hizmet üretmede uzmanlaşacağı görüşünü savunan nitelikli işgücü teorisi vardır (Oktay, 2005: 51). Linder tarafından 1961 yılında atılan benzer gelir seviyesine sahip ülkelerin benzer ürünlerin ticaretinin yoğun olacağı varsayımına dayanan tercihlerde benzerlik teorisidir (Atik, 2006: 34-35). Son olarak dış ticareti açıklayan alternatif teorilerden biri de ölçek ekonomileri teorisidir. Bu teori maliyet fonksiyonunun pozitiflik v homojenlik varsayımına dayandığı görüşünü ifade etmektedir (Özarslan, 1998: 104).

Gümrük mevzuatı ve dış ticaret mevzuatı çerçevesince bir malın Türkiye gümrük bölgesi sınırları dışına çıkarılmasına ihracat, Türkiye gümrük bölgesi sınırlarına sokulmasına ise ithalat denilmektedir (Kaya ve Turguttopbaş, 2012: 3-8).Aşağıda çalışmamıza konu olan Türkiye'nin ihracat ve ithalat verileri Türkiye İstatistik Kurumu verilerinden alınarak kullanılmıştır. Türkiye'nin ihracat ve ithalatı toplam dış ticaret hamini vermektedir. Ayrıca dış ticaret açığı olarak ifade edilen ihracat ile ithalat arasındaki negatif farkı ifade etmektedir. İhracat ile ithalat arasındaki fark pozitif ise bu durum dış ticaret fazlası olarak ifade edilmektedir.

Tablo 1: Türkiye'nin 2008 ve 2016 yıllarındaki aylık ihracat oranları.

Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%
<b>2008</b>		<b>2009</b>		<b>2010</b>		<b>2011</b>		<b>2012</b>	
01	62,0	01	-25,8	01	-0,7	01	22,0	01	8,3
02	44,7	02	-23,9	02	-2,0	02	21,7	02	16,8
03	27,6	03	-28,6	03	21,2	03	19,5	03	11,8
04	36,7	04	-33,5	04	24,3	04	26,4	04	6,4
05	36,4	05	-41,1	05	33,4	05	11,7	05	20,0
06	31,1	06	-29,2	06	14,6	06	18,9	06	16,6
07	40,9	07	-28,1	07	5,6	07	24,0	07	8,2
08	26,4	08	-29,0	08	8,7	08	31,9	08	14,1
09	41,5	09	-33,7	09	5,1	09	20,7	09	20,5
10	-1,7	10	3,8	10	8,6	10	8,6	10	10,8
11	-17,0	11	-5,2	11	5,4	11	18,1	11	24,1
12	-20,6	12	30,2	12	17,6	12	5,5	12	1,0
Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%		
<b>2013</b>		<b>2014</b>		<b>2015</b>		<b>2016</b>			
01	11,0	01	8,0	01	-0,8	01	-22,4		
02	5,4	02	5,4	02	-6,3	02	1,1		
03	-0,7	03	11,9	03	-14,7	03	1,9		
04	-1,3	04	7,2	04	-0,2	04	-10,5		
05	1,1	05	3,0	05	-19,0	05	9,2		
06	-6,3	06	3,9	06	-7,2	06	7,7		
07	1,8	07	2,2	07	-16,6	07	-11,5		
08	-13,4	08	2,4	08	-3,2	08	7,3		
09	0,8	09	4,0	09	-14,7	09	-5,9		
10	-8,6	10	7,0	10	2,7	10	-3,4		
11	3,3	11	-8,0	11	-10,6	11	9,5		
12	4,5	12	0,7	12	-11,4	12	8,8		

Kaynak: tuik.gov.tr



Tablo 2: Türkiye'nin 2008 ve 2016 yıllarındaki ithalat değişim oranları.

Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%
<b>2008</b>		<b>2009</b>		<b>2010</b>		<b>2011</b>		<b>2012</b>	
01	54,3	01	-43,2	01	26,0	01	44,6	01	3,3
02	40,8	02	-43,4	02	29,8	02	48,7	02	1,5
03	27,0	03	-37,4	03	42,8	03	44,1	03	-4,5
04	38,5	04	-43,4	04	47,7	04	40,2	04	-8,0
05	29,3	05	-43,7	05	35,5	05	43,3	05	3,0
06	36,5	06	-35,8	06	21,9	06	41,8	06	-5,4
07	35,1	07	-37,5	07	25,1	07	31,0	07	-1,1
08	31,1	08	-33,5	08	20,5	08	27,5	08	-4,3
09	23,7	09	-30,2	09	25,3	09	35,5	09	-6,0
10	-4,4	10	-14,5	10	35,4	10	15,2	10	-5,7
11	-27,4	11	4,5	11	35,8	11	8,8	11	12,3
12	-29,2	12	31,7	12	36,9	12	0,2	12	-3,7
<b>Yıl/Ay</b>	<b>%</b>	<b>Yıl/Ay</b>	<b>%</b>	<b>Yıl/Ay</b>	<b>%</b>	<b>Yıl/Ay</b>	<b>%</b>		
<b>2013</b>		<b>2014</b>		<b>2015</b>		<b>2016</b>			
01	7,6	01	2,6	01	-13,7	01	-19,2		
02	9,0	02	-6,0	02	-7,1	02	-8,0		
03	-0,6	03	-3,1	03	-6,0	03	-5,1		
04	18,4	04	-9,5	04	-11,1	04	-11,9		
05	6,9	05	-10,2	05	-14,4	05	-3,8		
06	2,8	06	-1,0	06	-12,5	06	7,0		
07	10,2	07	-13,2	07	-8,6	07	-19,4		
08	-3,3	08	7,1	08	-18,1	08	4,0		
09	3,5	09	-0,1	09	-25,2	09	-0,7		
10	3,7	10	-1,5	10	-11,8	10	0,5		
11	2,2	11	-0,1	11	-25,3	11	6,0		
12	16,7	12	-5,8	12	-17,4	12	2,3		

Kaynak: tuik.gov.tr

### 3.Enflasyon Kavramı, Türleri ve Enflasyonla İlgili Yaklaşımlar

Enflasyon ekonomideki olumsuz durumlardan biri olarak görülmektedir. Tanım olarak fiyatlar genel seviyesinde sürekli artı olarak ifade edilebilmektedir. Enflasyon kelime manasıyla Latince kökenli olup şişkinlik anlamına gelmektedir. Fiyatlar genel seviyesindeki şişmeyi açıklamaları bakımından enflasyon süreçleri ifade eden bir kavramdır. Ekonomide enflasyon durumu olumsuz bir süreci ifade etmektedir. Enflasyonu ortaya çıkmasına neden olan etkenler önem arz etmektedir. Ekonomide yaşanan enflasyon sorunu başka sorunlara da neden olabilmektedir. Ülkeler açısından enflasyon sorunu söz konusuysa ekonomi politikalarında enflasyonla mücadele ön plana çıkmaktadır. Enflasyon sorununun çözülmesi diğer ekonomik problemlerin çözümü açısından öncelik teşkil etmektedir (Karaçor, 2007: 100). Türkiye açısından günümüzde ekonomik, jeopolitik bir çok olay enflasyon artışına neden olabilmektedir (Ak, 2019:500).

#### 3.1.Enflasyon Türleri

Enflasyon ekonomide oluşumuna neden olan birçok faktör söz konusudur. Enflasyonu türlerine ayırmada bu nedenlerden hareket edilmektedir. Eğer enflasyon talep kaynaklıysa talep enflasyonu olarak, eğer maliyet kaynaklı ise maliyet enflasyonu, yapısal

sorunlardan kaynaklı ise yapısal enflasyon ve ithalatın getirdiği yükten kaynaklıyorsa ithalat enflasyonu olarak türlere ayrılabilir (Saraç, 2009:5). Talep enflasyonu talepte meydana gelen artışlardan kaynaklanan türdür. Eğer talep ani artışlarla arzdan fazla duruma gelirse böyle bir durum arz eksikliğini ve fiyatların hızlı artışını beraberinde getirecektir. Talebin artması kamu ve özel harcamaların artması anlamını taşımaktadır. Devletin kamu hizmetleri yapmak adına bazı durumlarda talebini arttırması enflasyona neden olabilmektedir. Ayrıca özel sektörün kredi imkânlarının artması kredi oranlarının düşmesi de harcamaları arttırarak enflasyona neden olabilmektedir (Altınok, 2004: 307). Maliyet enflasyonunda ise girdi faktörlerinin biri veya birkaçında fiyat artışı olması durumu sonucu üretilen mal ve hizmetin fiyatının artması sonucu oluşan enflasyon durumu ifade edilir. Maliyet enflasyonu vergi artışından döviz kurlarının yükselmesi sonucu ithalat girdilerinin fiyatının yükselmesine adar pek çok sebeple oluşabilmektedir. Ayrıca olağan üstü durum ve olaylarda maliyet enflasyonunun oluşumunda etkilidir (Ulusoy, 2006: 195). yapısal enflasyon durumu ise Vazquez tarafından ortaya atılan yapısalci teoriye dayanmaktadır. Bu teoriye göre enflasyon parasal nedenlerden değil ekonomik yapıdaki sorunlardan kaynaklanmaktadır. Ekonomide meydana gelen her türlü arızı durum enflasyona neden olabilmektedir (Dinçer, 1994: 43). Son olarak ithalatın artması veya ithal girdilerin fiyatlarındaki artış enflasyona neden olabilmektedir. Bu durumda ithalat enflasyonu söz konusu olabilmektedir (Durukan, 1988: 13).

### **3.2.Enflasyon ile İlgili Yaklaşımlar**

Tarihsel süreç içerisinde enflasyonu açıklamaya yönelik birçok yaklaşım geliştirilmiştir. Bunlar klasik ekolün görüşlerinden oluşan klasik yaklaşımlar, Keynes'in görüşlerinden oluşan Keynesyen yaklaşımlar, para teorisine yönelik görüş çerçevesinden oluşan parasalci yaklaşımlar ve ekonomik yapıyı açıklayan görüşlerden oluşan yapısalci yaklaşımlardır (Saraç, 2009: 13). Klasik yaklaşımda ekonomik denge görünmez el teorisinden hareketle kendi kendine oluşmaktadır. Fiyatların olumunda denge ise para miktarına bağlı olarak oluşmaktadır. Para arzı ve para talebi dengenin değişmesine imkân oluştururken enflasyona da neden teşkil etmektedir. Klasik teoride para arzının arttırılması piyasa müdahalesi ile olabilecek bir durumu ifade eder. Enflasyon nedeni olarak para politikası uygulayıcıların müdahalelerinin enflasyona sebep olacağını ifade ederler (Hiç, 1994b: 399). Bir başka yaklaşım olan Keynesyen görüşe göre ise, devletin piyasaya müdahale etmesi ve piyasada oluşan fiyatın esnek olamaması enflasyonun nedeni olarak ifade edilir. Ayrıca esnek olmayan fiyat yapısı rekabet olgusunu engellemektedir görüşü savunulur (Erim, 2007: 193). Parasalci yaklaşım da ise ekonomideki karar birimlerinin uyguladığı yanlış para politikası enflasyona sebep olmaktadır. Monetarist yaklaşım olarak da ifade edilen parasalci görüş doğru para politikası uygulamaları ile ekonomik istikrarın tekrar sağlanacağını savunmaktadırlar (Parasız, 1996: 9, 10; Ataç, 2006: 13).son olarak yapısalci yaklaşımda ise, enflasyonun ekonomik yapıdaki bozukluklardan kaynaklandığı vurgulanmaktadır. Yapısal aksaklıklar giderilmeden uzun vadede bir fiyat istikrarının sağlanamayacağını ifade ederler (Alkan, 2004: 28).

Sonuç itibari ile enflasyon üzerine farklı görüşlerin mevcudiyeti söz konusudur. Bu farklı görüşler enflasyon üzerine çalışmaların sayısının ve öneminin göstergeleri olmaktadır. Enflasyon düşürülmesi ülkeler açısından ve çalışma yapanlar açısından değerlendirilmektedir. Enflasyonla mücadelede uygulanacak politikaların doğru olması ülkeler açısından büyük önem arz eder. Enflasyonu engellemek veya enflasyonu düşürmek maksadı ile birçok ekonomik araç ekonomi politikalarında kullanılabilir. Özellikle para ve aliye politikası araçlarının birlikte kullanılması durumu daha etkin olabilmektedir. Enflasyonu önlemek ek mali yükümlülükleri de beraberinde getirebilmektedir. Ülkeler enflasyonla mücadelede bu mali yükümlülüklerle katlanmak zorunda kalmaktadırlar (Saraç, 2009: 17). Bu maliyetlerden bazılarını ifade edecek olursak; enflasyon geleceğe ilişkin tahminleri belirsizleştirmektedir. Yapılan yatırımlar azalarak ekonomik büyüme olumsuz etkilenmektedir. Parasal istikrarı bozarak dış ticarete bir daralmaya sebep olabilmektedir. Enflasyon tasarrufların yönünde olumsuz etkilenmektedir. Tasarrufların yatırıma dönüşüm oranı azalarak yatırım azaltıcı etki oluşturmaktadır (Berber ve Artan, 2004: 3). Sonuç olarak enflasyon ülkeye olumsuz ekonomik sonuçlar getirerek büyümeyi negatif olarak etkilenmektedir. Enflasyona sebep olan unsurların doğru tespit edilmesi ülkeler açısından önem arz eder. Ülkeler ekonomi politikasında bu sebeplere yönelik yol haritaları benimseyerek enflasyonla mücadelede doğru adımlar atabilmektedir (Yılmaz vd., 2002: 38).

Tablo 3: Türkiye'nin 2008 ve 2016 yıllarındaki aylık enflasyon verileri.

Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%
<b>2008</b>		<b>2009</b>		<b>2010</b>		<b>2011</b>		<b>2012</b>	
2008-1	8,17	2009-1	9,5	2010-1	8,19	2011-1	4,9	2012-1	10,61
2008-2	9,1	2009-2	7,73	2010-2	10,13	2011-2	4,16	2012-2	10,43
2008-3	9,15	2009-3	7,89	2010-3	9,56	2011-3	3,99	2012-3	10,43
2008-4	9,66	2009-4	6,13	2010-4	10,19	2011-4	4,26	2012-4	11,14
2008-5	10,74	2009-5	5,24	2010-5	9,1	2011-5	7,17	2012-5	8,28
2008-6	10,61	2009-6	5,73	2010-6	8,37	2011-6	6,24	2012-6	8,87
2008-7	12,06	2009-7	5,39	2010-7	7,58	2011-7	6,31	2012-7	9,07
2008-8	11,77	2009-8	5,33	2010-8	8,33	2011-8	6,65	2012-8	8,88
2008-9	11,13	2009-9	5,27	2010-9	9,24	2011-9	6,15	2012-9	9,19
2008-10	11,99	2009-10	5,08	2010-10	8,62	2011-10	7,66	2012-10	7,8
2008-11	10,76	2009-11	5,53	2010-11	7,29	2011-11	9,48	2012-11	6,37
2008-12	10,06	2009-12	6,53	2010-12	6,4	2011-12	10,45	2012-12	6,16
Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%	Yıl/Ay	%		
<b>2013</b>		<b>2014</b>		<b>2015</b>		<b>2016</b>			
2013-1	7,31	2014-1	7,75	2015-1	7,24	2016-1	9,58		
2013-2	7,03	2014-2	7,89	2015-2	7,55	2016-2	8,78		
2013-3	7,29	2014-3	8,39	2015-3	7,61	2016-3	7,46		
2013-4	6,13	2014-4	9,38	2015-4	7,91	2016-4	6,57		
2013-5	6,51	2014-5	9,66	2015-5	8,09	2016-5	6,58		
2013-6	8,3	2014-6	9,16	2015-6	7,2	2016-6	7,64		
2013-7	8,88	2014-7	9,32	2015-7	6,81	2016-7	8,79		
2013-8	8,17	2014-8	9,54	2015-8	7,14	2016-8	8,05		
2013-9	7,88	2014-9	8,86	2015-9	7,95	2016-9	7,28		
2013-10	7,71	2014-10	8,96	2015-10	7,58	2016-10	7,16		
2013-11	7,32	2014-11	9,15	2015-11	8,1	2016-11	7		
2013-12	7,4	2014-12	8,17	2015-12	8,81	2016-12	8,53		

Kaynak: tuik.gov.tr

#### 4.Literatür Taraması

Literatür incelendiğinde yer ve yabancı çok sayıda dış ticaret ve enflasyon paralelinde ve benzeri analizler gerçekleştirilen çalışmalar mevcuttur. Bu çalışmalar gerek uygulan yöntem gerekse uygulandığı dönem ve kullanılan veriler yönünden farklılaşmaktadır. Bu çalışmalardan bazıları aşağıda belirtilmiştir.

Aktaş (2009) yaptığı çalışmada 1996 ile 2007 yıllarını kapsayan dış ticaret ve büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada Granger nedensellik testi uygulanmıştır. Çalışma sonucunda kısa dönemde çift yönlü, uzun dönemde ise tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmişlerdir.

Baldemir ve Gökalp (1999), yılında yaptıkları çalışmalarında 1980 ile 1997 yılları arasında döviz kuru ile dış ticaret ilişkisini incelemiştir. Çalışmada Granger nedensellik analizi kullanılmışlardır. Çalışmanın sonucunda döviz kurunun dış ticaret hadlerini etkilediğini tespit etmişlerdir.

Bayraktutan ve Arslan (2003), yılında yaptıkları çalışmalarında 1980 ile 2000 yılları arasında ithalat ile enflasyon verilerini kullanarak Granger nedensellik analizi ile değerlendirmişlerdir. Yapılan çalışmaya göre enflasyonun yükselmesi ithalatı olumsuz etkilemektedir sonucuna ulaşmışlardır.

Çeştepe, Yıldırım ve Bayar (2013) yaptıkları araştırmalarında 1974-2011 yıllarına ait Doğrudan Yabancı Yatırım, Ekonomik Büyüme ve Dış Ticaret: verilerini kullanarak Toda-Yamamoto yöntemiyle incelemiştir. Çalışma sonucunda gayri safi yurtiçi hâsıla ile ihracat arasında bir nedensellik ilişkisi olduğunu ifade etmişlerdir.

Gül ve Ekinci (2006) yılında yapılan çalışmada döviz kuru ile dış ticaret verileri arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Çalışmada Granger nedensellik testi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda dış ticaret ile döviz kuru arasında nedensellik ilişkisinin varlığı tespit edilmiştir.

Kaya ve Yılmaz (2006) yılında yapmış oldukları çalışmalarında enflasyon ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. 1983 ile 2001 dönemini Türkiye'nin 7 bölgesi üzerinde eşbütünleşme ve nedensellik testleri ile yapmışlardır. Sonuç olarak Marmara dışındaki bölgelerde enflasyonun ekonomik büyümeyi etkilediğini ifade etmişlerdir (Saraç, 2009: 73).

Koch ve Rosensweigh (1992), yılında yaptıkları çalışmalarında dolardaki dalgalanmanın dış ticaret hadlerine etkisini ABD üzerinde incelemişlerdir. Çalışmada Granger nedensellik analizi yöntemini uygulamışlardır. Çalışma sonucunda dolardaki dalgalanmanın dış ticaret hadlerini az miktarda etkilediğini tespit etmişlerdir.

Koldhy-Sohrabian (1990), yılında yaptıkları çalışmalarında Japonya Kanada ve Almanya üzerinde dış ticaret ve enflasyon arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmada Granger nedensellik analizi yönteminden yararlanmışlardır. Çalışma sonucunda Japonya ve Almanya için nedensellik tespit edilirken, Kanada için tespit edilmemiştir.

Mihaljek ve Klau (2001), yılında yaptıkları çalışmalarında 13 ülkenin 1995 ile 2000 yılları arasındaki döviz kuru ile enflasyon arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmada granger nedensellik analizi yönteminden faydalanmışlardır. Çalışmadaki ülkelerden biri de Türkiye'dir. Çalışma sonucunda iki ülkede ithalat ile enflasyon arasında nedensellik ilişkisinin yüksek olduğu, dört ülkede aynı düzeyde birbir ilişki olduğu ve son yedi ülkede ise ilişkinin az olduğu tespit etmişlerdir.

Paul, Kearney ve Chowdhury (1997), yılında yaptıkları çalışmalarında 1960 ile 1989 yılları arasında enflasyon ile büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmada yetmiş ülkeye ait veriler değerlendirilmiştir. Çalışmada granger nedensellik analizi yönteminden yararlanmışlardır. Çalışma sonucunda sadece 26 ülkede enflasyon ile büyüme arasında ilişki tespit edilmişken, 16 ülkede birbir ilişki tespit edilmiş, geri kalan 28 ülkenin ise herhangi bir nedensellik ilişkisinden bahsedilemeyeceğini tespit etmişlerdir.

Ulke ve Ergün (2011), 1995 ile 2010 dönemini inceledikleri çalışmalarında enflasyon ve ithalat verilerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada granger analizini uygulamışlardır. Yapılan çalışma sonucunda ithalat verileri ile enflasyon arasında kısa ve uzun dönemli eş bütünleşme olduğunu ve ithalatın enflasyonun nedeni olduğunu ifade etmişlerdir.

Yapraklı (2007), yılında yaptıkları çalışmalarında 1987 ile 2007 yılları arasında enflasyon büyüme arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışmalarında granger nedensellik analizi yöntemini kullanmışlardır. Çalışma sonucunda enflasyon ile büyüme arasında tek yönlü bir ilişkinin olduğunu tespit etmişlerdir.

## 5.Araştırma Bulguları ve Değerlendirilmesi

Granger Nedensellik analizi literatürde çok sıklıkla kullanılan bir analizdir. Bu analizde bağımlı ve bağımsız değişkenler kullanılmaktadır. Değişkenler arası ilişkilerin yönleri Granger analizi sayesinde tespit edilebilmektedir (Doğan vd. 2015: 111). Nedensellik ilişkileri ile ilk çalışma Granger (1969) tarafından yapılmıştır. Daha sonara Toda ve Yamamoto (1995), seriler arasında nedensellik ile ilgili çalışmaya yapmıştır. Ayrıca Hatemi-J (2012) Bootstrap nedensellik testleri ile zaman içerisindeki değişimleri incelemiştir. Grangerin analizi ilk ve en temel analiz olma özelliğini taşımaktadır. Granger analizi durağan seriler üzerine yapılan analizlerde daha etkin olabilmekteyken, gecikme uzunluğuna olan duyarlılığından dolayı eleştirilebilmektedir. Bu testte boş hipotez kullanılan serilerin birbiriyle ilişkisi olmadı yönündeki hipotezdir (Göçer ve Gerede, 2016: 37).

Yaptığımız literatür çalışmasından da yola çıkarak Türkiye için 2008 ve 2016 yılları arasındaki aylık enflasyon değerlerinin dış ticaret üzerindeki bağımlılığını ölçeceğiz. Bu bağlamda kullanacağımız analiz tekniği, Granger nedensellik analizi olacaktır. Öncelikle Granger analizine geçmeden önce çalışmada verilerin birim kök analizi yapılarak durağan olup olmadıkları değerlendirilmiştir. Daha sonra durağan olan seriler üzerine eş bütünleşme analizi uygulanmıştır. Modelde uygulan değişkenlerin Johansen eşbütünleşme testi neticesinde serilerin eş bütünleşik olduğu tespit edilmiştir. Son olarak ise modelde ve seriler üzerine Granger nedensellik uygulaması yapılmış ve seriler arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir.

Tablo 4.Birim Kök Testi Sonuçları

Değişkenler	t-Statistic	Anamlılık (p) I(0)	Gecikme Uzunluğu
İhracat	-3.271488	0.0187	1
İthalat	-3.199867	0.0228	3
Enflasyon	-3.465758	0.0108	1

İhracat, ithalat ve enflasyon değişkenleri için yapılan birim kök testi sonucuna bakıldığında ihracat değişkeni için 1. Gecikme uzunluğunda t-Statistic değerinin -3.27 ve anlamlılık değerinin de 0.0187 olduğu görülmektedir. İthalat değişkeni için 3. Gecikme uzunluğunda t-Statistic değerinin -3.19 ve 0.0228 anlamlılık düzeyinde olduğu görülmektedir. Enflasyon değişkeninde ise 1. Gecikme uzunluğunda t-Statistic değeri -3.46 ve anlamlılık değeri 0.0108 olarak görülmektedir. Buradan yola çıkarak modelin sabitli ve trendli bir model olduğunu görülmektedir. Gözlem sayısı 106 olan tabloya bakıldığında alfa 5'e göre -3,45 düzeyinde çıkmıştır. -3,4<-2,58 olduğu için Ho hipotezi reddedilir. Birim kök testi yoktur seri durağandır denilebilmektedir.

Tablo 5. Johansen Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Değişkenler	Karakteristik Kökler	Test İstatistiği	Kritik Değer (%5)	Prob
İthalat-Enflasyon	0.152628	24.92024	15.49471	0,0014

Johansen eşbütünleşme testi sonuçları incelendiğinde, istatistiksel bir anlamlı ilişkinin olmadığı ifade edilebilir. Boş hipotez olan eş bütünleşmenin olmadığı yönündeki hipotez geçersizdir. Hipotez reddedilir. Test sonucunun anlamlı olması eş bütünleşme olduğunun göstergesidir.%5 anlamlılık oranı üzerinden modelde yer alan değişkenler arasında anlamlılık ilişkisi mevcuttur sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 6. Granger Nedensellik Testi Sonuçları

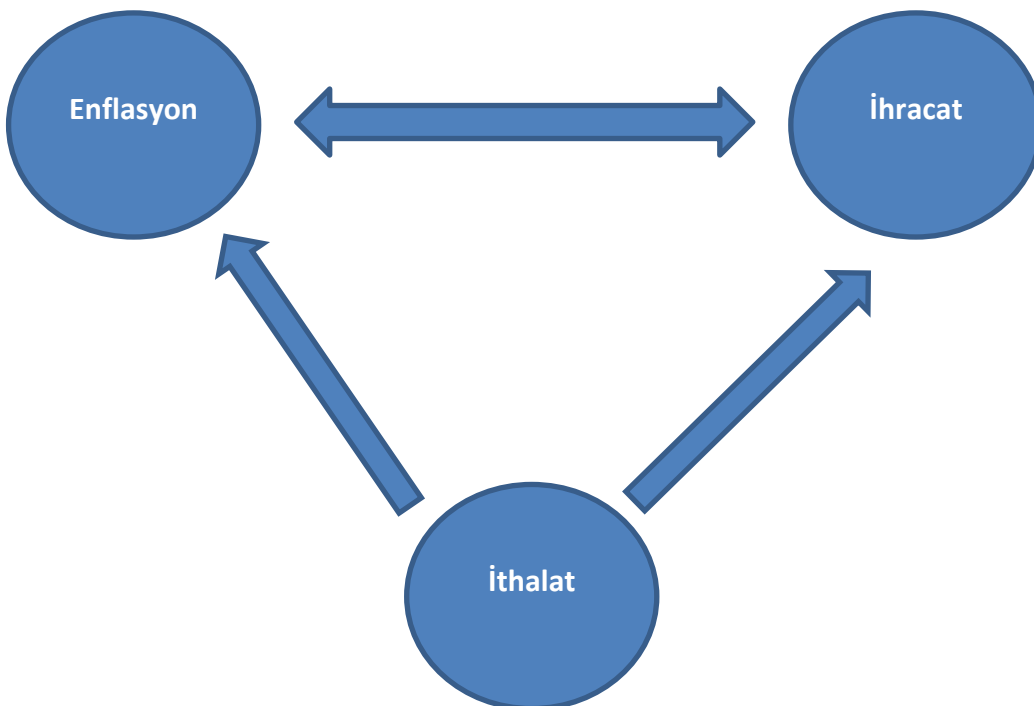
	Gözlem	F-Statistic Değeri	Anlamlılık Düzeyi
İhracat-İthalat	103	0.68392	0.6368
İthalat-İhracat		2.78139	0.0219
Enflasyon-İhracat	103	1.01921	0.4110
İhracat- Enflasyon		0.52598	0.7561
Enflasyon- İthalat	103	1.94568	0.0943
İthalat- Enflasyon		2.84594	0.0196

Granger nedensellik analizi sonuçları incelendiğinde; Tablonun son sütununda kuyruk olasılıkları verilmektedir. Kuyruk olasılıklarının belirlenen alfa anlamlılık düzeyinde (0,05) düşük olması H0 hipotezinin reddedilebileceğini gösterecektir. Ters durumda ise H0 reddedilemez. İlk olarak İhracat ile İthalat ve İthalat ile İhracat sonucuna bakıldığında ihracat ithalatın nedeni değildir. İthalat ihracatın nedenidir denilebilmektedir. Sonuca bakıldığında tek taraflı bir nedensellik vardır. İthalattan ihracata doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi vardır.

Enflasyon ile İhracat ve İhracat ile Enflasyon arasındaki nedensellik analizi sonucunda enflasyon ihracatın nedenidir denilebilir. Ayrıca İhracatta enflasyonun nedenidir denilebilmektedir. Sonuç olarak iki değişken arasında nedensellik vardır. Hem enflasyon ile ihracat nedenselliği, hem de ihracat ile enflasyonun nedenselliği söz konusu olduğu için iki yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusudur. Buradan yola çıkarak her iki değişkende birbirinin Granger nedeni olmaktadır. Ancak enflasyonun ihracatı etkilemesi, ihracatın enflasyonu etkilemesinden daha kuvvetli olmaktadır. Bunun nedeni F istatistiği değerinin daha yüksek, olasılık değerinin daha düşük olmasıdır.

Enflasyon ile İthalat ve İthalat ile Enflasyon arasındaki nedensellik analizi sonucunda enflasyon ithalatın nedeni değildir. İthalat ise enflasyonun nedenidir sonucuna ulaşılmıştır. Sonuca bakıldığında tek taraflı bir nedensellik vardır. Sonuçta ithalattan enflasyona doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu görülmektedir.

Aşağıdaki grafikte bu ilişkilerin yönünün topluca gösterimi oklar vasıtası ile yapılmıştır.





Genel olarak enflasyonla ihracat arasında iki yönlü, ithalat enflasyonla arasında tek yönlü ve ithalat ihracat arasında yine tek yönlü bir ilişki söz konusu olmaktadır.

## 6.Sonuç

Türkiye’de tarihsel süreç içerisinde bir takım ekonomik sorunlar her zaman söz konusu olmuştur. Bu sorunların en çok karşılaşılanı şüphesiz enflasyon olagelmektedir. Enflasyonla mücadele konusunda ekonomi politikası uygulayıcıların enflasyona sebep olan temel etkenleri bilmesi ve mücadeleyi yaparken bu sebeplerle birlikte yapması kaçınılmazdır. Özellikle 1980 sonrası dışa açık bir ekonomi modeli izleyen Türkiye ekonomisi dış ticaret alanında oldukça yol kat etmiştir. Hem ihracat hem de ithalat ekonomiyi doğrudan etkileyen kalemler haline gelmişlerdir. Özellikle belli kırılma dönemleri aralıklı olarak nedensellik ilişkisi yaparak enflasyon ilişkisini incelemek ekonomi politikası uygulayıcılarına yarar sağlayabilmektedir.

Çalışmada enflasyon ile dış ticaret verileri olan ithalat ve ihracat arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada kullanılan serilerin durağanlığı test edilmiştir. Seriler durağan hale geldikten sonra Johansen eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik analizi uygulaması yapılmıştır. Çalışmada eşbütünleşme analizi sonucunda seriler arasında anlamlılık ilişkisi vardır. Granger nedensellik analizine göre ise önce; Tablonun son sütununda kuyruk olasılıkları verilmektedir. Kuyruk olasılıklarının belirlenerek alfa anlamlılık düzeyinde (0,05) düşük olması H0 hipotezinin reddedilebileceğini gösterecektir. Tersî durumda ise H0 reddedilemez. İhracat-İthalat ve İthalat-İhracat sonucuna bakıldığında ihracat ithalatın nedeni değildir. İthalat ihracatın nedenidir. Sonuca bakıldığında tek taraflı bir nedensellik vardır. Enflasyon-İhracat ve İhracat-Enflasyon sonucunda enflasyon ihracatın nedenidir. İhracat enflasyonun nedenidir. Sonuç olarak iki değişken arasında nedensellik vardır. Enflasyon-İthalat ve İthalat-Enflasyon sonucunda enflasyon ithalatın nedeni değildir. İthalat enflasyonun nedenidir. Sonuca bakıldığında tek taraflı bir nedensellik vardır sonuçlarına ulaşılmıştır.

## Kaynakça

- Ak, M. F. (2019). Türk Tarımında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile Verimlilik Değerlendirme Modeli. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 500-508
- Aktaş, C. (2009). Türkiye’nin İhracat, İthalat ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik Analizi, *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(2): 35-47
- Alkan, F. (2004). *Enflasyon ve İstikrar Programları*. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Altınok, S. (2004). *İktisada Giriş* (3. Baskı). Konya: Atlas Kitabevi
- Ateş, İ. (2005). *Türkiye Dış Ticaretinde Gelişmeler ve Yoksullaştıran Büyüme: 1993-2003*, Adnan Menderes Üniversitesi, SBE, İktisat ABD, Yayınlanmamış Doktora tezi, Aydın.
- Atik, H. (2006). Tercihlerde Benzerlik Teorisi: Türkiye ve Bazı Komşu Ülkelerin Dış Ticareti Üzerine Bir Analiz, *Ankara Üniversitesi Siyasal Bilgiler Fakültesi Dergisi*, Cilt:61, Sayı:2, ss.33-45.
- Baldemir, E. ve Gökalg, F. (1999). Türkiye’de Döviz Kuru Ve Dış Ticaret Hadleri İlişkisinin Ekonometrik Analizi, IV. *Ulusal Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Bildirileri*, 17-40.
- Bayraktutan, Y. ve Arslan, İ. (2003). Türkiye’de Döviz Kuru, İthalat ve Enflasyon İlişkisi: Ekonometrik Analiz (1980-2000), *Afyon Kocatepe Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 5(2), 89-104.
- Bayraktutan, Y. (2003). Bilgi ve Uluslararası Ticaret Teorileri, *Cumhuriyet Üniversitesi, İİBF Dergisi*, Cilt: 4, Sayı: 2, Sivas, ss. 175-186.
- Berber, M. ve Artan, S. (2004). Enflasyon ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği. Tartışma Metni. *Türkiye Ekonomi Kurumu*. Yayın No: 2004/21.
- Çeştepe, H., Yıldırım, E. ve Bayar, M. (2013), Doğrudan Yabancı Yatırım, Ekonomik Büyüme Ve Dış Ticaret: Toda-Yamamoto Yaklaşımıyla Türkiye’den Nedensellik Kanıtları, *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 27: 1-37
- Diñçer, B., Z. (1994). *Yapısal Enflasyon Olgusu Işığında Anti-enflasyon Politikaların Değerlendirilmesi ve Türkiye Örneği*. Yüksek Lisans Tezi, Dokuz Ege Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir
- Durukan, A. (1988). *Enflasyon İthalatı*. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul
- Erim, N. (2007). *İktisadi Düşünce Tarihi* (1. Baskı). Ankara: Palme Yayıncılık
- Göçer, İ. ve Gerede, C. (2016). Dış Ticaretin Enflasyon Üzerindeki Etkileri: Türkiye İçin Zaman İçindeki Değişen Birim Kök ve Nedensellik Testleri. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, İİBF Dergisi. Ağustos 2016*.
- Granger, C. W. J., (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods, *Econometrica*, Vol. 37 (3), 424-438.
- Gül, E. ve Ekinci, A. (2006), Türkiye’de Reel Döviz Kuru ile İhracat ve İthalat Arasındaki Nedensellik İlişkisi: 1990-2006, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, Sayı: 16, 165-190.
- Hatemi-J, A. (2012), Asymmetric Causality Tests with an Application, *Empirical Economics*, 43(1), 447-456.
- Hiç, M. (1994). *Büyüme ve Gelişme Ekonomisi* (2. Baskı). İstanbul: Filiz Kitabevi
- İyibozkurt, M., E. (1995). *Uluslararası İktisat Teori ve Politika*, Ezgi Kitabevi Yayınları, Bursa.
- Johansen, S. (1988). Statistical Analysis of Cointegration Vectors, *Journal of Economic Dynamics and Control*, pp. 231-254.
- Kara, M. (2012). *E-Dış Ticarete Karşılaşılan Sorunlar Üzerine Bir Araştırma: Gıda Sektörü Örneği*, Yüksek Lisans Tezi, Fatih Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İstanbul.
- Karaçor, Z. (2007). Enflasyon Kültür ve Geleneği: Türkiye Ekonomisi Üzerine Bir Analiz. Konya. (Editör: Ahmet Ay). *Türkiye Ekonomisi*. Konya: Çizgi Kitabevi, 99-102.
- Karluk, R., S., (1991). *Uluslararası Ekonomi*, Geliştirilmiş 3. Baskı, Bilim Teknik Yayınevi, İstanbul.
- Kaya F. ve Turguttopbaş, N.(2012). Dış Ticaret İşlemleri, *Eskişehir, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayınları*, 2012.s. 57-89-90

- Kaya, V. ve Yılmaz, Ö. (2006). Bölgesel Enflasyon Bölgesel Büyüme İlişkisi: Türkiye İçin Zaman Serisi Ve Panel Veri Analizleri. *İktisat İşletme ve Finans*, 21(247), 62-78.
- Kebapçı, H. (2011). *Bölgesel Kalkınmada Dış Ticaretin Rolü: Burdur-Isparta-Antalya İllerinin Karşılaştırması*, Süleyman Demirel Üniversitesi, SBE, İktisat ABD, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Isparta
- Keynes, J. M. (1936), *The General Theory of Employment, Interest and Money*, Cambridge: Harcourt, Brace and Company.
- Koch, Paul D.; Rosensweigh, Jeffrey. A. (1992). The Dollar and the US Terms of Trade, *Journal of Macroeconomics*, Vol.14, pp. 467-486.
- Mihaljek, D. ve Klau M. (2001). A Note on the Pass-Through from Exchange Rate and Foreign Price Changes to Inflation in Selected Emerging Market Economies, *Bank of International Settlements Papers*, No: 8, 69-108.
- Oktay, N. (2005). *Dış Ticarete Giriş*, Anadolu Üniversitesi Yayını No: 1624, Açıköğretim Fakültesi Yayını: 848, Eskişehir.
- Ordu, C. F. (2013). *Döviz Kuru Dış Ticaret İlişkisi: Türkiye Örneği* (Master's thesis, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Özarlan, U. (1998). *Türk Bankacılık Sektörünün Ölçek Ekonomisi Açısından İncelenmesi (1978-1996)*, Marmara Üniversitesi, Bankacılık ve Sigortacılık Enstitüsü, Yayınlanmamış Doktora Tezi, İstanbul.
- Özel, H., A. (2012). Ticari Serbestleşmenin Teorik Temelleri ve Yeni Ticari Serbestleşme Modelleri, *Kırklareli Üniversitesi, İİBF Dergisi*, Cilt: 1, Sayı: 1, Mart Kırklareli, ss. 4-26.
- Parasız, İ. (1996). *Monetarizm ve Ünlü Monetarist ve Keynesgil İktisatçılarla Söyleşiler* (2. Baskı). Bursa: Ezgi Kitabevi.
- Saraç, T. B. (2009). *Enflasyon ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Ekonomisi Üzerine Ekonometrik Bir Uygulama (1988-2007)*. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Şentürk, C. (2007). *Dış Ticaret-Büyüme İlişkisi Üzerine Bir İnceleme: Türkiye ve Gelişmekte Olan Ülkelerde İhracata Dayalı Büyüme Hipotezinin Testi*, Süleyman Demirel Üniversitesi, SBE, İktisat ABD, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Isparta
- Toda, H. Y. ve T. Yamamoto (1995), Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Process, *Journal of Econometrics*, 66, 225-250.
- Türker, O. (2002). *Yeni Dış Ticaret Teorileri: Teori ve Uygulama*, Erciyes Üniversitesi, SBE, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Kayseri.
- Ulke, V. ve Ergün U. (2011), Econometric Analysis of Import and Inflation Relationship in Turkey between 1995 and 2010, *Journal of Economic and Social Studies*, 1(2), 69-86.
- Ulusoy, A. (2006). *Maliye Politikası* (4. Baskı). Trabzon: Üçyol Kitabevi.
- Yapraklı, S. (2007), İhracat ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik: Türkiye Üzerine Ekonometrik Bir Analiz, *ODTÜ Gelişme Dergisi*, 34: 97-112
- Yılmaz, K., Akçay, C. ve Alper, C. (2002). *Enflasyon ve Büyüme Dinamikleri Gelişmekte Olan Ülkeler Işığında Türkiye Analizi*. İstanbul: Türk Sanayicileri ve İşadamları Derneği.
- Yörük, D. (2008). *Teoride Ve Uygulamada Dış Ticaret Hadleri ve Kalkınma İlişkisi*, Marmara Üniversitesi, SBE, İktisat ABD, Uluslararası İktisat BD, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.



# İstanbul İli Avrupa Yakası Bazı Bölgelerinde Hava Kalitesinin Mikrobiyolojik Yoğunluk Açısından İncelenmesi

Sümeyye Aydın<sup>1</sup>, Hürrem Bayhan<sup>2\*</sup>, Gökhan Önder Ergüven<sup>3</sup>, Bahar İkizoglu<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Koza Academy, Occupational Health and Safety Engineering Services Trade Limited Company, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0003-3925-4027)

<sup>2</sup> Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, Environmental Engineering Department, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0003-4782-4683)

<sup>3</sup> Munzur University, Tunceli Vocational School, Department of Chemistry and Chemical Process Technologies, Laboratory Technology Pr, Tunceli, Turkey (ORCID: 0000-0003-1573-080X)

<sup>4</sup> Suleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Isparta, Turkey (ORCID: 0000-0002-6654-7303)

(İlk Geliş Tarihi 10 Şubat 2020 ve Kabul Tarihi 23 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.701133)

**ATIF/REFERENCE:** Aydın, S, Bayhan, H. & Ergüven, G. Ö. (2020). İstanbul İli Avrupa Yakası Bazı Bölgelerinde Hava Kalitesinin Mikrobiyolojik Yoğunluk Açısından İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 334-343.

## Öz

İstanbul'un dış havasının mikrobiyal faunası avrupa yakasına ait dört farklı bölgede (Bakırköy, Fatih, Başakşehir ve Esenler) aktif ve pasif sedimentasyon örnekleme metoduyla incelenmiştir. Meteorolojik faktörlere ilave olarak, kentleşme ve trafik yoğunluğu mikrobiyal yüklemeye için tespit edilmiştir. Dış hava örnekleme Nisan 2014-Kasım 2015 arasında yürütülmüştür. Sedimentasyon yöntemi standart plate count agar (PCA) kullanılarak hazırlanan petri kutularının kapakları açılarak yapılmıştır. PCA ortamı toplam bakterilerin belirlenmesinde kullanılırken mantarlar için malt ekstrakt agar (MEA) kullanılmıştır. Bu periyodun sonunda oluşan koloniler sayılmış ve hacim başına düşen toplam bakteri ve mantar sayısı belirlenmiştir. Hava sıcaklığı, bağıl nem, rüzgar hızı ve yönü de aynı zamanda kayıt edilmiştir. Aktif örnekleme metodu sonuçlarına göre, en fazla bakteri sayısı 35°C inkübasyon sıcaklığında Başakşehir istasyonunda 222 KOB (Koloni oluşturan birey)/m<sup>3</sup>, en fazla mantar sayısı 20°C inkübasyon sıcaklığında da 286 KOB/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Belirlenen mikroorganizmalar için herhangi bir tür teşhis yapılmamıştır. Pasif örnekleme metodunda en fazla bakteri sayımı sonucu 35°C 'da Bakırköy istasyonunda 9250 KOB/m<sup>3</sup> olarak saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Mikrobiyal fauna, dış ortam havası, sedimentasyon örnekleme, mikrobiyal yük

## Investigation of Air Quality in Terms of Microbiological Density in Some Regions of the European Side of Istanbul Province

### Abstract

Microbial fauna of the outdoor ambient air of Istanbul has been determined in European side of Istanbul province at four different districts (Bakirkoy, Fatih, Basaksehir and Esenler) by active and passive sedimentation sampling methods. In addition to meteorological factors, the effect of urbanization and traffic density for the air microbial load is also determined. Outdoor air sampling was performed between April 2014 and November 2015. The sedimentation method was done by standart plate count agar (PCA) opening the cover of the petri dishes containing a prepared medium. Standart plate count agar (PCA) medium was used for the determination of total bacteria while malt extract agar (MEA) was used for fungi. The colonies formed at the end of this period were counted and total number of bacteria and fungi per unit volume and area were determined. Air temperature, relative humidity, wind speed and direction were also recorded. As a result of the active sampling method, the most counted units of bacteria was determined at 35°C in Basaksehir station as 222 CFU(Colony forming unit)/m<sup>3</sup>, maximum fungal was determined as 286 CFU/m<sup>3</sup> at 20°C incubation temperature. The maximum amount of bacteria in the passive sampling method results at 35°C was in Bakirkoy station as 9250 CFU/m<sup>3</sup>.

**Keywords:** Microbial fauna, outdoor air, sedimentation sampling, microbial load

\* Corresponding Author: Yıldız Technical University, Faculty of Civil Engineering, Environmental Engineering Department, Istanbul, Turkey, ORCID: 0000-0003-4782-4683, [hurrembayhan@gmail.com](mailto:hurrembayhan@gmail.com)

## 1. Introduction

Several studies have been conducted to determine the number and composition of atmospheric microorganisms. The atmosphere is not suitable for microbial growth due to high light intensity, extreme temperature changes, low organic matter concentration and low water content (Kuzyakov and Razavi, 2019). On the other hand, although the atmosphere is not suitable for the growth of microorganisms, it contains organism at a certain rate. Examples of airborne particles include pollens, microorganisms, and insects. Airborne microorganisms include algae, protozoa, yeasts, molds, rust, bacteria and viruses. The microbial load of air varies based on the amount of dust in the air and the human activities in the environment. Air on top of a fertile soil contains more microorganisms when compared to the air on sandy and muddy soil. Also, compared to the air on an area covered with meadows or forests, the air on a barren land, and compared to the sea air, terrestrial air contains more microorganisms. Air moisture also affects the quantitative status of microorganisms. The main factors behind the degree of bacterial contamination of air are the density of human and animal populations, vegetation, the structure of soil and the earth, the humidity and temperature of the atmosphere, the direction and length of the wind flow (Fujiyoshi et al., 2017).

In the upper layers of the air, aerobic bacilli are more abundant and in the lower layers, there are bacteria groups such as *Achromobacter*, *Sarcina* and *Micrococcus*. These organisms can be transported vertically and horizontally over long distances in the atmosphere. Although autotrophic bacteria could reproduce in clouds where particles that contain gases such as  $\text{NH}_3$  and  $\text{CO}_2$  and moisture are present, the growth of pathogenic microorganisms is not possible in the atmosphere (Brown et al., 2018). Bioaerosol is the general name for all airborne organic dust of biological origin such as bacteria, fungi, fungal spores, algae, viruses and pollen and their fragments. Exposure to these biological organisms and their microbial metabolites such as endotoxins, mycotoxins and VOC (Volatile Organic Compounds) leads to adverse health effects (Bennett and Inamdar, 2015). It was reported that in homes, where these types of pollutants are present, the frequency of the crises of asthma patients increases and the pollutants are associated with respiratory diseases (Kim et al., 2018).

The present study aimed to determine the number, composition and seasonal distribution of the total bacteria and fungi in domestic and outdoor atmospheres in Istanbul province and to determine whether the total number of bacterial and fungal colonies were associated with various meteorological factors.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Determination of the Stations

The samples were collected by sedimentation method in Fatih, Bakirkoy, Basaksehir, and Esenler districts in Istanbul (Figure 1) and by active sampling in Bakirkoy, Basaksehir, Esenler districts. The samples analyzed in the study were collected via the 4 stations in European side of Istanbul province between April 2014 - October 2015 in the determined regions for 18 months on certain intervals by active sampling. On September 2015, sampling was conducted by sedimentation method (1<sup>st</sup> station: Bakirkoy, 2<sup>nd</sup> station: Esenler, 3<sup>rd</sup> station: Basaksehir, 4<sup>th</sup> station: Fatih). In each station, total bacterial and fungal colony count were determined with 328 media via sedimentation and filtration methods.



**Fig. 1.** Sampling stations (1. Station; Bakirkoy, 2. Station; Esenler, 3. Station- Fatih, 4. Station; Basaksehir)



Bakirkoy station was selected since the district is an urban settlement, urbanization and station transfer center with high traffic load and human population. Basaksehir station was preferred since the district is an organized industrial zone where several activities that cause air pollution are conducted and the district is urban and traffic-intensive center. Fatih station was selected due to high vehicle load and population, while Esenler-Davutpasa station was preferred due to dense plant flora and its windy character. The samples were collected from the outdoor atmosphere with sedimentation and filtration methods. In the present study, the sedimentation method initially developed by Pasteur was used with passive sampling.

## **2.2. Active Sampling and Membrane Filtration**

In this method, the outdoor air was collected in the isotonic solution in the gas washing bottle using a vacuum pump. Prior to sampling, the equipment used such as the gas washing bottle, fasteners, isotonic solution, pure water, strainer set, and pipettes were sterilized in an autoclave (Figure 2). Sampling was conducted outdoors at human respiratory level of 1.5 meters. To research the quality of bacteria and fungi present in the air and to determine the suspended solid (SS) content, temperature, humidity, conductivity, samples were collected for 30 minutes in the morning and in the evening at each station at predetermined measurement points. The samples were transported to the laboratory with an ice battery thermos and isolated from the outdoor temperature. Once a specific air volume passed through the filter, the filter that retained all airborne microorganisms was placed on an agar medium. After the membrane filtration and incubation processes, the microbiological load in the ambient air was determined.



**Fig. 2.** Active sampling method

## **2.3. Sedimentation**

Four petri dishes for total bacteria and for fungi determination were left with the lids off at 1.5 meters high in the sampling area about 30 minutes. Then, the lids were wrapped with stretch film and transferred to the laboratory in an ice battery thermos for incubation. Petri dishes were allowed to incubate for 48 hours at 25°C and 35°C. The colonies that grew at the end of the incubation period were counted.

## **2.4. Analysis**

The strainer set was sterilized under a fume hood to prevent contamination. The agar saturated cardboards were placed in the strainer set. The media used are special cardboards saturated with a solution that is precisely formulated for microorganism growth with optimum parameters and could be stored for a long time and could be used by wetting with 3.5 ml sterile water. Standard PCA was used for total bacteria and MEA was used for mold and yeast determination.

The 250 ml samples in the gas washing bottle, 2 bacteria (37°C-20°C) in 50 ml, 2 fungi (37°C-20°C) were recorded for bacterial and fungi growth in the media in the air samples exposed to incubation for 2 days. The air temperature was also recorded during air quality measurements.

## **3. Results**

### **3.1. Bacteria and Fungi Colony Counts Determined with Active Sampling Method**

The total organism and fungal colonies obtained by the active sampling method are presented in Tables 1, 2 and 3. After the sampling and incubation conducted in Davutpasa station between April and November, the results of bacteria and fungi colony count are presented in CFU/m<sup>3</sup>. In September, it was recorded that bacteria growth was higher as a result of the sampling and analysis conducted during the morning hours. The air temperature was 25°C on 02.09.2014 when the sampling was conducted. The counting result conducted for the medium for the bacteria that underwent 30 min sampling and incubation at 30°C was 7431 CFU/m<sup>3</sup>. 833 CFU/m<sup>3</sup> colonies were counted in the fungi medium. The air temperature was 21°C and the incubation temperature was 35°C. In April-November period, it was recorded that bacteria and fungi growth was higher as a result of the sampling and analysis conducted in June during the morning hours. The air temperature was 25°C on 15.06.2014 when the sampling was conducted. The counting result conducted for the medium for the bacteria that underwent 30 min sampling and incubation at 20°C was 7500 CFU/m<sup>3</sup>. The count and analysis conducted on the fungi medium sampling collected on the same date and morning hours and incubated in 20°C revealed 1528 CFU/m<sup>3</sup> fungi colonies.



Table 1. Colony counting results at Bakirkoy-Incirli stations via active sampling method.

Station	Sampling date	Sampling time	Air temperature	Air pollutants	Incubation temperature	Toal colony number (CFU/m <sup>3</sup> )
Bakirkoy-Incirli	25.4.2014	09:00-10:00	25	Bacteria	20	222
					35	150
				Fungus	20	45
					35	27
	25.4.2014	18:00-19:00	27	Bacteria	20	66
					35	51
				Fungus	20	33
					35	23
	25.5.2014	09:00-10:00	27	Bacteria	20	4
					35	10
				Fungus	20	4
					35	3
	25.5.2014	18:00-19:00	30	Bacteria	20	12
					35	5
				Fungus	20	14
					35	6
	25.6.2014	09:00-10:00	27	Bacteria	20	6
					35	8
				Fungus	20	6
					35	4
	25.6.2014	18:00-19:00	30	Bacteria	20	5
					35	3
				Fungus	20	6
					35	3
	25.7.2014	09:00-10:00	24	Bacteria	20	4
					35	4
				Fungus	20	8
					35	2
	25.7.2014	18:00-19:00	28	Bacteria	20	2
					35	2
				Fungus	20	2
					35	2
	25.8.2014	09:00-10:00	19	Bacteria	20	21
					35	14
				Fungus	20	4
					35	27
	25.8.2014	18:00-19:00	20	Bacteria	20	47
					35	27
				Fungus	20	2
					35	2
	25.9.2014	09:00-10:00	15	Bacteria	20	5
					35	2
Fungus				20	7	
		35	3			
18:00-19:00		15	Bacteria	20	11	
				35	4	
	Fungus		20	286		
35		2				
25.10.2014	09:00-10:00	16	Bacteria	20	49	
				35	58	
			Fungus	20	19	
				35	6	
25.10.2014	18:00-19:00	18	Bacteria	20	47	
				35	49	
			Fungus	20	8	
				35	6	
25.11.2014	09:00-10:00	9	Bacteria	20	14	
				35	6	
			Fungus	20	24	
				35	11	
25.11.2014	18:00-19:00	10	Bacteria	20	4	
				35	3	
			Fungus	20	2	
				35	2	

Table 2. Colony counting results at Davutpasa-Esenler stations via active sampling method.

Station	Sampling date	Sampling time	Air temperature	Air pollutants	Incubation temperature	Toal colony number (CFU/m <sup>3</sup> )
Davutpasa-Esenler	2.4.2014	09:00-10:00	15 <sup>o</sup>	Bacteria	20	0
					35	2
				Fungus	20	23
					35	19
	2.4.2014	18:00-19:00	17 <sup>o</sup>	Bacteria	20	0
					35	0
				Fungus	20	12
					35	6
	2.5.2014	09:00-10:00	16 <sup>o</sup>	Bacteria	20	0
					35	0
				Fungus	20	0
					35	0
	2.5.2014	18:00-19:00	19 <sup>o</sup>	Bacteria	20	10
					35	14
				Fungus	20	6
					35	2
	2.6.2014	09:00-10:00	23	Bacteria	20	103
					35	72
				Fungus	20	6
					35	4
	2.6.2014	18:00-19:00	24	Bacteria	20	119
					35	126
				Fungus	20	10
					35	6
	2.7.2014	09:00-10:00	25	Bacteria	20	25
					35	33
				Fungus	20	2
					35	2
	2.7.2014	18:00-19:00	29	Bacteria	20	3
					35	1
				Fungus	20	2
					35	2
	2.8.2014	09:00-10:00	27	Bacteria	20	5
					35	2
				Fungus	20	2
					35	2
	2.8.2014	18:00-19:00	29	Bacteria	20	11
					35	3
				Fungus	20	18
					35	6
2.9.2014	09:00-10:00	25	Bacteria	20	177	
				35	220	
			Fungus	20	21	
				35	8	
2.9.2014	18:00-19:00	29	Bacteria	20	2	
				35	8	
			Fungus	20	4	
				35	4	
2.10.2014	09:00-10:00	21	Bacteria	20	51	
				35	119	
			Fungus	20	6	
				35	25	
2.10.2014	18:00-19:00	23	Bacteria	20	60	
				35	126	
			Fungus	20	12	
				35	5	
2.11.2014	09:00-10:00	14	Bacteria	20	3	
				35	4	
			Fungus	20	5	
				35	6	
2.11.2014	18:00-19:00	17	Bacteria	20	7	
				35	8	
			Fungus	20	9	
				35	10	

Table 3. Colony counting results at Ikitelli-Basaksehir stations via active sampling method.

Station	Sampling date	Sampling time	Air temperature	Air pollutants	Incubation temperature	Toal colony number (CFU/m <sup>3</sup> )
Ikitelli-Basaksehir	15.4.2015	09:00-10:00	12	Bacteria	20	6
					35	4
				Fungus	20	4
					35	4
	15.4.2015	18:00-19:00	13	Bacteria	20	10
					35	16
				Fungus	20	6
					35	10
	15.5.2015	09:00-10:00	19	Bacteria	20	37
					35	41
				Fungus	20	8
					35	4
	15.6.2015	09:00-10:00	25	Bacteria	20	222
					35	150
				Fungus	20	45
					35	27
	15.6.2015	18:00-19:00	27	Bacteria	20	66
					35	51
				Fungus	20	33
					35	23
	15.7.2015	09:00-10:00	27	Bacteria	20	4
					35	10
				Fungus	20	4
					35	2
	15.7.2015	18:00-19:00	30	Bacteria	20	19
					35	7
				Fungus	20	24
					35	9
	15.8.2015	09:00-10:00	27	Bacteria	20	6
					35	8
				Fungus	20	6
					35	2
	15.8.2015	18:00-19:00	30	Bacteria	20	5
					35	2
				Fungus	20	11
					35	3
15.9.2015	09:00-10:00	24	Bacteria	20	4	
				35	4	
			Fungus	20	8	
				35	2	
15.9.2015	18:00-19:00	28	Bacteria	20	2	
				35	2	
			Fungus	20	2	
				35	2	
15.10.2015	09:00-10:00	19	Bacteria	20	21	
				35	14	
			Fungus	20	4	
				35	27	
15.10.2015	18:00-19:00	20	Bacteria	20	47	
				35	27	
			Fungus	20	2	
				35	2	
15.11.2015	09:00-10:00	15	Bacteria	20	16	
				35	7	
			Fungus	20	2	
				35	2	
15.11.2015	18:00-19:00	15	Bacteria	20	9	
				35	2	
			Fungus	20	286	
				35	2	

### 3.2. Bacteria and Fungi Colony Counts Determined with Sedimentation Method

The total bacteria and fungi colony counts obtained with sedimentation method in Basaksehir- Ikitelli, Davutpasa-Esenler, Fatih-Aksaray, Bakirkoy-Incirlı stations are presented in Tables 4, 5, 6 and 7.

Table 4. Colony counting results at Basaksehir-Ikitelli stations via sedimentation method

Station	Sampling date	Sampling time	Air temperature	Air pollutants	Incubation temperature	Toal colony number (CFU/m <sup>3</sup> )			
Basaksehir-İkitelli (sedimentasyon)	13.9.2015	15:00-16:00	25	Bacteria	20	2563			
					35	1938			
				Fungus	20	250			
					35	250			
				16.9.2015	16:00-17:00	25	Bacteria	20	313
								35	1063
	Fungus	20	324						
		35	63						
	17.9.2015	15:00-16:00	27	Bacteria	20	233			
					35	1063			
				Fungus	20	411			
	35	67							
	21.9.2015	14:00-15:00	26	Bacteria	20	125			
					35	250			
				Fungus	20	750			
	35	156							
	23.9.2015	12:00-13:00	23	Bacteria	20	34			
					35	11			
				Fungus	20	438			
	35	313							
	30.9.2015	17:00-18:00	16	Bacteria	20	250			
					35	188			
				Fungus	20	313			
	35	63							

The sampling conducted with sedimentation method was carried out in September at all stations. The highest value was recorded for the samples collected before 23:00 in Bakirkoy station on 23.09.2015. For the fungi, the air temperature was recorded as 25°C before noon on 21.09.2015 for the samples collected in Esenler station. The highest value obtained in total organism colony count was 9250 CFU/m<sup>3</sup> and the highest value obtained in total fungus colony count was 875 CFU/m<sup>3</sup>.

Table 5. Colony counting results at Davutpasa-Esenler stations via sedimentation method

Station	Sampling date	Sampling time	Air temperature	Air pollutants	Incubation temperature	Toal colony number (CFU/m <sup>3</sup> )			
Davutpasa-Esenler(sedimentasyon)	7.9.2015	15:00-16:00	25	Bacteria	20	125			
					35	94			
				Fungus	20	188			
					35	438			
				17.9.2015	16:00-17:00	26	Bacteria	20	220
								35	42
	Fungus	20	34						
		35	8						
	21.9.2015	11:00-12:00	25	Bacteria	20	125			
					35	94			
				Fungus	20	188			
	35	438							
	29.9.2015	11:00-12:00	21	Bacteria	20	3450			
					35	1125			
				Fungus	20	540			
	35	250							
	21.9.2015	13:00-14:00	26	Bacteria	20	36			
					35	250			
				Fungus	20	438			
	35	625							
	23.9.2015	11:00-12:00	25	Bacteria	20	3000			
					35	9250			
				Fungus	20	750			
	35	250							
30.9.2015	19:00-20:00	15	Bacteria	20	250				
				35	3000				
			Fungus	20	438				
35	125								

Table 6. Colony counting results at Fatih-Aksaray stations via sedimentation method.

Station	Sampling date	Sampling time	Air temperature	Air pollutants	Incubation temperature	Toal colony number (CFU/m <sup>3</sup> min.)
Fatih-Aksaray	16.9.2015	18:00-19:00	24	Bacteria	20 <sup>0</sup>	125
					35 <sup>0</sup>	313
				Fungus	20 <sup>0</sup>	250
					35 <sup>0</sup>	31
	21.9.2015	11:00-12:00	24	Bacteria	20 <sup>0</sup>	177
					35 <sup>0</sup>	245
Fungus				20 <sup>0</sup>	264	
				35 <sup>0</sup>	44	

Table 7. Colony counting results at Bakirkoy-Incirli stations via sedimentation method.

Station	Sampling date	Sampling time	Air Temperature	Air Polltants	Incubation temperature	Toal colony number (CFU/m <sup>3</sup> min.)
Bakirkoy-Incirli	21.9.2015	13:00-14:00	26	Bacteria	20 <sup>0</sup>	63
					35 <sup>0</sup>	250
				Fungus	20 <sup>0</sup>	438
					35 <sup>0</sup>	625
	23.9.2015	11:00-12:00	25	Bacteria	20 <sup>0</sup>	3000
					35 <sup>0</sup>	9250
				Fungus	20 <sup>0</sup>	750
					35 <sup>0</sup>	250
	30.9.2015	19:00-20:00	15	Bacteria	20 <sup>0</sup>	250
					35 <sup>0</sup>	3000
				Fungus	20 <sup>0</sup>	438
					35 <sup>0</sup>	125

#### 4. Discussion

In this study, there is no test for characterization of bacteria/fungus to identify the specific types but only the approximately number of microorganisms counted for four stations. Studies on determination of bacteria and fungi in indoor/outdoor environments increased significantly during recent years. There are several studies that investigated the presence of bacteria and/or fungi in different types of indoor air, especially in Istanbul, Edirne (Sarica et al., 2002; Asan et al., 2004; Aydogdu et al., 2005; Okten and Asan, 2012) Eskisehir (Asan et al., 2004; Ceylan et al., 2006), Adana (Inal et al., 2007), Manisa (Kalyoncu and Ekmekci, 2008), Isparta (Asan et al., 2004; Unlu et al. (2003), Afyon (Cetinkaya et al., 2005), Denizli (Ovez et al., 2012) and Ankara (Mentese et al., 2012) provinces in Turkey.

In a study conducted at McGill University, it was determined that the correlation between air density and microbial concentration was similar in Montreal and London. Samples were collected from the oceans and islands up to 2700-3000 meter elevations. The analysis of these samples demonstrated that bacteria and fungi could live up to an elevation of 3000 meters. *Micrococcus*, *Sarcina*, Gram (-) and Gram (+) bacilli were determined among the aerobic bacterial spore forms. They examined the microbiological flora in the bedroom, living room, kitchen and bathroom of a newly built apartment and in the garden of the same apartment building. For this purpose, both air and surface samples were collected. The air samples were collected at 400 locations in the garden and in each room in the apartment at 2 locations with the petri dishes prepared with Tryptic Soy Agar (TSA) and left open for 10 minutes (Pelczar and Reid, 1965).

In one of the other study, the mycoflora in indoor and outdoor air in the six different districts of the city of Istanbul were investigated at two monthly intervals from November 15, 2001 to September 15, 2002. The aim of that study was to find out the densities of airborne fungal spores that can cause an allergic response on inhalation and/or asthma. The most widespread fungal spores were identified as those of the genus *Cladosporium* and *Penicillium* (Colakoglu, 2004). Colakoglu (1996), took outdoor air samples from the Marmara University campus area and a crowded street over a year long period using a volumetric spore trap.

Colakoglu (2004) studied indoor and outdoor mycoflora in the different districts of the city of Istanbul. According to the results, a total of 504 samples were observed by using the Petri Plate Gravitational Method; fungi were isolated from these samples and 2198 colonies were counted. *Penicillium* was found in greatest abundance followed by *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Alternaria*, *Rhizopus* and *Fusarium* and *Cladosporium* and *Alternaria*. At the end of the study, it was conducted that, there was a high density of the fungi *Penicillium* and *Aspergillus* in the indoor air while in the outdoor air, *Cladosporium* and *Alternaria* population were high. It is understood that there were differences in the distribution of other fungal species between the indoor and outdoor air samples (Colakoglu, 2004). A similar was study about gravimetric sampling was carried out in Belgrad Forest by Colakoglu, (2003). According to the study, outside the city center, over the course of a year, finding that *Aspergillus* and *Penicillium* were the most populated types of fungi.



The average concentration of bacteria in indoor air was 73 CFU/m<sup>3</sup> in the bathroom, 116 CFU/m<sup>3</sup> in the bedroom, 140 CFU/m<sup>3</sup> in the living room and 144 CFU/m<sup>3</sup> in the kitchen. The mean bacteria count in the house was similar to the outdoor mean bacteria count. There were statistical differences between outdoor bacteria concentrations in the studies conducted on the 1<sup>st</sup> and 2<sup>nd</sup> year. Gram (-) bacilli were found on moist surfaces such as kitchen faucets and wash basins, Gram (+) cocci were found on kitchen faucet, bathtubs and faucets. Gram (+) bacilli were found to be higher in both moist and dry surfaces (Marcher and Flores, 1991). The increase in air pollution in Turkey and abroad in recent years and resulting increase in respiratory system diseases especially in humans led to an increasing number of studies on the topic. Khan et al. (1999) conducted a year-long study to investigate the aerial distribution of *Aspergillus* and other molds in domestic and outdoors air environment. They utilized Andersen sampler and Rose-Bengal Agar. They compared the fungal species found in indoor and outdoor atmosphere. They investigated whether airborne particles pass through filters based on their density and size. Removal of bacterial and fungal contaminants from the air was succeeded with a rate of 98.7% in bacteria and up to 67% in fungi. They reported that the *Penicillium* species were dominant after removal and 4 µm particles passed through the filters. Sapan et al. (1991) investigated the indoors fungal flora in the province of Bursa. It was found that reproduction was observed in 1014 out of the 1188 media and *Penicillium*, *Cladosporium*, *Rhizopus ehrenbergeri*, *Aspergillus*, *Absidia tieghii* and *Mucor mich.* Sapan et al. (1993) conducted a study to investigate the fungal flora in the homes of children with bronchial asthma in Bursa. In this study, samples collected at 6 stations for 12 months using Gravity-Based Petri plate method to determine the airborne fungi in Edirne province and determined that the dominant species were *Alternaria*, *Penicillium*, and *Cladosporium*. They also examined the correlation between the number of fungal spores, air pollutants and meteorological factors using statistical analyzes, and found that the correlations between the number of spores and SO<sub>2</sub> concentration in the air and temperature were statistically significant. Although this finding contradicted with the findings reported by Bicakci et al. (2001), it was considered that the increase in the temperature, precipitation and humidity provided the optimum conditions for the growth of fungi. The density of microfungi is also high in humid environments.

## 5. Conclusions

In the study, it was observed that in November, although the humidity rate and rainfall were high, the spore count decreased significantly as a result of the decrease in temperatures. The findings of the present study in these months were similar to those reported by other studies. In April and May, it was observed that the spores started to decrease in the atmosphere. It is suggested that this decrease was due to the increasing temperatures and related decrease in relative humidity despite the increase in precipitation in these months. The optimum conditions may vary based on the geographic conditions and climate. In May, temperatures, precipitation and humidity reached suitable levels for these spores to grow and mean monthly temperature was observed as 14.2°C. It was reported that during the days after the rain, the increase in temperatures and wind speed increase the spore count. It is understood that sampling areas of Istanbul City has a problem about fungal and bacterial load for human health. It is necessary to control microorganism populations in for protect people health from allergic diseases. Those with allergies to fungal spores are recommended not to leave home unless they used to, because organic plant waste concentrations are high and so fungal development is much higher. Scientists are advised to study the range of seasons described above when considering their treatments.

## 6. Acknowledge

This study was produced from master thesis and supported by Yıldız Technical University Scientific Research Projects Coordinator (Project No: 2012-05-02-YL-02).

## References

- Asan, A., İlhan, S., Sen, B., Erkara, I.P., Filik, C., Cabuk, A., Demirel, R., Ture, M., Okten, S.S. & Tokur, S. (2004). Airborne fungi and actinomycetes concentrations in the air of Eskisehir city (Turkey). *Indoor Built. Environ.*, 13, 63-74.
- Aydogdu, H., Asan, A., Oktun, M.T. & Ture, M. (2005). Monitoring of fungi and bacteria in the indoor of primary school in Edirne city, Turkey.; *Indoor. Built. Environ.*, 14, 411-425.
- Bennett, J., Inamdar, J. (2015). Are Some Fungal Volatile Organic Compounds (VOCs) Mycotoxins? *Toxins (Basel)*. 7(9), 3785–3804.
- Brown, S.R.B., Forauer, E.C., D'Amico, D.J. (2017). Effect of modified atmosphere packaging on the growth of spoilage microorganisms and *Listeria monocytogenes* on fresh cheese. *J Dairy Sci.*, 101(9), 7768-7779.
- Bicakci, A., Tatlıdil, S., Canitez, Y. & Malyer, H. (2001). Mustafakemalpaşa ilçesi (Bursa) atmosferindeki alerjen *Alternaria* sp. ve *Cladosporium* sp. sporları, *Akciğer Arşivi*, 2, 69-72.
- Cetinkaya, Z., Fidan, F., Unlu, M., Hasenekoglu, I., Tetik, L. & Demirel, R. (2005). Assessment of indoor air fungi in Western-Anatolia, Turkey. *Asian Pac. J. Allergy. Immunol*, 23, 87-92.
- Ceylan, E., Ozkutuk, A., Ergor, G., Yucesoy, M., İtil, O., Caymaz, S. & Cimrin, A. (2006). Fungi and indoor conditions in asthma patients. *Journal of Asthma*, 43, 789-794.
- Colakoglu, G. (1996). Mould Counts in the Atmosphere at the Europe Quarter of İstanbul, Turkey. *J Basic Microbiolol.*, 36(6), 389-392.
- Colakoglu, G. (2003). Airborne fungal spores at the Belgrad forest near the city of Istanbul (Turkey) in the year 2001 and their relation to allergic diseases. *J Basic Microbiolol.*, 43(5), 376-84.

- Colakoglu, G. (2004). Indoor and outdoor mycoflora in the different districts of the city of Istanbul (Turkey). *Indoor: Built Environ.* 13(2), 91-100.
- Fujiyoshi, S., Tanaka, D., Maruyama, F. (2017). Transmission of Airborne Bacteria across Built Environments and Its Measurement Standards: A Review. *Front Microbiol.*, 8, 2336.
- Inal, A., Karakoc, G.B. & Altintas, D.U. (2007). Effect of indoor mold concentrations on daily symptom severity of children with asthma and/or rhinitis monosensitized to molds. *J. Asthma*, 44, 543-546.
- Kalyoncu, F. & Ekmekci, S. (2008). Culturable airborne fungi in outdoor environments in Manisa, Turkey. *Fresen. Environ. Bull.*, 17, 844-848.
- Khan, Z.U., Khan, M.A., Chandy, R. & Sharma, P.N. (1999). Aspergillus and other moulds in the air of Kuwait. *Mycopathologia*. 146(1), 25-32.
- Kim, D., Chen, Z., Zhou, L.F., Huang, S.X. (2018). Air pollutants and early origins of respiratory diseases. *Chronic Dis Transl Med.* 4(2), 75-94.
- Kuzyakov, Y., Razavi, B.S. (2019). Rhizosphere size and shape: Temporal dynamics and spatial stationarity. *Soil Biol Biochem.* 135, 343-360.
- Marcher, J.M. & Flores, M.A. (1991). Two-Year Study of Microbiological Indoor Air Quality in a New Apartment, *Archives of Environ. Health.* 46(1), 25-29.
- Mentese, S., Rad, A., Arisoy, M. & Gullu, G. (2012). Seasonal and spatial variations of bioaerosols in indoor urban environments, Ankara, Turkey. *Indoor Built. Environ.*, 21, 797-810.
- Okten, S. & Asan, A. (2012). Airborne fungi and bacteria in indoor and outdoor environment of the pediatric unit of Edirne government hospital. *Environ. Monit. Assess.*, 184, 1739-1751.
- Ovez, H., Ergin, C. & Kaleli, I. (2012). Investigation of mold fungi in air samples of elementary schools and evaluation of allergen-specific Ige levels in students' sera. *Mikrobiyoloji Bulteni*, 46, 266-275.
- Pelczar, M.J. & Reid, R.D. (1965). Microbiology (2nd ed). Kogakuscha Company Ltd, Tokyo.
- Sapan, N., Gedikoglu, S. & Anturan, N. (1993). Bursa'daki Bronşial Astmalı Çocukların Evlerindeki Mantar Florasının Belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*, 10, 9-12.
- Sapan, N., Gedikoglu, S. & Tunali, S. (1991). Bursa ili eviçi mantar florası. *Türk Mikrobiyol. Cem. Derg.*, 21, 73-78.
- Sarica, S., Asan, A., Oktun, M.T. & Ture, M. (2002). Monitoring indoor airborne fungi and bacteria in the different areas of Trakya University Hospital, Edirne, Turkey. *Indoor Built. Environ.*, 11, 285-292.
- Unlu, M., Ergin, C. & Cirit, M. (2003). Molds in the homes of asthmatic patients in Isparta, Turkey. *Asian Pac. J. Allergy. Immunol.* 21, 21-24.



# Türkiye’de Yetiştirilen Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Yarı Kurak İklim Koşullarında (T. Aestivum L.) Kalite Özellikleri İle Verim ve Verim Unsurlarının İncelenmesi

Arzu Mutlu<sup>1</sup>, Timuçin Taş<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Akçakale Meslek Yüksekokulu, Şanlıurfa, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8992-8371)

<sup>2</sup>GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2144-9064)

(İlk Geliş Tarihi 18 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 26 Mayıs 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.738796)

**ATIF/REFERENCE:** Mutlu, A. & Taş, T. (2020). Türkiye’de Yetiştirilen Bazı Ekmeklik Buğday Çeşitlerinin Yarı Kurak İklim Koşullarında (T. Aestivum L.) Kalite Özellikleri İle Verim ve Verim Unsurlarının İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 344-353.

## Öz

Bu araştırma, 2018-2019 yetiştirme sezonunda Şanlıurfa ilinin Akçakale ilçesi çiftçi koşullarında 25 ekmeklik buğday çeşidi ile tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Yarı kurak iklim koşullarında ekmeklik buğday çeşitlerinin tane verimi ile bazı verim unsurları ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Denemede tane verimi, verim unsurları (bitki boyu, hektolitre ve bindane) ve bazı kalite özellikleri (protein oranı, yaş gluten, kuru gluten oranı ve sedimentasyon miktarı) incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; tane veriminin; 293.0-666.0 kg/da, bitki boyunun; 80.14-110.00 cm, hektolitre ağırlığının; 69.70-82.18 kg/hL, bindane ağırlığının; 23.73-45.08 gr, protein oranının; % 12.97-16.00, yaş gluten oranının; % 28.33-43.47, kuru gluten oranının; % 9.93-16.23, sedimentasyon miktarının; 24.00-48.33 ml arasında değiştiği belirlenmiştir. Denemenin birinci yılına göre; ikinci yılında yaklaşık 1000 mm yağın yağış ve buna bağlı düşük sıcaklıklardan dolayı tane verimi, verim komponentleri ve kalite değerlerinin azaldığı görülmüştür. Yapılan biplot analizinde, hem tane verimi ile verim komponentleri'nin hem de kalite özelliklerinin birbirleri ile yüksek pozitif ilişkilere sahip olduğu belirlenmiştir. Her özellik bakımından yüksek stabiliteye sahip çeşitler tespit edilmiştir. Tane verimi bakımından Pamukova-97, Kaşifbey, Adana-99, PANDA'S ve Gökkan çeşitlerin stabil ve kabul edilir sınırlarda kalite özelliklerine sahip olduğu saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ekmeklik Buğday, Tane Verimi, Kalite Özellikleri, Biplot Analizi

## Investigation of Quality Traits with Yield and Yield Elements in Some Bread Wheat Varieties (T. Aestivum L.) Grown in Turkey under Semi-Arid Climatic Conditions

### Abstract

This research was conducted with 25 bread wheat varieties at farmer conditions in Akçakale district of Şanlıurfa province in 2018 and 2019 growing season according to a randomized complete block design with three replications. It was carried out to determine of quality traits with yield and yield elements in some bread wheat varieties (T. Aestivum L.) under semi-arid climatic conditions. Grain yield, yield elements (plant height, hectolitre and 1000 kernels weight) and some quality traits (protein ratio, wet gluten and dry gluten ratio and sedimentation amount) were analyzed in trial. According to the research results, it was determined that grain yield, plant height, hectolitre weight, 1000 grain weight, protein ratio, wet gluten ratio, dry gluten ratio and sedimentation amount ranged from 293.0-666.0 kg/da<sup>-1</sup>, 80.14-110.00 cm, 69.70-82.18 kg/hL<sup>-1</sup>, 23.73-45.08 g, 12.97-16.00 %, 28.33-43.47 %, 9.93-16.23 % and 24.00-48.33 ml respectively. According to the first year of the trial; it was observed that grain yield, yield components and quality values decreased due to the precipitation about 1000 mm and low temperatures in the second year. In the biplot analysis, it was determined

\* Sorumlu Yazar: GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Şanlıurfa, Türkiye, ORCID: 0000-0002-2144-9064, [tas\\_4@hotmail.com](mailto:tas_4@hotmail.com)

that both grain yield with yield components and quality characteristics have high positive relationships with each other. Genotypes which had high stability in terms of each feature was identified. In terms of grain yield, varieties which are Pamukova-97, Kaşifbey, Adana-99, PANDA`S and Gökkan was determined to have both stable and quality features within acceptable quality limits.

**Keywords:** Bread Weat, Grain Yield, Quality Traits, Biplot Analysis

## 1. Giriş

Buğday ülkemizde ve dünyada temel besin maddesi ve stratejik ürün olarak ilk sırayı almakta ve bu önemi gelecek yıllarda da sürdüreceği görülmektedir. 2018-19 üretim sezonunda Dünyada toplam buğday üretimi 733 milyon ton olmuştur. 2019-20 üretim sezonunda ise 763 milyon ton olması tahmin edilmektedir (Anonim, 2020a). Türkiye’de 2019 yılı buğday ekilişi 68,5 milyon dekar, toplam üretim 19 milyon tondur. 57,5 milyon dekar alanda 15,85 milyon ton ekmeklik buğday, 11 milyon dekar alanda da 3,15 milyon ton makarnalık buğday üretilmiştir (Anonim, 2020b). Türkiye’nin 2018/2019 pazarlama yılı toplam buğday tüketimi 18,8 milyon ton ve kendine yeterliliği %100,5’tir. Araştırmanın yürütüldüğü Şanlıurfa ili hem makarnalık hem de ekmeklik buğday yabancı formlarını doğal florasında barındırması yönüyle kaliteli ekmeklik ve makarnalık buğday üretiminin yapıldığı bir ildir. Türkiye buğday üretiminin yaklaşık % 5 i bu ilimizden elde edilmektedir (Anonim, 2020b).

Ekmeklik buğdayın verim ve kalite özelliklerine birçok çevresel faktörün etkisi bulunmaktadır. Farklı gübreleme dozları, yıllık yağış miktarı ve dağılımı, yetiştirme periyodu, özellikle tane doldurma dönemindeki sıcaklık ve nisbi nem oranları gibi çevresel faktörlerin en önemlilerinden olduğu rapor edilmiştir (Peterson ve ark., 1998; Smith ve Gooding, 1999). Tarımı yapılan bölgelerdeki toprak ve iklim özelliklerinin ekmeklik buğday çeşitlerinin kalite özelliklerine önemli etkisi olduğu bildirilmiştir (Atlı, 1999). Tane verimi ile pozitif bir korelasyon içerisinde olan bindane ve hektolitre gibi agronomik özellikler; çeşit, iklim (sıcaklık, yağış ve nisbi nem), toprak özellikleri ve tane dolumu sırasındaki sıcaklık ve yağış rejimi gibi faktörler tarafından etkilenmektedir. Ekmeklik buğdaydaki kalite özellikleri (gluten ve sedimentasyon) önemli ölçüde protein oranları ile paralellik gösterir. Protein, gluten ve sedimentasyon miktarlarının farklı çevre ve genotiplerde farklı değerler aldığı, gluten oranının en önemli kalite özelliklerinden biri olan sedimentasyon miktarının; çeşit, farklı yetiştirme çevreleri ve ekmeklik buğdayın en önemli zararlılarından olan süne ve kımıla bağlı olarak değişebileceği rapor edilmiştir (Bonfil ve ark., 2004). Depo edilen proteinlerin büyük bir bölümünü oluşturan gliadin proteini, glutenin büyük bir bölümünü teşkil etmektedir. Bu proteinin maya tarafından oluşturulan gazı tutarak, kaliteli ekmeğin oluşmasını sağladığı ifade edilmiştir (Elgün ve ark., 2001). Bu sebeplerden dolayı, üretime kazandırılmış ve kazandırılacak olan ekmeklik buğday çeşitlerinin tane verimlerinin yanında kalite yönünden de değerlendirilmesi ve irdelenmesi gerektiği belirtilmiştir (Basset ve ark., 1989).

Bu çalışma, Şanlıurfa iline bağlı Akçakale ilçesi çiftçi koşullarında, ülkenin farklı *Ar-Ge* kuruluşları tarafından geliştirilen ve hala üretim alanlarında tercih edilen, yazlık ve kışlık tabiatlı ekmeklik buğday çeşitlerinin verim performanslarının yanında kalite performanslarını belirlemek ve ilişkilendirmek amacıyla yürütülmüştür.

## 2. Materyal ve Metot

2018 ve 2019 yıllarında Akçakale ilçesi çiftçi tarlasından alınan toprak numunelerinin analizleri neticesinde, her iki yılda organik madde oranı dışında kalan özelliklerin bitki gelişimi için kabul edilir seviyelerde olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Araştırmanın yürütüldüğü yer olan Şanlıurfa ili, Türkiye’nin en sıcak iklim kuşağında yer alan illerinden birisidir. 2017/2018 yetiştirme sezonunda sıcaklıkların 2018/2019 yetiştirme sezonuna ve uzun yıllara göre daha yüksek seyrettiği belirlenmiştir. Araştırmanın ikinci yılında toplam yağış miktarının 1000 mm’ye yaklaşarak, araştırmanın ilk yılı yağış miktarının yaklaşık üç katına ulaştığı tespit edilmiştir. Denemenin ikinci yılında yoğun yağışlardan dolayı deneme parsellerinde günler süren göllenmeler meydana gelmiştir. Araştırmanın ikinci yılı yoğun yağışların olduğu dönemlerde bitkilerin gelişiminin yavaşladığı yer yer bitkilerin yapraklarında sararmalar olduğu gözlemlenmiştir. Her iki deneme yılında da düzenli bir yağış rejimi olmadığı için özellikle bitkinin tane doldurma döneminde sulamalar yapılmıştır (Tablo 2).

Tablo 1. 2018 ve 2019 Yılları Deneme Alanında ki Toprakların Özellikleri

YILLAR	2018		2019	
Toprak Derinliği (cm).	0-30	30-60	0-30	30-60
Ec (dS m)	0.67	0.74	0.71	0.69
pH	7.60	7.70	7.40	7.50
Kireç oranı (%)	31.2	32.0	21.0	22.78
Toplam P (kg/da)	4.02	4.55	6.43	6.10
Toplam K (kg/da)	244.88	233.89	260.0	270.20
Organik madde oranı (%)	1.11	0.89	0.73	0.91
Cu (mg kg <sup>-1</sup> )	1.24	1.31	1.34	1.38
Mn (mg kg <sup>-1</sup> )	5.55	5.44	4.66	4.35
Fe (mg kg <sup>-1</sup> )	6.10	6.31	5.56	5.50
Zn (mg kg <sup>-1</sup> )	1.03	1.38	1.40	1.25

Tablo 2. Deneme Alanına Ait Uzun Yıllar ve 2017-2019 Yılları Arası İklim Verileri(Anonim, 2019)

Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)			Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)			Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)			Toplam Yağış (kg/m <sup>2</sup> )		
	2017-18	2018-19	Uzun yıllar	2017-18	2018-19	Uzun yıllar	2017-18	2018-19	Uzun yıllar	2017-18	2018-19	Uzun yıllar
Ekim	20.5	21.6	20.2	27.3	27.7	27.0	15.1	16.8	14.5	17.1	39.4	24.6
Kasım	13.4	13.0	12.8	19.0	17.6	18.7	9.2	9.5	8.4	17.4	106.6	44.9
Aralık	10.3	8.6	7.5	15.9	12.0	12.0	6.3	6.1	3.9	9.5	259.2	80.1
Ocak	8.1	6.1	5.5	12.4	10.3	9.9	4.9	3.2	2	118.8	113.8	87.7
Şubat	10.4	8.3	7.0	15.2	13.2	11.9	6.7	4.7	2.9	87.4	83.8	69.2
Mart	15.5	10.7	10.8	21.6	16.0	16.4	9.9	6.6	5.8	13.3	156.7	62.1
Nisan	19.9	14.4	16.1	27.0	20.4	22.3	13.6	9.8	10.3	35.8	97.4	49.4
Mayıs	23.0	25.2	22.1	29.8	32.6	28.6	17.0	17.9	15.2	64.5	7.3	26.1
Haziran	28.6	30.7	28.1	36.2	38.3	34.6	21.5	22.9	20.5	10.1	8.9	3.5
Ortalama	16.6	15.4	14.5	22.7	20.9	20.1	11.5	10.8	9.2	373.9	873.1	447.6

Araştırma, 2017/2018 – 2018/2019 yetiştirme sezonlarında Şanlıurfa'nın Akçakale ilçesi çiftçi şartlarında tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada bitki materyali olarak, ülkenin farklı Ar-Ge kuruluşlarında geliştirilmiş çoğu yazlık tabiatlı olmak üzere kışlık tabiatlı çeşitlerin de olduğu 25 ekmeklik buğday çeşidi kullanılmıştır. Çeşitlerin tohumluk miktarları TİGEM kurumundan temin edilmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. 2018-2019 Yetiştirme Sezonunda Denenen Ekmeklik Buğday Çeşitleri

Kod	Çeşitler	Tescil Edildiği Kuruluş
1	Tosunbey	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
2	Bayraktar 2000	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
3	Gönen-98	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
4	Dicle 21	GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi
5	Karacadağ-98	GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi
6	Gerek 79	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
7	Pehlivan	Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
8	Sönmez 2001	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
9	İkizce-96	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
10	Altay-2000	Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
11	Nurkent	GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi
12	Pamukova-97	Mısır Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
13	Bezostaja 1	Mısır Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
14	Golia	Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
15	Kaşifbey	Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
16	Adana-99	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
17	PANDA`S	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
18	Cemre	GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi
19	Aldane	Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
20	Gökkan	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
21	Yüreğir-89	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
22	Kınacı-97	Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
23	Ceyhan 99	Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
24	Tekin	GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi
25	Dariel	İsrail Orjinli

Deneme alanında ön bitki olan mısır üretiminden sonra derin sürüm yapılmış daha sonra sonbaharda ilk yağmurlardan sonra kültivatör ve tapan çekilerek ekime hazır hale getirilmiştir. Dekara 25 kg tohum hesabı ile parsellerin alanı, mibzerle ekimde 1.2 x 6 = 7.2 m<sup>2</sup> olacak şekilde ayarlanmıştır. Araştırmanın birinci ve ikinci yıl ekimleri sırasıyla; 09/11/2017 ve 11/11/2018 tarihlerinde yapılmıştır. Ekimle birlikte parsellere, 6 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve N, üst gübrelemede dekara 8 kg/da saf olacak şekilde N verilmiştir. Dar ve geniş yapraklı yabancı otlara karşı herbisit ilaçlaması yapılmıştır. Denemenin ikinci yılında yoğun yağışlara rağmen, tane doldurma



döneminde yetersiz yağıştan dolayı bir sulama, denemenin ilk yılında tane doldurma döneminde ise iki defa sulama yapılmıştır. Her sulama yaklaşık 100 mm/da olacak şekilde ayarlanmıştır. Denemenin her iki tarafından 0.5 m alınmış ve hasat, deneme biçerdöveri ile  $1.2 \times 5 = 6 \text{ m}^2$  üzerinden tam olum döneminde yapılmıştır.

Araştırmada genotiplerin tane verimi, verim unsurları (bitki boyu, hektolitre ve bindane ağırlığı) ve bazı kalite özellikleri (protein oranı, yaş gluten, kuru gluten, sedimentasyon miktarı) incelenmiştir. Hasattan sonra parselden elde edilen tüm daneler üzerinden dekara verim miktarı hesaplanmıştır. Her parselden alınan buğday örneklerinden, ICC standart metoduna göre (AACC Metot 46-30) Celdhl NIT (near infrared transmittance) spektroskopisi tekniği kullanılarak protein oranları belirlenmiştir (Anonymous, 1990). AACC 55-10 metoduna göre, bin tane ağırlığı işlemi 4 tekrarlamalı olarak yabancı maddesi temizlenmiş buğdaydan 100 adet tane sayılmış ve ağırlığı tartılarak ortalamaları alınmış çıkan sonuç 10 ile çarpılarak bin tane ağırlığı bulunmuştur (Anonymous, 1990). Loyka marka hektolitre tayin cihazı kullanılarak 1 litre hacimli buğdayın ağırlığı tartılıp, bulunan değer 100 ile çarpılmış ve buğday örneklerinin hektolitre ağırlığı kg cinsinden hesaplanmıştır (Ünal, 2002). Yaş ve kuru gluten değerleri AACC Metod 56-60.01 metoduna göre yapılmıştır. Analiz yapılacak örnekler Chopin marka (Moulin Cd Type) değirmen yardımı ile öğütülüp un haline getirilmiştir. Elde edilen 10'ar g'lık un numuneleri gluten yıkama cihazının elekli sağ ve sol bölümlerine yerleştirilerek numunelerin üzerine %2'lik NaCl çözeltisinden 5.2 ml ilave edilip yoğrularak hamur haline getirildikten sonra %2'lik NaCl çözeltisinde yıkama işlemi uygulanmıştır. Böylece nişasta, suda çözünen (albumin) ve tuzlu suda çözünen (globulin ve proteoz) proteinleri ile diğer maddeler ortamdaki uzaklaştırılmış ve geriye çözünmeyen elastik yapıdaki materyal olan yaş gluten ağırlığı eşitlik 1'deki gibi bulunmuştur [1]. Elde edilen yaş gluten, eleklerle konularak 6.000 d/dk hızla 1 dk süreyle santrifüj edilmiştir. Santrifüj işlemi sonunda elekten geçip santrifüj duvarına yapışan kısım çürük, elek üstünde kalan kısım da sağlam kısım olarak adlandırılmıştır. Bu kısımlar ayrı ayrı tartılarak elde edilen değerler formülde yerine yazılmış, yaş gluten değeri eşitlik 2'deki gibi % olarak hesaplanmıştır [2]. Yaş glutene glutork cihazında 5 dakika süreyle sıcaklık uygulaması yapılarak içinde bulunan suyun uçması sağlanmıştır. Süre sonunda kurumuş olan gluten tartılarak bulunan değer formülde yerine yazılmış ve kuru gluten oranı eşitlik 3'deki gibi % olarak bulunmuştur [3] (Pfluger ve ark., 2001). Sedimentasyon değeri AACC Metod 56-60.01 metoduna göre hesaplanmıştır. Un ve laktik asit çözeltisi karıştırılarak hazırlanmış süspansiyondaki un partiküllerinin gluten miktar ve kalitesine göre şişmesi ve şişen partiküllerin belirli zaman içinde çöken miktarının ölçülmesiyle bulunmuştur. 3.2 g un numuneleri tartılıp sedimentasyon tüpünün içine 50 ml brom fenol çözeltisi eklenip kapağı kapatılmıştır. Kapatılan tüp 12 kez çalkalanmış ve sedimentasyon cihazına yerleştirilmiştir. Cihazda 5 dk bekletildikten sonra üzerine 25 ml laktik asit çözeltisi eklenerek 5 dk süreyle çalkalanmıştır. Daha sonra tüpler cihazdan alınarak uygun bir yerde 5 dk süreyle bekletilmiştir. Bekleme süresi sonunda tüpün alt kısmında çöken un seviyesi ml olarak hesaplanmıştır (Pena ve ark., 1990).

$$\text{Yaş Gluten ağırlığı (g)} = \text{Çürük Gluten (g)} + \text{Sağlam Gluten (g)} \dots \dots \dots (1)$$

$$\% \text{ Yaş Gluten} = [\text{Yaş gluten ağırlığı (g)} / \text{Un örneğinin ağırlığı (g)}] * 100 \dots \dots \dots (2)$$

$$\% \text{ Kuru Gluten} = [\text{Kuru gluten ağırlığı (g)} / \text{Un örneğinin ağırlığı (g)}] * 100 \dots \dots \dots (3)$$

Araştırmada ele alınan özelliklere ilişkin veriler tesadüf blokları deneme desenine göre JMP 13.0 istatistik programı kullanılarak varyans ve Biplot analizine tabi tutulmuştur. Çeşitlere ait ortalamaların karşılaştırılmasında LSD testi kullanılmıştır.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

İki yılın birleştirilmiş varyans analizinde BB, YG ve KG parametrelerinde yıllar arasında istatistiksel olarak önemli farklar elde edilmiştir ( $P \leq 0.05$ ). YG ve KG parametrelerinin yıl x çeşit interaksyonunda istatistiksel olarak bir fark bulunamamıştır. Bunlar dışında kalan özellikler için yıl, çeşit ve yıl x çeşit interaksyonlarına ilişkin kareler ortalamalarında istatistiksel olarak önemli farklar elde edilmiştir ( $P \leq 0.01$ ) (Tablo 4).

Tablo 4. 2018-2019 yıllarında Denenen 25 Ekmeklik Buğday Çeşidinin Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine İlişkin Birleştirilmiş Varyans Analizi Sonuçları

Kaynak	SD	BB (cm)	HA (kg/hL)	BA (gr)	YG (%)	KG (%)	S (ml)	PO (%)	TV (kg/da)
Yıl	1	1017.695*	245.120**	3619.948**	838.322*	72.593*	1795.740**	9.882**	382958.786**
Tek (Yıl)	4	75.272	4.223	22.933	105.711	8.901	28.460	0.689	2544.258
Çeşit	24	206.370**	16.240**	34.727**	39.884**	5.929**	75.625**	1.426**	19564.010**
Yıl*Çeşit	24	73.249**	9.871**	15.373**	7.375	2.789	28.032**	0.852**	21615.857**
Hata	96	24.509	4.444	3.460	10.331	1.861	13.481	0.230	3868.118
CV		5.12	2.76	5.29	9.10	10.77	10.96	3.33	12.97
Ortalama		96.57	76.25	35.11	35.29	12.66	33.50	14.39	479.26

+ BB: Bitki Boyu (cm), HA: Hektolitre Ağırlığı (kg/hL), BA: Bindane Ağırlığı (gr), YG: Yaş Gluten (%), KG: Kuru Gluten (%), S: Sedimentasyon (ml), PO: Protein Oranı (%), TV: Tane Verimi (kg/da), \*, \*\*: Sırasıyla  $P \leq 0.05$  ve  $P \leq 0.01$  olasılık düzeylerinde önemli,

#### 3.1 Bitki Boyu (BB, cm)

Bütün çeşitlerin iki yıldaki ortalama bitki boyu değerleri 82.57 (Karacadağ-98) ile 109.35 (İkizce-96) cm arasında değiştiği belirlenmiştir. Denemede, iki yılın bitki boyu ortalaması 96.57 cm olup, Tosunbey, Gönen-98, Gerek 79, Pehlivan, Sönmez 2001, İkizce-96, Altay-2000, Nurkent, Bezostaja 1, Golia, Aldane ve Gökkan çeşitlerinin bu ortalamanın üstünde değerler aldığı tespit edilmiştir (Tablo 5). Denemenin ikinci yılındaki aşırı yağışlar, birinci yıla oranla bitkileri olumsuz etkilemiş ve bitki boylarının kısa

kalmasına sebep olduğu tespit edilmiştir. Deneme alanındaki yoğun yağışlardan dolayı kök bölgesinde göllenmelerin olduğu, bunun neticesinde sağlıklı bir kök gelişiminin sağlanamadığı ve bitkinin üst aksamlarının (yaprak ve sap) yeterli düzeylere ulaşamadığı gözlemlenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar; Bayhan ve ark., (2019)'nın sonuçlarının üstünde değerler aldığı saptanmıştır.

### 3.2 Hektolitre Ağırlığı (HA, kg/hL)

Araştırmanın her iki yılında bütün çeşitlerin ortalama hektolitre değerleri 73.27 (Karacadağ-98) ile 81.03 (Bezostaja 1) kg/hL arasında değiştiği belirlenmiştir. Denemedeki iki yılın hektolitre ortalamasının; 76.25 kg/hL olup, Tosunbey, Gönen-98, Gerek 79, Pehlivan, Nurkent, Pamukova-97, Bezostaja 1, Aldane, Gökkan, Yüreğir-89 ve Tekin ekmeçlik buğday çeşitlerinin bu ortalamanın üstünde değerler aldığı tespit edilmiştir (Tablo 5). Bindane ağırlıklarında olduğu gibi, araştırmanın ikinci yılındaki aşırı yağışlar göllenmelere sebep olmuş, göllenmeler neticesinde bitkinin kök bölgesinin gelişmediği ve havasız kaldığı, havasız kalan bitkilerin üst aksam gelişiminin yavaşladığı ve yapraklarda sararmalar olduğu görülmüştür. Bu olumsuzluklar sebebiyle fotosentez miktarının düştüğü ve tanelerin cılız kaldığı, cılız kalan çeşitlerin hektolitre ağırlıklarının düştüğü düşünülmektedir. Hektolitre ağırlığı, buğdayın kalitesi üzerine etkili olan ve en çok kullanılan fiziki kalite kriterlerinden birisidir. Hektolitre ağırlığı üzerine çeşit kapasitesinin ve iklim koşullarının etki ettiği ve onun miktarını değiştirdiği belirlenmiştir. Çeşit ıslahında bindane ağırlığında olduğu gibi, hektolitre ağırlığı en önemli kalite ve verim kriterlerinden birisidir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar; Aydoğan ve Soylu (2017)'nin sonuçları ile uyumlu, Olgun ve ark., (2019)'nin sonuçlarının altında değerler aldığı tespit edilmiştir.

### 3.3 Bindane Ağırlığı (BA, gr)

Ekmeçlik buğday çeşitlerinin 2018 ve 2019 yıllarının ortalama bindane ağırlıkları, 30.73 (Gerek 79) ile 40.72 (Yüreğir-89) gr arasında değiştiği tespit edilmiştir. İki yıllık araştırmanın bindane ağırlıkları ortalaması 35.11 gr olup, Dicle 21, Altay-2000, Nurkent, Pamukova-97, Kaşifbey, Adana-99, PANDA`S, Cemre, Aldane, Gökkan, Yüreğir-89, Kınacı-97 ve Tekin çeşitlerinin bu ortalamanın üstünde değerler aldığı belirlenmiştir (Tablo 5). Hektolitre ağırlıklarında olduğu gibi, denemenin ikinci yılındaki yoğun ve düzensiz yağışlar bindane ağırlıklarını da olumsuz etkilemiştir. Yaşanan yoğun yağış ve göllenmeler kök gelişiminin ve fotosentez faaliyetinin aksamasına sebep olmuştur. Bu olumsuzluklar neticesinde, tanelerde yeterince nişasta birikiminin olmadığı, böylece tanelerin cılız kaldığı tahmin edilmektedir. Bindane ağırlığının, hem verim hem de kalite komponenti olarak önemli bir yere sahip olduğu rapor edilmiştir (Ünal, 2002). Değişik iklim koşullarında farklı araştırmacılarca farklı genotipler kullanılarak yürütülen araştırmalarda, bindane ağırlıklarının; 25.75-55,9 g arasında değiştiği bildirilmiştir (Sözen ve Yağdı, 2005). Araştırmadan elde edilen sonuçlar; Aktaş ve İkincikarakaya (2019)'nin sonuçları ile uyumlu, Bayhan ve ark., (2019) sonuçlarının üstünde, Olgun ve ark., (2019) sonuçlarının altında değerler aldığı tespit edilmiştir.

Tablo 5. Ekmeçlik buğday çeşitlerinin agronomik özelliklerine ait ortalamalar ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Çeşitler	Bitki Boyu (cm)			Hektolitre Ağırlığı (kg/hL)			Bindane Ağırlığı (gr)		
	2018	2019	Ortalama	2018	2019	Ortalama	2018	2019	Ortalama
Tosunbey	103.33 d-f	106.11 ab	104.72ab	78.00 b-e	75.07 b-e	76.53 b-f	35.89 ı	32.40 c-e	34.15 f-j
Bayraktar 2000	92.33 g	97.44 b-f	94.89 fg	77.20 c-g	74.95 b-e	76.07 b-g	37.35 g-ı	29.60 f-h	33.47 h-k
Gönen-98	100.00 f	94.26 c-g	97.13 d-g	77.87 b-f	74.77 b-e	76.32 b-g	41.47 b-f	27.73 h-j	34.60 e-ı
Dicle 21	94.00 g	82.66 hı	88.33 hı	76.80 e-h	72.63 d-f	74.72 f-h	41.32 b-f	30.40 d-g	35.86 c-g
Karacadağ-98	85.00 h	80.14 ı	82.57 j	75.20 ı	71.33 ef	73.27 h	36.37 ı	26.00 j-l	31.19 lm
Gerek 79	103.67 d-f	101.52 a-c	102.59 b-d	77.87 b-f	78.40 ab	78.13 b	36.39 ı	25.07 kl	30.73 m
Pehlivan	95.00 g	99.92 a-d	97.46 d-g	77.60 c-f	76.80 b-d	77.20 b-e	38.17 f-ı	28.27 g-j	33.22 h-l
Sönmez 2001	94.67 g	101.55 a-c	98.11 d-g	76.00 g-ı	75.07 b-e	75.53 c-h	41.03 b-f	28.80 g-ı	34.91 e-ı
İkizce-96	110.00 a	108.70 a	109.35 a	75.60 hı	76.27 b-d	75.93 b-g	37.03 hı	26.93 ı-k	31.98 k-m
Altay-2000	106.00 b-d	90.00 d-ı	98.00 d-g	76.80 e-h	71.30 ef	74.05 gh	41.61 b-e	29.73 f-h	35.67 d-g
Nurkent	100.00 f	93.63 c-g	96.81 e-g	77.47 c-f	75.97 b-e	76.72 b-f	40.81 c-f	31.73 c-f	36.27 c-f
Pamukova-97	101.67 ef	95.07 c-f	98.37 c-g	79.73 a	75.49 b-e	77.61 b-d	40.48 c-g	32.80 b-e	36.64 c-e
Bezostaja 1	108.67 ab	99.00 a-e	103.83 a-c	79.87 a	82.18 a	81.03 a	38.39 e-ı	30.27 e-h	34.33 f-ı
Golia	108.00 a-c	93.37 c-h	100.68 b-e	76.93 d-g	74.67 b-e	75.80 b-g	39.03 c-ı	29.20 f-ı	34.11 g-j
Kaşifbey	101.67 ef	90.03 d-ı	95.85 e-g	78.27 bc	73.33 c-f	75.80 b-g	42.29 a-c	28.13 g-j	35.21 d-h
Adana-99	104.67 c-e	87.66 f-ı	96.16 e-g	79.07 ab	69.70 f	74.38 f-h	45.08 a	32.67 b-e	38.87 ab
PANDA`S	103.33 d-f	88.51 e-ı	95.92 e-g	76.00 g-ı	74.07 b-f	75.03 e-h	39.09 c-ı	35.20 ab	37.15 b-d
Cemre	104.67 c-e	92.33 c-h	98.50 c-g	76.13 g-ı	74.50 b-e	75.32 d-h	38.75 d-ı	33.07 bc	35.91 c-g
Aldane	101.00 ef	96.85 b-f	98.93 c-f	78.13 b-d	76.33 b-d	77.23 b-e	42.29 a-c	33.60 bc	37.95 bc
Gökkan	101.33 ef	94.59 c-f	97.96 d-g	79.07 ab	76.93 b-d	78.00 b	42.13 a-d	33.60 bc	37.87 bc
Yüreğir-89	94.67 g	95.96 b-f	95.31 e-g	78.13 b-d	77.47 a-c	77.80 bc	44.37 ab	37.07 a	40.72 a
Kınacı-97	96.00 g	90.41 d-ı	93.20 gh	76.67 f-h	72.73 d-f	74.70 f-h	40.00 c-h	32.93 b-d	36.47 c-e
Ceyhan 99	94.67 g	96.03 b-f	95.35 e-g	76.93 d-g	75.20 b-e	76.07 b-g	38.21 e-ı	27.87 g-j	33.04 ı-l
Tekin	88.33 h	89.79 d-ı	89.06 hı	78.00 b-e	77.83 a-c	77.92 bc	42.39 a-c	28.13 g-j	35.26 d-h
Dariel	86.67 h	83.56 g-ı	85.11 ij	79.07 ab	71.50 ef	75.28 d-h	40.61 c-g	23.73 l	32.17 j-m
Ortalama	99.17 a	93.96 b	96.57	77.53 a	74.97 b	76.25	40.02 a	30.19 b	35.11
CV	2.27	7.04	5.12	0.98	3.84	2.75	5.18	5.34	5.29
LSD (0.05)	3.67**	10.87**	5.64**	1.25**	4.72**	1.39**	3.40**	2.63**	2.11**
Ortalama LSD		3.90*			0.91**			2.16**	

Farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark  $p < 0.05$  düzeyinde önemlidir, C.V:Varyasyon Katsayısı, LSD: En küçük anlamlı fark, Ö:D: Önemli değil.

### 3.4 Yaş Gluten (YG, %)

Denemenin her iki yılı tüm ekmeklik buğday çeşitlerinin ortalama yaş gluten oranları; % 30.68 (Adana-99) ile % 41.33 (Dicle 21) arasında değiştiği belirlenmiştir. Denemenin her iki yıl yaş gluten oranları ortalaması % 35.29 olup, Gönen-98, Dicle 21, Karacadağ-98, Pehlivan, Sönmez 2001, Altay-2000, Cemre, Aldane, Gökkan, Yüreğir-89, Ceyhan-99, Tekin ve Dariel ekmeklik buğday çeşitlerinin bu ortalamanın üstünde değerler aldığı tespit edilmiştir (Tablo 6). Araştırmanın ilk yılına göre ikinci yılındaki yoğun yağışlar ve düşük seyreden sıcaklıklar, verim ve verim unsurlarında olduğu gibi yaş gluten oranlarını da düşürmüştür. Ekmeklik unlarda gluten proteinleri, hamurun kabarması ve elastikiyeti açısından önemli bileşenlerdendir (Schofield, 1994). Buğday protein oranının büyük bir kısmını glutenin yapısında olan *gliadin* ve *glutenin* proteinleri oluşturmaktadır. Kaliteli ekmeklik buğday ununun yaş gluten oranının % 28'in üstünde olması gerektiği bildirilmiştir (Ereku ve ark., 2005). Olumsuz iklim koşullarına rağmen, araştırmamızın her iki yılında da çeşitlerin tamamının ekmeklik un yapımında kullanılabilecek yaş gluten oranlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar, Koç ve Akgün (2019) ve Egesel ve ark., (2009)'nın sonuçlarının üstünde, Olgun ve ark., (2019) sonuçlarının altında değerler aldığı tespit edilmiştir.

### 3.5 Kuru Gluten (KG, %)

Araştırmanın 2018 ve 2019 yılları tüm ekmeklik buğday çeşitlerinin ortalama kuru gluten oranları; % 10.80 (PANDA'S) ile % 15.87 (Pehlivan) arasında değiştiği belirlenmiştir. Denemede ki iki yılın kuru gluten oranları ortalaması; % 12.66 olup, Tosunbey, Gönen-98, Dicle 21, Karacadağ-98, Pehlivan, Altay-2000, Nurkent, Pamukova-97, Cemre Aldane, Gökkan ve Dariel çeşitleri bu ortalamanın üstünde değerler aldığı saptanmıştır (Tablo 6). Kalite özelliklerinin çoğunda olduğu gibi kuru gluten değerlerinin iklim, toprak ve çeşide göre farklı değerler aldığı belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar; Menderis ve ark., (2008) ve Aydoğan ve ark., (2007)'nin sonuçlarının üstünde değerler aldığı tespit edilmiştir.

### 3.6 Sedimentasyon (S, ml)

Çalışmanın her iki yılındaki tüm çeşitlerin ortalama sedimentasyon değerleri; 26.00 (İkizce-96) ile 40.67 (Dariel ve Cemre) ml arasında değiştiği saptanmıştır. Araştırmadaki iki yılın sedimentasyon ortalaması; 33.50 ml olup, Gerek 79, Bezostaja 1, Cemre, Aldane, Gökkan, Yüreğir-89, Tekin ve Dariel ekmeklik buğday çeşitlerinin bu ortalamanın üstünde değerler aldığı tespit edilmiştir (Tablo 6). Çalışmanın yürütüldüğü yıllardaki farklı iklim koşulları ve çeşit özelliklerinden dolayı, sedimentasyon miktarlarının değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Sedimentasyon miktarının, gluten kalite seviyesini belirleyen en önemli göstergelerden biri olduğu rapor edilmiştir (Zeleny ve ark., 1960). Sedimentasyon değeri, 25-36 ml arasında olanlar iyi, 36 ml'den yüksek olanların çok iyi gluten kalitesine sahip oldukları bildirilmiştir (Elgün ve ark., 2002). Bu veriler ışığında, bütün buğday genotiplerinin sedimentasyon miktarlarının iyi düzeyde, bazılarının ise çok iyi düzeyde oldukları belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar, Koç ve Akgün (2019) ve Egesel ve ark., (2009)'nin sonuçları ile uyumlu, Olgun ve ark., (2019)'nin sonuçlarının altında değerler aldığı tespit edilmiştir.

Tablo 6. Ekmeklik buğday genotiplerinin gluten ve sedimentasyon analizlerine ait ortalamalar ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Çeşitler	Yaş gluten (%)			Kuru gluten (%)			Sedimentasyon (ml)		
	2018	2019	Ortalama	2018	2019	Ortalama	2018	2019	Ortalama
Tosunbey	38.03 a-f	31.37 d-g	34.70 d-ı	13.63 b-g	11.83 c-g	12.73 b-f	39.67 b-f	36.33 a	38.00 ab
Bayraktar 2000	36.20 c-f	31.60 d-g	33.90 e-j	12.67 d-g	11.63 c-g	12.15 d-g	35.33 e-ı	31.00 d-g	33.17 d-h
Gönen-98	40.37 a-d	31.83 d-g	36.10 c-g	14.50 a-e	11.38 c-g	12.94 b-e	36.67 c-h	28.33 f-j	32.50f-ı
Dicle 21	43.47 a	39.18 a	41.33 a	15.50 ab	12.93 b-d	14.22 b	35.33 e-ı	30.00 d-h	32.67 e-h
Karacadağ-98	43.10 a	31.67 d-g	37.38 b-e	14.53 a-d	10.93 d-g	12.73 b-f	30.67 hı	26.00 ı-k	28.33 ıj
Gerek 79	34.30 d-f	31.55 d-g	32.93 g-j	12.23 fg	11.50 c-g	11.87 d-g	43.67 a-c	30.00 d-h	36.83 a-e
Pehlivan	41.67 a-c	38.40 ab	40.03 ab	16.23 a	15.50 a	15.87 a	31.33 g-ı	30.00 d-h	30.67 g-ı
Sönmez 2001	38.37 a-f	32.50 d-f	35.43 c-f	13.80 b-g	11.37 c-g	12.58 c-f	35.33 e-ı	30.00 d-h	32.67 e-h
İkizce-96	38.03 a-f	31.27 d-g	34.65 d-ı	13.33 c-g	10.57 e-g	11.95 d-g	28.00 ı	24.00 k	26.00 j
Altay-2000	38.37 a-f	33.67 c-f	36.02 c-g	13.17 c-g	12.93 b-d	13.05 b-e	32.33 f-ı	26.67 h-k	29.50 h-j
Nurkent	36.63 b-f	33.49 c-f	35.06 d-h	12.77 d-g	13.33 a-c	13.05 b-e	36.00 d-h	30.33 d-h	33.17 d-h
Pamukova-97	33.57 ef	30.26 e-g	31.91 h-j	12.37 e-g	13.00 b-d	12.68 b-f	34.33 e-ı	30.33 d-h	32.33 f-ı
Bezostaja 1	36.70 b-f	32.75 c-f	34.73 d-ı	13.00 c-g	11.07 c-g	12.03 d-g	43.33 a-d	32.33 b-e	37.83 a-c
Golia	32.83 f	29.71 fg	31.27 ıj	12.07 fg	10.40 fg	11.23 fg	32.00 g-ı	28.67 e-ı	30.33 hı
Kaşifbey	35.07 d-f	31.69 d-g	33.38 f-j	12.37 e-g	12.77 b-e	12.57 c-f	37.00 c-h	26.67 h-k	31.83 f-ı
Adana-99	33.03 f	28.33 g	30.68 j	12.70 d-g	10.33 g	11.52 e-g	41.67 a-e	24.67 jk	33.17 d-h
PANDA'S	35.33 d-f	30.03 e-g	32.68 g-j	11.67 g	9.93 g	10.80 g	36.67 c-h	27.67 g-k	32.17 f-ı
Cemre	38.97 a-f	32.25 d-g	35.61 c-g	14.20 a-f	11.43 c-g	12.82 b-e	48.33 a	33.00 a-d	40.67 a
Aldane	37.27 a-f	34.01 c-e	35.64 c-g	13.17 c-g	14.37 ab	13.77 bc	38.33 c-g	32.67 a-d	35.50 b-f
Gökkan	38.27 a-f	35.28 a-d	36.77 b-f	13.77 b-g	11.93 c-g	12.85 b-e	38.00 c-h	36.00 ab	37.00 a-d
Yüreğir-89	38.30 a-f	33.61 c-f	35.95 c-g	13.10 c-g	12.10 b-g	12.60 c-f	37.33 c-h	32.00 c-f	34.67 b-g
Kınacı-97	34.97 d-f	32.21 d-g	33.59 f-j	12.00 g	12.70 b-f	12.35 c-g	32.67 f-ı	29.33 d-ı	31.00 g-ı
Ceyhan 99	39.50 a-e	36.70 a-c	38.10 a-d	12.97 c-g	11.83 c-g	12.40 c-f	34.33 e-ı	32.00 c-f	33.17 d-h
Tekin	36.23 c-f	34.49 b-d	35.36 c-f	13.10 c-g	11.64 c-g	12.37 c-f	39.67 b-f	27.67 g-k	33.67 c-h
Dariel	42.70 ab	35.22 a-d	38.96 a-c	15.03 a-c	11.67 c-g	13.35 b-d	46.00 ab	35.33 a-c	40.67 a
Ort.	37.65 a	32.92 b	35.29	13.35 a	11.96 b	12.66	36.96 a	30.04 b	33.50
CV	10.14	7.44	9.09	9.81	11.78	10.75	12.48	7.92	10.92
LSD (0.05)	6.28*	4.02**	3.66**	2.15**	2.31**	1.54**	7.55**	3.89**	4.17**
Ortalama LSD		4.62*			1.32*			2.40**	

Farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark  $p < 0.05$  düzeyinde önemlidir, C.V: Varyasyon Katsayısı, LSD: En küçük anlamlı fark

### 3.7 Protein Oranı (PO, %)

Denemenin tüm çeşitlerinin iki yıl ortalama protein oranları; % 13.55 (Bayraktar 2000) ile % 15.38 (Cemre) arasında değiştiği belirlenmiştir. Denemedeki iki yılın protein oranları ortalaması; % 14.39 olup, Tosunbey, Dicle 21, Pehlivan, Pamukova-97, PANDA'S, Cemre, Aldane, Gökkan, Yüreğir-89, Kınacı-97, Ceyhan-99 ve Dariel ekmeklik buğday çeşitlerinin bu ortalamanın üstünde değerler aldığı tespit edilmiştir (Tablo 7). Denemenin ikinci yılına göre, daha sıcak ve kuru hava koşullarına sahip birinci yıldaki buğday genotiplerinin protein oranlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Denemenin ikinci yılındaki yoğun yağışların, sıcaklık değerlerinin düşük seyretmesine sebep olduğu saptanmıştır. Yapılan araştırmalarda, belirli derecelerde sıcaklık artışları, düşük nisbi nem ve su stresinin protein oranlarını artırdığı bildirilmiştir (Zhao ve ark., 2005). Çalışmadan elde edilen sonuçlar, Koç ve Akgün (2019) 'nün sonuçları ile uyumlu, Olgun ve ark., (2019) ve Egesel ve ark., (2009)'nın sonuçlarının üstünde değerler aldığı belirlenmiştir.

### 3.8 Tane Verimi (TV, kg/da)

Araştırmanın yapıldığı yıllarda bütün çeşitlerin ortalama tane verimleri; 363.78 (Dariel) ile 603.72 (Gökkan) kg/da arasında değiştiği tespit edilmiştir. Denemedeki iki yılın tane verim ortalaması; 479.26 kg/da olup, Tosunbey, Sönmez 2001, Nurkent, Pamukova-97, Golia, Kaşifbey, Adana-99, PANDA'S, Cemre, Aldane, Gökkan, Yüreğir-89 çeşitlerinin bu ortalamanın üstünde değerler aldığı saptanmıştır (Tablo 7). Yıllar arasında tane verimlerinin değiştiği, araştırmanın ikinci yılında yaklaşık 1000 mm yağın yağıştan dolayı, deneme alanında göllenmeler olduğu, bu durumun sağlıklı bir kök ve üst kısımlar (yaprak ve sap) gelişimini engellediği düşünülmektedir. Kök bölgesinin havasız kalması ile yer yer yapraklarda sararmalar gözlemlenmiş, sararan yapraklarda sağlıklı ve yeterli fotosentez gerçekleşmemiş bu zincirleme olayların neticesinde, bindane, hektolitreye ve tane verimlerinde azalmalar olduğu tespit edilmiştir. İki yıllık sonuçlara göre stabil genotipler tespit edilmesine rağmen, genel anlamda ekmeklik buğday genotiplerinin, farklı iklim koşullarından olumsuz etkilendiği saptanmıştır. Tane verimlerinin iklim koşulları ve çeşide göre farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar, Aydoğan ve Soylu (2017)'nin verileri ile uyumlu, Koç ve Akgün (2019)'nin sonuçlarının altında, Bayhan ve ark., (2019) ve Aktaş ve İkincikarakaya (2019)'nin sonuçlarının üstünde değerler aldığı belirlenmiştir.



Tablo 7. Ekmeklik buğday çeşitlerinin kalite ve verim özelliklerine ait ortalamalar ve çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Çeşitler	Protein oranı (%)			Tane verimi (kg/da)		
	2018	2019	Ortalama	2018	2019	Ortalama
Tosunbey	15.17 a-d	13.90 h-k	14.53 d-f	484.33 c-h	480.22 de	482.28c-g
Bayraktar 2000	14.13 e-g	12.97 n	13.55 ı	468.78 e-h	363.56 ij	416.17g-j
Gönen-98	14.70 b-g	13.37 l-n	14.03 f-ı	511.00 b-h	300.11 k	405.56 h-j
Dicle 21	15.37 a-c	13.53 k-m	14.45 e-g	477.00 d-h	356.56 ij	416.78g-j
Karacadağ-98	14.47 b-g	13.60 kl	14.03 f-ı	583.11 a-e	299.44 k	441.28 f-ı
Gerek 79	15.00 a-f	13.70 j-l	14.35 e-g	623.33 ab	293.00 k	458.17 e-ı
Pehlivan	14.80 b-f	14.33 e-h	14.57 d-f	535.22 a-g	419.67 f-h	477.44 c-g
Sönmez 2001	14.00 fg	13.57 kl	13.78 hı	661.00 a	356.78 ij	508.89 b-f
İkizce-96	14.13 e-g	13.10 mn	13.62 ı	509.33 b-h	367.78 ij	438.56 f-ı
Altay-2000	14.10 e-g	13.43 lm	13.77 hı	549.78 a-g	385.33 h-j	467.56 d-ı
Nurkent	14.57 b-g	14.20 f-h	14.38 e-g	558.33 a-f	445.56 d-g	501.94 b-f
Pamukova-97	14.03 e-g	15.07 a-c	14.55 d-f	542.33 a-g	597.33 a	569.83 ab
Bezostaja 1	14.23 d-g	13.73 l-ı	13.98 g-ı	551.78 a-g	401.33 g-ı	476.56 c-h
Golia	13.77 g	14.07 g-j	13.92 g-ı	605.89 a-d	487.61 d	546.75 a-c
Kaşifbey	14.30 d-g	14.17 g-ı	14.23 e-h	572.67 a-e	492.33 cd	532.50 a-d
Adana-99	14.13 e-g	14.47 d-g	14.30 e-h	614.22 a-c	451.00 d-f	532.61 a-d
PANDA`S	15.17 a-d	13.90 h-k	14.53 d-f	575.00 a-e	492.78 cd	533.89 a-d
Cemre	15.43 ab	15.33 a	15.38 a	420.00 gh	541.56 bc	480.78 c-g
Aldane	14.83 b-f	14.63 c-f	14.73 b-e	436.67 f-h	539.44 bc	488.06 c-f
Gökkan	15.03 a-e	15.20 ab	15.12 a-c	591.22 a-e	616.22 a	603.72 a
Yüreğir-89	14.40 c-g	14.87 b-d	14.63 c-e	470.78 d-h	568.61 ab	519.69 b-e
Kınacı-97	14.73 b-g	14.77 b-e	14.75 b-e	518.11 b-h	437.44 e-g	477.78 c-g
Ceyhan 99	15.03 a-e	15.33 a	15.18 ab	506.00 b-h	379.61 h-j	442.81 f-ı
Tekin	14.67 b-g	14.07 g-j	14.37 e-g	493.78 b-h	302.89 k	398.33 ij
Dariel	16.00 a	14.07 g-j	15.03 a-d	385.22 h	342.33 jk	363.78 j
Ort.	14.64 a	14.13 b	14.39	529.79 a	428.74 b	479.26
CV	4.24	1.91	3.26	15.59	7.02	12.97
LSD (0.05)	1.02**	0.44**	0.53**	135.61*	49.42**	71.08**
Ortalama LSD		0.36**			22.79**	

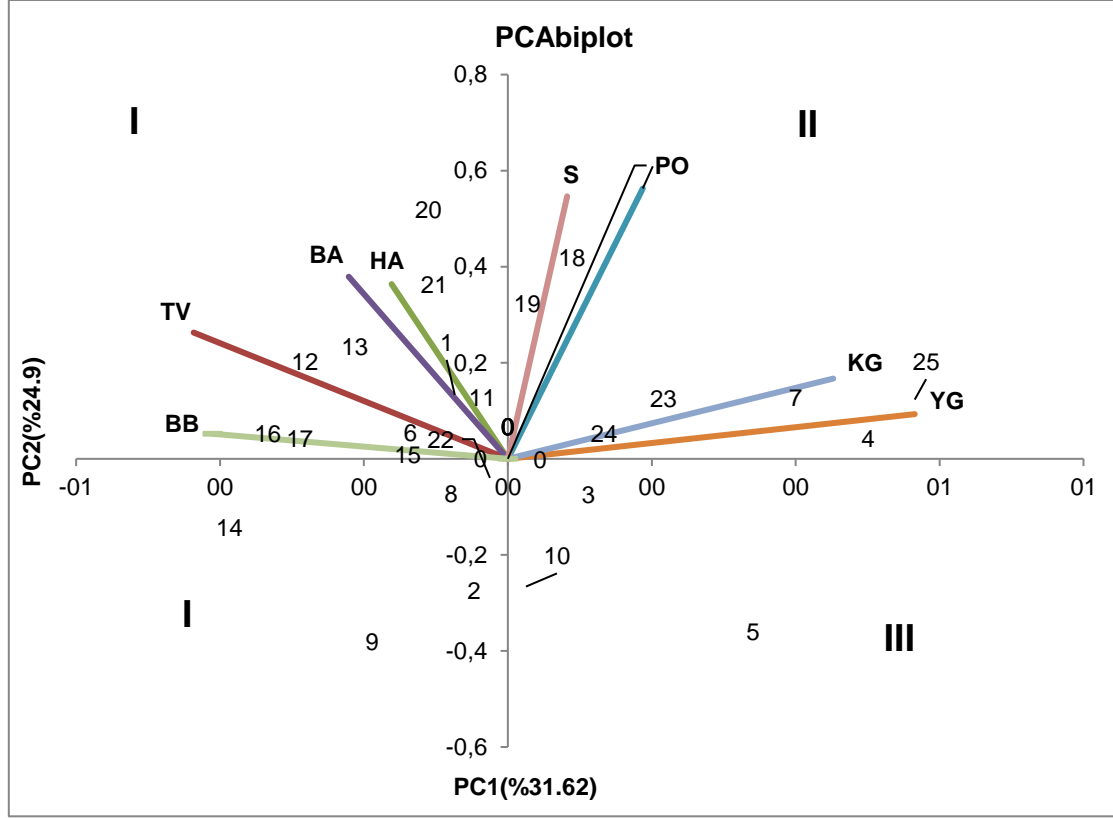
Farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark  $p < 0.05$  düzeyinde önemlidir. C.V: Varyasyon Katsayısı. LSD: En küçük anlamlı fark

### 3.9 Özellikler ve Çeşitler Arası Biplot Analizi

Scatter biplot yöntemi ile yapılan analizde PC1 (1. ana bileşen); % 31.62, PC2 (2. ana bileşen); % 24.90 olmak üzere toplamda varyasyonun % 56.52 olduğu belirlenmiştir. Grafiğin I. bölgesinde yer alan BA, HA, TV ve BB ile Grafiğin II. Bölgesinde yer alan S, PO, YG ve KG özelliklerini temsil eden vektörlerin arasındaki açılar 90 dereceden düşük ve aynı yönde yer almasından dolayı, bu özellikler arasında yüksek bir pozitif korelasyon olduğu söylenebilir. Grafiğin negatif tarafında özellik olmadığından dolayı, I ve II bölgedeki bütün özelliklerin birbiriyle orta ve yüksek pozitif korelasyon içerisinde olduğu saptanmıştır. Birbiriyle olumlu ilişkide olan özellikler ile bu özellikler bakımından en yüksek değerlere sahip olan ekmeklik buğday çeşitlerinin aynı bölgelerde yer aldıkları belirlenmiştir. Özellikleri temsil eden vektörlerin üzerinde olan genotiplerin o özellik bakımından öne çıktığı söylenebilir. Vektörlerin uç taraflarında yer alan genotiplerin hem stabil hem de yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Grafiğin I. bölgesinde yer alan, TV özelliği bakımından Pamukova-97, Kaşifbey, Adana-99, PANDA`S ve Gökkan ekmeklik buğday çeşitlerinin, BB boyu bakımından Kaşifbey, Adana-99 ve PANDA`S çeşitlerinin, BA ve HA bakımından Tosunbey, Nurkent, Bezostaja 1, Yüreğir-89 ve Kınacı-97 çeşitlerinin hem stabil hem de yüksek değerlere sahip olduğu tespit edilmiştir. Grafiğin II. bölgesinde yer alan, YG, KG, PO ve S özellikleri bakımından Dicle 21, Pehlivan, Cemre, Aldane, Ceyhan 99 ve Tekin ekmeklik buğday çeşitlerinin hem stabil hem de yüksek kalite özelliklerine sahip olduğu saptanmıştır. Özelliklerin olduğu I ve II bölgenin dışında kalan Bayraktar 2000, Gönen-98, Karacadağ-98, Sönmez 2001, İkizce-96, Altay-2000 ve Golia çeşitlerinin iki yıllık çalışmada stabil olmadıkları ve düşük performanslar gösterdikleri belirlenmiştir (Tablo 8). Ekmeklik buğday ile ilgili yapılan araştırmalarda tescil edilecek çeşitlerin; yüksek verimli, kaliteli, biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanıklı, bu özelliklerini değişik koşullarda ve farklı yıllarda fazla değiştirmeyen, stabil çeşitler olması gerektiği bildirilmiştir (Kün, 1996).



Tablo 8. Özellikler ve Çeşitler Arasında ki İlişkiyi Gösteren Biplot Grafiği



+ BB: Bitki Boyu (cm), HA: Hektolitre Ağırlığı (kg/hL), BA: Bindane Ağırlığı (gr), YG: Yaş Gluten (%), KG: Kuru Gluten (%), S: Sedimentasyon (ml), PO: Protein Oranı (%), TV: Tane Verimi (kg/da), 1: Tosunbey, 2: Bayraktar 2000, 3: Gönen-98, 4: Dicle 21, 5: Karacadağ-98, 6: Gerek 79, 7: Pehlivan, 8: Sönmez 2001, 9: İkizce-96, 10: Altay-2000, 11: Nurkent, 12: Pamukova-97, 13: Bezostaja 1, 14: Golia, 15: Kaşifbey, 16: Adana-99, 17: PANDA`S, 18: Cemre, 19: Aldane, 20: Gökkan, 21: Yüreğir-89, 22: Kınacı-97, 23: Ceyhan 99, 24: Tekin, 25: Dariel

#### 4. Sonuç

Bu araştırma, GAP koşullarında 2018 ve 2019 yıllarında 25 adet ekmeçlik buğday çeşidinin tane verimi, verim unsurları ve kalite özelliklerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Denemenin birinci yılına nazaran, ikinci yılda yaklaşık 1000 mm yağın yağış miktarı ve düşük seyreden sıcaklıklar, bitki gelişimini olumsuz etkilemiş bunun neticesinde hem tane verimleri hem de kalite özelliklerinde azalmalar tespit edilmiştir. Denemenin ikinci yılındaki yağışlardan dolayı, yer yer göllenmelerin oluşması, göllenmelerin kök bölgesini havasız bırakması, bitkinin topraktan yeterince su ve besin maddesi alamamasına dolayısıyla sağlıklı bir fotosentezin gerçekleşmemesine neden olmuştur. Özellikler ve çeşitler arasındaki ilişkileri saptamak amacıyla biplot analizi yapılmıştır. Araştırmada incelenen özelliklerin birbiri ile orta ve yüksek düzeyde pozitif korelasyona sahip oldukları belirlenmiştir. Yıllar arasında iklim farklarına rağmen, tek ve çoklu özellik bakımından stabil ve iyi performans gösteren ekmeçlik buğday çeşitleri belirlenmiştir. Denemeye alınan çoğu çeşidin kabul edilir sınırlarda kalite özelliklerine sahip oldukları saptanmıştır. Denemede ki Pamukova-97, Kaşifbey, Adana-99, PANDA`S ve Gökkan çeşitlerinin stabil tane verimi ve kabul edilir sınırlarda kalite özelliklerine sahip oldukları belirlenmiştir. Bundan sonraki ekmeçlik buğday ıslah çalışmalarında ekstrem koşullarda fizyolojik ölçümlerle çeşitlerin stres koşullarına tolerans düzeyleri belirlenerek, stabil çeşitlerin tescili ülke tarımına ve ekonomisine katkılar sunacaktır.

#### Kaynakça

- Anonymous, (1990). Official methods of analysis of the AOAC, fifteenth edition Association Official Analytical Chemists, Arlington.
- Atlı, A. (1999). Buğday ve ürünleri kalitesi, *Orta Anadolu`da hububat tarımının sorunları ve çözüm yolları sempozyumu*, 8-11 Haziran, (s., 498-506). Konya, Türkiye
- Aydoğan, S., Akçacık, G.A., Şahin, M., & Kaya, Y. (2007). Ekmeçlik buğday (t. aestivum L.) genotiplerinde verim ve bazı kalite özellikleri arasındaki ilişkiler, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 21-30.
- Aydoğan, S., & Soylu, S., (2017). Ekmeçlik buğday çeşitlerinin verim ve verim öğeleri ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26 (1), 24-30.
- Aktaş, B., & İkincikarakaya, S.Ü. (2019). Ekmeçlik buğday (Triticum aestivum L.) genotiplerinin verim ve verim unsurları ile glutenin ve gliadin bant desenlerinin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(1), 85-93.
- Anonim, (2019). Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Şanlıurfa İl Müdürlüğü verileri (erişim tarihi: 14.04.2020).
- Anonim, (2020a). Food and Agriculture Organization. www.faostat.org.(erişim tarihi: 01.02.2020)

- Anonim, (2020b). Bitkisel üretim verileri istatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr( erişim tarihi: 01.04.2020).
- Bassett, L.M., Allan, R.E., & Rubenthaler, G.L. (1989). Genotype x environment interactions on soft white winter quality. *Journal of Agronomy*, 81 (3), 955-960.
- Bonfil, D.J., Karnieli, A., Raz, M., Mufradi, I., Asido, S., Egozi, H., Hoffman, A., & Schmilovitch, Z. (2004). Decision support system for improving wheat grain quality in the Mediterranean area of Israel. *Journal of Field Crops Research* 89(4), 153-163.
- Bayhan, M., Özkan, R., Albayrak, Ö., Yıldırım, M., & Akıncı, C., (2019). Aşırı kurak sezonda ekmeklik buğday genotiplerinin performanslarının test edilmesi. 2. Uluslararası Mardin Artuklu Bilimsel Araştırmalar Kongresi, bildiriler kitabı, 23-25 Ağustos, (s., 162-169). Mardin, Türkiye.
- Elgün, A., Türker, S., & Bilgiçli, N. (2001). Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Notları, Konya Ticaret Borsası, Yayın No: 2, Konya, Türkiye.
- Elgün, A., Ertugay, Z., Certel, M., & Kotancılar, H.G. (2002). Tahıl ve ürünlerinde analitik kalite kontrolü ve laboratuvar uygulama kılavuzu (düzeltilmiş 3. Baskı). Atatürk Üniversitesi Yayın No: 867, 245s Erzurum, Türkiye.
- Ereku, O., Oncan, F., Ereku, A., Yava, İ., Engün, B., & Koca, Y.O. (2005). İleri ekmeklik buğday hatlarında verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi. (s., 111-116). 5-9 Eylül, Antalya, Türkiye
- Egesel, C.Ö., Kahraman, F., Tayyar, Ş., & Baytekin, H. (2009). Ekmeklik buğdayda un kalite özellikleri ile dane veriminin karşılıklı etkileşimleri ve uygun çeşit seçimi. *Anadolu Tarım Bilimi Dergisi*, 24(2), 76-83.
- Kün, E., (1996). Tahıllar-I (Serin İklim Tahılları). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No:1451, Ankara.
- Koç, A., & Akgün, İ. (2019). Sahil kuşağında ICARDA-CIMMYT ekmeklik buğday genotiplerinin verim ve bazı kalite özellikleri yönünden karşılaştırılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 23 (1), 146-151.
- Menderis, M., Atlı, A., Köten, M., & Kılıç, H. (2008). Gluten indeks değeri ve yaş gluten/protein oranı ile kalite değerlendirilmesi. *Harran üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(3), 57-64.
- Olgun, M., Başçıftçı, Z.B., Arpacıoğlu, G.A., Katar, D., & Aydın, D. (2019). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Uluslararası Uygulamalı Biyoloji ve Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2), 5-11.
- Pena, R.J., Amaya, A., Rajaram, S., & Mujeeb, A. (1990). Variation in quality characteristics with some spring 1B/1R translocation wheats, *Journal of Cereal Science*, 12 (3), 105-112.
- Peterson, C.J., Graybosch, R.A., Shelton, D.R., & Baenziger, P.S. (1998). Baking quality of hard winter wheat: response of cultivars to environment in the great plains. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp. 223-228.
- Pfluger L.A., D'Ovidio, R., Margiotta, B., & Pena, R. (2001). Characterisation of high- and low molecular weight glutenin subunits associated to the D genome of *Aegilops tauschii* in a collection of synthetic hexaploid wheats. *International Journal of Plant Breeding Research*, 103 (3), 1293-1301.
- Smith, G.P., & Gooding, M.J. (1999). Models of wheat grain quality considering climate cultivar and nitrogen effects. *Journal of Agriculture Forest and Meteorology*, 94 (2), 159 -170.
- Schofield, J.D. (1994). Wheat proteins: structure and functionality in milling and bread making. *London Congress*, Chapman and Hall, (pp.,73-106), England.
- Sözen, E., & Yağdı, K. (2005). Bazı ileri makarnalık buğday hatlarının tarımsal özellikleri üzerine araştırmalar, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*; 2(2), 51-57.
- Ünal, S. (2002). Buğdayda kalitenin önemi ve belirlenmesinde kullanılan yöntemler. *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi*, 3-4 Ekim, (s., 25-37). Gaziantep, Türkiye.
- Zeleny, L., Greenaway, W.T., Gurney, G.M., Fifield, C.C., & Lebsack, K. (1960). Sedimentation value as an index of dough mixing characteristics in early generation wheat selections. *Journal of Cereal Chemistry*, 37 (4), 673-681.
- Zhao, C.H., Liu, L., Wang, J., Huang, W., Song, X., & Li, C. (2005). Predicting grain protein content of winter wheat using remote sensing data based on nitrogen status and water stress. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 7 (2), 1-9.



# What Java Developers have talked about? An empirical study on Stack Overflow

Ahmet Samet Şahin<sup>1,2,\*</sup>, Nilgün Güler Bayazıt<sup>2</sup>

<sup>1</sup> TUBITAK Informatics And Information Security Research Center, Kocaeli, Turkey (ORCID: 0000-0002-8315-1482)

<sup>2</sup> Mathematical Engineering Department, Yıldız Technical University, İstanbul, Turkey ORCID: 0000-0003-0221-294X)

(İlk Geliş Tarihi 12 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 7 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.702949)

**ATIF/REFERENCE:** Şahin, A. S. & Güler Bayazıt, N. (2020). What Java Developers have talked about? An empirical study on Stack Overflow. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 354-365.

## Abstract

Java has been a widely used programming language for a long time in various fields. Java and its libraries have been frequently updated for various reasons including bugs, change requests, performance and usability requirements and so on. In this paper, we examine how these changes affect the use of Java and analyze trends in its usage. As a data source, we use the Stack Overflow public dataset which is the largest online Q&A site about software technologies. We firstly employ a practical approach to extract the Java-related posts from the Stack Overflow dataset using cosine similarity and compare it with previous works. We then apply Latent Dirichlet Allocation (LDA) to the corpus for topic modelling. We divided the data set into two-year periods to obtain consistent clusters. After obtaining main topics, we examine topics and keywords on a two-year basis. Finally, unlikely previous works, we manually classify topics into two as “domain-specific” and “development environment” and investigate tendencies of these classes to change in both the short term and the long term.

**Keywords:** Topic Modelling, Latent Dirichlet Allocation, Java, Stack Overflow

## Java Geliştiricileri Stack Overflow Üzerinde Ne Hakkında Konuşuyor? Deneysel Bir Çalışma

### Öz

Java, çeşitli alanlarda uzun zamandır yaygın olarak kullanılan bir programlama dilidir. Java ve kütüphaneleri; hatalar, değişiklik istekleri, performans ve kullanılabilirlik gereksinimleri vb. gibi çeşitli sebeplerle sık sık güncellenmektedir. Bu makalede, bu değişikliklerin Java kullanımını nasıl etkilediği ve kullanımındaki eğilimler analiz edilmiştir. Veri kaynağı olarak, yazılım teknolojileri alanındaki en büyük çevrimiçi soru-cevap sitesi olan Stack Overflow genel veri kümesi kullanılmıştır. İlk olarak, Stack Overflow veri kümesinde Java ile ilgili sorulmuş tüm soru-cevap gönderilerini bulmak için kosinüs benzerliği kullanan pratik bir yaklaşım önerilmiş ve bu yaklaşım daha önceki yaklaşımlarla karşılaştırılmıştır. Daha sonra, oluşturulan derlem üzerinde konu modelleme yapmak için Gizli Dirichlet Ayırımı yöntemi kullanılarak ana konular belirlenmiş; ana konular ve anahtar kelimeler yıllara göre incelenmiştir. Son olarak, konular “alana özgü” ve “geliştirme ortamıyla ilgili” konular olarak sınıflandırıp, bu sınıfların hem kısa vadede hem de uzun vadede değişme eğilimleri araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Konu Modelleme, Gizli Dirichlet Ayırımı, Java, Stack Overflow

\* Sorumlu Yazar: Ahmet Samet Şahin, TUBITAK Informatics and Information Security Research Center, Kocaeli, Turkey, ORCID: 0000-0002-8315-1482, [samet.sahin@tubitak.gov.tr](mailto:samet.sahin@tubitak.gov.tr)

## **1. Introduction**

Java is an object-oriented, free, open-source and platform-independent programming language. Java also has rich open source libraries, community support and documentation support. The first version of Java, called Java 1, was released on 23 January 1996. From that day it has been used to develop desktop and mobile applications. It has been used in embedded applications, web applications, enterprise applications, scientific applications, financial services applications, and so on. Within this period some needs, platforms, standards, and designs have changed, so Java and its libraries has been updated in compliance with these requirements. Thus, it is of interest to examine frequently used keywords, concepts, libraries, and tools in Java and their changes over time.

In this work, we make use of the Stack Overflow dataset to intelligently carry out this examination. Stack Overflow provides a questions and answers dataset in the XML format. It has been selected as a data source because it is comprehensive, worldwide, and public. It contains about 17 million questions and 23 million answers on multiple topics.

We extract Java-related questions from the Stack Overflow dataset by using the cosine similarity metric. After preprocessing the dataset, we partition it into two-year periods and use LDA to perform topic modelling for each period. Based on the findings we carry out various analyses. Our empirical work examines three main research questions.

1) What has been discussed?

We extract seven main topics, 25 related keywords, and their distributions using LDA for each two-year period.

2) What has been discussed about each topic in separate periods?

We compare distributions of keywords in topics within two-year time periods. From these results, we draw trend lines for specific technologies and concepts for each topic. We also indicate the popularity of some topics as increasing, decreasing and constant.

3) Over the years, which type of topic is prone to change? Which type of topic is steady?

The main contributions of our study are:

1) We conduct a large empirical study on Java related discussions to identify the main topics and analyze trends. Unlike the previous studies on comparison of Java technologies, for trends analysis we thoroughly examine the words and their distributions in the topics over time.

2) We propose methods using the cosine similarity measure for two purposes:

a) In order to find tags related to Java on Stack Overflow.

b) In order to determine the tendencies of the topics to change over time.

Our methodology is actually not specific to Java, so it can be, in principle, adapted and used for analysing different topics. Java is just a case-study.

The remainder of this paper is organized as follows. In section 2, we discuss the related works. The material and methodology are explained in the third section. In section 4 is presented the empirical results and discussion. Finally, concluded remarks are given in Section 5.

## **2. Related Works**

Various empirical studies analyze trends, challenges, and user behaviors in software technologies, using LDA for topic modelling to the Stack Overflow dataset.

While in some studies all questions, answers, and comments on Stack Overflow were used as a dataset, in some studies the scope was narrowed. Barua et al. (2014) conducted the largest study of general trends in software development. Zou et al. (2015) examined non-functional requirements. Zou et al., (2017) extended Zou et al. (2015). Allamanis and Sutton (2013) compared the most common technologies in view of linguistics and semantics. S. Wang et al. (2013) extracted 63869 unique questions from 100,000 randomly selected questions to model statistically behavior of users.

There are studies on specific research technologies such as mobile development (Linares-Vásquez et al., 2013; Fontão et al., 2018), libraries of IOS and Android (W. Wang & Godfrey, 2013), security in development (Yang et al., 2016), Android testing (Villanes et al., 2017), concurrent programming (Ahmed & Bagherzadeh, 2018), and front-end technologies in web development (Bajaj, 2012). In these studies, the dataset is filtered. In order to create the corpus, related tags were selected manually to create a dataset from questions with these tags and their answers. Some studies propose metrics to expand the dataset (Rosen & Shihab, 2016; Yang et al., 2016). They selected specified tags and candidate tags manually and applied metrics to candidate tags. Yang et al. (2016) generated a metric from a number of posts with specified tags and a number of posts with candidate tags and they applied this metric to candidate tags. Rosen and Shihab (2016), suggested a method composing of two metrics named TRT (tag relevance threshold) and TST (tag significance threshold).

There are several research questions for popular topics, challenges, trends changing over time and unanswered questions.

In order to determine popular topics, Rosen and Shihab (2016) benefited from an average count of views for questions. Ahmed and Bagherzadeh (2018) added an average count of questions marked as favorite by users, and an average count of score of questions as well. Yang et al. (2016) used the average number of comments in addition to these three parameters. Bajaj (2012) applied a topic model to the dataset containing the most visited 2000 questions which have accepted an answer for each topic after extracting the topics.

Several approaches have been proposed to meet challenges that developers face. Zou et al. (2017) proposed a metric using ensemble averaging from the accepted answer rate, the duration of the accepted answer, and the number of answers given to the question. Rosen & Shihab (2016) benefited from the time taken for the approved answer to the questions and the proportion of approved answers to the questions. Yang et al. (2016) used an approach consisting of the average approved response time, the average number of answers and the average number of views. Villanes et al. (2017) filtered questions containing “what,” “why,” and “how” in their title. Ahmed & Bagherzadeh (2018) developed an approach from the percentage of questions with no accepted answers and the time taken for the approved answer to the questions. Bajaj (2012) suggested a method consisting of the number of answers, the number of comments, the number marked as favorite, as well as positive and negative votes (accumulated post score) to score questions. They examined the first 50 questions with the highest score and analyzed the challenges manually.

There are other research questions. Barua et al. (2014) researched the relationship of the top five triggered questions and their answers to detect closely-coupled topics. Zou et al. (2017) used Spearman’s rank correlation coefficient method to analyze the number of questions about non-functional requirements depending on the time for different languages and technologies. Allamanis & Sutton (2013) examined the relationship between keywords and programming languages, technologies and concepts. They also analyzed the frequency of type markers (class, variable, and method names) for each topic. They investigated similar languages using cosine similarity. They narrowed the scope of the research, analyzed topics with a verb content and reconciled the verb roots with the question types (how to, why, way of). From these findings, they analyzed the specific intended use of programming languages. In addition, they compared weekends with weekdays regarding the number of questions. S. Wang et al. (2013) demonstrated distributions of members asking and answering. They also examined users’ questioning and answering habits. They indicated single labels and multiple labels for each document. They also analyzed distributions of developers for each topic. Linares-Vásquez et al. (2013) examined whether the top contributors to mobile-related questions changed for each separate platform (Android, IOS) or not. Rosen & Shihab (2016) analyzed question types; they selected random questions from each platform at certain rates and classified questions manually as “what”, “why” and “how”. Fontão et al. (2018) investigated whether the number of questions on the release date increased or not. They also examined questions including "what" and "how". W. Wang & Godfrey (2013) used 250 Android and 55 IOS open-source projects in addition to the Stack Overflow dataset to investigate libraries used in the development of IOS and Android. They compared the number of posts from libraries with the number of calls from libraries in projects by type. Villanes et al. (2017) used the number of the questions and answers belonging to test tools and test libraries to show trends in test tools and strategies. Ahmed & Bagherzadeh (2018) used a  $p$  number to analyze the correlation between popular and difficult topics. They also showed popular topics in a hierarchical way and visualized topics and their proportions.

As a contribution to LDA, Yang et al. (2016) tuned LDA with a genetic algorithm. A silhouette coefficient was used to detect the optimum topic number (Fontão et al., 2018 ; Villanes et al., 2017). Zou et al. (2015) received support from four Ph.D. students to verify extracted topics manually. For verification, they used part of the dataset.

For comparison of Java Technologies, Counsell et al. (2003) investigated the changes in the classes for 52 Java libraries during a period of three years. Masovic et al. (2012) examined architecture of Java web components. B.A. & Bhosale (2017) compared Java IDEs. Taboada et al. (2013) shared practices and experiences in high performance computing in Java. Weifeng & Keji (2010) studied on the evolution of java imaging technology.

The study closest to our study in terms of researching trends of specific technologies is the one conducted by Barua et al. (2014). However, we have a scope narrowed down to Java posts. While Barua et al. (2014) just compared existent technologies with each other over time (programming languages, tools), we also included emerging and obsolete technologies in this comparison. Unlike research questions in the previous studies, we have also introduced a new research question that aims to analyse tendencies of the topics to change over time. We have suggested two approaches based on cosine similarity that allows us to automatically filter the dataset and determine the tendencies of the topics to change.

## **3. Material and Methods**

### **3.1. Stack Overflow Dataset**

We downloaded the “Posts” dataset from <sup>2</sup> as XML format. The fields of our used dataset are as given in Table 1. We firstly form a corpus from those posts having Java tags. Then we employ a practical approach based on cosine similarity to extract other posts from the Stack Overflow dataset that do not have Java tags but are related to Java and use them to augment the corpus. Note that, there can be Java-related posts without “Java” tags since users may tag posts deficiently. For example, if a post has a "Spring" tag without "Java" tag, it is needs to be added to the corpus. For this reason, in previous studies, tags like “Spring” were mostly selected manually and posts with such tags were selected to create the corpus.

---

<sup>2</sup> <https://archive.org/download/stackexchange/stackoverflow.com-Posts.7z> (last updated 2 December 2019)



Hence, the “relation score” assigned to each post to automate the extraction process may be expressed as

$$\text{Cos}(\theta)_{\text{similarity}} = \frac{\vec{A} \cdot \vec{B}}{\|\vec{A}\| \|\vec{B}\|} \quad (1)$$

Table 1. Descriptions of Post table fields

Field	Description
<i>Id</i>	<i>denotes id of the post.</i>
<i>PostTypeId</i>	<i>classifies posts as question and answer. This value is 1 if post is a question, and 2 for an answer.</i>
<i>ParentId</i>	<i>denotes id of the question to which the answer belongs. For questions this value is null.</i>
<i>CreationDate</i>	<i>denotes creation date of the post.</i>
<i>Body</i>	<i>denotes content of the post.</i>
<i>Tags</i>	<i>denotes tags to summarize the question. Each question has min 1 tag, max 5 tags. For answers this value is null.</i>
<i>Title</i>	<i>denotes title of the question. For answers this value is null.</i>

where  $\vec{A}$  is the vector of frequencies of the most common keywords occurring in documents having a candidate Java related tag and  $\vec{B}$  is the vector of frequencies of the same keywords occurring in documents having the same candidate Java related tag and the tag “Java”. As the ‘relation score’ approaches 1, the similarity of the vectors increases.

The cosine similarity expresses the similarity between the estimates of the probability mass distributions  $P(a|X)$  and  $P(a|Java, X)$  where the former is the probability mass distribution of most commonly occurring keywords in documents containing a candidate Java related tag and the latter is the probability mass distribution of the same keywords in documents containing the same candidate Java related tag and the tag “Java”. Kullback Leibner distance is another measure that could alternatively be used for quantifying the dissimilarity of these distributions.

The steps of our approach (relation score) are:

- 1) Select the most prominent tags on the subject. For our study we select the “Java” tag.
- 2) Find the 50 tags that most frequently occur together with the most prominent tag “Java”. These are called candidate Java related tags.
- 3) For each candidate tag, two vectors are created. The 25 tags (keywords) that most frequently occur together with the candidate tag are first determined to yield set A. The 25 tags that most frequently occur together with both the candidate tag and the “Java” tag to yield set B. The components of the first vector are the frequencies of joint occurrences of keywords set  $A \cup B$  along with the candidate tag. The components of the second vector are the frequencies of joint occurrences of keywords set  $A \cup B$  along with the candidate tag and the “Java” tag.
- 4) The cosine similarity for the two vectors is calculated. If this value is greater than 0.98, this candidate tag is a subset of Java.

**Example:** Let’s assume the candidate tag X is “Spring”. There are 162277 questions with the “Spring” tag and 97213 questions with both the “Spring” and “Java” tags. Table 2 lists the 25 tags that most frequently occur together with “Spring” along with their joint occurrence frequencies (probabilities) as well as the 25 tags that most frequently occur together with both “Spring” and “Java” along with their joint occurrence frequencies. Note that the two sets of 25 tags happen to be the same in this case.

The similarity of the distributions  $P(a|Spring)$  and  $P(a|Java, Spring)$  can be assessed by applying the cosine similarity measure to the two (25 dimensional) vectors  $[0.01416 \ 0.2023 \ \dots \ 0.02876]^T$  and  $[0.0171 \ 0.02218 \ \dots \ 0.03003]^T$  formed by taking the two column of frequencies excluding the first and last rows in Table 2. Cosine similarity measure is calculated as 0.99726.

In the Table 3, relation score (cosine similarity measure) calculated for all the candidate Java related tags are presented and tags that exceed the 0.98 threshold are marked in bold.

We have made some deductions from our findings. While tags used in other technologies in addition to Java have a low relation score (string, regex, xml, json, mysql, collection, class, multithreading, rest, sql), tags used commonly together with Java have a high relation score (android, eclipse, intellij-idea, netbeans, selenium-webdriver). Tags used only together with Java have a relation score that is very high (swing, spring, jpa, junit, jar).

The thresholds in our approach were determined experimentally. We have tested 25, 50 and 100, respectively, for the vector dimensions and decided to use 25, because the results were similar for all three values. We have also applied this approach to the

“python” keyword. We have found that the optimum threshold value for determining python related tags (python-specific tags) is 0.98. In summary, our approach is not specific only to java.

The corpus contains 1,606,056 posts containing a “Java” tag. In addition to posts containing these prominent tags, we add posts with tags related to Java to augment the corpus. Altogether, the corpus contains 1,833,526 posts.

Table 2. The most common 25 tags and their frequencies (probabilities) when the label Spring is present and when the labels Spring and Java are both present (t denotes tag label).

Tag	Freq (t   “Spring”)	Freq (t   “Java”, “Spring”)
Xml	2281 (0.01406)	1662 (0.0171)
Mysql	3283 (0.02023)	2156 (0.02218)
Junit	2603 (0.01604)	1714 (0.01763)
Spring-data-jpa	5594 (0.03447)	3038 (0.03125)
Hibernate	19646 (0.12106)	12703 (0.13067)
Spring-batch	2989 (0.01842)	1458 (0.015)
Maven	6934 (0.04273)	4747 (0.04883)
Spring-data	4461 (0.02749)	2266 (0.02331)
Thymeleaf	2504 (0.01543)	1201 (0.01235)
Spring-mvc	30395 (0.1873)	18676 (0.19211)
Mongodb	2399 (0.01478)	1384 (0.01424)
Rest	5895 (0.03633)	3531 (0.03632)
Spring-boot	28957 (0.17844)	16254 (0.1672)
Json	3577 (0.02204)	2262 (0.02327)
Spring-integration	2738 (0.01687)	1311 (0.01349)
Tomcat	4257 (0.02623)	2784 (0.02864)
Spring-security	11656 (0.07183)	5790 (0.05956)
Annotations	1957 (0.01206)	1275 (0.01312)
Java-ee	2244 (0.01383)	1380 (0.0142)
Eclipse	2112 (0.01301)	1337 (0.01375)
Javascript	2105 (0.01297)	916 (0.00942)
Jpa	7924 (0.04883)	4942 (0.05084)
Servlets	1788 (0.01102)	1278 (0.01315)
Jsp	4667 (0.02876)	2919 (0.03003)

In the literature, two methods have been proposed to determine subject-related posts from Stackoverflow. In search of posts related to the subject “mobile”, Rosen and Shihab (2016) manually specifies an initial set of keywords related to “mobile” and expands the set by using all the tags of all the posts that contain any keyword. Then two heuristic tests are applied to filter the tags of the expanded set and in turn the posts that contain them. The first test checks that the frequency of cooccurrence of the tag with at least one keyword is large compared to the frequency of its occurrence. The second test checks that the frequency of cooccurrence of the tag with at least one keyword is large compared to the largest of the cooccurrence frequencies of the tags in the expanded set with at least one keyword.

The approach of Yang et al. (2016) is similar, but instead of using subject related keywords, determines the tag set by directly using the subject word (“security” in this case). Two tests are also employed to filter out any tag with a frequency of cooccurrence with the word “security” that is not comparatively large against either the frequency of occurrence of the tag or the frequency of occurrence of the word “security”. Both Yang et al. (2016) and Rosen & Shihab (2016) further expand the set of posts by including the answers to the question posts.

Compared to Rosen & Shihab (2016), our approach holds the advantage of not relying on a manually generated keyword list. Furthermore, the approaches in Yang et al. (2016) and Rosen & Shihab (2016) needs manually generated candidate tags. Whereas, the whole process in our approach is automated.

### 3.2. Implementation of Latent Dirichlet Allocation

After the questions with tags related to Java and their answers are selected (according to section 3.1) from the Stack Overflow Posts.xml dataset, they are classified by two-year periods. The dataset is then preprocessed to obtain a valid corpus. For preprocessing, firstly we remove code snippets, URLs, HTML tags (<p>, </p>, <li>, </li>) and stop words (“is,” “the,” numbers, and punctuation marks). In addition to this, we remove words that cannot belong to any cluster (“exception”, “problem”, “error”,

“question”, “answer”). Secondly, in order to find the root of each word, we have applied the Wordnet Lemmatizer stemming to the word.

Table 3. Candidate tags and their relation score. Those tags with a relation score exceeding the threshold value of 0.98 are marked in bold.

Tag	Relation Score	Tag	Relation Score
Android	0.91800	<b>Java-ee</b>	0.99323
<b>Spring</b>	0.99726	Sql	0.55167
<b>Swing</b>	0.99998	Generics	0.31758
Eclipse	0.96095	<b>Junit</b>	0.98823
<b>Hibernate</b>	0.99692	<b>Android-studio</b>	0.99586
Arrays	0.32594	Web-services	0.66812
Maven	0.97752	<b>Java-8</b>	0.99859
Multithreading	0.41479	Netbeans	0.86006
<b>Spring-boot</b>	0.99679	Sockets	0.63662
Xml	0.63278	Html	0.59164
Json	0.41125	<b>Jar</b>	0.98314
<b>Spring-mvc</b>	0.99780	Intellij-idea	0.88636
String	0.56121	Algorithm	0.75241
Mysql	0.31781	User-interface	0.58542
Jsp	0.95232	Database	0.68938
<b>Jpa</b>	0.99795	File	0.46484
Arraylist	0.97022	Exception	0.55020
<b>Servlets</b>	0.99781	Class	0.42812
<b>Tomcat</b>	0.98436	Selenium-webdriver	0.94912
Regex	0.34952	Performance	0.52684
<b>Javafx</b>	0.99433	Methods	0.70835
<b>Jdbc</b>	0.99732	Collections	0.57566
Javascript	0.67834	Gradle	0.94089
Selenium	0.79642	Oracle	0.59169
Rest	0.71364	Oop	0.53435

LDA is an unsupervised clustering method for text mining in which each document consists of distributions of the topics, each topic consists of distributions of the keywords (Blei et al., 2003). As an implementation of LDA, we have used the MALLET version 2.0.8. For optimum configuration, we use the default values  $\alpha = 50/K$  and  $\beta = 0.01$  for MALLET's hyperparameters (Biggers et al., 2014) where K denotes the number of topics. We ran MALLET for 500 Gibbs sampling iterations (Barua et al., 2014). In order to compare changes in the topics over the years, we aim to obtain similar topics for different time periods. For this reason, the number of topics was set as 7 experimentally.

## 4. Results and Discussion

### 4.1. Research Question-1

#### “What has been discussed?”

In this section, we aim to cluster Java-related posts by two-year periods. Therefore, we find prominent topics and related keywords for each two-year period. As described above, we set the number of topics to seven experimentally to cluster similar topics in each period. For topic modelling, as mentioned in section 3, we use LDA Gibbs sampling implementation. Table 4 shows seven main topics and the first 25 related keywords. It shows that main topics are unchanged. These are *JVM operations*, *GUI programming*, *web development*, *database operations*, *Java basics (basic commands and data types)*, *object-oriented programming and build tools*. Topic names were assigned based on the common themes of the topics' keywords manually. It's clear that, while keywords and their proportions in some topics are more stable, some are more changeable. We investigate this in detail in the results of research questions 2 and 3.

## 4.2. Research Question-2

*“What has been discussed about each topic in separate periods?”*

In this section, for each topic, we aim to find whether the popularity of some specific technologies and keywords is increasing or not. Table 4 shows main topics and related keywords. For this question, we select some outstanding keywords (similar technologies, emerging technologies, and obsolete technologies) from Table 4, and then draw trend lines. The trend lines displayed in Figure 1 are based on the proportion of the keyword in the topic within each two-year period.

From Figure 1, we have deduced the following tendencies for certain topics:

**Lambda Expression:** With Java version 8, lambda expressions have been added for functional programming. It is shown that Lambda expressions are talked a lot after release of Java 8.

**Performance:** In addition to above trend line, we observe that while “performance”, “cpu”, “ram”, “heap” keywords have been talked less recently, “parallel”, “cluster” keywords have been more popular. We interpret that distributed and parallel programming has been used to handle too many requests quickly by servers.

**Web Testing Automation:** Since the software is getting more and more complex, the need to automate software tests has emerged. Selenium is generally preferred for web-testing automation and selenium is compatible with Java unit testing libraries (JUnit, TestNG).

**Database:** Mysql and Oracle are still widely used as relational database management system. With the spread of NoSQL databases, MongoDB has been popular as well as other programming languages. As database connection library JDBC is rarely used in new projects, due to Jpa and Spring Data is generally selected due to ease of use. Also, both use JDBC in the background.

**Web Frameworks:** New Spring technologies have been facilitated in network and database operations. Such as: Spring data, Spring mvc Spring boot. Also, with the development of microservice architecture Rest Api has been prevalent. On the other hand, Servlets and JSP have been considered obsolete technologies and no longer preferred for the new projects.

**IDEs:** Desktop applications have mostly been replaced by web and mobile applications. For Android user interface Android Studio and for server-side development IntelliJ Idea and Eclipse are still common. Since NetBeans is commonly used to develop desktop user interface, use of it has been decreased. Also, due to support of HTML and CSS, JavaFX has been popular than Swing.

**Build Tools:** Since Ant is not functional as Gradle and Maven, Ant is a not preferred build tool for new projects. Since Both Maven and Gradle are comprehensive build tools, both are used. Due to flexibility and simple syntax, gradle has been popular in recent.

## 4.3. Research Question-3

*“Over the years, which type of topic is prone to change? Which type of topic is steady?”*

In this section, we investigate the types of topic that have undergone changes. Firstly, we manually partition topics into two as “domain-specific” and “development environment”. Development environment topics are related to infrastructure of projects (commands, language version, IDEs, build tools, design patterns, project management tools). From the first research question, we place “Java Basics”, “Object Oriented Programming”, and “Build Tools” topics into the “development environment” group. Domain-specific topics are related to components of projects (database connection, server, client, concurrent programming, user interface design). From the first research question, we place “Database Operations”, “Web Development”, “JVM Operations”, and “GUI Programming” into the “domain-specific” group. We assign a vector to each topic in a two-year period by using the distribution of its keywords over that period.

To determine short term changes in the discussion items of each topic, we benefit from cosine similarity to model similarity of the vectors in two consecutive two-year periods. If the cosine similarity approaches 1, we conclude that the topic is stable between the two consecutive year periods. The results are tabulated in Table 5. We also repeat the procedure for the determining the long-term changes in a topic by applying the cosine similarity to vectors formed from keywords of that topic in the first and last time periods of our study, 2012-2014 and 2018-2020. The results are tabulated in Table 6.

According to Table 5 and Table 6, it can be seen that, in both the long and short terms, trends in the domain-specific topics change faster than trends in the development environment topics. In addition, Table 6 shows that trends in web development programming have changed faster in the long term.

The reason for this is that while keywords used in the domain-specific topics change, the context of keywords used in development environment topics change. For example, if we make a deduction from the answer to the second research question, with the change of the Java version, basic concepts (class, method, interface, static) in object-oriented programming have not changed. However, we see that these concepts have updates in their functions and properties. Conversely, “Spring” technologies have become more widespread recently and the development of desktop GUI programming has decreased. Therefore, keywords in questions about these topics have changed.

## **5. Conclusions**

In this paper, we conducted a large study on Java posts on Stack Overflow. In section 3, we suggested a practical approach based on the cosine similarity metric to find Java-related posts on Stack Overflow. After preprocessing the dataset, we have partitioned it according to period. By applying LDA to the corpus, we have extracted the following seven main topics: JVM operations, GUI programming, web development, database operations, Java basics (basic commands and data types), object-oriented programming and build tools.

After finding the main topics, we have detailed them and their related keywords in section 4. We have then presented the trend lines of some of the frequently used keywords from topic distributions by year in section 4. It is clearly seen that the trends of "Spring technologies", "parallel and concurrent programming", "object relational mapping" and "lambda expression" have been on the rise. Conversely, "desktop GUI programming" and "performance" related posts have decreased. Also, it is obvious that the technologies like Spring Data, JPA, Rest, Gradle not only ease developer workload but also offer maintainability and more clean codes. Thus, it can be popular quickly. As a result of all these changes, it is conceivable that post subjects change in accordance with trends.

In the last section, we classified topics as development environment topics and domain-based topics. We compared the tendency of these classes to change using cosine similarity. Based on our findings, we can conclude that the interest in the domain-specific topics has changed faster than the interest in the development environment topics in both the short term and the long term. In addition, we have determined that while the keywords themselves have changed in domain-based topics, the contexts of keywords have undergone change in development environment topics.

As future work, we plan to incorporate other data sources in addition to the Stack Overflow dataset to extend the analysis. We also plan to compare popular programming languages.



Table 4. Main topics and related first 25 keywords

<p>2012-2014 (1.period)</p>	<p><b>(JVM)</b> thread time server memory connection run client message application data process running task call read program start block performance jvm stream send system queue case  <b>(WEB)</b> spring page request server web application service xml bean url servlet client json jsp form html response http tag controller session browser app access data  <b>(GUI)</b> button image activity text component add set click show change view display android layout event screen game app window create panel swing size frame gui  <b>(DATA)</b> data database table query key hibernate entity column map row node list sql field set object transaction update create record store jpa mysql insert model  <b>(BUILD)</b> file project run jar eclipse application version test library path folder class command directory build source maven package running android add window program dependency tomcat  <b>(OOP)</b> class method object type call variable instance return create reference constructor interface case field called parameter static implement implementation change test function access list null  <b>(BASIC)</b> string array number line loop element list character time input output return print read byte check program date case text word end match bit convert</p>
<p>2014-2016 (2.period)</p>	<p><b>(JVM)</b> thread time memory run process task call case block data stream running read program start operation application job performance jvm system queue size stack wait  <b>(WEB)</b> server spring application client request service page web message url bean send connection tomcat servlet response controller configuration app jsp access http session html browser  <b>(GUI)</b> button image activity click text add view app set change show layout android display component game screen create fragment window event color method size frame  <b>(DATA)</b> data list database table query object key element map entity column json hibernate field row node xml add set create sql property item model store  <b>(BUILD)</b> file project run jar version android eclipse library folder path build application command test maven dependency directory add class package running app studio source window  <b>(OOP)</b> class method object type call variable instance return create constructor case reference test parameter interface called static field implement function change implementation access null argument  <b>(BASIC)</b> string array number loop line input output character program print time return read file element text check word byte date statement end case integer convert</p>
<p>2016-2018 (3.period)</p>	<p><b>(JVM)</b> thread time test run memory case process task date call running start stream block job read application operation queue data jvm performance wait message event  <b>(WEB)</b> spring server application request service client web message page url send response boot spring_boot api controller app configuration rest tomcat connection http access post servlet  <b>(GUI)</b> button image activity app click view android text show add change set layout fragment display screen item game create window color component method time device  <b>(DATA)</b> data database table query entity column row hibernate field sql update record create jpa transaction key set save mysql insert model document list spring jdbc  <b>(BUILD)</b> file project run version jar android build dependency library folder command maven path eclipse application directory studio add app android_studio running package module gradle line  <b>(OOP)</b> class method object type call variable instance create return field parameter interface constructor case reference called implement implementation annotation function static change add bean null  <b>(BASIC)</b> string array number list element loop line input output return print program character check read key case add word text method function index statement time</p>
<p>2018-2020 (4.period)</p>	<p><b>(JVM)</b> thread time message process memory run task call data application case connection read event stream running job operation start transaction queue block cache multiple wait  <b>(WEB)</b> spring server application request service boot spring_boot client api response url web configuration rest app send controller page tomcat http access post call connection login  <b>(GUI)</b> app button image activity android view click show text change set add display fragment layout item device page screen create open time game inside color  <b>(DATA)</b> data database table query json entity object field column date time hibernate row sql create class format model record update list key jpa save set  <b>(BUILD)</b> file project run version jar dependency build android library folder command maven path application test running eclipse directory module studio package gradle add android_studio line  <b>(OOP)</b> class method object type test call instance variable create return case parameter interface constructor annotation bean implementation called reference field implement function static add change  <b>(BASIC)</b> string array list number element loop line input output return print character program check method case function key add time index map statement variable word</p>

Figure 1. Trend lines of some specific technologies and keywords

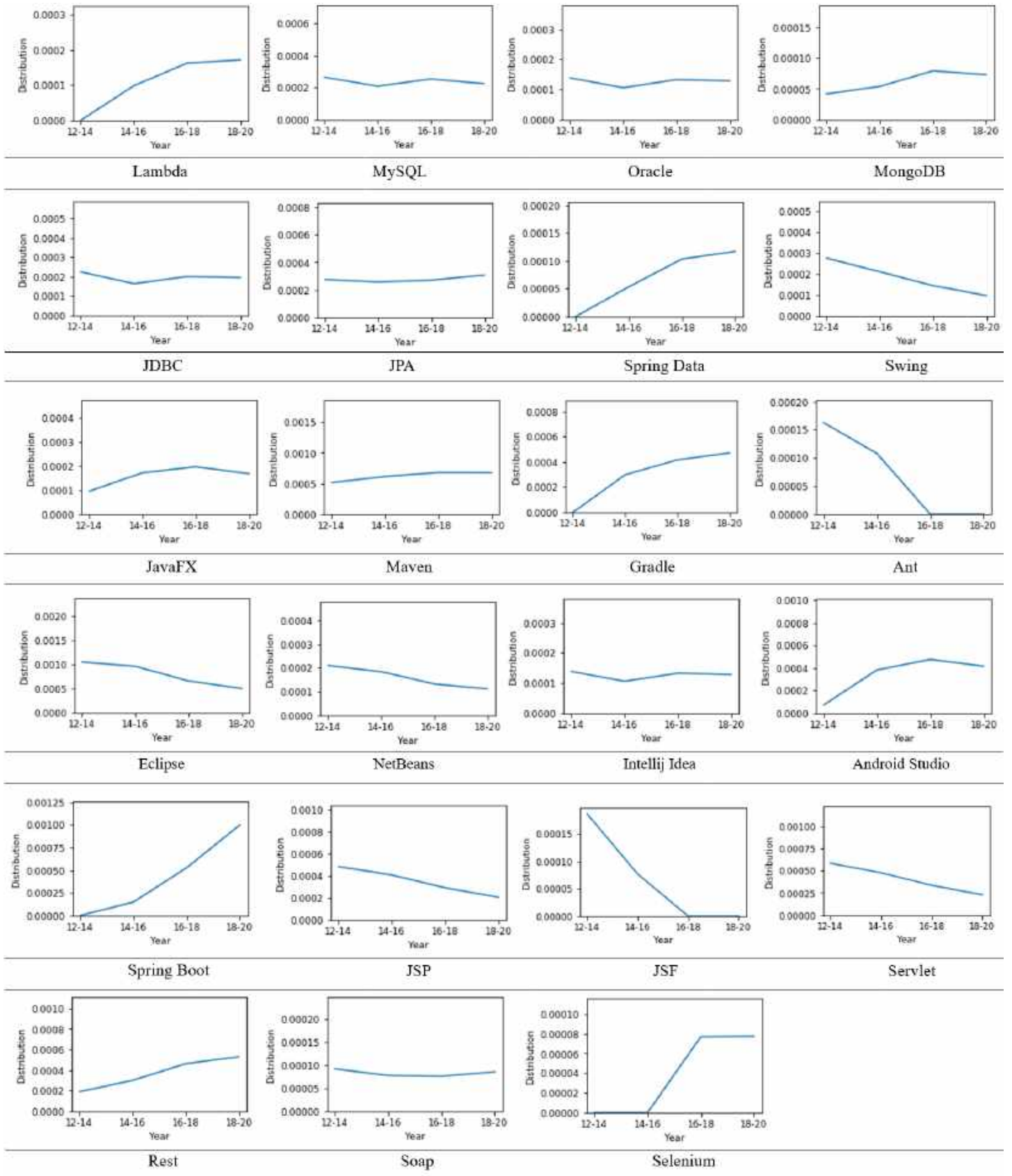


Table 5. Cosine similarity of consecutive periods and their average for each topic.

Topic	Class	1.Period- 2.Period	2.Period- 3.Period	3.Period- 4.Period	Average
JVM Operations	Domain-Specific	0.894	0.874	0.825	0.864
Database Operations	Domain-Specific	0.890	0.833	0.914	0.879
GUI Programming	Domain-Specific	0.984	0.978	0.973	0.978
Web Development	Domain-Specific	0.898	0.970	0.965	0.944
Build Tools	Development Environment	0.983	0.992	0.993	0.989
Java Basics	Development Environment	0.973	0.940	0.988	0.967
Object Oriented Programming	Development Environment	0.994	0.990	0.981	0.988

Table 6. Cosine similarity of topics from first period to last period

Topic	Class	(2012-2014) -(2018-2020)
JVM Operations	Domain-Specific	0.887
Database Operations	Domain-Specific	0.866
GUI Programming	Domain-Specific	0.890
Web Development	Domain-Specific	0.784
Build Tools	Development Environment	0.964
Java Basics	Development Environment	0.944
Object Oriented Programming	Development Environment	0.976

## References

- Ahmed, S., & Bagherzadeh, M. (2018). What do concurrency developers ask about?: A large-scale study using stack overflow. *International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement, October 2018*. <https://doi.org/10.1145/3239235.3239524>
- Allamanis, M., & Sutton, C. (2013). Why, when, and what: Analyzing stack overflow questions by topic, type, and code. *IEEE International Working Conference on Mining Software Repositories, Table I*, 53–56. <https://doi.org/10.1109/MSR.2013.6624004>
- B.A., P. J., & Bhosale, K. A. (2017). Research Paper on Java Interactional Development Environment Programming Tool. *Iarjset*, 4(4), 121–124. <https://doi.org/10.17148/iarjset/nciarcse.2017.35>
- Bajaj, K. (2012). *Mining Stack Overflow for Questions Asked by Web Developers*. December.
- Barua, A., Thomas, S. W., & Hassan, A. E. (2014). What are developers talking about? An analysis of topics and trends in Stack Overflow. In *Empirical Software Engineering* (Vol. 19, Issue 3). <https://doi.org/10.1007/s10664-012-9231-y>
- Biggers, L. R., Bocovich, C., Capshaw, R., Eddy, B. P., Etzkorn, L. H., & Kraft, N. A. (2014). Configuring latent Dirichlet allocation based feature location. *Empirical Software Engineering*, 19(3), 465–500. <https://doi.org/10.1007/s10664-012-9224-x>
- Blei, D. M., Ng, A. Y., & Jordan, M. I. (2003). Latent Dirichlet allocation. *Journal of Machine Learning Research*, 3(4–5), 993–1022. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-411519-4.00006-9>
- Counsell, S., Hassoun, Y., Johnson, R., Mannock, K., & Mendes, E. (2003). Trends in Java Code Changes: The Key to Identification of Refactorings? *Proceedings of the 2Nd International Conference on Principles and Practice of Programming in Java*, 45–48. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=957289.957305>
- Fontão, A., Ábia, B., Wiese, I., Estácio, B., Quinta, M., Santos, R. P. dos, & Dias-Neto, A. C. (2018). Supporting governance of mobile application developers from mining and analyzing technical questions in stack overflow. *Journal of Software Engineering Research and Development*, 6(1), 1–34. <https://doi.org/10.1186/s40411-018-0052-6>
- Linares-Vásquez, M., Dit, B., & Poshyvanyk, D. (2013). An exploratory analysis of mobile development issues using Stack Overflow. *IEEE International Working Conference on Mining Software Repositories*, 93–96. <https://doi.org/10.1109/MSR.2013.6624014>
- Masovic, S., Saracevic, M., Kamberovic, H., & Kudumovic, M. (2012). Java technology in the design and implementation of web applications. *Technics Technologies Education Management*, 7(2), 504–512.
- Rosen, C., & Shihab, E. (2016). What are mobile developers asking about? A large scale study using stack overflow. In *Empirical Software Engineering* (Vol. 21, Issue 3). Empirical Software Engineering. <https://doi.org/10.1007/s10664-015-9379-3>
- Taboada, G. L., Ramos, S., Expósito, R. R., Touriño, J., & Doallo, R. (2013). Java in the high performance computing arena: Research, practice and experience. *Science of Computer Programming*, 78(5), 425–444. <https://doi.org/10.1016/j.scico.2011.06.002>
- Villanes, I. K., Ascate, S. M., Gomes, J., & Dias-Neto, A. C. (2017). What are Software Engineers asking about Android Testing on Stack Overflow? *ACM International Conference Proceeding Series*, 104–113. <https://doi.org/10.1145/3131151.3131157>

- Wang, S., Lo, D., & Jiang, L. (2013). An Empirical Study on Developer Interactions in StackOverflow Categories and Subject Descriptors. *Proceedings of the 28th Annual ACM Symposium on Applied Computing*, 1019–1024.
- Wang, W., & Godfrey, M. W. (2013). Detecting API usage obstacles: A study of iOS and android developer questions. *IEEE International Working Conference on Mining Software Repositories*, 61–64. <https://doi.org/10.1109/MSR.2013.6624006>
- Weifeng, M. A., & Keji, M. (2010). Research on java imaging technology and its programming framework. *Lecture Notes in Electrical Engineering*, 72 LNEE(Table 1), 61–68. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14350-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14350-2_8)
- Yang, X. L., Lo, D., Xia, X., Wan, Z. Y., & Sun, J. L. (2016). What Security Questions Do Developers Ask? A Large-Scale Study of Stack Overflow Posts. *Journal of Computer Science and Technology*, 31(5), 910–924. <https://doi.org/10.1007/s11390-016-1672-0>
- Zou, J., Xu, L., Guo, W., Yan, M., Yang, D., & Zhang, X. (2015). Which non-functional requirements do developers focus on? An empirical study on stack overflow using topic analysis. *IEEE International Working Conference on Mining Software Repositories, 2015-Augus*, 446–449. <https://doi.org/10.1109/MSR.2015.60>
- Zou, J., Xu, L., Yang, M., Zhang, X., & Yang, D. (2017). Towards comprehending the non-functional requirements through Developers' eyes: An exploration of Stack Overflow using topic analysis. *Information and Software Technology*, 84, 19–32. <https://doi.org/10.1016/j.infsof.2016.12.003>



# Metabarkodlama yaklaşımıyla Tuz Gölü, Türkiye mikroorganizmalarının belirlenmesi için bir pilot çalışma

Hasan Ünal<sup>1</sup>, Sibel Küçükyıldırım<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Bölümü Beytepe, Ankara 06800 Türkiye (ORCID: 0000-0003-2241-3060; 0000-0003-3492-0326)

(İlk Geliş Tarihi 30 Ocak 2020 ve Kabul Tarihi 7 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.682557)

**ATIF/REFERENCE:** Ünal, H. & Küçükyıldırım, S. (2020). Metabarkodlama yaklaşımıyla Tuz Gölü, Türkiye mikroorganizmalarının belirlenmesi için bir pilot çalışma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 366-374.

## Öz

Mikroskopi ve kültür tekniklerine dayanan geleneksel mikrobiyal yöntemler oldukça etkili olmalarına rağmen, çevresel örneklerde bulunan mikrobiyal türlerin yüksek çeşitliliğini tanımlamakta zaman zaman yetersiz kalmaktadır. Geçtiğimiz son yirmi yılda, moleküler teknikler önemli düzeyde gelişmiştir ve genomik yaklaşımlar mikroorganizmaların dağılımını daha kapsamlı ve nicel olarak tanımlamak için kullanılmaktadır. Bu pilot çalışmada, Tuz Gölü'nde bulunan prokaryotik ve ökaryotik mikroorganizmaların çeşitliliği metabarkodlama yaklaşımıyla araştırılmıştır. 16S / 18S rDNA dizilemesi sonuçlarına göre, örneklerde ortalama 29 arkeal, 23 bakteriyel ve 61 ökaryotik OTU belirlenmiştir ve prokaryotik OTU'ların oranı %65,3'tür. Tüm örneklerde, en çok belirlenen arkeal OTU Euryarchaeota şubesinde *Haloquadratum walsbyi*'e aittir ve en yaygın bakteriyel OTU'lar ise *Salinibacter* cinsinin üyelerine aittir. 18S rDNA sekanslama sonuçlarına göre, en çok gözlenen ökaryotik OTU, *Dunaliella salina*'dır. Bu çalışmada, *in vitro* kültürü yapılamayan birçok prokaryotik ve ökaryotik OTU tespit edilmiş ve veritabanlarındaki 16S rDNA sekanslarına % 97'den az benzerliği (% 92) olan bir OTU belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, Tuz Gölü'ndeki mikrobiyal toplulukların yapısının ve bileşiminin aydınlatılmasına katkıda bulunma potansiyeline sahiptir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoçeşitlilik, Tuz Gölü, Halofil, 16S rDNA, 18S rDNA, Mikroorganizma

## A pilot study for determining microorganisms in Lake Tuz, Turkey by metabarcoding approach

### Abstract

Although traditional microbial methods based on microscopy and culture techniques are highly effective, they are sometimes inadequate to identify the high diversity of microbial species found in environmental samples. In the past two decades, molecular techniques have improved significantly, and genomic approaches have been used to provide a more comprehensive and quantitative description of the distribution of microorganisms. In this pilot study, prokaryotic and eukaryotic microbial diversity of the samples from Lake Tuz was investigated by metabarcoding approach. According to the 16S / 18S rDNA sequencing results, an average of 29 Archaea, 23 Bacteria and 61 Eukaryotic OTUs were determined in the samples and the ratio of prokaryotic OTUs was 65.3%. In all examples, the most detected archaeal OTU belongs to *Haloquadratum walsbyi* from the Euryarchaeota branch, and the most common bacterial OTUs belong to the members of the genus *Salinibacter*. In accordance with the 18S rDNA sequencing results, the most abundant eukaryotic OTU is *Dunaliella salina*. In this study, many prokaryotic and eukaryotic OTUs that could not be cultured *in vitro* were detected and an OTU with less than 97% similarity ( $\leq 92\%$ ) to 16S rDNA sequences in their databases was determined. The results obtained have the potential to contribute to the clarification of the structure and composition of microbial communities in Lake Tuz.

**Keywords:** Biodiversity, Lake Tuz, Halophile, 16S rDNA, 18S rDNA, Microorganism

\* Sorumlu Yazar: Hacettepe Üniversitesi, Biyoloji Bölümü Beytepe, Ankara 06800 Türkiye, ORCID: 0000-0003-2241-3060, [sibelkucukyildirim@gmail.com](mailto:sibelkucukyildirim@gmail.com)



## 1. Giriş

Ekosistem kararlılığına ve sürdürülebilirliğine katkıda bulunması nedeniyle biyoçeşitlilik örüntülerini açıklamak ve öngörmek oldukça önemlidir. Geçtiğimiz yüzyıl boyunca gerçekleştirilen biyoçeşitlilik temelli araştırmaların çoğunda sadece bitki ve hayvanlara odaklanılmıştır. Ancak, giderek artan moleküler ve ekolojik kanıtlar, mikroorganizmaların öngörülenden daha yüksek çeşitliliğe sahip ve karmaşık olduğunu göstermiştir (Pace, 1997; Harris ve ark., 2013). Mikroorganizmalar, sayıca üstün olmalarının yanı sıra taksonomik ve metabolik olarak da en yüksek çeşitliliğe sahip gruptur (Pike ve ark., 2018). Günümüzde, az keşfedilmiş ve bazı uç özelliklere sahip ortamlar (yüksek ya da düşük sıcaklık, yüksek ya da düşük pH gibi) başta olmak üzere çeşitli habitatlarda mikrobiyal biyoçeşitlilik çalışmaları gerçekleştirilmiştir.

Dünya genelinde yaygın olarak bulunan yüksek tuzluluğa sahip ortamlar arasında göller, tuzlular ve göletler, doğal kaynaklar ve bazı topraklar sayılabilir (Oren, 2014). Hipersalin ekosistemlerde yapılan biyoçeşitlilik araştırmalarında çoğunlukla tuzlular ve göller üzerine yoğunlaşmıştır (Tazi ve ark., 2014; Ventosa ve ark., 2014; Abdallah ve ark., 2016). Bu çalışmalarda, incelenen hipersalin ortamların bakteriler, arkeler, virüsler ve ökaryotlar da dahil olmak üzere tüm taksonomik grupları içerdiği gösterilmiştir (Emerson ve ark., 2012; Emerson ve ark., 2013; Oren, 2014). Bununla birlikte, farklı taksonların dağılımının ve popülasyon büyüklüğünün, ortamın tuzluluk özelliğine bağlı olarak değişebileceği rapor edilmiştir, örneğin, %25'in üzerindeki tuzluluklarda, arkelerin bakterilerden daha baskın olabileceği belirlenmiştir (Simachew ve ark., 2016).

Günümüzde çeşitli çevresel örneklerde tür çeşitliliğini karakterize etmek için sıklıkla ampikon dizileme esasına dayanan metabarkodlama yaklaşımı kullanılmaktadır ve bu yöntemin nadir taksonları belirleyebilme potansiyeline sahip olduğu kabul edilmektedir. Bu yaklaşım ilk olarak mikrobiyal topluluklara (Sogin ve ark., 2006) uygulanmıştır. Daha sonra, mantarlar (Fouts ve ark., 2012), omurgasızlar (Porazinska ve ark., 2010), bitkiler (Hiiesalu ve ark., 2012) ve omurgalılar (Kowalczyk ve ark., 2011; Raye ve ark., 2011; Brown ve ark., 2012) kapsayan çalışmalarda kullanılmıştır. Metabarkodlama yönteminin sahip olduğu yüksek duyarlılık ve özgüllük, özellikle in vitro ortamda üretilmeyen organizmalar konusunda avantaj sağlamaktadır (Fouts ve ark., 2012; Abdelfattah ve ark., 2017; Pavan-Kumar ve ark., 2015). Bu yöntemde, ilgilenilen domeyndeki türler arasında yüksek oranda korunan ancak tür hatta alttür seviyesinde filogenetik ayırım yapmaya olanak sağlayacak değişken bölgelere sahip olduğu bilinen bazı gen bölgelerinden (örneğin bakteriler için 16S rDNA geni, ökaryotlar için 18S rDNA geni ve ITS bölgesi) yararlanılmaktadır (Amaral-Zettler ve ark., 2009; Caporaso ve ark., 2011; Caporaso ve ark., 2012; Parada ve ark., 2016; Walterse ve ark., 2016).

Bu pilot araştırmada örnekleme alanı olarak seçilen Tuz Gölü, çevresindeki flora ve faunasıyla dünyanın en önemli doğal alanlarından biri olarak kabul edilmektedir ve sahip olduğu biyolojik çeşitlilik değerlerinden dolayı Özel Çevre Koruma Bölgesi olmasının yanı sıra Önemli Kuş Alanı (ÖKA), Önemli Bitki Alanı (ÖBA) ve Önemli Doğa Alanı (ÖDA) statülerini de taşımaktadır. Ankara'nın 120 km güneyinde, merkez platoda yer alan Tuz Gölü, 1665 km<sup>2</sup> toplam yüzölçümü ile Türkiye'nin en büyük ikinci gölüdür. Kış mevsiminde göl sığdır (1-2 m), yaz aylarında ise kurur ve tuz konsantrasyonu %33'e ulaşır. Türkiye'de yıllık tuz üretiminin yarısından fazlasına katkıda bulunan Tuz Gölü, thalassohaline özellikte bir iç su kütlesidir (Koday, 1999).

Bu pilot çalışmanın amacı, Tuz Gölü mikrobiyal biyoçeşitliliğinin kültürden bağımsız bir yöntem olan metabarkodlama yaklaşımı kullanılarak belirlenmesidir. Literatürde, Tuz Gölü mikrobiyal biyoçeşitliliğini inceleyen çalışmalar mevcuttur (Birbir ve Sesal, 2003; Mutlu, 2006). Ancak, genellikle prokaryotik organizmalara odaklanılmış olan bu çalışmalarda yakın zamana kadar mikroskopi ve kültür tekniklerine dayanan yöntemler tercih edilmiştir. Mutlu ve arkadaşlarının (2008) kültürden bağımsız bir yöntem kullandıkları araştırmalarında ise, Tuz Gölü'nde yaygın olarak bulunan arke ve bakteri domeynlerine ait türler tanımlanmıştır. Ancak literatürde, Tuz Gölü ökaryotik mikroorganizmalarının değerlendirildiği bir çalışma mevcut değildir. Bu nedenle, bu pilot çalışma Tuz Gölü'ndeki prokaryotik ve ökaryotik mikrobiyal toplulukların çeşitliliğinin aydınlatılmasına katkıda bulunma potansiyeline sahiptir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Örnekleme ve Fizikokimyasal Analiz

Bu araştırmada, Tuz Gölü'nde seçilen bir pilot bölgeden (38°57'36.3"N, 33°24'31.4"E) mikrobiyal çeşitliliğinin belirlenmesi amacıyla, Mart 2018'de, 10 ila 40 cm derinlikten, beş adet su örneği (~1 L) aseptik olarak alınmıştır (Şekil 1). Alınan tüm örnekler 4 °C'de muhafaza edilmiş ve hemen laboratuvara taşınmıştır. Örneklerde fizikokimyasal parametrelerin (toplam tuzluluk, majör anyon ve katyon konsantrasyonları (Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> Cl<sup>-</sup>, CO<sub>3</sub><sup>2-</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ile pH) analizi Hacettepe Üniversitesi Su Kimyası Laboratuvarı tarafından yapılmıştır.



Şekil 1. Tuz Gölü, Türkiye. Örnekleme alanı kırmızı belirteç ile işaretlenmiştir (Uydu görüntüsü: Google/Google Maps (n.d.)).

## 2.2. DNA İzolasyonu ve Metabarkodlama

DNA izolasyonu için, alandan getirilen su örnekleri (500 ml), vakumla filtreden (0.22 um filtre membranı) süzülmüştür. Filtre membranları daha sonra kesilerek küçük parçalara bölünmüştür ve ZymoBIOMICS® DNA Miniprep Kiti (Zymo Research, Irvine, CA) kullanılarak üreticinin talimatlarına göre DNA izolasyonu gerçekleştirilmiştir. İzole edilen DNA örnekleri %1 agaroz jelde kontrol edilmiştir ve DNA miktarı Nanodrop 2000 UV-Vis spektrofotometresi (Thermo Fisher, A.B.D.) kullanılarak belirlenmiştir. DNA örnekleri hizmet alımını gerçekleştiren firmaya teslim edilene kadar  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir.

Örneklerden izole edilen yüksek kalitedeki DNA, dizileme hizmeti için Zymo Research (Irvine, California, A.B.D.)'ye gönderilmiştir. Prokaryotik 16S rDNA geninin V4-V5 değişken bölgelerini hedefleyen özgül primerler (beklenen ampikon büyüklüğü yaklaşık 300-350 bp) (515F (5'-GTGYCAGCMGCCGCGGTAA-3') ve 806R (5'-GGACTACNVGGGTWTCTAAT-3')); ve ökaryotik mikroorganizmaların tespit edilmesi için 18S rDNA geninin V9 değişken bölgesine özgül primerler (beklenen ampikon büyüklüğü yaklaşık 260 bp) (1391F (5'-GTACACACCGCCCGTC-3') ve EukBR (5'-TGATCCTTCTGCAGGTTACCTAC-3')) kullanılmıştır (Amaral-Zettler ve ark., 2009; Caporaso ve ark., 2011; Caporaso ve ark., 2012; Parada ve ark., 2016; Walterse ve ark., 2016). "Earth Microbiome Project" de önerilen protokollere uygun barkod primer seti Illumina MiSeq cihazına adapte edilmiş olarak kullanılmıştır (Caporaso ve ark., 2012). Ampikon kütüphaneleri hazırlandıktan sonra, ürünlerin miktarı, qPCR floresan okumaları ile ölçülmüş ve eşit molaritede birleştirilmiştir. Birleştirilmiş kütüphane, Select-a-Size DNA Clean & Concentrator™ (Zymo Research, Irvine, CA) kullanılarak saflaştırılmıştır, TapeStation® ve Qubit® cihazları ile nitel ve nicel kontrolleri yapılmıştır. Örnekler firmanın önerdiği protokol izlenerek Illumina MiSeq cihazı ile dizilenmiştir.

## 2.3. Verilerin analizi

Ham veriler Dada2 programı ile işlenerek özgül ampikon dizileri elde edilmiştir ve aynı program kullanılarak kimerik diziler analiz dışı bırakılmıştır (Callahan ve ark., 2016). QIIME v.1.9.1 programındaki UCLUST fonksiyonu 97%'den daha fazla benzerlik içeren DNA dizi verilerini operasyonel taksonomik birimler (OTU'lar) olarak kümelemek için kullanılmıştır (Caporaso ve ark., 2010; Ramette, 2009). Kimerik OTU'lar, USEARCH algoritması kullanılarak veri setinden çıkarılmıştır (Edgar, 2013). Bir pilot proje olarak tasarlanan bu çalışmada, farklı veri bankalarından elde edilen sonuçların karşılaştırılabilmesi için prokaryotik OTU'ların ilişkili olduğu taksonların belirlenmesinde Greengenes (DeSantis ve ark., 2006) ve Zymo Research veri bankaları kullanılmıştır. Ancak, ökaryotik organizmalar için veri bankalarının halen sınırlı içeriğe sahip olması nedeniyle sadece Zymo Research veri bankası ile karşılaştırma yapılabilmektedir. OTU'ların taksonlarla ilişkilendirilmesinde benzerlik alt sınırı olarak %70 uygulanmıştır. Alfa çeşitlilik analizleri QIIME v.1.9.1 ile yapılmıştır (Ramette, 2009). 16S and 18S rDNA genlerine ait ham dizileme verileri NCBI veri tabanına PRJNA626417 numarasıyla kaydedilmiştir.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Fizikokimyasal Analizler

Örnekleme sırasında ölçülen ortalama sıcaklık  $14,2^{\circ}\text{C}$  ve ortalama pH 7,44'dür. Örneklerin fizikokimyasal özellikleri Tablo 1'de gösterilmektedir. Gölden alınan tuz örneklerinde Sodyum ( $\text{Na}^+$ ) ve Klorür ( $\text{Cl}^-$ ) iyonlarının en yüksek konsantrasyona sahip olduğu belirlenmiştir, ek olarak Magnezyum ( $\text{Mg}^{2+}$ ), Potasyum ( $\text{K}^+$ ), Kalsiyum ( $\text{Ca}^{2+}$ ) ve Bikarbonat iyonlarının ( $\text{HCO}_3^-$ ) konsantrasyonları da dikkate alındığında, bu kimyasal bileşimin halofilik organizmaları desteklemesi beklenebilir.

Tablo 1. Tuz Gölü'nden alınan su örneklerinde belirlenen fizikokimyasal parametreler (iyon konsantrasyonları g/L cinsinden verilmiştir).

Örnek No	Renk	Sıcaklık (°C)	pH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>
1	Çok açık pembe	14.22	7,42	127.18	2.34	1.41	4.75	0.25	229.35
2	Çok açık pembe		7,42	127.83	2.27	1.30	5.11	0.23	229.97
3	Çok açık pembe		7,48	128.18	2.36	1.32	5.73	0.28	231.27
4	Çok açık pembe		7,46	127.54	2.33	1.37	5.64	0.15	230.99
5	Çok açık pembe		7,43	126.74	2.12	1.29	4.91	0.21	228.93
Ortalama			7,44	127.49	2.28	1.33	5.22	0.22	230.1

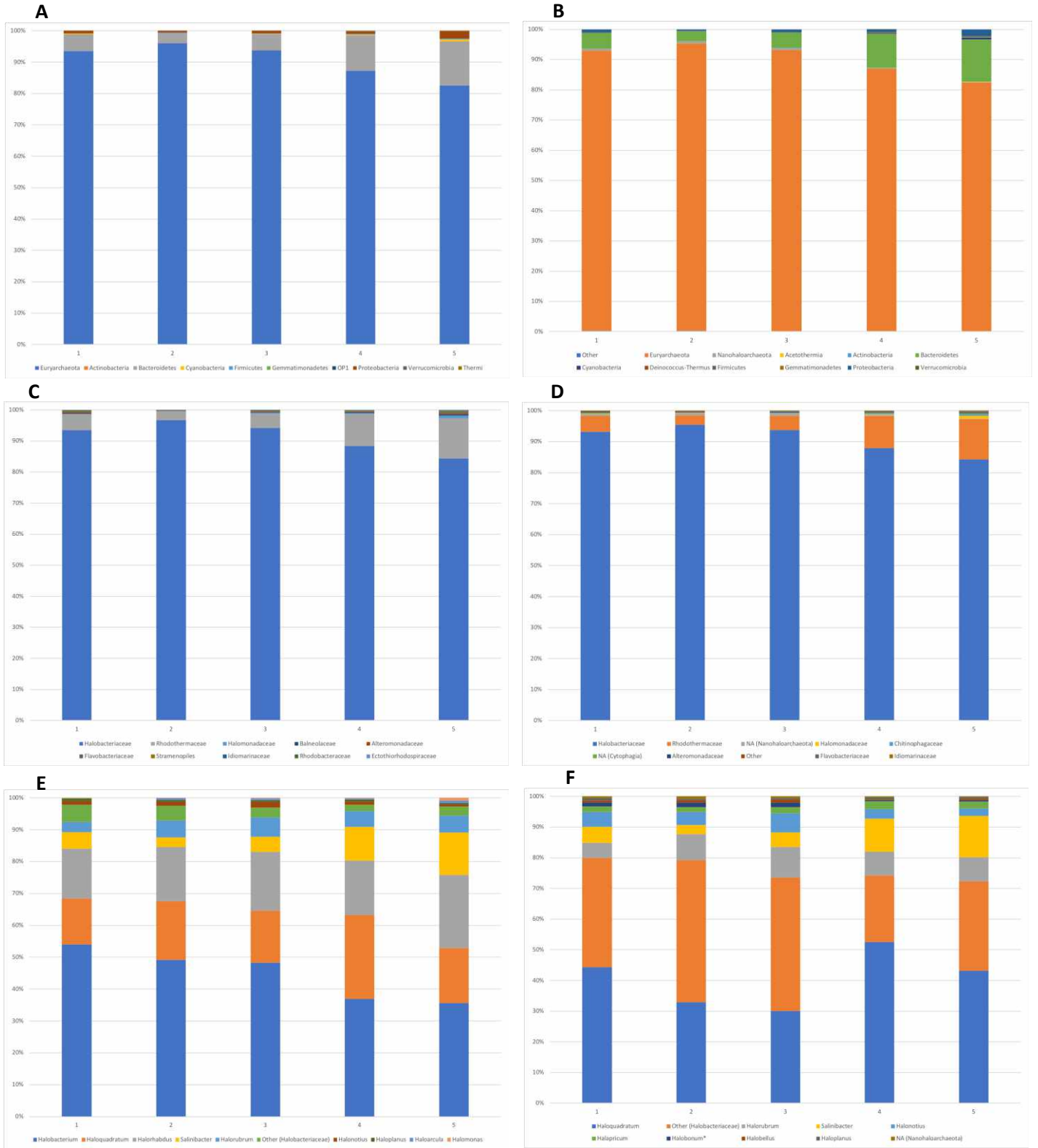
### 3.2. 16S rDNA Dizileme

Bu çalışma kapsamında, Tuz Gölü'nden alınan 5 örnekte prokaryotik mikroorganizmaların çeşitliliği başarılı şekilde karakterize edilmiştir. 16S rDNA dizileme sonucu elde edilen ham okumalara veri kalitesini arttırmak için filtreleme uygulanmıştır, örnek başına ortalama 20980 yüksek kaliteli çift yönlü okuma elde edilmiştir ve bu okumalar arasında, benzersiz dizilerin sayısı 55-121 arasında değişmektedir. 16S rDNA dizilemesi başarıyla gerçekleştirilen 5 örnekte, OTU'ların kümelenmesi ve ilgili taksonomik birimlere atanması sırasında sonuçların güvenilirliği arttırmak amacıyla iki farklı veri tabanı (Greengenes ve Zymo Research) kullanılarak analiz edilmiştir.

OTU'ların Greengenes veri tabanıyla karşılaştırılması sonucunda, örnek başına belirlenen ortalama prokaryotik OTU sayısı 22'dir (örneklerde tanımlanan toplam OTU sayısı 20 ile 47 arasında değişmektedir). Greengenes sonuçlarına göre, örneklerde belirlenen OTU'ların ortalama %90,6'sı arke türlerine aittir (örneklerde arke OTU'larının oranı %82,6 ile 96 arasında değişmektedir). Tüm örneklerde tespit edilen arkeal OTU'ların tamamı Euryarchaeota şubesinden Halobacteriaceae ailesine aittir (Şekil 2A ve 2C). En yüksek sıklıkta belirlenen arke OTU'ları sırasıyla *Halobacterium* (%43,8), *Haloquadratum* (%18), *Halorahabdus* (%17,8) ve *Halorubrum* (%0,05) cinsleriyle ilişkilidir (Şekil 2E). Bakteri filumları arasında Bacteroidetes baskındır, tüm örneklerde ortalama %7,8 oranında belirlenmiştir, onu sırasıyla Proteobacteria (ortalama %1,08), Cyanobacteria (ortalama %0,22), Firmicutes (ortalama %0,12) ve Thermi (ortalama %0,04) takip etmektedir (Şekil 2A). Tüm örneklerde toplam 38 farklı bakteri OTU'su tanımlanmıştır. Analiz edilen tüm örneklerde bulunan ve en çok rastlanan bakteri OTU'ları sırasıyla *Salinibacter* (%7), *Halomonas* (%0,3), *Marinobacter* (%0,2), *Idiomarina* (%0,1) cinsleriyle ilişkili bulunmuştur (Şekil 2E).

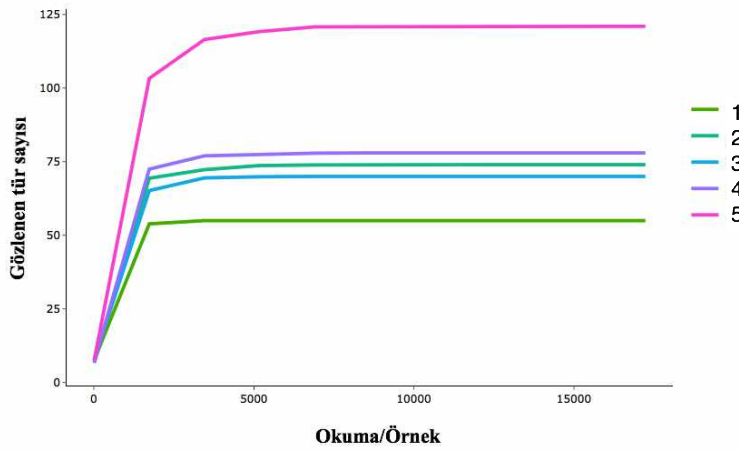
OTU'ların Zymo Research veri tabanıyla karşılaştırılması sonucunda, örnek başına tanımlanan ortalama prokaryotik OTU sayısı 52'dir (örneklerde tanımlanan OTU sayısı 30 ile 86 arasında değişmektedir). Tespit edilen arkeal OTU'lar Euryarchaeota ve Nanohaloarchaeota şubelerine aittir ve örneklerdeki mikrobiyal kompozisyonun ortalama %90,5'ni oluşturmaktadır (Şekil 2B). En yüksek oranda tespit edilen arkeal OTU Halobacteriaceae ailesinin üyeleriyle ilişkilidir (Şekil 2D). Tüm örneklerde tespit edilen OTU'ların ortalama %39'u *Haloquadratum walsbyi* türüne aittir (Şekil 2F). Greengenes veri tabanı karşılaştırma sonuçlarıyla uyumlu olarak, Bacteroidetes baskın bakteriyel filumdur (ortalama %7,8), onu sırasıyla Proteobacteria (ortalama %1,08), Cyanobacteria (ortalama %0,22), Firmicutes (ortalama %0,12) ve Thermi (ortalama %0,04) takip etmektedir (Şekil 2B). Tüm örneklerde ortak olarak bulunan bakteriyel OTU *Salinibacter* cinsiyle ilişkilidir ve ortalama %7 oranında tespit edilmiştir (Şekil 2F).

Zymo Research veri tabanıyla yapılan karşılaştırma sonucuna göre, bir OTU (4 adet farklı dizi varyantına sahiptir) veri tabanındaki diğer dizilerle %97'den daha az benzerliğe sahiptir (%90-92), ve bu OTU en yüksek benzerliği (%90-92) Halobonum cinsi ile paylaşmaktadır (Şekil 2F). Greengenes veri tabanı sonuçlarına göre ise aynı OTU Halobacteriaceae ailesine atanmıştır fakat herhangi bir cins ya da tür ile ilişkilendirilememiştir. Ek olarak NCBI, SILVA ve RDP veri bankalarıyla da karşılaştırılmıştır ancak %95'den daha fazla benzerlik gösterdiği bir dizi bulunamamıştır. Literatürde, %97'den daha az oranda 16S rDNA gen dizisi benzerliğini paylaşan birimlerin aynı türe ait olmadığına dair kapsamlı kanıtlar mevcuttur (Martinez-Murcia ve Collins, 1990; Collins ve ark., 1991; Amann ve ark., 1992; Fow ve ark., 1992; Martinez-Murcia ve ark., 1992; Tindall ve ark., 2010). Bu nedenle, bahsedilen OTU ile ilişkili dizilerin yeni bir türe ait olma olasılığı dikkate alınarak, ileri analizlerle doğrulanana kadar, NCBI veri tabanında ayrı bir kayıt oluşturulmuştur.



**Şekil 2.** 16S rDNA metabarkodlama sonuçlarına göre örneklerin rölatif mikrobiyal kompozisyonunun (A ve B) filum düzeyinde, (C ve D) aile düzeyinde, (E ve F) cins düzeyinde gösterilmesi. A, C, E grafikleri Greengenes veri bankası ve B, D, F grafikleri ise Zymo Research veri bankası'ndan elde edilen karşılaştırma sonuçlarından yararlanılarak hazırlanmıştır.

Örnekler fizikokimyasal parametreler göz önüne alınarak değerlendirildiğinde, tuzluluk açısından önemli bir fark olmamasına rağmen, sodyum ve klorür iyonları bakımından, en yüksek tuzluluğun ölçüldüğü örneklerde (2, 3 ve 4) arkeal OTU'ların baskın olduğu belirlenmiştir ( $\geq 93$ ). Görece daha düşük tuzluluğa sahip olan örnekte ise (5) çeşitliliğinin daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Genel olarak, tüm örneklerde arkeler en dominant grup olarak belirlenmiştir ve belirlenen arkeal OTU'ların büyük çoğunluğu Euryarchaeota filumunda sınıflandırılan türlerle ilişkilidir. Tuz Gölü gibi tuzluluğun %33 oranına yaklaştığı ortamlarda arkeler daha önce de baskın domeyn olarak tanımlanmıştır (Simachew ve ark., 2016). Tüm örneklerde en baskın görülen OTU ise *Haloquadratum walsbyi*'e aittir. Bu bulgu, Mutlu ve arkadaşlarının 2008'de Tuz Gölü'nde gerçekleştirdikleri araştırmanın sonucuyla uyumludur. Ayrıca, Doğu Anadolu'da farklı tuzlulardan örnek olarak gerçekleştirilen çalışmada elde edilen sonuçlara göre, Euryarchaeota, Bacteroidetes, Proteobacteria ile Cyanobacteria üyelerinin hipersalin ortamlarda mikrobiyal kompozisyonun önemli bileşenleri olduğu ve *Haloquadratum spp.* ve *Salinibacter spp.*'nin en baskın cinsler olduğu yönündeki tespit de (Çınar ve Mutlu, 2016) bu çalışmanın sonuçlarıyla da uyumludur. *H. walsbyi*'nin farklı hipersalin ortamlardaki başarısının yüksek solar radyasyon ve çok yüksek magnezyum konsantrasyonlarını tolere edebilmesiyle ilişkili olduğu öne sürülmüştür (Bolhuis ve ark., 2006; Çınar ve Mutlu, 2016). Çalışmamızda tüm örneklerde en yüksek sıklıkta belirlenen bakteriyel OTU'ların ait olduğu *Salinibacter* cinsi ve diğer Bacteroidetes şubesi üyelerinin, orijinleri bakımından denizle ilişkili olan ya da daha genel anlamıyla kimyasal içeriği bakımından deniz suyuna benzerlik gösteren Tuz Gölü gibi thalassohaline ortamları uygun bir yaşam ortamı olarak benimsedikleri bilinmektedir (Elevi Bardavit ve ark., 2007).



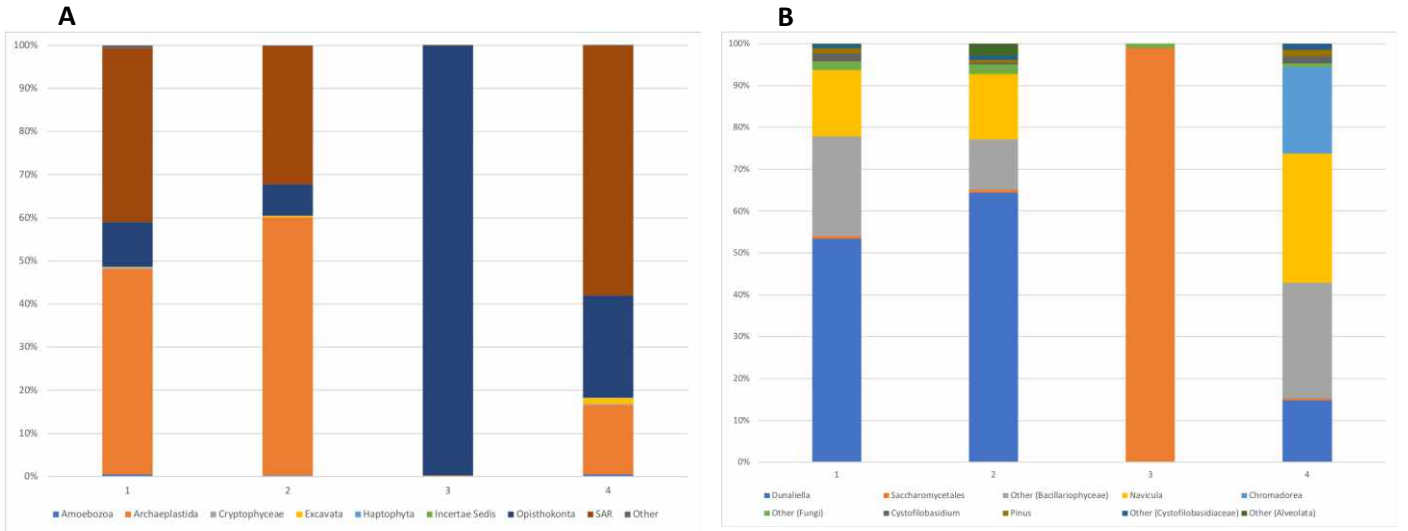
Şekil 3. 16S rDNA metabarkodlama verilerine göre örneklerin alfa çeşitlilik analizi sonuçları.

### 3.3.18S rDNA Dizileme

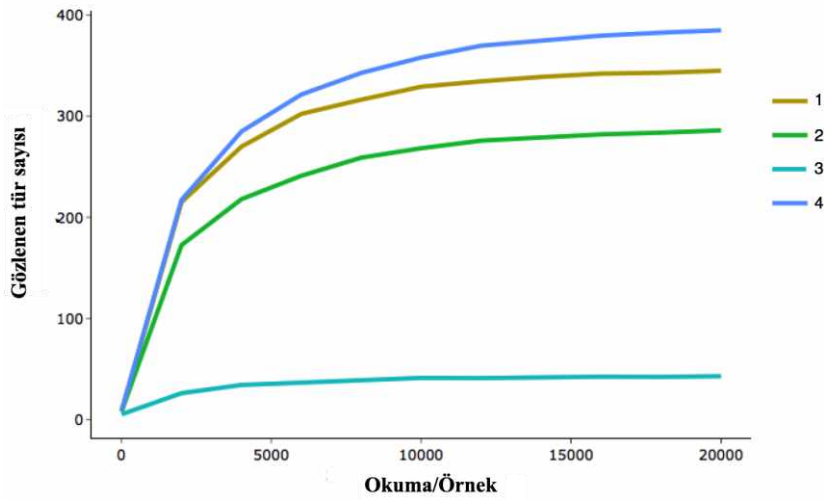
Bu pilot çalışma kapsamında, Tuz Gölü'nden alınan 4 örnekte 18S rDNA dizileme başarılı sonuç vermiştir ve mikrobiyal kompozisyonun ökaryotik bileşenleri karakterize edilmiştir. 18S rDNA dizileme sonucu elde edilen ham okumalara veri kalitesini arttırmak için uygulanan filtreleme sonucunda, örnek başına ortalama 93764 yüksek kaliteli çift yönlü okuma elde edilmiştir. Örnek başına tespit edilen ortalama ökaryotik OTU sayısı 61'dir (tanımlanan OTU sayısı 6-92 arasında değişmektedir). Tüm örneklerde bulunan ve çok bireyle temsil edilen OTU Chlorophyta'dan *Dunaliella salina* ile ilişkili olarak bulunmuştur. Bunu sırasıyla Saccharomycetales ordosuyla ilişkilendirilen bit OTU (Opisthokonta, Nucleomyces, Fungi) ve *Navicula* (SAR, Stramenopiles, Ochrophyta, Bacillariophyceae) cinsine ait bir OTU ile yine Bacillariophyceae ailesinden bir başka OTU izlemektedir. Opisthokonta, SAR, Amoebazoa, Cryptophyceae, Excavata ve Haptophyta üst gruplarına ait OTU'lar da belirlenmiştir. Ancak, örneklerin her birinde çok sayıda okumanın ökaryot canlılara ait olduğu tespit edilmiş olmasına rağmen bu OTU'lar herhangi bir canlı ile ilişkilendirilememiştir, bu durumun veri bankalarında henüz ökaryotik türlerin prokaryotlar kadar çok temsil edilmemesinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Şekil 4).

Örnekler fizikokimyasal parametreler göz önüne alınarak değerlendirildiğinde, tuzluluk ile tespit edilen ökaryotik mikrobiyal çeşitlilik açısından önemli bir fark belirlenmemiştir. Bu çalışmada, tüm örneklerde en yaygın görülen ökaryotik OTU'nun *Dunaliella salina*'ya ait olduğu tespit edilmiştir. *D. salina* daha önce hipersalin habitatların örneklediği farklı çalışmalarda da baskın ökaryotik tür olarak rapor edilmiştir (Elevi Bardavit ve ark., 2007; Oren, 2005).





Şekil 4. 18S rDNA metabarkodlama sonuçlarına göre örneklerde rölatif mikrobiyal kompozisyonun (A) filum düzeyinde ve (B) cins düzeyinde gösterilmesi.



Şekil 5. 18S rDNA metabarkodlama verilerine göre örneklerin alfa çeşitlilik analizi sonuçları.

## 4. Sonuç

Doğal popülasyonların, özellikle de mikrobiyal komünitelerin karmaşıklığı ve çeşitliliği hakkındaki anlayışımız, çevresel bir örnekten elde edilen DNA'nın doğrudan dizilemesini başarabilen moleküler tekniklerin ortaya çıkmasıyla gelişmiştir. Mikrobiyal çeşitliliğin tespit edilmesinde en çok kullanılan yaklaşımlar olan metagenomik ve metabarkodlama, toprak, deniz gibi çevresel örnekler ya da insan vücudu gibi karmaşık toplulukların analizinde bir devrim yaratmıştır. Bu yöntemler, biyoçeşitlilik hakkında bilgi sağlamanın yanı sıra, organizmaların yaşam döngüleri ve buldukları ekosistemdeki işlevleri ve hatta insan sağlığı ile ilişkili rolleri hakkında da fikir edinmemizi sağlamaktadır. Ek olarak, özellikle uç özelliklere sahip çevresel kaynaklardan elde edilen bilgiler filogenetik olarak yeni canlı türlerinin tanımlanmasına olanak sağlamaktadır (Ghai ve ark., 2011). Geçmişte, kültür temelli teknikler kullanılarak mikrobiyotaya hakkında önemli bilgiler elde edilmiştir, ancak kültürden bağımsız moleküler yaklaşımların kullanılmasıyla birlikte mikrobiyotaya bilgilerinin eksiklikler içerdiği ve hatta yanlış olabildiği görülmüştür (Fouts ve ark., 2012).

Bu çalışmada, kültürden bağımsız bir yöntem olan metabarkodlama yaklaşımı kullanılarak Tuz Gölü'nde seçilen bir pilot bölgeden alınan su örneklerinde mikrobiyal biyoçeşitliliğin ortaya konulması amaçlanmıştır. Metagenomik ve metabarkodlama yaklaşımları, daha önce farklı hipersalin ortamların mikrobiyal bileşimlerini araştırmak için kullanılmıştır (Ghai ve ark., 2011; Fernandez ve ark., 2014).

Tuz Gölü'nde daha önce gerçekleştirilen benzer çalışmalarda kullanılan mikroskopi ve kültür tekniklerine dayanan geleneksel yöntemler, çevresel örneklerde mevcut olan mikrobiyal çeşitliliği tam olarak belirlemek için zaman zaman yetersiz kalabilmektedir. Bu nedenle, önceki çalışmalarda Tuz Gölü mikrobiyal çeşitliliğinin moleküler karakterizasyonunun yalnızca geleneksel yöntemlerle tanımlanabilen halofiller ile sınırlı kalmış olabileceği öne sürülebilir. Ek olarak, Tuz Gölü ökaryotik mikroorganizmalarını değerlendiren bir çalışmanın literatürde yer almaması da bu pilot çalışmanın gerçekleştirilmesinin bir diğer önemli nedenidir.

Sonuç olarak, bu çalışmada, Türkiye'nin en önemli doğal alanlarından biri olan Tuz Gölü'nde seçilmiş bir bölgenin mikrobiyal kompozisyonunun temel bileşenleri tanımlanmıştır. Analizi yapılan örneklerin her birinde mikrobiyom hakkında kapsamlı bir görüş elde edilmiştir. Ancak hızla değişen mikrobiyal komünite dinamikleri göz önüne alındığında, büyük bir ekolojik alan olan Tuz Gölü'nde sadece tek bir lokasyonun anlık mikrobiyal çeşitliliğinin belirlenmesi yetersizdir. Bu nedenle, gelecekteki çalışmalarda farklı mevsimlerde gölün farklı bölgelerinden örnekler alınarak Tuz Gölü mikrobiyotası analizlerinin detaylandırılması planlanmaktadır.

## Teşekkür

Çalışmanın planlanması sırasındaki yardımcı ve eleştirel yorumları için Prof. Dr. Hatice Mergen, Doç. Dr. Sırma Çapar Dinçer ve Deniz Eyice'ye teşekkür ederim. Bu çalışma Hacettepe Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (FHD-2017-16050 numaralı proje) tarafından desteklenmiştir.

## Kaynakça

- Abdallah MB, Karray F, Mhiri N, Mei N, Quéméneur M, Cayol JL, et al. (2016). Prokaryotic diversity in a Tunisian hypersaline lake, Chott El Jerid. *Extremophiles*, 20, 125-138.
- Abdelfattah A, Malacrinò A, Wisniewski M, Cacciola SO & Schena L. (2017). Metabarcoding: a powerful tool to investigate microbial communities and shape future plant protection strategies. *Biol Control*, 120, 1–10.
- Amann RI, Lin C, Key R, Montgomery L and Stahl DA. (1992). Diversity among Fibrobacter isolates: towards a phylogenetic classification. *Syst Appl Microbiol*, 15, 23–31.
- Amaral-Zettler LA, McCliment EA, Ducklow HW, & Huse SM. (2009). A method for studying protistan diversity using massively parallel sequencing of V9 hypervariable regions of small-subunit ribosomal RNA Genes. *PLoS ONE*, 4, e6372.
- Birbir M, Sesal C. (2003). Extremely halophilic bacterial communities in Şereflikoçhisar Salt Lake in Turkey. *Turk J Biol*, 27, 7-22.
- Bolhuis H, Palm P, Wende A, Falb M, Rampp M, Rodriguez-Valera F, Pfeiffer F, Oesterhelt D. (2006). The genome of the square archaeon *Haloquadratum walsbyi*: life at the limits of water activity. *BMC Genomics*, 7, 169.
- Brown DS, Jarman SN, Symondson WO. (2012). Pyrosequencing of prey DNA in reptile faeces: analysis of earthworm consumption by slow worms. *Mol Ecol Res*, 12, 259-266.
- Callahan BJ, McMurdie PJ, Rosen MJ, Han AW, Johnson AJA, Holmes S. (2016). DADA2: High resolution sample inference from Illumina amplicon data. *Nat Methods*, 13, 581-583.
- Caporaso JG, Kuczynski J, Stombaugh J, Bittinger K, Bushman FD, et al. (2010). QIIME allows analysis of high throughput community sequencing data. *Nat Methods*, 7, 335-336.
- Caporaso JG, Lauber CL, Walters WA, Berg-Lyons D, Lozupone CA, Turnbaugh PJ, Noah Fierer N, & Knight R. (2011). Global patterns of 16S rRNA diversity at a depth of millions of sequences per sample. *Proc Natl Acad Sci USA*, 108, 4516–4522.
- Caporaso JG, Lauber C L, Walters W A, Berg-Lyons D, Huntley J, Fierer N, Owens SM, Betley J, Fraser L, Bauer M, Gormley N, Gilbert JA, Smith G, & Knight R. (2012). Ultra-high-throughput microbial community analysis on the Illumina HiSeq and MiSeq platforms. *ISME J*, 6, 1621–1624.
- Collins MD, Rodrigues U, Ash C, Aguirre M, Farrow JAE, Martinez-Murcia A, Phillips BA, Williams AM and Wallbanks S. (1991). Phylogenetic analysis of the genus *Lactobacillus* and related lactic acid bacteria as determined by reverse transcriptase sequencing of 16S rRNA. *FEMS Microbiol Lett*, 77, 5–12.
- Çınar S, Mutlu MB. (2016). Comparative analysis of prokaryotic diversity in solar salterns in eastern Anatolia (Turkey). *Extremophiles*, 20, 589-601.
- DeSantis TZ, Hugenholtz P, Larsen N, Rojas M, Brodie EL, Keller K, et al. (2006). Greengenes, a chimera-checked 16S rRNA gene database and workbench compatible with ARB. *Appl Environ Microbiol*, 72, 5069-5072.
- Edgar RC. (2013). UPARSE: Highly accurate OTU sequences from microbial amplicon reads. *Nature Methods*, 10, 996–998.
- Elevi Bardavid R, Ionescu D, Oren A, Rainey FA, Hollen BJ, Bagaley DR, Small AM, McKay C. (2007). Selective enrichment, isolation and molecular detection of *Salinibacter* and related extremely halophilic Bacteria from hypersaline environments. *Hydrobiologica*, 576, 3-13.
- Emerson JB, Thomas BC, Andrade K, Allen EE, Heidelberg KB, Banfield JF. (2012). Dynamic viral populations in hypersaline systems as revealed by metagenomic assembly. *Appl. Environ. Microbiol*, 78, 6309–6320.
- Emerson JB, Andrade K, Thomas BC, Norman A, Allen EE, Heidelberg KB, Banfield JF. (2013). Virus–host and CRISPR dynamics in arkeler-dominated hypersaline Lake Tyrrell, Victoria, Australia. *Archaea*, 370871.
- Fernandez AB, Ghai R, Martin-Cuadrado AB, Sanchez-Porro C, Rodriguez-Valera F, Ventosa A. (2014). Prokaryotic taxonomic and metabolic diversity of an intermediate salinity hypersaline habitat assessed by metagenomics. *FEMS Microbiol Ecol*, 88, 623–635.
- Fouts DE, Szpakowski S, Purushe J, Torralba M, Waterman RC, et al. (2012). Next generation sequencing to define prokaryotic and fungal diversity in the bovine rumen. *PLoS ONE*, 7, e48289.

- Fox GE, Wisotzkey JD and Jurtshuk P. (1992). How close is close: 16S rRNA sequence identity may not be sufficient to guarantee species identity. *Int J Syst Bacteriol*, 42, 166–170.
- Ghai R, Pašić L, Fernández AB, Martín-Cuadrado AB, Mizuno CM, McMahon KD, Papke RT, Stepanauskas R, Rodriguez-Brito B, Rohwer F, Sánchez-Porro C, Ventosa A, Rodríguez-Valera F. (2011). New abundant microbial groups in aquatic hypersaline environments. *Scientific Reports*, 1, 135.
- Harris JK, Caporaso JG, Walker JJ, Spear JR, Gold NJ, Robertson CE, Hugenholtz P, Goodrich J, McDonald D, Knights D, Marshall P, Tufo H, Knight R, Pace NR. (2013). Phylogenetic stratigraphy in the Guerrero Negro hypersaline microbial mat. *ISME J*, 7, 50-60.
- Hiiesalu I, Opik M, Metsis M, Lilje L, Davison J, et al. (2012). Plant species richness belowground: higher richness and new patterns revealed by next-generation sequencing. *Mol Ecol*, 21, 2004-2016.
- Koday S. (1999). Tuz Gölü tuzlaları. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 2, 128-149.
- Kowalczyk R, Taberlet P, Coissac E, Valentini A, Mique C et al. (2011). Influence of management practices on large herbivore diet—Case of European bison in Białowieża Primeval Forest (Poland). *F Ecology and Management*, 261, 821-828.
- Martinez-Murcia AJ and Collins MD. A phylogenetic analysis of the genus *Leuconostoc* based on reverse transcriptase sequencing of 16 S rRNA. *FEMS Microbiol Lett* 1990; 70: 73–83.
- Martinez-Murcia AJ, Benlloch S and Collins MD. (1992). Phylogenetic interrelationships of members of the genera *Aeromonas* and *Pleisiomonas* as determined by 16S ribosomal DNA sequencing: lack of congruence with results of DNA-DNA hybridizations. *Int J Syst Bacteriol*, 42, 412–421.
- Mutlu MB. (2006). Tuz Gölü bakterilerinin karakterizasyonu ve mevsimsel dağılımı (doktora tezi). Anadolü Üniversitesi, Eskisehir, Türkiye.
- Mutlu MB, Martinez-Garcia M, Santos F, Pena A, Guven K & Anton J. (2008). Prokaryotic diversity in Tuz Lake, a hypersaline environment in inland Turkey. *FEMS Microbiol Ecol*, 65, 474-483.
- Oren A. (2005). A hundred years of *Dunaliella* research: 1905–2005. *Saline Systems*, 1, 2.
- Oren A. (2014). Halophilic arkeler on earth and in space: growth and survival under extreme conditions. *Philos Trans R Soc A*, 372, 20140194.
- Pace NR. (1997). A molecular view of microbial diversity and the biosphere. *Science*, 276, 734-740.
- Parada AE, Needham DM, & Fuhrman JA. (2016). Every base matters: assessing small subunit rRNA primers for marine microbiomes with mock communities, time series and global field samples. *Environ Microbiol*, 18, 1403–1414.
- Pavan-Kumar A, Gireesh-Babu P and Lakra WS. (2015). DNA Metabarcoding: A new approach for rapid biodiversity assessment. *J Cell Sci Mol Biol*, 2, 111.
- Pike LJ, Viciani E, Kumar N. (2018). Microbial diversity knows no borders. *Nat Rev Microbiol*, 16, 66.
- Porazinska DL, Giblin-Davis RM, Esquivel A, Powers TO, Sung W, et al. (2010). Ecometagenetics confirms high tropical nematode diversity. *Mol Ecol*, 19, 5521-5530.
- Ramette A. (2009). Quantitative community fingerprinting methods for estimating the abundance of operational taxonomic units in natural microbial communities. *Appl Environ Microbiol*, 75, 2495-2505.
- Raye G, Miquel C, Coissac E, Redjadj C, Loison A, et al. (2011). New insights on diet variability revealed by DNA barcoding and high-throughput pyrosequencing: chamois diet in autumn as a case study. *Eco Res*, 26, 265- 276.
- Simachew A, Lanzén A, Gessesse A, Øvreås L. (2016). Prokaryotic community diversity along an increasing salt gradient in a soda ash concentration pond. *Microb Ecol*, 71, 326-338.
- Sogin ML, Morrison HG, Huber JA, Welch DM, Huse SM, et al. (2006). Microbial diversity in the deep sea and the underexplored “rare biosphere.” *Proc Natl Acad Sci USA*, 103, 12115-12120.
- Tazi L, Breakwell DP, Harker AR, Crandall KA. (2014). Life in extreme environments: microbial diversity in Great Salt Lake, Utah. *Extremophiles*, 18, 525-535.
- Tindall BJ, Rossello-Mora R, Busse, H-J, Ludwig W, Kämpfer P. (2010). Notes on the characterization of prokaryote strains for taxonomic purposes. *Int J Sys Evo Microbiol*, 60, 249-266.
- Ventosa A, Fernández AB, León MJ, Sánchez-Porro C, Rodríguez-Valera F. (2014). The Santa Pola saltern as a model for studying the microbiota of hypersaline environments. *Extremophiles*, 18, 811-824.
- Walters W, Hyde ER, Berg-Lyons D, Ackermann G, Humphrey G, Parada A, Gilbert JA, Jansson JK, Caporaso JG, Fuhrman JA, Apprill A, & Knight R. (2016). Improved bacterial 16S rRNA gene (V4 and V4-5) and fungal internal transcribed spacer marker gene primers for microbial community surveys. *mSystems*, 1: e00009–15.



# Çatı Üzeri Doğu-Batı Yönelimli Optimizerli Güneş Enerji Sisteminin Güney Yönelimli Sisteme Göre Üretim Değerlendirmesi ve Ekonomik Analizi

Savaş Alkan<sup>1\*</sup>, Yavuz Ateş<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8617-3994)

<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0635-9033)

(İlk Geliş Tarihi 16 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 7 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.700182)

**ATIF/REFERENCE:** Alkan, S. (2019). Çatı Üzeri Doğu-Batı Yönelimli Optimizerli Güneş Enerji Santralının Pilot Uygulaması Ve Güney Yönelimli Güneş Enerji Santraline Göre Üretim Değerlendirmesi Ve Ekonomik Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 375-385.

## Öz

Günümüzde, gelişen teknoloji ve artan nüfusla birlikte enerji talebi de hızla artmakta olup mevcut kaynakların bu talebi çok kısa süre daha karşılayabileceği bilimsel bir gerçektir. Ayrıca artan nüfus yoğunluğu ve enerji talebine bağlı olarak karbon salınımlarının artması, hava kirliliği ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bu tür çevresel etkilerin yaşanmaması ve dünya genelinde sürekli artan enerji talebinin karşılanması adına çevreci ve temiz bir enerji kaynağı olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı neredeyse bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu nedenle arazi ve çatı üzeri güneş enerji santrali kurulumları dünya genelinde hızla artmaktadır.

Çatı üzeri güneş enerji santrali kurulumlarında çok önemli iki kısas bulunmaktadır. Bunlar çatı statığı (yük taşıma kapasitesi) ve çatı izolasyonudur. Bu iki kısas sağlanmadan çatı üzeri güneş enerji sistemi tesis edilmemelidir. Tesis edilecek güneş enerji santralinden kaynaklı çatıya gelecek ekstra yükler, yapılacak statik hesaplarla analiz edilmeli ve bu hesaplar sonucuna göre kurulum yapılmalıdır. Ayrıca çatı üzeri kurulum yapılmadan önce çatılarda izolasyon sorunu olup olmadığı kontrol edilmelidir. İzolasyon sorunu var ise bu durumun santral kurulumu öncesinde giderilmesi gerekmektedir.

Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksinde tesis edilen doğu-batı yönelimli güneş enerji santralinin tasarımı açıklanmıştır. Güneş enerji santrali tasarımı yapılırken kullanılan başlıca simülasyon programlarından bahsedilmiştir. Doğu-batı yönelimli güneş enerji santrali kurularak mevcut alanda güney yönelimli bir santrale göre birim alanda daha fazla güneş enerjisinden faydalanabileceği simülasyon sonuçlarıyla ortaya konulmuştur. Ayrıca aynı güçlerdeki güney yönelimli ve doğu-batı yönelimli santrallerin simülasyonları yapılarak üretim değerleri karşılaştırılmıştır. Bununla birlikte 2016'da kurulan 169 kWp doğu-batı yönelimli mevcut güneş enerji santralinin veri kayıt ve izleme sisteminden alınan gerçek zamanlı üretim değerleri simülasyon sonuçları ile karşılaştırılmıştır.

Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi'nde tesis edilen 169 kWp kurulu güce sahip çatı üzeri doğu-batı yönelimli optimizerli güneş enerji santralinin 2016 yılındaki toplam maliyeti 850.00 TL+KDV ve elektrik birim fiyatı 0,43 TL/kWh'tir. Söz konusu fiyatlar baz alınarak yapılan maliyet analizine göre 169 kWp güneş enerji santralinin yatırım geri dönüş süresi 15,7 yıl olarak hesaplanmıştır. Santralin kurulumundan bu yana günümüze kadar geçen sürede gelişen teknoloji ile birlikte sistemin yatırımının yarısından fazlasını oluşturan güneş panellerinin maliyeti dünya genelinde %30'a varan oranda düşüş yaşamıştır. Ancak güneş paneli fiyatlarında yaşanan bu düşüş son dönemde ülkemizde artan döviz kurlarından dolayı ciddi oranda hissedilememiştir. Söz konusu sistem günümüzde 750.000 TL+KDV güncel bedel ile kurulabilmektedir. Güncel maliyet ve güncel elektrik birim fiyatı 0,82 TL/kWh baz alınarak yapılan maliyet analizine göre söz konusu güneş enerji santralinin yatırım geri dönüş süresi 6,7 yıl olarak hesaplanmıştır. Bununla birlikte aynı sistem özelliklerine sahip ve aynı alanda kurulabilecek 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sisteminin, 2020 yılına göre güncel maliyeti 515.000 TL+KDV'dir. Güncel sistem maliyeti ve elektrik birim fiyatı baz alınarak yapılan maliyet analizine göre söz konusu güneş enerji santralinin yatırım geri dönüş süresi 6,5 yıl olarak hesaplanmıştır. 2020 yılına göre 169 kWp kurulu güce sahip doğu-batı yönelimli bir güneş enerji sisteminin maliyeti 750.000 TL+KDV olurken 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sisteminin maliyeti 515.000 TL+KDV olmaktadır. İlk yatırım aşamasında 169 kWp kurulu güce sahip doğu-batı yönelimli güneş enerji sistemi, 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sistemine göre 235.000 TL+KDV daha fazla maliyetli olmaktadır. Doğu-batı yönelimli sistemlerin yatırım geri dönüş süreleri ekvatora yakın bölgelerde daha kısa olmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğu-batı yönelimli sistem, Optimizer, Fotovoltaik, Enerji üretimi, Ekonomik analiz.

\* Sorumlu Yazar: Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8617-3994, [savasalkan18@hotmail.com](mailto:savasalkan18@hotmail.com)



# Production Evaluation and Economic Analysis of the East-West Oriented Solar Energy System on the Roof according to the South Oriented System

## Abstract

Today, with the developing technology and increasing population, the demand for energy is increasing rapidly and it is a scientific fact that the existing resources can meet this demand for a very short time. In addition, increasing carbon emissions due to increasing population density and energy demand cause air pollution and climate change. In order to avoid such environmental impacts and to meet the ever-increasing energy demand worldwide, the use of renewable energy sources, which is an environmentally friendly and clean energy source, has become almost a necessity. For this reason, on-site and rooftop solar power plant installations are increasing rapidly worldwide.

There are two very important criteria in rooftop solar power plant installations. These are roof statics (load bearing capacity) and roof insulation. Without these two criteria, the solar energy system on the roof should not be installed. Extra loads on the roof originating from the solar power plant to be installed should be analyzed with static calculations to be made and installation should be made according to the results of these calculations. Also, before installing on the roof, it should be checked whether there is an insulation problem on the roofs. If there is an isolation problem, this should be resolved before the installation of the exchange.

The design of the east-west oriented solar power plant established in Hidayet Türkoğlu Sports Complex is explained. The main simulation programs used while designing the solar power plant are mentioned. It was revealed by simulation results that an east-west oriented solar power plant was established and that more solar energy could be utilized in the unit area compared to a southern oriented power plant in the current area. In addition, the production values of the south-oriented and east-west oriented power plants with the same powers have been simulated and compared. However, real-time production values obtained from the data recording and monitoring system of the existing 169 kWp east-west oriented solar power plant established in 2016 were compared with the simulation results.

The total cost of the solar power plant with an east-west oriented optimizer on the roof with an installed capacity of 169 kWp installed in Hidayet Türkoğlu Sports Complex in 2016 is 850.00 TL + VAT and the unit price of electricity is 0.43 TL / kWh. According to the cost analysis based on the said prices, the investment return period of the 169 kWp solar power plant was calculated as 15.7 years. The cost of solar panels, which constitute more than half of the investment of the system with the developing technology since the establishment of the plant, has decreased by up to 30% worldwide. However, this decrease in solar panel prices has not been felt significantly due to the increasing exchange rates in our country in the recent period. The system in question can now be established with the current price of 750,000 TL + VAT. According to the cost analysis based on the current cost and the current electricity unit price of 0.82 TL / kWh, the investment return period of the said solar power plant was calculated as 6.7 years. However, the current cost of the southern oriented solar energy system with the same system features and an installed power of 110.5 kWp that can be installed in the same area is 515,000 TL + VAT compared to 2020. According to the cost analysis made based on the current system cost and the electricity unit price, the investment return period of the said solar power plant was calculated as 6.5 years. Compared to 2020, the cost of an east-west oriented solar power system with an installed power of 169 kWp is 750.000 TL + VAT, while the cost of a southern oriented solar power system with an installed power of 110.5 kWp is 515.000 TL + VAT. In the initial investment phase, the east-west oriented solar energy system with 169 kWp installed power is 235.000 TL + VAT more cost compared to the south-oriented solar energy system with 110.5 kWp installed power. Investment return periods of east-west oriented systems are shorter in regions close to equator.

**Keywords:** East-west oriented system, Optimizer, Photovoltaic, Power generation, Economic analysis.

## 1. Giriş

Dünya genelinde kullanılan enerjinin çok büyük bir bölümü, petrol ürünleri (benzin, dizel akaryakıtlar ve propan gibi), doğal gaz, kömür, uranyum (nükleer enerji) gibi yenilenemeyen enerji kaynaklarından oluşmaktadır. Gelişen teknoloji ve artan nüfusla birlikte enerji talebi de hızla artmakta olup bu kaynakların artan talebi çok kısa bir süre daha karşılayabileceği bilimsel bir gerçektir. Ayrıca artan nüfus yoğunluğu ve enerji talebine bağlı olarak karbon salınımlarının artması, hava kirliliği ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bu çevresel etki devam etmesi durumunda dünya genelinde sıcaklıklar artacak, buzullar eriyecek ve deniz seviyesinde yükselmeler olacaktır. Ayrıca bu çevresel faktörlere ek olarak petrol fiyatlarındaki istikrarsızlık ülkelerin arz güvenliğini ciddi şekilde etkilemektedir. Bu tür çevresel etkilerin yaşanmaması, dünya genelinde sürekli artan enerji talebinin karşılanması ve ülkelerin arz güvenliğinin sağlanması adına çevreci ve temiz enerji kaynağı olan yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı neredeyse bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu konuda devletler tarafından çalışmalar yapılarak kanun, yönetmelik ve mevzuatlar yayınlanmaktadır. Ayrıca kamu ve özel sektör tarafından da yenilenebilir enerji kaynakları için fonlar oluşturulmaktadır. Hatta hükümetler yenilenebilir enerji yatırımcılarına bir takım teşvikler sunmaktadırlar. Söz konusu gelişmeler sayesinde günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtlara nazaran elektrik üretiminde daha fazla pay almaya başlamıştır [1].

Yenilenebilir enerji kaynaklarının temelini güneş enerjisi oluşturmaktadır. Güneşten gelen ışınım enerjisi sayesinde fotovoltaik panellerde elektrik üretimi gerçekleştirilmektedir. Fotovoltaik paneller, çevreci ve temiz yenilenebilir enerji üretimine olanak sağladığı



gibi herhangi bir atığı olmadığından ve zararlı bir madde içermediğinden dolayı çevreye duyarlı ekipmanlardır. Ayrıca statik ekipmanlar olduğundan yani yapılarında hareketli veya döner parçalar bulundurmamışlarından, kurulumlarından sonraki işletme ve bakım maliyetleri oldukça düşüktür. Günümüz şartlarında fotovoltaik panellerin maliyetleri biraz yüksektir. Ayrıca fotovoltaik panel verimleri teknolojisi itibarıyla düşük olduğundan (ticari olanlar %15-25 arasında) yatırım geri dönüş süreleri uzun yıllar almaktadır. Ancak gün geçtikçe gelişen teknoloji ile birlikte fotovoltaik panel verimleri artmakta olup maliyetleri ise hızla düşüş göstermektedir. Maliyetleri yüksek, verimleri düşük olmasına rağmen elektrik üretim santrali yaşam boyu maliyet analizlerine bakıldığında en ucuz enerji kaynaklarından biri güneş enerjisi olmaktadır.

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) verilerine göre 2018 yılında dünyada güneş enerjisi toplam kurulu gücü 485 GW seviyesine ulaşmıştır. Gelecek 10 yıl içerisinde, güneş enerjisinin yenilenebilir enerji kapasitesinin büyümesinde liderlik edeceği ve 2.840 GW kurulu güç seviyesine ulaşacağı tahmin edilmektedir. 2018 yılında toplam kurulu güçte ilk 5 sırayı Çin, ABD, Japonya, Almanya ve İtalya almaktadır [2].

2008-2017 yılları arasında Ülkemizde elektrik kullanımı yıllık bazda ortalama %4,5 artış göstermiş olup sonraki on yıl içerisinde de baz talep tahmin serisine göre yıllık ortalama %4,5 oranında artış öngörülmektedir [3]. 2017 yılında toplam elektrik tüketimi 294,9 TWh olarak gerçekleşmiştir. 2017 yılında 295 TWh olarak gerçekleşmiş olan elektrik tüketiminin 2027'de 458 TWh seviyesine ulaşması, yani 2017'deki tüketime göre yaklaşık %55 oranında bir artış olması öngörülmektedir [4].

Türkiye'de yenilenebilir enerji potansiyelinin oldukça yüksek olmasına karşın, 2017 yılındaki elektrik üretiminin %71,4'ü fosil kaynaklardan elde edilmiştir. Bu üretimi gerçekleştirmek yüksek seviyede enerji kaynağı dışarıdan ithal edilmekte ve bu durum enerji arz güvenliği açısından önemli bir sorun teşkil etmektedir. 2016 yılında üretilen elektrik enerjisinde ülkemizin dışa bağımlılık oranı yüzde 50,7 olarak gerçekleşmiştir. Kurulu güçte ise dışa bağımlılık oranı 2016 yılında %43,4, 2017 yılında ise %43,2 olarak gerçekleşmiştir. Enerjide dışa bağımlılığı yüksek olan ülkemizde son zamanlarda özellikle Ortadoğu'da yaşanan siyasi krizlerin artmasıyla ve enerji maliyetlerinin dünya genelinde yükselmesiyle, enerji konusu bir kat daha önem arz etmektedir. Ülkemiz, tükettiği birincil enerji kaynakları petrol ve doğal gazın büyük çoğunluğunu ithalat etmektedir. Gerek birincil enerji kaynaklarının kısıtlı ömrü gerekse de enerjide bağımlı olduğumuz ülkelerdeki siyasal belirsizlikler nedeniyle kullandığımız birincil enerji türlerini çeşitlendirmeye; özellikle Yenilenebilir Enerji'ye yönelmeye gereksinim duyulmaktadır [5].

Ülkemizde lisanssız elektrik üretim yönetmeliğinin yayınlanması ile birlikte bir ivme kazanan yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı son 5 yılda özellikle güneş enerjisinde ciddi bir oranda artış göstermiştir. Ülkemizde güneş enerjisi yatırımları 2014 yılında başlamış olup yıl içerisinde 40 MW kurulum yapılmıştır. Güneş enerjisi yatırımları son yıllarda çok hızlı bir yükseliş göstermiştir. 2015 yılında 249 MW'a, 2016 yılında 833 MW'a, 2017 yılında 3.421 MW'a, 2018 yılında 5.063 MW'a, 2019 yılı sonu itibarı ile ise 5.595 MW'a ulaşmıştır [6].

Güneş enerjisinden yararlanma adına ülkemizde birçok çalışma yapılmaktadır. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından hazırlanan Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası'na (GEPA) göre, ülkemizin yıllık toplam güneşlenme süresi 2.737 saat (günlük 7,5 saat), ülkemize ulaşan yıllık toplam güneş enerjisinin ise 1.527 kWh/m<sup>2</sup> yıl olduğu tespit edilmiştir [7]. Türkiye, güneş ışınımı açısından dünya ortalamasının üzerinde ışınım almaktadır. Ayrıca güneşlenme süresi uzun olduğundan elektrik üretimi açısından oldukça elverişli bir konumdadır.

Son yıllarda güneş enerjisinde farkındalığın artması ve bir takım teşviklerin gelmesiyle birlikte fotovoltaik çatı uygulamaları hız kazanmıştır. Ancak özellikle çatılarda bulunan baca, anten, baz istasyonu, klima dış ünitesi, aydınlık vb. gibi etkenlerden dolayı alan kayıpları yaşanmaktadır. Yaşanan alan kayıplarından dolayı çatı alanın müsaade ettiği ölçüde belirli bir kapasitede güneş enerji sistemi kurulabilmektedir. Hâlihazırda sınırlı olan ve yukarıda bahsedilen etkenlerden dolayı daha da sınırlanan çatı alanlarında güneş enerjisinden daha fazla yararlanabilmek adına doğu-batı yönelimli kurulumlar popüler çalışma alanı haline gelmiştir.

Sabit güneş enerji sistemlerinde en fazla verim güney yönelimde kurulum ile elde edilir. Ancak güney yönelimde kurulan çatı üzeri güneş enerji sistemlerinde güneşin ilk ve son saatlerinde üretim az olmaktadır. Ayrıca çatı alanı sınırlı olan yerlerde, aynı çatı alanı için güney yönelime göre doğu-batı yönelimde daha fazla kurulu güçte güneş enerji sistemi tesis edilebilmektedir. Sınırlı çatı alanlarında santral kurulu gücü ile güneşin ilk ve son saatlerindeki üretimi arttırmak adına doğu-batı yönelimli sistemler son yıllarda hızla artış göstermektedir.

Apama Sankar ve Anish Kalathil doğu-batı ve güney yönelimli fotovoltaik sistemlerin performansını, mevsim, güneş açısı, güneşlenme süresi, hava durumu gibi farklı değişkenlerin etkisi altında incelemişlerdir. Güney yarım kürede bulunan Hindistan HQ kampüsünde çatı üzerine kurulan doğu-batı ve güney yönelimli fotovoltaik sistemlerin çıktılarını analiz ederek, aynı çatı alanı için 14,58 kWp kurulu güce sahip doğu-batı yönelimli ve 10,08 kWp güney yönelimli fotovoltaik sistemlerin gerçek zamanlı verilerini karşılaştırmışlardır. Hindistan'da kurulan sistemin güney yarım kürede ve ekvatora yakın bulunması sayesinde güneşlenme süresinin yüksek olacağı ve panellerin maksimum düzeyde ışınımına maruz kalacağını öngörmüşlerdir. Her 15 dakikada bir alınan gerçek zamanlı verileri, Mart, Haziran, Eylül ve Aralık ayları için karşılaştırmışlardır. Bu aylardaki verilerin incelenmesinin nedeni güneşin mevsimsel hareketindeki dünyanın enlemlerine yani ekinokslara, yaz gündönümüne ve kış gündönümüne göre kritik dönemleri temsil etmesi olarak açıklamışlardır. Doğu-batı yönelimli sistemin güney yönelimli sisteme göre söz konusu aylarda yaklaşık %6 oranında daha fazla üretim yaptığını tespit etmişlerdir. Ayrıca doğu-batı yönelimli sistemde enerji üretiminin sabah ve öğleden sonraki saatlerde daha fazla olduğunu, güney yönelimli sistemde ise gün ortasında daha fazla olduğunu ortaya çıkarmışlardır. Bu sayede doğu-batı sistemlerin, yük profili ile gün içerisinde daha uzun süreli ve daha iyi eşleştiğini ortaya koymuşlardır. Her iki sistemi aynı alan için değerlendirdiklerinde doğu-batı yönelimli sistemin, güney yönelimli sisteme göre %33 daha fazla kurulu güçte tesis edilebildiğini ortaya koymuşlardır [8].

Bu çalışmada doğu-batı yönelimli güneş enerji sistemlerinin, güneşlenme süresinin yüksek olduğu ekvatora yakın olan bölgelerde kurulmasının güney yönelimli sistemlere göre daha avantajlı olacağı ortaya konulmaktadır. Ayrıca Bölüm 2’de doğu-batı yönelimli güneş enerji santralının tasarımı ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Doğu-batı yönelimli ile güney yönelimli güneş enerji santrallerinin aynı güç ve aynı alan için simülasyonları yapılarak analiz edilmiş ve her iki sistem için maliyet analizleri yapılarak Bölüm 3’de verilmiştir. Son olarak, elde edilen en önemli sonuçlar Bölüm 4’de verilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Sistem Tasarımı

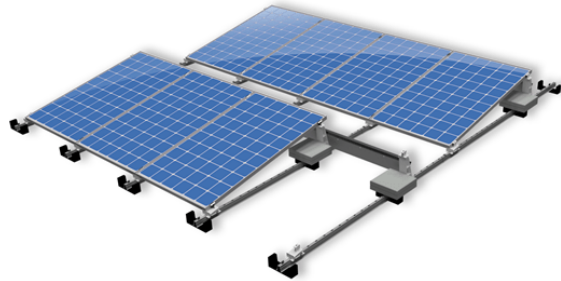
İstanbul Büyükşehir Belediyesi’ne ait Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi’nde elektrik enerjisi ihtiyacının bir kısmının karşılanması amacıyla kurulan 169 kWp kurulu güce sahip şebeke bağlantılı, doğu-batı yönelimli çatı üzeri güneş enerji santralının tasarımında; 260 Wp güce sahip 650 adet polikristal güneş paneli, 8 kW güce sahip 25 adet 3 fazlı solar inverter, panel bazlı izleme ve panel bazlı maksimum güç takibi olanağı sağlayan 650 adet optimizer, AC güç panosu, güneş enerji sistemine uygun dayanım ve özelliklerde doğu-batı yönelimli taşıyıcı sistem ve bilgi ekranı (kiosk) kullanılmıştır.

Çatı üzeri güneş enerji santrali kurulumlarında çok önemli iki kıstas bulunmaktadır. Bunlar çatı statığı (yük taşıma kapasitesi) ve çatı izolasyonudur. Bu iki kıstas sağlanmadan çatı üzeri güneş enerji sistemi tesis edilmemelidir. Tesis edilecek güneş enerji santralinden kaynaklı çatıya gelecek ekstra yükler, yapılacak statik hesaplarla analiz edilmeli ve bu hesaplar sonucuna göre kurulum yapılmalıdır. Ayrıca çatı üzeri kurulum yapılmadan önce çatılarda izolasyon sorunu olup olmadığı kontrol edilmelidir. İzolasyon sorunu var ise bu durumun santral kurulumu öncesinde giderilmesi gerekmektedir. Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi’nde kurulum yapılmadan önce statik hesaplar yapılmış uygun görülmüştür. Ayrıca güneş enerji sistemi kurulmadan önce çatı izolasyonu yenilenmiştir.

Panel taşıyıcı sistemin tasarımı doğu-batı yönelimli olacak şekilde paslanmalara karşı dayanımı yüksek ve uzun ömürlü olan alüminyum malzemeden yapılmıştır. Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi konumu için yapılan simülasyonlarla, doğu-batı yönelimli konstrüksiyonun eğim açısı  $11^\circ$  olacak şekilde belirlenmiştir. Şekil 2.1.’de Panel taşıyıcı konstrüksiyon modeline ait görsel paylaşılmıştır. Tasarımı yapılan konstrüksiyon zemine sabitlenmeden ağırlık sistemi yöntemi ile monte edilmiştir. Ağırlık sisteminde balast betonu olarak dikdörtgen parke taşları kullanılmıştır. Balast beton olarak kullanılan parke taşlarının yerleri ve adetleri statik hesaba göre belirlenmiş ve uygun sayıda konulmuştur. Kullanılan parke taşının hacmi  $1,16 \text{ dm}^3$  (100mm x 200mm x 80mm) ağırlığı ise 3,5 kg’dır.



Şekil 2.1. Doğu-Batı yönelimli taşıyıcı sistem[9]



Şekil 2.2. Güney yönelimli taşıyıcı sistem[10]

Şekil 2.1.’deki doğu-batı kurulumunda eğim açısı düşük,  $11^\circ$  olduğundan paneller arası gölgelenme mesafesi bırakılmasına gerek yoktur. Şekil 2.2.’de görüldüğü üzere güney yönelimli sistemde ön sıradaki panelin arka sıradaki panele gölge yapmaması için eğim açısında göre değişen uzunlukta bir mesafe bırakılmalıdır. Özellikle çatılarda bulunan baca, anten, baz istasyonu, klima dış ünitesi, parapet, aydınlık vb. gibi etkenlerden dolayı alan kayıplarının yanı sıra birde gölgelenme mesafesi bırakıldığında çok ciddi alan kayıpları yaşanmaktadır. Yaşanan alan kayıplarından dolayı çatı alanının müsaade ettiği ölçüde belirli bir kapasitede güneş enerji sistemi kurulabilmektedir. Hâlihazırda sınırlı olan ve yukarıda bahsedilen etkenlerden dolayı daha da sınırlanan çatı alanlarında güneş enerjisinden daha fazla yararlanabilmek adına doğu-batı yönelimli sistemler kurulmaktadır.

Doğu batı sistem tasarımı ile güneş doğarken ve batarken güneş ışınlarından maksimum düzeyde yararlanılmaktadır. Güney yönelimli uygulamalarda güneş ışınları sadece belirli bir zaman diliminde panellere dik olarak düşmektedir. Doğu-batı sistemde ise güneş güney yöndeysen daha az üretim olmasına karşın güneş doğarken ve batarken ki zaman diliminde daha fazla enerji üretimi yapılabilmektedir. Aynı zamanda doğu-batı sistem ile aynı alanda daha fazla güneş enerji sistemi kurulabilmektedir. Örneğin 1.500  $\text{m}^2$  çatı alanı bulunan Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi’nde  $11^\circ$  doğu batı yönelimli sistem kurulduğunda 169 kWp,  $30^\circ$  güney yönelimli bir sistem kurulduğunda ise 110,5 kWp kurulu gücünde kurulum yapılabilecekti.

Ayrıca sistem tasarımında klasik güneş enerji sistemlerinin dışında sistem veriminin artırılması için optimizer kullanılmıştır. Optimizer DC/DC dönüştürücü elektronik bir devredir. Optimizer sistemde, gölgelenme kaynaklı etkilerin minimize edilmesi, paneller arası uyumsuzluk (mismatch) farkından kaynaklı etkinin ortadan kaldırılması, farklı eğimde, yönelimde ve güçte panel

kullanılmasına olanak sağlanması, yüksek DC voltajdan koruma sağlanması, panel bazlı izleme yapılabilmesi ve buna bağlı işleme ve bakım maliyetlerinin düşürülmesi gibi faydalar sağlamaktadır. Ancak elektronik bir devre olduğundan çok düşükte olsa sistemde bir enerji kaybına neden olmakta(%0,5) ve ayrıca güneş enerji sistemlerinde kullanılan ekstra bir cihaz olduğundan sistem maliyetinin yaklaşık %7'sini oluşturarak sistemin ilk yatırım maliyetini yükseltmektedir [11].

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Simülasyon Sonuçları

Piyasada birçok fotovoltaiik simülasyon programı bulunmaktadır. Bunlardan başlıcaları; PVSol, PVSyst, PVGIS, PVWats, Sunny Design, Archelios, HelioScpoe vb. programlardır. Ayrıca inverter üreticilerine ait birçok program bulunmaktadır. Güneş enerji santrali kurulumu öncesi doğru bir tasarım yapılabilmesi için simülasyon yapılmalıdır. Bu tür programlar santralin kurulu gücünün ve üretim tahminlerinin tespiti ile ekonomik analizinin yapılabilmesine olanak sağlamaktadır [12].

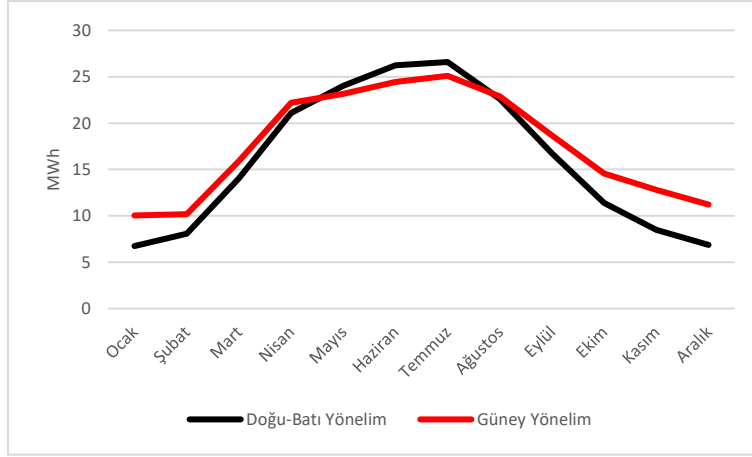
Güneş enerji santralinde kullanılacak güneş panelleri, gerilim üretici olarak farklı sayılarda dizi oluşturacak şekilde seri bağlanır. Güneş panellerinin seri ve dizi sayısı tespit edilirken inverterin çalışma aralıkları ile uyumlu olacak şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Her solar inverterin DC giriş tarafında farklı MPP giriş aralığı vardır. Ayrıca her solar inverter giriş akımı ve gerilimi sınırlandırılmıştır. Olası tasarımlar için güneş panellerinin dizilimi ve eğimi simülasyon programları ile tahmin edilerek değerlendirilebilir. Bu programlarla tasarım desteğinin yanında gölgelenme analizi, verim analizi, enerji üretim ve emisyon tasarruf miktarları, tesis devre şemalarının çizimi ve ekonomik analiz yapılarak bir rapor halinde çıktı alınabilmektedir. Söz konusu simülasyon programları içerisinde PVSol kullanılarak 169 kWp doğu batı, 169 kWp güney ve 110,5 kWp güney yönelimli sistemlerin simülasyonları yapılarak karşılaştırılmıştır.

#### 3.1.1. 169 kWp 11° Doğu-Batı Yönelimli Sistem ile 169 kWp 30° Güney Yönelimli Sistemin Karşılaştırması

Simülasyon yapılırken aynı güçte farklı yönelimdeki iki sistem arasındaki üretim ve verim farkının ortaya konulması amaçlanmıştır. Tablo 3.1.'de 169 kWp gücündeki 11° doğu-batı ve 30° güney yönelimli sistemlerin aylara göre enerji üretim değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 3.1. 169 kWp gücündeki 11° doğu-batı ve 30° güney yönelimli sistemlerin aylara göre enerji üretim karşılaştırmaları

Aylara Göre Enerji Üretim Karşılaştırması		
Ay	kWh (Doğu-Batı)	kWh (Güney)
Ocak	6,74	10,04
Şubat	8,07	10,17
Mart	14,06	15,92
Nisan	21,08	22,2
Mayıs	24,02	23,17
Haziran	26,24	24,45
Temmuz	26,59	25,1
Ağustos	22,6	22,9
Eylül	16,73	18,67
Ekim	11,4	14,58
Kasım	8,49	12,79
Aralık	6,86	11,2
Toplam	192,88	211,25



Şekil 3.1. 169 kWp gücündeki 11° doğu-batı ve 30° güney yönelimli sistemlerin aylara göre enerji üretim eğrileri

Simülasyon programının sonuçlarına göre hem doğu-batı yönelimli hem de güney yönelimli güneş enerji sistemi için temmuz ayı, üretimin en yüksek olduğu aydır. Şekil 3.1.'deki grafikten de görüleceği üzere doğu-batı yönelimli sistemde, güneşlenme süresinin yüksek olduğu mayıs, haziran ve temmuz aylarında elektrik üretimi daha fazla olmaktadır. Diğer aylarda ise güney yönelimli sistemde elektrik üretimi daha fazla olmaktadır. Bu durum söz konusu aylarda güneşlenme süresinin yüksek olması olarak açıklanabilir.

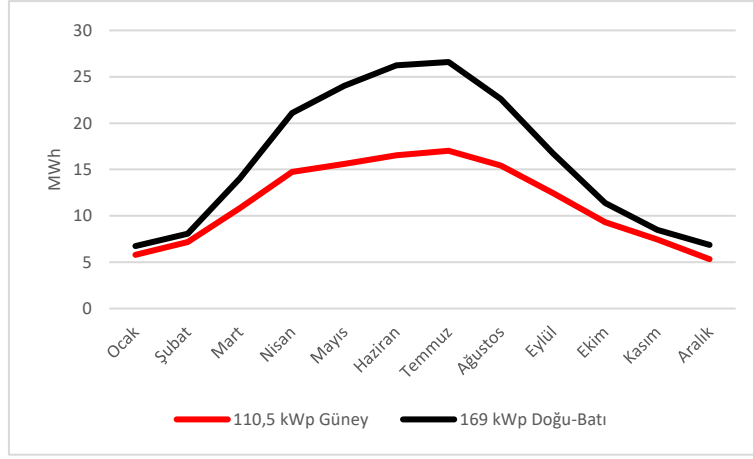
Simüle edilen 169 kWp kurulu güçte farklı yönelimlerdeki sistemlerin, enerji üretim değerleri karşılaştırıldığında; güney yönelimli güneş enerji sisteminin, doğu-batı yönelimli güneş enerji sistemine göre yıllık  $(211.250 - 192.829) / 192.829 = \% 9,55$  daha fazla üretim yaptığı görülmektedir. Ancak mevcut çatı alanına kurulan doğu-batı yönelimli güneş enerji sistemi yerine, aynı çatı alanına (1500 m<sup>2</sup>) 30° güney yönelimli bir güneş enerji sistemi kurulsaydı, maksimum 110,5 kWp kurulu güçte bir sistem kurulumu gerçekleştirilebilecekti.

### 3.1.2. 169 kWp 11° Doğu-Batı Yönelimli Sistem ile 110,5 kWp 30° Güney Yönelimli Sistemin Karşılaştırması

Simülasyon ile aynı çatı alanındaki farklı güç ve yönelimlerdeki sistemler arasındaki üretim farkının ortaya konulması amaçlanmıştır. Tablo 3.2.'de 169 kWp gücündeki 11° doğu-batı ve 110,5 kWp gücünde 30° güney yönelimli sistemlerin aylara göre enerji üretim değerleri karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

Tablo 3.2. 169 kWp gücündeki 11° doğu-batı ve 110,5 kWp gücünde 30° güney yönelimli sistemlerin aylara göre enerji üretim karşılaştırmaları

Aylara Göre Enerji Üretim Karşılaştırması		
Ay	kWh (Doğu-Batı)	kWh (Güney)
Ocak	6,74	5,81
Şubat	8,07	7,16
Mart	14,06	10,83
Nisan	21,08	14,73
Mayıs	24,02	15,61
Haziran	26,24	16,52
Temmuz	26,59	17,02
Ağustos	22,6	15,42
Eylül	16,73	12,47
Ekim	11,4	9,30
Kasım	8,49	7,45
Aralık	6,86	5,33
Toplam	192,88	137,63



Şekil 3.2 169 kWp 11° doğu-batı yönelimli güneş enerji sistemi ile 110,5 kWp 30° güney yönelimli güneş enerji sisteminin aylara göre enerji üretim eğrileri

Grafikte görüldüğü üzere güç farkından dolayı doğu-batı yönelimli güneş enerji sistemi, güney yönelimli sisteme göre yıl boyunca daha fazla enerji üretmektedir. Aynı çatı alanı için güney yönelimli sistem yerine doğu-batı yönelimli sistem kurulduğunda yaklaşık %35 daha fazla kurulu güçte kurulum yapılabilmektedir. Simülasyonu yapılan 169 kWp doğu batı yönelimli güneş enerji sisteminden yıllık 192.829 kWh üretim yapılırken aynı çatı alanına tesis edilecek 110,5 kWp güney yönelimli sistem ile 137.633 kWh üretim yapılabilmektedir.

Simüle edilen farklı güç ve yönelimdeki sistemlerin, enerji üretim değerleri kıyaslandığında; doğu-batı yönelimli güneş enerji sisteminin, güney yönelimli güneş enerji sistemine göre yıllık  $(192.829 - 137.633) / 137.633 = \% 40$  daha fazla üretim yaptığı görülmektedir. Aynı çatı alanına güney yönelimli kurulum yerine doğu-batı yönelimli güneş enerji sistemi kurulumu yaparak güneş enerjisinden %40 daha fazla yararlanılabilmektedir.

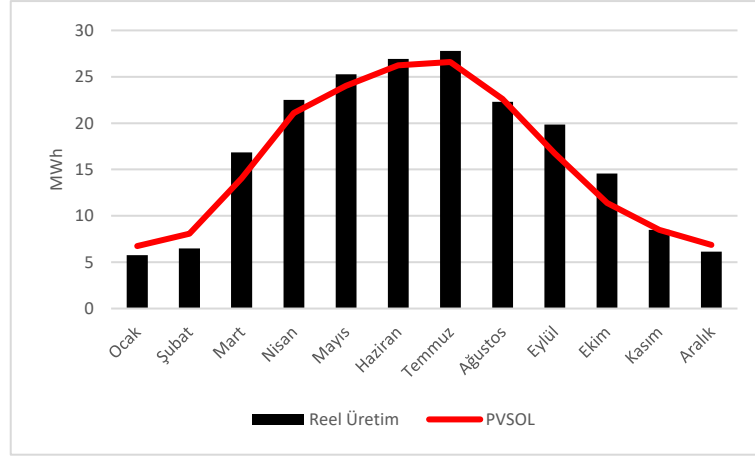
### 3.2. Reel Üretim İle Simülasyon Sonuçlarının Karşılaştırması

İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne ait Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi'nde 2016 yılında tesis edilen 169 kWp gücündeki çatı üzeri doğu-batı yönelimli güneş enerji santralinin gerçek zamanlı enerji üretimi verileri yıllık bazda izlenmiştir. Veri kayıt ve izleme sisteminden alınan gerçek zamanlı üretim verilerine göre söz konusu sistemde yılda 202,85 MWh elektrik üretildiği görülmüş ve PVSol simülasyonundan elde edilen sonuçlar ile karşılaştırılarak Tablo 3.3.'te verilmiştir [13].

Tablo 3.3. 169 kWp doğu-batı yönelimli güneş enerji santralinin aylara göre PVSol ve gerçek zamanlı enerji üretim verileri

TARİH	PVSol (MWh)	Reel Üretim(MWh)
Ocak	6,74	5,75
Şubat	8,07	6,47
Mart	14,06	16,85
Nisan	21,08	22,52
Mayıs	24,02	25,25
Haziran	26,24	26,91
Temmuz	26,59	27,78
Ağustos	22,6	22,28
Eylül	16,73	19,85
Ekim	11,4	14,57
Kasım	8,49	8,47
Aralık	6,86	6,15
Toplam	192,88	202,85





Şekil 3.3. 169 kWp doğu-batı yönelimli güneş enerji santralinin aylara göre PVSol ve gerçek zamanlı enerji üretim eğrisi

Gerçek zamanlı enerji üretim eğrisinin karakteristiği PVSol programı ile yapılan simülasyon sonucu ortaya çıkan üretim karakteristiği ile benzerlik göstermektedir. Simülasyon ve gerçek zamanlı üretim verilerine göre en fazla üretim Temmuz ayında gerçekleşmiştir. Gerçek zamanlı enerji üretim değerleri, PVSol programı ile yapılan simülasyon sonuçlarına göre %5,16 daha fazladır. Yapılan simülasyon ortaya çıkarmıştır ki uygulaması yapılan sistemine ait gerçek veriler; simülasyon verilerine göre daha yüksek üretim olduğunu göstermektedir.

### 3.3. Maliyet ve Amortisman Analizi

Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi'nde tesis edilen 169 kWp kurulu güce sahip çatı üzeri doğu-batı yönelimli optimizierli güneş enerji sistemi için kullanılan 650 adet 260 Wp fotovoltaik güneş panelinin, 650 adet 300W optimizierin, 25 adet 8 kW inverterin, konstrüksiyon ve balast betonların, meteoroloji istasyonunun, fotovoltaik kabloların, pano ve şalt ekipmanların, uzaktan izleme sisteminin, topraklama ve yıldırım tesisatının, nakliye, projelendirme ve onay işlerinin 2016 yılındaki toplam maliyeti 850.00 TL+KDV'dir. Bu toplamı oluşturan kalemler Tablo 3.4.'te verilmiştir.

Tablo 3.4. 169 kWp kurulu güce sahip doğu-batı yönelimli optimizierli güneş enerji sisteminin 2016 yılı maliyeti

Malzeme/Hizmet Adı	Birim	Miktar	Birim Fiyat (TL)	Toplam Fiyat (TL)
Güneş paneli	Adet	650	678	440.700
İnverter	Adet	25	3.400	85.000
Optimizier	Adet	650	102	66.300
Taşıyıcı konstrüksiyon ve balast betonu	Takım	1	170.000	170.000
Kablo ve konnektör	Takım	1	32.300	32.300
Pano ve şalt ekipmanları	Adet	1	22.000	22.000
Meteoroloji istasyonu	Adet	1	9.000	9.000
Uzaktan izleme	Adet	1	200	200
Topraklama ve yıldırım	Takım	1	4.500	4.500
Proje ve onay işleri	Takım	1	12.000	12.000
Nakliye	Adet	1	8.000	8.000
<b>Toplam (TL)</b>				<b>850.000</b>

2016 yılı santral kurulum maliyeti 850.000 TL+KDV ve elektrik birim fiyatı 0,43 TL/kWh baz alınarak yapılan maliyet analizine göre 169 kWp güneş enerji santralinin yatırım geri dönüş süresi 15,7 yıl olarak hesaplanmıştır. 2016 yılından günümüze kadar gelişen teknoloji ile birlikte sistem yatırımının yarısından fazlasını oluşturan güneş panellerinin maliyeti dünya genelinde %30'a varan oranda düşüş yaşamıştır. Ancak güneş paneli fiyatlarında yaşanan bu düşüş son dönemde ülkemizde artan döviz kurlarından dolayı ciddi oranda hissedilememiştir. Söz konusu sistem günümüzde 750.000 TL+KDV güncel bedel ile kurulabilmektedir [14]. Sistemin yatırım geri dönüş süresi hesabı, güneş paneli enerji üretim projeksiyonu dikkate alınarak aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır.

$$\tau = -C_{yat} + \sum_{t=1}^T C_T$$

2016 yılında Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi'nde yapımına başlanan çatı üzeri doğu-batı yönelimli 169 kWp kurulu güce sahip güneş enerji sisteminin, 2020 yılına göre güncel maliyeti 750.000 TL+KDV'dir. Güncel maliyet ve güncel elektrik birim fiyatı 0,82

TL/kWh baz alınarak yapılan maliyet analizine göre söz konusu güneş enerji santralının yatırım geri dönüş süresi 6,7 yıl olarak hesaplanmıştır.

Bununla birlikte aynı sistem özelliklerine sahip 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sisteminin, 2020 yılına göre maliyeti 515.000 TL+KDV'dir. Sistem maliyeti ve güncel elektrik birim fiyatı 0,82 TL/kWh baz alınarak yapılan maliyet analizine göre söz konusu güneş enerji santralının yatırım geri dönüş süresi 6,5 yıl olarak hesaplanmıştır.

2020 yılına göre 169 kWp kurulu güce sahip doğu-batı yönelimli bir güneş enerji sisteminin maliyeti 750.000 TL+KDV olurken 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sisteminin maliyeti 515.000 TL+KDV olmaktadır. İlk yatırım aşamasında 169 kWp kurulu güce sahip doğu-batı yönelimli bir güneş enerji sistemi, 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli bir güneş enerji sistemine göre  $(750.000 - 515.000) = 235.000$  TL+KDV daha fazla maliyetli olmaktadır. Özetle ilk yatırım maliyeti olarak iki sistem karşılaştırıldığında 169 kWp kurulu güce sahip doğu-batı yönelimli güneş enerji sistemi, aynı sistem bileşenlerine sahip 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli bir güneş enerji sistemine göre %45 daha yüksek maliyetli olmaktadır.

Söz konusu maliyetler ve elektrik birim fiyatı baz alınarak yapılan maliyet analizine göre 169 kWp kurulu güce sahip doğu-batı yönelimli bir güneş enerji sisteminin yatırım geri dönüş süresi 6,7 yıl olurken 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli bir güneş enerji sisteminin yatırım geri dönüş süresi 6,5 yıl olmaktadır. Yatırım geri dönüş süresi olarak söz konusu iki sistem karşılaştırıldığında 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sisteminin yatırım geri dönüş 0,2 yıl daha erken olmaktadır. Ancak her iki sistem üretim değerleri açısından karşılaştırıldığında Tablo 3.5.'te verilen gerçek zamanlı üretim verisine göre 169 kWp kurulu güce sahip doğu-batı yönelimli bir güneş enerji sisteminden yılda 202.510 kWh elektrik üretilirken, PVSol ile yapılan simülasyon verisine göre 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sisteminden 137.633 kWh elektrik üretilmektedir. Ayrıca bu üretimler karşılaştırıldığında 169 kWp kurulu güce sahip doğu-batı yönelimli sistem 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sistemine göre yılda  $(202.510 - 137.633) = 65.213$  kWh daha fazla elektrik üretmiştir. Bu üretimle 169 kWp kurulu güce sahip doğu-batı yönelimli sistem, 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sistemine yılda %47 oranında daha fazla üretim yaparak 53.607 TL daha fazla gelir sağlamaktadır. Karşılaştırmalı olarak her iki sisteme ait tesis maliyeti, enerji üretimi, üretim getirisi, engellenen karbon (CO<sub>2</sub>) salınımı, doğaya sağlanan ağaç katkısı, elektrik tüketimi karşılanacak hane sayısı ve yatırım geri dönüş süresi gibi veriler bulunmuş ve sonuçları Tablo 3.5.'te verilmiştir.

Tablo 3.5. Her iki sisteme ait kurulum maliyetleri ve çıktılar

Yönelim Durumu	Tesis Maliyeti (TL)	Enerji Üretimi (kWh/yıl)	Üretim Getirisi (TL/yıl)	Karbon Ayak İzi (ton/yıl)	Ağaç Katkısı (adet/yıl)	Hane Sayısı (adet/yıl)	Yatırım Geri Dönüşü (yıl)
<b>169 kWp Doğu-Batı Sistem</b>	750.000	202.846	166.743	105,48	2.704	130	6,7
<b>110,5 kWp Güney Sistem</b>	515.000	137.633	113.136	71,57	1.835	88	6,5
<b>Sistemlerin Farkları</b>	235.000	65.213	53.607	33,91	869	42	0,2

## 4. Sonuç

Doğu-batı yönelimli güneş enerji sisteminin en önemli özelliği, güney yönelimli sisteme göre birim alanda daha fazla kurulu güç tesis edilmesine olanak sağlamasıdır. Sistemin bu yeteneği sayesinde, yüksek güçlerde kurulum yapılarak, güneş enerjisinden maksimum düzeyde yararlanılmaktadır.

Sistemde verimin artırılması için optimzer kullanılmıştır. Optimizer DC/DC dönüştürücü elektronik bir devredir. Optimizer sistemde, gölgelenme kaynaklı etkilerin minimize edilmesi, paneller arası uyumsuzluk (mismatch) farkından kaynaklı etkinin ortadan kaldırılması, farklı eğimde, yönelimde ve güçte panel kullanılmasına olanak sağlanması, yüksek DC voltajdan koruma sağlanması, panel bazlı izleme yapılabilmesi ve buna bağlı işletme ve bakım maliyetlerinin düşürülmesi gibi faydalar sağlamaktadır. Ancak elektronik bir devre olduğundan çok düşükte olsa sistemde bir enerji kaybına neden olmakta(%0,5) ve ayrıca güneş enerji sistemlerinde kullanılan ekstra bir cihaz olduğundan sistem maliyetinin yaklaşık %7'sini oluşturarak sistemin ilk yatırım maliyetini yükseltmektedir.

Hidayet Türkoğlu Spor Kompleksi çatı alanı yaklaşık 1.500 m<sup>2</sup>'dir. Mevcut çatı alanına kurulu 169 kWp doğu-batı yönelimi optimizerli fotovoltaik sistem yerine 30° güney yönelimli güneş enerji sistemi tesis edilseydi, 110,5 kWp kurulu güçte bir sistem kurulabilecekti. Mevcut çatı alanı için güney yönelimli sistem yerine doğu-batı yönelimli sistem tesis edilerek kurulu güçte yaklaşık %35'lik bir artış sağlanarak 58,5 kWp daha fazla kurulum yapılmıştır.

Aynı güçler yani 169 kWp'lık kurulumlar için yönelimden kaynaklı farkı görmek adına her iki sistem simüle edilmiştir. Aynı güçte farklı yönelimlerde yapılan simülasyon sonuçlarına göre doğu-batı yönelimli sistem 192.829 kWh, güney yönelimli sistemin ise 211.250 kWh üretim yaptığı görülmüştür. Aynı güçlerde doğu-batı yönelimli sistemin güney yönelimli sisteme göre %9,5 daha az üretim yaptığı görülmüştür.

Mevcut çatı alanına kurulabilecek 169 kWp doğu-batı yönelimi optimizerli fotovoltaik sistem ile 110,5 kWp güney yönelimli fotovoltaik sistemin simülasyon sonuçları incelendiğinde doğu-batı yönelimli sistemin 192,88 MWh, güney yönelimli sistemin ise

137,63 MWh elektrik üretimi yaptığı görülmüştür. Simüle edilen farklı güç ve yönelimdeki sistemlerin, enerji üretim değerleri kıyaslandığında; 169 kWp doğu-batı yönelimli güneş enerji sisteminin, 110,5 kWp güney yönelimli güneş enerji sistemine göre yıllık  $(192.829 - 137.633) / 137.633 = \% 40$  daha fazla üretim yaptığı görülmektedir. Aynı çatı alanına güney yönelimli kurulum yerine doğu-batı yönelimli güneş enerji sistemi kurarak güneş enerjisinden %40 daha fazla yararlanılabilmektedir.

169 kWp doğu-batı yönelimi optimizasyonlu fotovoltaik sistem, veri kayıt ve uzaktan izleme sisteminden alınan gerçek zamanlı verilere göre ise 202.85 MWh elektrik üretimi gerçekleştirilmiştir. 169 kWp gücündeki doğu-batı yönelimli sistemin gerçek zamanlı enerji üretim değerleri ve 110,5 kWp güney yönelimli güneş enerji sisteminin PVSol simülasyonu sonucu bulunan enerji üretim değerleri ile üretim getirisi, engellenen karbon (CO<sub>2</sub>) salınımı, doğaya sağlanan ağaç katkısı, elektrik tüketimi karşılanacak hane sayısı gibi veriler bulunmuştur. Söz konusu üretimler kıyaslandığında 169 kWp kurulu güce sahip güney yönelimli sistem 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sistemine göre yılda  $(202.846 - 137.633) = 65.213$  kWh daha fazla elektrik üretmiştir. Bu üretimle yılda %47 oranında daha fazla elektrik üretimi gerçekleştirerek 53.607 TL daha fazla getiri sağlanmıştır. Ayrıca 33,91 ton daha fazla karbon salınımını engellenerek doğaya 864 adet ağaç dikimine eşdeğer katkı sağlanmıştır. Bununla birlikte 42 adet daha fazla hanenin elektrik tüketimini karşılamaktadır [15].

2020 yılına göre 169 kWp kurulu güce sahip güney yönelimli bir güneş enerji sisteminin maliyeti 750.000 TL+ KDV olurken aynı çatı alanına kurulabilecek 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sisteminin maliyeti ise 515.000 TL+ KDV olmaktadır. İlk yatırım aşamasında 169 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sistemi 235.000 TL+ KDV yani %45 daha yüksek maliyetli olmaktadır. Söz konusu maliyetler, modül enerji düşüş profili ve güncel elektrik birim fiyatı baz alınarak yapılan maliyet analizine göre 169 kWp kurulu güce sahip güney yönelimli bir güneş enerji sisteminin yatırım geri dönüş süresi 6,7 yıl olurken 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli bir güneş enerji sisteminin yatırım geri dönüş süresi 6,5 yıl olmaktadır. Yatırım geri dönüş süresi olarak söz konusu iki sistem karşılaştırıldığında 110,5 kWp kurulu güçteki güney yönelimli güneş enerji sisteminin yatırım geri dönüş 0,2 yıl daha erken olmaktadır.

Güneş enerji sistemlerinde teknolojinin hızla gelişmesiyle birlikte her geçen gün dünya genelinde üretim maliyetleri düşmekte, güneş paneli verimleri ise artmaktadır. Ayrıca ülkemizde son yıllarda elektrik birim fiyatında ciddi artışlar görülmektedir. Güneş enerji sistemlerinde maliyetlerin her geçen gün düşmesi ve elektrik birim fiyatındaki artışlar ile yatırım geri dönüş süreleri azalmaktadır. Nitekim güneş enerji sisteminin kurulumuna başlandığı 2016 yılına göre yapılan hesaplamalarda yatırım geri dönüş süresi 15,7 yıl olarak bulunmuştu. Ancak güncel sistem maliyeti ve güncel elektrik birim fiyatı baz alınarak yapılan maliyet analizine göre 169 kWp doğu-batı yönelimli güneş enerji santralinin yatırım geri dönüş süresi 6,7 yıl olarak bulunmuştur.

Bu çıktılar doğrultusunda doğu-batı yönelimli güneş enerji sisteminin avantaj ve dezavantajları aşağıda verilmiştir.

- Aynı birim alanda %35 daha fazla kurulu güçte kurulum yapılmaktadır.
- Simülasyona göre ilk yıl için %40 daha fazla elektrik üretimi yapılmaktadır.
- Gelişen teknolojiyle birlikte sistem maliyetleri düştüğünde veya elektrik birim fiyatları yükseldiğinde, yatırım geri dönüş süreleri aynı alandaki güney yönelimli kurulumla göre daha kısa süreli olacaktır.
- Güneşlenme süresinin yüksek olduğu yaz aylarında aynı güçteki güney yönelimli kurulumdan daha fazla enerji üretmektedir.
- Aynı güçlerde doğu-batı yönelimli sistemin güney yönelimli sisteme göre %9,5 daha az üretim yaptığı görülmüştür.
- İlk yatırım maliyetleri yüksektir.
- Yatırım geri dönüş süresi daha uzundur.

Doğu-batı yönelimli güneş enerji sistemlerinin, güneşlenme süresinin yüksek olduğu ekvatora yakın olan bölgelerde kurulması önerilmektedir. Ülkemizde ise güney bölgelerde önerilmekte olup kuzey kısımlar için elektrik birim fiyatları yükseldikçe ve/veya kurulum maliyetleri düştükçe daha uygun hale gelecektir.

## Kaynakça

- [1] Bedeloğlu, A. (2010). Fotovoltaik Teknolojisi: Türkiye ve Dünyadaki Durumu, Genel Uygulama Alanları ve Fotovoltaik Tekstiller. [Electronic Version] *Electronic Journal of Textile Technologies*. 4: 43-58. (12 Mart 2019).
- [2] İnternet: <https://www.iea.org/topics/renewables/solar/> Son Erişim Tarihi: 02.01.2020.
- [3] TEİAŞ. (2018). *Faaliyet Raporu*. <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/sector-raporlari>
- [4] TEİAŞ. (2018). *Türkiye Elektrik Enerjisi 5 Yıllık Üretim Kapasite Projeksiyonu (2018-2022)*. [https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2018-09/Kapasite\\_Projeksiyonu\\_2018\\_2022.pdf](https://www.teias.gov.tr/sites/default/files/2018-09/Kapasite_Projeksiyonu_2018_2022.pdf)
- [5] Ataş, H. (2018). Türkiye İçin Birincil Enerji Kaynaklarının Büyüme Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Adana. 2,9-11.
- [6] EPDK. (2019). *Elektrik Piyasası Aylık Sektör Raporları*. <https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-23-3/elektrikaylik-sektor-raporlar> (1 Kasım 2019).
- [7] Enerji İşleri Genel Müdürlüğü. (2019). *Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası*. <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx> (1 Nisan 2019).
- [8] Sankar, A. ve Kalathil, A. (6-9 August 2014). Qualitative Validation Of Empirically Observed Higher Generation In East-West Orientated PV Arrays Over Conventional South Orientation. *Region 10 Humanitarian Technology Conference*. India: 25-28.
- [9] İnternet: <https://www.valksolarsystems.com/en/systems/flat-roofs/portrait/south/valkpro-p10-south> Son Erişim Tarihi: 05.01.2020.

- [10] İnternet: <https://www.valksolarsystems.com/en/systems/flat-roofs/landscape/east-west/valkpro-110-east-west> Son Erişim Tarihi: 05.01.2020.
- [11]Solar Edge. (2019). *Güç Optimizeri* <https://www.solaredge.com/sites/default/files/se-homeowners-brochure-tur.pdf> (24 Aralık 2019).
- [12]Varış, Ç. (2017). Çift Eksenli Güneş Takip Sisteminin Pilot Uygulaması, Üretim Değerlendirmesi Ve Ekonomik Analizi, *Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul: Yıldız Teknik Üniversitesi FBE.
- [13]Solar Edge. (2019). *Solar Edge İzleme Sistemi*. <https://monitoring.solaredge.com/solaredge-web/p/home> (24 Aralık 2019).
- [14]SSRN. (2019). *Feasibility Study Of City Scale Solar Power Plants Using Public Buildings*.[https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=3397772](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3397772) (17 June 2019).
- [15]Environmental Protection Agency. (2015). *Karbon Hesabi*. <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references> (6 Temmuz 2019).



# ***Bean Common Mosaic Virus and Bean Common Mosaic Necrosis Virus Infections in Bean Production Areas in The Lakes Region of Turkey***

Handan Çulal Kılıç<sup>1\*\*</sup>, Hesna Kök<sup>2</sup>, Nejla Yardımcı<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Isparta Applied Sciences University, Faculty of Agricultural, Department of Plant Protection, Turkey (ORCID: 0000-0003-4020-9442)

<sup>2</sup> Isparta Applied Sciences University, Faculty of Agricultural, Department of Plant Protection, Turkey (ORCID: 0000-0002-7094-8804)

<sup>3</sup> Isparta Applied Sciences University, Faculty of Agricultural, Department of Plant Protection, Turkey (ORCID: 0000-0001-6620-4821)

(İlk Geliş Tarihi 18 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 7 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.705686)

**ATIF/REFERENCE:** Çulal Kılıç, H., Kök, H. & Yardımcı, N. (2020). *Bean Common Mosaic Virus (BCMV) and Bean Common Necrosis Mosaic Virus (BCMNV) infections in common bean fields in the Lakes Region, Turkey. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (19), 386-392.*

## **Abstract**

Common bean, belonging to family *Leguminosae (Fabaceae)*, has an important place in people nutrition for thousands of years. Although many viruses infect bean plants, economically most important ones are potyviruses. Among them, BCMV (*Bean common mosaic virus*) and BCMNV (*Bean common mosaic necrosis virus*) are the most common viruses in common bean production areas all over the world. During 2014-2015 growing season, total of 361 bean samples (275 leaf and 86 seed) were collected from several localities in the Lakes Region. According to the results of DAS-ELISA (Double Antibody Sandwich Enzyme Linked Immunosorbent Assay) test, percentages of the infections of BCMV and BCMNV in the leaf samples were 26.18% and 15.27%, respectively. In seed samples, BCMV and BCMNV infection rates were 2.32% and 6.97%, respectively. Percentages of the mixed infections of the viruses in the leaf samples were 25.45%, while that in the seed samples were. 55.81%. In the mechanically inoculation studies where two isolates (BCMV-I and BCMN-BT) were used, typical symptoms of the viruses were observed. In molecular studies, a 850 bp fragment of the CP (Coat Protein) gene was amplified by IC-RT-PCR (Immunocapture Reverse Transcription Polimerase Chain Reaction) using BCMV specific primer pairs, but amplification of the CP region of RNA genome of BCMNV could not be succeeded. This is first report of biological and serological methods in Lakes region.

**Keywords:** Bean, BCMV, BCMNV, Detection

## ***Göller Bölgesi Fasulye Üretim Alanlarında Fasulye Adi Mozayik ve Fasulye Adi Mozayik Nekroz Virüs'ü Enfeksiyonları***

### **Öz**

Fasulye binlerce yıldır insan beslenmesinde önemli bir yeri olan *Leguminosae (Fabaceae)* familyası bitkisidir. Fasulye bitkisi çok sayıda virüs hastalığından önemli miktarda etkilense de ekonomik olarak en önemli zararları Potyvürüsler yapmaktadır. Bunların içerisinde en önemlileri *Fasulye adi mozayik virüs (BCMV)* ve *Fasulye adi nekroz mozayik virüsü (BCMNV)*'dür. Bu çalışma da, 2014-2015 yıllarında Göller Bölgesi fasulye üretim alanlarından 275 yaprak ve 86 tohum örneği olmak üzere toplam 361 bitki örneği toplanmıştır. DAS-ELISA metoduna göre; alınan yaprak örneklerinde BCMV'nün enfeksiyon yüzdesi, %26.18 iken; BCMNV'nün %15.27'dir. Tohum örneklerinde ise BCMV'nün enfeksiyon yüzdesi %2.32; BCMNV'nün %6.97'dir. Karışık enfeksiyon yüzdesi yaprak örneklerinde %25.45 iken tohumlarda bu oran %55.81 olarak belirlenmiştir. Mekanik inokulasyon çalışmalarında (BCMV-I ve BCMN-BT) iki izolat kullanılmıştır. Çalışmaların sonucunda virüslere özgü tipik semptomlar gözlenmiştir. Moleküler çalışmalarda;

\*Sorumlu Yazar: Isparta Applied Sciences University, Faculty of Agricultural, Department of Plant Protection, Turkey ORCID: 0000-0003-4020-9442, [handankilic@isparta.edu.tr](mailto:handankilic@isparta.edu.tr)



BCMV'ne özgü primer çiftleri ile kılıf protein geninin 850 bp'lik bir kısmı IC-RT-PCR (Immunocapture Reverse Transcription Polymerase Chain Reaction) metoduyla çoğaltılabilirken, BCMNV'nün amplifikasyonunda başarı elde edilememiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fasulye, BCMV, BCMNV, Teşhis

## 1. Introduction

Legumes that constitute a major source of vegetable protein, are important agricultural products in the world and also in Turkey. Nowadays, big amount of beans are produced all over the World, especially in the subtropical zones. Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an agricultural product in Turkey and is produced in almost all parts of the country.

Turkey has a 3% share in the world's fresh bean production. According to the 2015 statistics of the Ministry of Food, Agriculture and Livestock, fresh bean production is estimated as 640.836 tons, while that of dry bean is 235.000 tons in Turkey. There are various abiotic and biotic factors that have negative effects on bean production. Among those, viruses are the most important ones causing crop losses in bean production areas (Babovic, 2003).

There are many viruses that infect bean plants, but economically the most important ones are Potyviruses (Kumar et al., 1994). Among potyviruses, BCMV and BCMNV are the most important viruses and can cause severe damage on bean plants. Disease incidence as high as 100% with yield losses of about 35–98% was reported to be caused by BCMV and BCMNV (Hampton, 1975; Galvez and Morales, 1989; Wortmann et al., 1998; Albrechtsen, 2006). These viruses are transmitted with aphids as non-persistent and seed-borne (Hongying et al., 2002).

Although BCMV and BCMNV have been reported in various regions of Turkey, no detailed study was conducted in the Lakes region where about 22% of Turkey's bean production has been performed (Açıkgöz, 1984; Kutluk Yılmaz et al., 2002; Deligöz and Sökmen, 2008). In this study, detection of BCMV and BCMNV in bean plants collected in Lakes Region were investigated. Mechanical inoculation, DAS-ELISA, RT-PCR and IC-RT-PCR methods were used in the study.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Samples

Surveys were conducted in common bean fields during 2014-2015 growing seasons and samples were taken. During the surveys, 275 bean leaf samples showing mosaic, mottling, curling, yellowing, chlorotic and necrotic lesions and deformation symptoms were collected (Figure 1.). Besides, 86 seed samples were also obtained from the growers. Samples were labeled and maintained at 4°C until they are used in the future studies. Studies were carried out with totally 361 samples.



Figure 1. Mosaic symptoms on bean leaves and deformations on bean seeds.

### 2.2. DAS-ELISA Method

BCMV and BCMNV ELISA kits were used in serological studies. DAS-ELISA was applied following the manufactures' instructions of antisera producer. Kits, negative and positive controls used in the study were obtained from BIOREBA Company, Switzerland. Plates were evaluated using Versamax reader at 405 nm. The absorbance values was measured positive reaction if the mean absorbance value was greater than twice from negative control (Çulal-Kılıç et al., 2015).

### 2.3. Test Plants

DAS ELISA positive BCMV-I leaf and BCMNV-BT seed samples were used for mechanical inoculation studies. The inoculum was prepared with 1 grams of plant tissue and 10 ml phosphate buffer (pH, 7.2) and inoculated on test plants. *Nicotiana rustica*, *Nicotiana tabacum* L. "Xanthii", *Phaseolus vulgaris*, *Lupinus* sp, *Glycine max*, *Chenopodium amaranticolor*, *C. quinoa* were used as test plants. Test plants were held in a greenhouse at room temperature.

## 2.4. Total RNA Extraction, RT-PCR and IC- RT-PCR

Total RNA was extracted from 100 mg DAS-ELISA negative leaves applied the RNeasy® Plant Kit according to the manufacture’s protocol (Bio Basic, Canada Inc). The samples were analyzed for the presence of BCMV and BCMNV using RT-PCR and IC-RT- PCR. Primers used in this study are given below:

BCMV; F-5-GGATGCGGAGAATCTGTG and  
R-5-GATTGACGTCCCTTGACAG ( Bhadramurthy and Bhat, 2009)

BCMNV;NL-3D -CCATTGCTGCTGAGATTC and  
NL-3-AGTTCACCGTGAGATGTC (Larsen et al., 2005)

IC-RT-PCR mehod was performed according to the procedure described by Rowhani et al (1995). PCR tubes were coated with BCMV and BCMNV- specific antibodies and incubated at 4° C overnight. Following the incubation, the tubes were washed two times with washing buffer (PBS-Tween Buffer) and kept in the freezer until the molecular studies.

PCR reaction was performed in a 50 µl reaction mixture containing, 21µl H<sub>2</sub>O, 25 µl 2x1 PrimeScript One Step RT-PCR buffer (containing dNTP mixture, One step Enhancer solution), 2 µl Prime Script 1 step enzyme mix, 1 µl 20 Mm primers. Thermocycling was carried out as follows: 50°C for 30 min., 94°C for 2 min., then 30 cycles of 94°C for 30 second, 55°C for 30 second for BCMV, 48°C for 30 second for BCMNV and 72°C for 1 min., followed by 72 °C for 3 min. PCR products were separated on a 1% agarose gel and illuminated under UV light after staining with ethidium bromide

## 3. Results and Discussion

### 3.1. DAS-ELISA

According to DAS-ELISA, BCMV and BCMNV were detected in bean leaf and seed samples from various areas of Lakes Region of Turkey. Total numbers of collected leaf and seed samples and plants infected with BCMV and BCMNV in sampling locations were summarised in Table 1 and 2. Among 361 leaf and seed samples, 223 (61.77%) were found to be infected with at least one of the two examined viruses.

DAS ELISA revealed the presence of 70 BCMV and 42 BCMNV positive among 275 leaf samples, and 2 BCMV and 6 BCMNV positive among 86 seed samples. Mixed infections of two viruses were also determined in 33 leaf samples and 70 seed samples. Considering the results of ELISA tests, it is observed that mixed infections are more intense from single infections of these viruses.

*Table 1. The Results of Serological Assays of Leaf Samples*

Locations	Number of samples	BCMV	BCMNV	BCMV+BCMNV	Rate (%)
Akdere	117	33	9	2	37.60
Insuyu	100	12	28	15	55.00
Çalhca	31	14	3	6	74.19
Kemer	16	8	1	5	87.50
Mürseller	11	3	1	5	81.81
<b>Total</b>	<b>275</b>	<b>70</b>	<b>42</b>	<b>33</b>	<b>52.72</b>

*Table 2. The Results of Serological Assays of Seed Samples*

<b>Locations</b>	<b>Number of samples</b>	<b>BCMV</b>	<b>BCMNV</b>	<b>BCMV+BCMNV</b>	<b>Rate (%)</b>
<b>Akdere</b>	26	1	2	22	92.30
<b>Insuyu</b>	23	1	4	17	95.65
<b>Çalhca</b>	15	-	-	13	86.66
<b>Kemer</b>	12	-	-	10	83.33
<b>Mürseller</b>	10	-	-	8	80.00
<b>Total</b>	86	2	6	70	90.69

### 3.2. Assays of Test Plants

The characteristic disease symptoms associated with BCMV and BCMNV infections have been shown on test plants included mosaic, leaf distortion and necrosis (Figure 2.) and developing symptoms are summarised in Table 3.



Figure 2. Symptoms on bean leaves after mechanical inoculations.

*Table 3. Symptoms on Test Plants After Mechanical Inoculations.*

<b>Test plants</b>	<b>BCMV</b>	<b>BCMNV</b>
<i>Nicotiana rustica</i>	Mo	SCS
<i>Nicotiana tabacum</i> L. “Xanthii”	-	-
<i>Phaseolus vulgaris</i>	Mo, Def, LT, S	N, Def
<i>Lupinus sp</i>	VP, Mo, Def	Mo, C
<i>Glycine max</i>	Mo, Def, B	SM
<i>Chenopodium amaranticolor</i>	-	-
<i>C.quinoa</i>	-	-

Mo:Mosaic, SCS:Systemic chlorotic spot, Def:Deformations, LT:Leaf tortion, S:Stunting, C:Chlorosis, N:Necrosis, B: Blistering, SM: Systemic mosaic, VP: Vein puckering.

### 3.3. RT-PCR and IC-RT-PCR Assays

Total RNAs extracted from thirteen leaf and seed samples were used in PCR studies. Virus-specific bands could not be obtained in RT-PCR studies. DNA fragments of the expected size (850 bp) were amplified from CP region of RNA genome of BCMV leaf and seed samples by IC-RT-PCR methods. However, amplification of the CP region of RNA genome of BCMNV could not be succeeded by RT-PCR and IC-RT-PCR methods (Figure 3 ,4.).

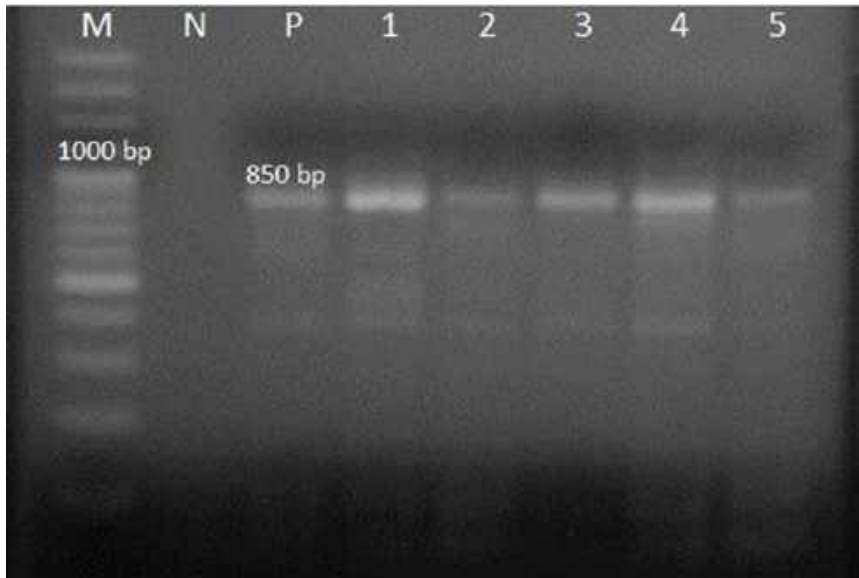


Figure 3. IC-RT-PCR products of BCMV from leaf samples. M: Marker (100 bp DNA ladder); P: Positive control; N: Negative control

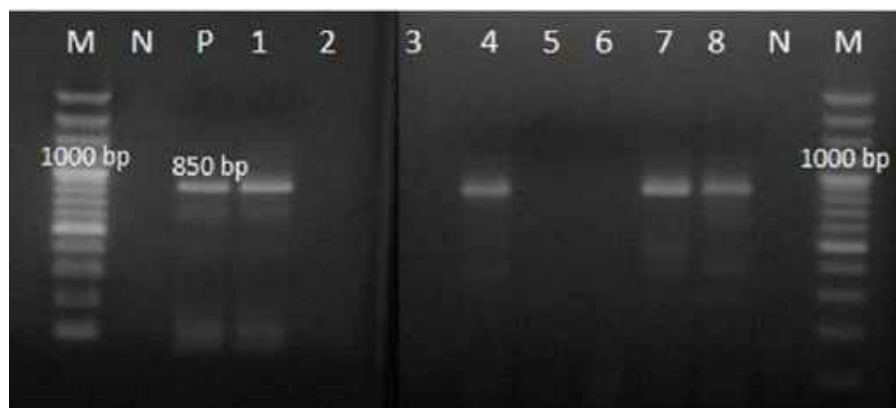


Figure 4. IC-RT-PCR products of BCMV from seed samples. M: Marker (100 bp DNA ladder); P: Positive control; N: Negative control

BCMV and BCMNV are most worldwide (Galvez and Morales, 1989; Gilbertson et al., 2001). These potyviruses can be transmitted and spread by both Aphididae vectors and infected seeds (Spence and Walkey, 1995; Galvez and Morales, 1989).

These viruses constitute a potential problem for Turkey and also for this region which is an important bean production part of the country. DAS ELISA results confirmed the presence of both BCMV and BCMNV in Lakes Region.. BCMV was found in 25.45% and BCMNV was found in 15.27% of the total 275 leaf samples. Although the rate of single infections were too low in seed samples, mixed infections were remarkable (81.39%).

These results are similar with those of previous findings. Most of the earlier studies reported higher rates of BCMV than those of BCMNV (Sáiz et al., 1995 Melgarejo et al., 2007; Mangeni et al., 2014; Mandour et al., 2013; Dizadji et al., 2011; Petrovic et al., 2010). This study showed that BCMV and BCMNV are widespread in this region and often present together.

In this study, the presence of BCMV was confirmed using specific IC- RT-PCR. We used the primers designed by Bhadramurthy and Bhat (2009) and the same conclusion was reached. Nine samples (five leaf samples, four seed samples) were detected as positive for BCMV at the leaves.

#### 4. Conclusion and Recommendations

BCMV and BCMNV have previously been detected in various regions of Turkey (Açıkgöz, 1984; Güzel and Arlı Sökmen, 2003; Kutluk Yılmaz et al., 2002; Çulal Kılıç et al., 2015; Arlı Sökmen et al., 2016; Çolak Ateş et al., 2017). In this study, the occurrence of BCMNV in the collected seed samples in this region determined and DAS-ELISA data indicated that this virus is widely distributed in the selected seed samples of Lakes region. But probably due to the problems arising from the primers or samples, BCMNV could not be determined by IC-RT-PCR and RT-PCR. This is first report of BCMNV with biological and serological methods in the Lakes region.

#### References

- Açıkgöz, S. (1984). The Identification of viruses on *Phaseolus vulgaris* L. and their distribution and damages in Erzincan and Erzurum Regions. Atatürk University, Agriculture Faculty, Erzurum, PhD Diss. Abst. 75p.
- Albrechtsen, S. E. (2006). Testing methods for seed transmitted viruses: principles and protocols. Oxfordshire (UK), CABI Publishing.
- Arlı-Sökmen, M., Deligöz, I., & Kutluk-Yılmaz, N. D. 2016. Characterization of Bean common mosaic virus and Bean common mosaic necrosis virus isolates in common bean growing areas in Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, 146, 1-16. DOI: 10.1007/s10658-016-0886-x.
- Babović, M. (2003). Osnovi patologije biljaka. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu.
- Bhadramurthy, V., & Bhat, A. I. (2009). Biological and molecular characterization of Bean common mosaic virus associated with vanilla in India. *Indian journal of Virology*, 20(2), 70-77.
- Çolak-Ateş, A., Fidan, H., Yılmaz, N., & Konuksal, A. (2017). Botrytis fabae and Bean common mosaic virus (BCMV) are the most common diseases of Faba bean (*Vicia faba* L.) in TRNC. *Akademik Ziraat Dergisi* 6(2), 115-122.
- Çulal –Kılıç, H., Yardımcı, N., Açıkyürek, S., & Uzal, A. (2015). Detection of BCMV AMV and CMV by DAS ELISA and Immunocapture RT PCR in Bean Growing Areas in The West Mediterranean Region Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 24(5), 1752-1756.
- Deligöz, I., & Sökmen, M. A. (2008). Differentiation of *Bean common mosaic virus* (BCMV) and *Bean common mosaic necrosis virus* (BCMNV) strains infecting common bean in Samsun Province. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 37(1-3), 1-14.
- Dizadji, A., & Shahraeen, N. (2011). Occurrence, distribution and seasonal changes of viruses infecting common bean in northwestern Iran. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 44 (17), 1647–1654.
- Galvez, G. E., & Morales, F. J. (1989). Aphid-transmitted viruses. Bean production problems in the Tropics. Shawartz H. F., Pastor-Corrales M. A. (Ed.). ( 333-361pp). 2nd. Edition, Cent.Int. Agric.Trop. (CIAT): Cali, Colombia.



- Gilbertson, R. L., Guzman, P., Rojas, M., Crnov, R., & Mkandawire, A. (2001). Detection of bean-infecting viruses in California with an emphasis on the CRSP facilitated work. Bean/Cowpea Collaborative Research Support Program in East Africa Proceedings: January 12-14, Bean Seed Workshop, Arusha, Tanzania.
- Güzel Ö., & Arlı-Sökmen, M. (2003). Determination of some viruses infecting common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and their incidences in seed lots in Samsun Province. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 32(2), 99-106.
- Hampton, R. O. (1975). The nature of bean yield reduction by Bean yellow and Bean common mosaic viruses. *Phytopathology*, 65, 1342-1346.
- Hongying, Z., Jiong, C., Jianping, C., Michael, J. A., & Mingsheng, L. T. (2002). BCMV isolates causing different symptoms in Asparagus bean in China differ greatly in the 5 parts of their genomes. *Archives of Virology*, 147, 1257-1262.
- Kumar, C. A., Khetarpal R. K., Parakh, D. B., Singh, S., & Nath, R. (1994). Check list on seed transmitted viruses: Leguminous hosts. National Bureau of Plant Genetic Resources, New Delhi, 14p.
- Kutluk Yılmaz, N. D., Gümüş, M., & Erkan, S.(2002). Studies on determination of virus diseases in the seeds of bean from Tokat Province. *Ege University, Journal of Agricultural Faculty*, 38(3), 49-55.
- Larsen, R. C., Miklas P. N., Ruffel, K. L., & Wyatt, Ds. D. (2005). NL-3 K strain is a stable and naturally occurring interspecific recombinant derived from Bean common mosaic necrotic virus and Bean common mosaic virus. *Phytopathology*, 95, 1037-1042.
- Mandour, A. M., Abdelmaksoud, H. M. M., & El-Tahlawey, M. A. (2013). Seed transmission of Bean common mosaic virus. *Egyptian Journal of Agricultural Research*, 91(2), 403.
- Mangeni, B., Abang, M. M., Awale, H., Omuseleitch, C. N., Arinaitwe, R., Mukoye, W., Kelly, B., & Were, J. D. (2014). Distribution and pathogenic Characterization of Bean common mosaic virus (BCMV) and Bean common mosaic necrosis virus (BCMNV) in Western Kenya. *Journal of Agri-Food and Applied Sciences*, 2(10), 308-316.
- Melgarejo, T. A., Lehtonen, M. T., Fribourg, C. E., Rannali, M., & Valkonen, J. P. T. (2007). Strains of BCMV and BCMNV characterized from lima bean plants affected by deforming mosaic disease in Peru. Brief Report. *Archives of Virology*, 152, 1941-1949.
- Petrović, D., Ignjatov, M., Nikolić, Z., Vujaković, M., Vasić, M., Milošević, M., & Ajduković, K. T. (2010). Occurrence and distribution of viruses infecting the bean in Serbia. *Archives of Biological Science*, 62(3), 595-601.
- Rowhani, A., Maningas, M. A., Lile, L. S., Daubert, S. D., & Golino, D. A., 1995. Development of a detection system for viruses of woody plants based on PCR analysis of immobilized virions. *Phytopathology*, 85, 347-352.
- Spence, N., & Walkey, D. (1995). Variation for pathogenicity among isolates of *Bean common mosaic virus* in Africa and a reinterpretation of the genetic relationship between cultivars of *Phaseolus vulgaris* and pathotypes of BCMV. *Plant Pathology*, 44, 527-546.
- Wortmann, C. S., Kirkby, R. A., Elude, C. A. & Allen, D. J. (1998). Atlas of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in Africa. CIAT publication, No. 297.



## Hakkâri İlinde Gıda Olarak Tüketilen Yabani Bitki ve Yabancı Ot Türlerinin Güncel Durumu

Mesut Sırrı<sup>1\*</sup>, Gülten Sırrı<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Siirt Üniversitesi, Erüh Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Siirt, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9793-9599)

<sup>2</sup> Siirt İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Gıda ve Yem Şubesi, Siirt, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1632-0992)

(İlk Geliş Tarihi 4 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 13 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.697536)

**ATIF/REFERENCE:** Sırrı, M. & Sırrı, G. (2020). Hakkâri İlinde Gıda Olarak Tüketilen Yabani Bitki ve Yabancı Ot Türlerinin Güncel Durumu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 393-409.

### Öz

Bu çalışmada Hakkâri ili ve ilçelerinde yöre halkı tarafından doğal alanlar ve tarımsal ekosistemlerden toplanarak gıda ve/veya tıbbi amaçlarla kullanılan bitkiler ele alınmıştır. Bölgede aşırı toplama sonucu olarak bazı bitkilere artık rastlanmadığı ve neredeyse nesillerinin yok olmaya yüz tuttuğu kamuoyuna yansıyan bu bitkilerin güncel durumunun ortaya konulması hedeflenmiştir. Araştırma kapsamında, 2018 yılı ilkbahar döneminde bitkileri doğada toplayan kişiler ile mülakatlar yapılmış, yerel pazarlarda halktan insanlarla görüşülmüş ve arazi sürveyleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca daha önce bölgede yapılan etnobotanik çalışmalar da dikkate alınarak konuya ilişkin değerlendirmeler yapılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda bölgede en fazla toplanıp tüketilen Köse otu/Siyabo (*Diplotaenia cachrydifolia* Boiss.), Yayla muzu/Rrevas (*Rheum ribes* L.), Kenger/Kengir (*Gundelia tournefortii* L. var. *tournefortii*), Tarak otu/Mendi (*Chaerophyllum macrospermum* (Willd. ex Sprengel), Ters lale/Guldexin (*Fritillaria imperialis* L.), Çayır salebi/Şepizek (*Orchis palustris* Jacq) ve Yabani mantar/Kivark (*Pleurotus eryngii* var. *ferulae* (Lanzi) Sacc.) gibi bitki türlerinin doğada rastlanma sıklıklarının ve yoğunluklarının önemli ölçüde azaldığı saptanmıştır. Bunun bir sonucu olarak yörede bitki toplayan ve ticari olarak bunlardan gelir elde eden kişilerin toplama işi için çok daha fazla mesafe kat ettikleri ve daha fazla zaman harcadıkları bu nedenle de bu bitkilerin piyasa fiyatlarının sürekli arttığı saptanmıştır. Bölgede doğal olarak yetişen ve ekonomik değeri son derece yüksek olan bu bitkilerin korunması ve sürdürülebilir bir şekilde toplanabilmeleri için yöre halkına yönelik bilgilendirme ve bilinçlendirme çalışmalarının yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu durum bölgedeki biyolojik çeşitliliğin korunmasına da büyük katkılar sağlayacaktır. Ayrıca en azından bazı türlerin kültüre alınmasının doğal flora üstündeki baskıyı azaltabileceği kanaatine varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Yabani bitki, Yabancı ot, Etnobotanik, Nesli tehlike altında olan türler, Hakkâri

## Current Status of Wild Plant and Weed Species Consumed as Food in Hakkâri Province

### Abstract

In this study, plants used for food and/or medicinal purposes by collecting from natural areas and agricultural ecosystems by local people in Hakkâri province and its districts are discussed. It is aimed to reveal the current status of the plant species, which are reflected in the public, that are not found and/or almost extinct as a result of the excessive collection in the region. Within the scope of the research, interviews were made with the people collecting the plants from nature and with people selling the plants in the local market and surveys were carried out in the natural and agroecosystems in the spring of 2018. In addition, previous ethnobotanical studies have been conducted in the region were also evaluated. As a result of the study, it has been determined that, significant decreases in the frequency and intensity of the most collected and consumed plant species in the region such as *Diplotaenia cachrydifolia* Boiss., *Rheum ribes* L., *Gundelia tournefortii* L. var. *tournefortii*, *Chaerophyllum macrospermum* Willd. ex Sprengel, *Fritillaria imperialis* L., *Orchis palustris* Jacq, and *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* (Lanzi) Sacc were observed. It has also been determined that people collecting the plant for commercial purposes search longer distances and spend more time for collection. Therefore, it has been determined that the market prices of these plants are constantly increasing in the region. It has been concluded that information and awareness-raising activities should be carried out for the local people in order to sustainably benefit from these plants and to protect them. This will also contribute to the conservation of biodiversity in the region. It has also been concluded that cultivating at least some species can reduce the pressure on natural flora.

**Keywords:** Wild plant, Weeds, Ethnobotany, Endangered species, Hakkâri.

\* Sorumlu Yazar: Siirt Üniversitesi, Erüh Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Siirt, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9793-9599), [m.sirri@siirt.edu.tr](mailto:m.sirri@siirt.edu.tr)

## 1. Giriş

Biyolojik çeşitlilik bir bölgedeki canlı organizmalar ve yaşam alanlarındaki çeşitliliği ve değişkenliği ifade eden bir olgudur. Dolayısıyla biyolojik çeşitlilik, genetik çeşitliliği, tür çeşitliliği ve ekosistem çeşitliliği olarak dünyada canlıların var oluşundan bu yana ortaya çıkan tarihsel bir birikimdir. Bu oluşum ile ortaya çıkan biyolojik miras bölgesel ölçek ile sınırlı kalmayıp küresel anlamda tüm insanlığın ortak zenginliği ve gelecek nesiller için en değerli mirastır. Ancak insan faaliyetleri nedeniyle doğal yaşam alanları ve biyolojik çeşitlilik giderek daha büyük tehditlerle karşı karşıya kalmaktadır. Özellikle günümüzde kırsal nüfusun köyden kente göç etmesinin artması sonucu oluşan kentsel yapılanma, baraj ve yol çalışmaları, doğal kaynakların aşırı ve bilinçsiz kullanımı, yeraltı kaynakların arama-tarama faaliyetleri, istilacı türlerin etkisi vb hususlar doğal kaynaklar üzerindeki baskının artmasına neden olmaktadır. Bunun sonucunda da biyolojik çeşitlilik için önem taşıyan doğal alanlar gittikçe azalmakta, farklı canlı gruplarının yaşam alanları giderek daraltılmakta ve nihayetinde pek çok canlı türünün nesli tükenme noktasına gelmektedir. (Kençe, 1991; Çakmak, 2008; Önen, 2010; Karaer ve ark., 2015; Önen ve ark., 2017).

Dünyada yaklaşık olarak 422.000 çiçekli bitki türünün bulunduğu tahmin edilmektedir (Bramwell, 2002). Bu türlerden yaklaşık 31.000'inin farklı alanlarda (gıda, ilaç, gen, süs bitkisi ve hayvan yemi vb) kullanılırken dünyadaki mevcut bitki türlerinin %21'nin ise neslinin yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğu belirtilmektedir (Anonim, 2019). Dolayısıyla kaba bir hesaplamayla dünya genelinde bütün bitkilerin sadece %8'inden az bir kısmından yararlanılırken her beş bitkiden biri (önemi anlaşılmadan) yok olma tehlikesi altında bulunmakta veya yok olmaktadır.

Ülkemiz bulunduğu coğrafi konum nedeniyle bir geçiş kuşağında yer alması, farklı iklim özellikleri ve zengin doğal su kaynakları bakımından oldukça önemli bir habitat alanıdır. Bu nedenle flora ve faunasında zengin bir tür çeşitliliği bulunmaktadır. Bu çeşitliliğin bir sonucu olarak Türkiye sahip olduğu zengin flora sayesinde birçok bitkinin gen merkezi konumunda olup 12.000'den fazla bitki türüne eve sahipliği yapmaktadır. Türkiye florasında bulunan 3,700'ün üzerinde endemik bitki türü olduğu dikkate alındığında ülkemizdeki biyolojik çeşitliliğin düzeyi daha kolay anlaşılacaktır (Önen, 2010). Bu bitki türlerinden yaklaşık 1.000 kadarının (toplam bitki sayısının %8 kadarı) gıda, tıbbi amaçlar ve diğer şekillerde kullanıldığı ifade edilmektedir (Davis, 1965-1988; Baytop,1999; Turan, 2007; Karagöz ve ark, 2010; Güler, 2012; Güner ve ark., 2012; Aslan, 2014). Ayrıca tarihsel süreç içerisinde ülkemiz farklı kültürlerdeki birçok medeniyetin hüküm sürdüğü ve önemli ticaret yollarının bulunduğu bir coğrafya olduğu görülmektedir. Özellikle de Mezopotamya coğrafyası, medeniyetlerin beşiği olarak bilinmektedir. Bu coğrafyanın önemli bir parçasını oluşturan Hakkâri bölgesi de coğrafi konum olarak Türkiye, İran ve Irak üçgenini kapsayarak farklı kültürlerdeki medeniyetlerin etkileşimde bulunduğu önemli bir bölgedir. Ayrıca bölgenin kendine özgü iklim ve topografik yapısı bölgeye zengin bir biyolojik çeşitlilik kazandırmıştır. Bölgenin bu eşsiz biyolojik çeşitliliği sayesinde insan-doğa/bitki etkileşimi sağlayarak doğal floradaki bitkilerden gıda, tıp ve endüstriyel amaçlar vb farklı alanlarda yararlanılmasını sağlamıştır.

Son yıllarda küresel ısınmadan kaynaklı iklim değişikliğinin yanında insanların tabiatı dikkate almadan yaptıkları tahribatlar sonucunda bölgenin mevcut biyoçeşitliliği önemli ölçüde etkilenmiştir. Bölgede yabani ve yabancı otlar sadece mutfak kültürünün bir parçası olmayıp baharın müjdeleyicisi olan bu bitkilerin toplanması, pazarlanması, pişirilmesi vb bütün aşamalarıyla yöresel kültürün önemli bir parçası konumundadır. Dolayısıyla bu bitkiler yöre halkı için mutluluk ve sağlık kaynağı olarak görülmekte ve bu anlamda büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle de bu bitkilerin mevcut durumları, özellikle yok olma tehlikesi altında olan bitki türlerinin saptanması ve bunların alanlarının koruma altına alınması vb çalışmalar sadece biyoçeşitliliğe değil kültürel mirasın korunmasına da önemli katkı sağlayacaktır. Bu düşünceden yola çıkılarak çalışmayla; Hakkâri yöresinde doğadan toplanan önemli bazı bitki türlerinin mevcut durumunun ortaya konulması, bölgede geleneksel olarak tüketilen önemli bitki türlerinin ve tüketim şekillerinin tanıtılması ve bu kültürün korunması için alınması gereken önlemler tartışılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışma Hakkâri ve ilçelerinde kültürü yapılmayan, doğal florada bulunan yabancı ot ve yabancı bitkilerin gıda ve tıbbi amaçla kullanımları ve bunlarda nesli risk altında olan türlerinin belirlenmesi amacıyla; pazarlarda gözlemler ve arazide sürvey çalışmaları yapılmış, yöre halkının bilgi, deneyim ve gözlemlerine başvurulmuş ve bölgede daha önce yapılan etnobotanik çalışmalardan yararlanılmıştır.

Çalışma kapsamında verilerin toplanması için özellikle kırsal kesimlerde yaşayan halkın doğadan topladıkları bitkileri pazarladıkları bölgedeki semt pazarlarına ve aktarlara gidilmiştir. Pazarlarda toplayıcılardan bitkilerin toplandığı alanlar ve yıllar içerisinde toplama alanlarındaki değişimin boyutuna ilişkin bilgiler ile bitkilerin tüketim şekline ilişkin bilgiler toplanırken tüketicilerden (farklı yaş ve meslek gruplarındaki bayan ve erkek şahısların bilgilerine başvurularak) bitkilerin kullanım şekline ilişkin veriler derlenmiştir. Araştırma kapsamında yapılan görüşmelerde en çok bilgi aldığımız kişi ve kuruluşlardan bazıları; Cemal DARA (70-Çiftçi), Ayşe ALTEKİN (75-Ev hanımı), İbrahim BUDAK (64-Çiftçi), Güllü SAFALI (80-Ev hanımı), Nizam SIRRI (70-Çiftçi), Göğü ÇALIŞKAN (71-Sağlatıcı), Kerem KARASAÇ (75-Çiftçi), Namık SIRRI (42- Bitki toplayıcısı), Geci Dara (80-Kırıkçı) Hetem ÇOĞGA (63-Peynirci), Halit KAVAL (Emekli memur), Mustafa KAPLAN (40-Aktarı), Süleyman DAYAN (53-Çiçekçi), Ayhan AYKUT (40-Aktarı), Necip ÇAPRAZ (53-Gazeteci), Ömer TAŞ (35-Tarım danışmanı), Barış DİRİ (Ziraat mühendisi), Ömer OĞUZ (32-Muhabir/Fotoğrafçı) yanı sıra İl/İlçe Tarım ve Orman Müdürlükleri ve Ziraat Odaları şeklinde sıralanabilir. Yukarıda bir kısmı belirtilen kişi ve kuruluşlardan derlenen bilgilerle yörede kullanılan bitkilerin genel durumuna ilişkin bilgiler toplanmıştır. Daha sonra başta C. DARA, İ. BUDAK, N. SIRRI, G. ÇALIŞKAN, K. KARASAÇ, N. SIRRI başta olmak üzere yukarıda adı geçen bazı kişilerle beraber arazide sürvey çalışmaları yapılmış ve daha önce isimleri belirlenen (pazarlarda, yüz yüze görüşmelerde vb) bitkiler

resimlenmiştir. Bölgede bitkilerin tüketim şeklinin belirlenmesi amacıyla yapılan mülakatlarda survey çalışmaları sırasında alınan bitki örnekleri ve bitkilere ait görseller yukarıda ismi geçenlere gösterilerek elde edilen bilgiler teyit edilmiş ve bitki envanteri çıkarılmıştır. Belirlenen bitkilerin yöresel isimleri, kullanılan kısımları, kullanım amacı ve şekli literatür bilgileriyle zenginleştirilerek Çizelge 2’de verilmiştir (Baytop, 1999; Özer ve ark., 2002; Özer ve ark., 2004; Kaval, 2011; Polat ve ark., 2012; Uce ve Tunçtürk, 2014; Gül ve Dinler, 2016; Oğuz, 2016).

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Bölgede Doğadan Toplanan Bitki Türleri

Bölgenin sahip olduğu zengin bitki çeşitliliği yöre halkına doğal ortamlarda yetişen çok sayıda bitkiden farklı amaçlarla yararlanma imkânı sağlamıştır. Yöre halkı da bu bitkileri çok farklı amaçlarla kullanma yoluna gitmiş ve bölgede etnobotanik açıdan kendine has bir kültürel birikim meydana gelmiştir. Yöre halkı bitki toplamayı bir işten ziyade bayram havasında bir kültüre dönüştürmüştür. Bu durum başta semt pazarları olmak üzere şehrin her tarafında hissedilmektedir.

Bölgede farklı amaçlarla doğadan toplanarak kullanılan; 1 tohumuz, 1 yarı parazit, 2’si tek çenekli ve 35’i çift çenekli olmak üzere toplam 40 familyaya ait 116 bitki türü belirlenmiştir. Yörede gıda ve tıbbi olarak kullanılan yabancı/yabancı otların dahil oldukları familyalar Çizelge 1’de verilmiştir. Asteraceae (27 tür), Apiaceae (12 tür), Lamiaceae (10 tür), Liliaceae (7 tür), Rosaceae (7 tür), Fabaceae (6 tür) familyaları en fazla türle temsil edilen familyalardır (Çizelge 1). Bitki teşhislerinde ve Türkçe isimlendirilmelerinde Davis (1965-1985), Uluğ ve ark., (1993), Baytop (1989), Özer ve ark. (1999), Serin (2008), Özer ve ark. (2002) ve Anonim (2020a,b)’den yararlanılmıştır.

Çizelge 1. Hakkâri Yöresinde Gıda ve Tıbbi Amaçla Kullanılan Yabancı Otların Bulunduğu Familya Türü ve Sayısı

Familya	Tür sayısı	Familya	Tür sayısı	Familya	Tür sayısı
Amaranthaceae	1	Euphorbiaceae	1	Polygonaceae	3
Anacardiaceae	2	Fabaceae	6	Portulacaceae	1
Apiaceae	12	Gentianaceae	1	Primulaceae	1
Araceae	1	Geraniaceae	1	Ranunculaceae	1
Aristolochiaceae	1	Guttiferae	3	Rosaceae	7
Asteraceae	27	Lamiaceae	10	Rubiaceae	2
Boraginaceae	2	Liliaceae	7	Scrophulariaceae	1
Brassicaceae	3	Loranthaceae	1	Solanaceae	2
Campanulaceae	2	Malvaceae	2	Urticaceae	1
Capparidaceae	1	Orchidaceae	1	Valerianaceae	1
Chenopodiaceae	1	Papaveraceae	1	Violaceae	1
Convolvulaceae	1	Plantaginaceae	2	Zygophyllaceae	1
Cucurbitaceae	1	Pleurotaceae	1		
Equisetaceae	1	Poaceae	1		

Bölgede tespiti yapılan bitkiler arasında endemik türlerin de olduğu tespit edilmiştir. Bölgede yoğun olarak tüketilen türlerin hemen herkes tarafından bilindiği (özellikle gıda amaçlı tüketilenler) fakat tıbbi amaçlarla kullanılan yabancı türlerin sadece belli başlı kişiler (sağaltıcılar) dışında pek bilinmediği saptanmıştır. Halk tababetinde kullanılan bitkilerin ise genel olarak tek hastalıktan ziyade birçok hastalığın tedavisinde etkili olduğu ifade edilmiştir. Şifalı bitkiler tek başına kullanılabildiği gibi karışım halinde de kullanılabildikleri görülmüştür. Ayrıca bitkiler sade kullanılabildiği gibi süt, zeytinyağı, peynir, buğday ve bal gibi ürünlerle karıştırılarak da kullanılabilmektedir. Yörede farklı amaçlarla kullanılan bitkiler ve genel özellikleri yönünden derlenen bilgiler ve daha önce yapılan benzer çalışmalar (Baytop, 1999; Özer ve ark., 2002; Özer ve ark., 2004; Kaval, 2011; Uce ve Tunçtürk, 2014; Gül ve Dinler, 2016; Oğuz, 2016) dikkate alınarak Çizelge 2’de özetlenmiştir.

Çizelge 2. Hakkâri Yöresinde Gıda ve Tedavi Amaçlı Kullanılan Yabancı/Yabancı Ot Türleri

<b>Familya:</b> Asteraceae	<b>Familyası:</b> Apiaceae
<b>Latince ismi:</b> <i>Gundelia tournefortii</i> L.	<b>Latince isim:</b> <i>Heracleum persicum</i> Desf.
<b>Türkçe ismi:</b> Kenger	<b>Türkçe isim:</b> Tavşancıl otu

**Yöresel ismi:** Kengir, Kereng

**Kullanılan kısım:** Tohum ve kök kısımları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** İştah açıcı, dış etlerini kuvvetlendirici, yorgunluk, böbrek ve karaciğer rahatsızlıklarını giderici, mide asidini önleyici, nezle ve soğuk algınlığına tedavi amaçlı kullanılır. Ayrıca çiçek ve yapraklarının ise yara iyileştirici özelliği bulunur. Bitkinin genç formu çiğ veya haşlanmış halde çeşitli yemeklerde (kahvaltılık, çorba, salata ve kızartmalık vb.) kullanılır. Aynı zamanda tohumları kahve yapımında ve kuruyemiş olarak da tüketilir. Salamura yapılarak kışın da kullanılır. Ayrıca toprak üstü aksamından kenger sakızı elde edilir.

**Familya:** Polygonaceae

**Latince ismi:** *Rheum ribes* L.

**Türkçe ismi:** Yayla muzı

**Yöresel ismi:** Revas, İşgın

**Kullanılan kısım:** Kök, yaprak ve gövdesi kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Şeker hastalığı, mide hazımsızlığı gidericisi, tansiyon dengeleyicisi ve iştah artırıcı gibi faydaları vardır. Bitkinin genç gövde kısmı ve yaprak sapı soyulduktan sonra çiğ olarak yenilir. Kurutulmuş kökler ise toz haline getirilip suda kaynatılarak ya da balla karıştırılıp tüketilmektedir. Ayrıca bitkinin yapraklarından mavi renk boya elde edilerek yün ve kilimlerde kullanıldığı belirtilmiştir.

**Familyası:** Lamiaceae

**Latince ismi:** *Mentha longifolia* L.

**Türkçe ismi:** Yabani nane

**Yöresel ismi:** Pünge, Püng

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve gövdesi kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kadınlarda adet sancılarını giderici, bağırsak ve mide rahatsızlıkları, sindirim kolaylaştırıcı, balgam sökücü ve ağız kokusu giderici gibi faydaları vardır. Ayrıca iştah açıcı özelliğe de sahiptir. Yapraklar taze olarak kullanıldığı gibi kurutularak yemeklerde baharat olarak tüketilir.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince ismi:** *Scorzonera tomentosa* L.

**Türkçe ismi:** Dağ sakızı, Sakız otu

**Yöresel ismi:** Benişti kaçki, Beniştereş, Benişti kevi

**Kullanılan kısım:** Kökleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Ağrı dindirici ve çocuk sahibi olmayan kadınlarda kısırlık tedavisinde kullanılır. Bitkinin kökünden elde edilen sakız bez üzerine konulur ve yakı olarak kullanılır. Ayrıca bitkinin yaprakları çiğnenerek tüketildiğinde tokluk oluşturarak günlerce açlığa dayanılabilir.

**Familyası:** Araceae

**Latince ismi:** *Arum elongatum* Steven

**Türkçe ismi:** Yılanyastığı

**Yöresel ismi:** Kari

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve kökleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Bağırsak temizleyici, balgam sökücü, öksürük giderici ve ishal düzenleyici olarak kullanılır. Ayrıca bitkinin salgıladığı sütün ise yara iyileştirici özelliği de vardır. Bitkinin kurutulmuş kök kısımlarında 1 gramı kaynatılmış bir bardak suya konup yaklaşık 10 dakika bekledikten sonra içilir. Taze olarak tüketilmez, kurutulup kış aylarında yemeklere katılarak tüketilir.

**Familyası:** Brassicaceae

**Latince ismi:** *Lepidium latifolium* L.

**Türkçe ismi:** Nujdar

**Yöresel ismi:** Nojdar, Zarende

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve kök kısımları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Bitkinin yaprakları yara iyileştirici

**Yöresel isim:** Soh, Sove

**Kullanılan kısım:** Yaprak, gövde ve tohumları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Süt arttırıcı, hazımsızlık, adet düzenleyici ve sakinleştirici olarak kullanılır. Bitki taze iken peynire tat ve aroma vermek için doğranarak içerisine konulur. Gövdesi ise soyularak turşuya katılır. Kurutulmuş yapraklar ortalama 20-30 gram 1 litre suda kaynatılarak yemeklerden önce içilmesi önerilir. Ayrıca sarılık hastalığına yakalanmış çocukların banyosunda bitki yaprakları 15-20 dakika suda kaynatılarak süzüp banyo suyu olarak kullanılmaktadır.

**Familya:** Apiaceae

**Latince ismi:** *Chaerophyllum macrospermum* (Willd. ex Sprengel)

**Türkçe ismi:** İri handok otu

**Yöresel ismi:** Mendi, Mend

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Göğüs ve karın ağrılarını hafifletici ve gaz sancılarını giderici faydaları vardır. Bitki taze iken çiğ olarak yenildiği gibi peynir ve yemeklere katılarak da tüketilir. Ayrıca ilkbaharda toplanan bitkiler (özellikle genç gövdeler) salamura şeklinde hazırlanarak kış aylarında yemeklerde kullanılır. Bitkinin kurutulmuş yaprak ve sapsarı suda kaynatılıp suyu içilir.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince ismi:** *Eryngium billardieri* Delar.

**Türkçe ismi:** Boğa diken

**Yöresel ismi:** Tuske, Tüsi, Tosi

**Kullanılan kısım:** Yaprak gövde ve kökleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Cilt hastalıkları, diş iltihabı ve diş ağrısı dindirici olarak kullanılır. Köklerdeki özsuyu yara iyileştirici özelliğe sahiptir. Gövde kısmı taze olarak tüketildiği gibi kurutulmuş kök toz haline getirilerek hamur ve zeytinyağı ile karıştırıp iltihaplı ve ağrıyan bölgelere uygulanır.

**Familyası:** Plantaginaceae

**Latince ismi:** *Plantago major* L.

**Türkçe ismi:** İri Sinir otu

**Yöresel ismi:** Belgehevizar

**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Yaş yaprakları ezilerek suyu ile beraber yanık, yara, çiban ve iltihaplanmaya karşı temizleyici özelliğe sahiptir. İdrar yolları hastalıklarına da faydalıdır. Ayrıca taze yaş yapraklarda sarmalar yapılarak tüketilmektedir.

**Familya:** Apiaceae

**Latince ismi:** *Diplotaenia cachrydifolia* Boiss.

**Türkçe ismi:** Köse otu

**Yöresel ismi:** Siyabo

**Kullanılan kısım:** Yaprak, gövde ve kök kısımları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Romatizma, şeker hastalığı ve tansiyon dengeleyicisi olarak kullanılır. Ayrıca panzehir özelliği nedeniyle tüketildiğinde yılan vb zehirli hayvan ısırıklarından çok fazla etkilenmez. Bitki genç iken haşlayıp tüketildiği gibi salamura yapılarak kış aylarında da tüketilmektedir. Yörede otlu peynirin kullanımında ve yağda kızartılarak birçok yemek çeşidinde kullanılmaktadır.

**Familyası:** Apiaceae

**Latince ismi:** *Ferula orientalis* L.

**Türkçe ismi:** Çakşır otu

**Yöresel ismi:** Kerkol, Hingedan, Heliz

**Kullanılan kısım:** Yaprak, gövde, kök ve bitki özsuyu kullanılır.



ve hemoroid tedavisinde kullanılmaktadır. Ayrıca bitkinin kök kısımları kurutulduktan sonra mide ve egzama hastalıklarına faydalı olmaktadır. Bitkinin toprak üstü organları genellikle tedavi amaçlı olarak kullanılmaktadır.

**Familyası:** Convolvulaceae

**Latince isim:** *Convolvulus betonicifolius* Mill. subsp. *peduncularis* (Boiss.) Parris

**Türkçe isim:** Tarla sarmaşığı

**Yöresel isim:** Lavlavk

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kabızlık, prostat, idrar sökücü, romatizma ağrı kesici ve yara temizleyici olarak faydalanılır. Suda kaynatılarak suyu içilir veya haşlanmış kısmı lapa şeklinde yara ve romatizmalı bölgelere konularak uygulama yapılır.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Arctium minus* (Hill) Bernh.

**Türkçe isim:** Dulavratotu

**Yöresel isim:** Nisek, Nüsek

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve gövdesi kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Eklem ve sırt ağrılarının tedavisinde kullanılmaktadır. Taze yaprakların yüzeyine zeytinyağı sürülüp ağrıyan bölgeye konulup bezle sarılır. Ayrıca bitki romatizma, prostat ve basur tedavisinde de etkili olmaktadır. Bitkinin genç gövdesi soyulup çiğ olarak da tüketilir.

**Familyası:** Lamiaceae

**Latince isim:** *Teucrium chamaedrys* L. subsp. *sinuatum*

**Türkçe isim:** Dalak otu

**Yöresel isim:** Celak

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Mide rahatsızlıkları, migren, ateş düşürücü ve ağrı kesici gibi faydalı özellikleri vardır. Ayrıca kanser önleyici özelliği nedeniyle de kullanılmaktadır. Kurutulmuş bitkiler bitkisel çay olarak demlenip içilir.

**Familyası:** Malvaceae

**Latince isim:** *Malva sylvestris* L.

**Türkçe isim:** Ebegümeçi

**Yöresel isim:** Nanê cücükê, Tolik,

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve çiçekleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Öksürük, boğaz ağrısı, kabızlık, mide hastalıkları ve yanık tedavisinde kullanılır. Ayrıca bağırsak kurtlarını düşürme özelliği de bulunur. Bu amaçla kurutulmuş veya taze bitkiler bir avuç buğday ile karıştırılarak ay ışığında bir gece bekletildikten sonra aç karna yenilir. Yaralarda ve diş eti iltihabında bitki lapa haline getirilerek, yara ve iltihaplı alana yarım saat bekletilerek uygulanır. Taze bitkiler çiğ olarak tüketildiği gibi yemek ve salatada da kullanılır.

**Familyası:** Lamiaceae

**Latince isim:** *Teucrium polium* L.

**Türkçe isim:** Acı yavşan

**Yöresel isim:** Giyayê Tal

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü aksamı kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Karın ağrısı, adet sancısı, böbrek taşlarını düşürme, böbrek ağrılarında, ishal ve gaz giderici özelliği vardır. Mide hastalıkları tedavisinde kullanılır. Kurutulmuş bitkiler sıcak suda 5 dakika demlenerek aç karna içilir. Ayrıca kanser hastalığına da faydalıdır.

**Familyası:** Polygonaceae

**Latince isim:** *Polygonum cognatum* Meissn.

**Türkçe isim:** Madımak

**Yöresel isim:** Giyacüçük

**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Nefes darlığı ve romatizma tedavisinde, gaz giderici ve bağırsak hastalıklarının tedavisinde kullanılmaktadır. Bitki özellikle hemoroit tedavisinde faydalı olmaktadır. Kurutulmuş kökler toz haline getirilerek bal ile karıştırılıp tüketilir.

**Familyası:** Primulaceae

**Latince isim:** *Primula auriculata* L.

**Türkçe isim:** Çuha çiçeği

**Yöresel isim:** Sosin

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve gövde kısımları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Cilt yaralarını iyileştirici özelliği bulunur. Ayrıca bitkinin kanser tedavisinde etkili olmaktadır. Solunumu kolaylaştırmak (burun tıkanıklığı) için ezilmiş veya kurutulmuş bitki buruna çekilir. Taze iken yemeklere katılarak tüketilir.

**Familyası:** Capparidaceae

**Latince isim:** *Capparis spinosa* L.

**Türkçe isim:** Kapari

**Yöresel isim:** Gebere

**Kullanılan kısım:** Meyveleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kabızlık, idrar sökücü, basur, baş ağrısı, mide rahatsızlıkları ve karaciğer fonksiyonların düzenleyici özellikleri bulunur. Ayrıca cinsel gücü artırıcı etkisi de vardır. Yöresel bazı yemeklerde de kullanıldığı gibi erken dönemde meyveleri toplanıp turşusu da yapılır.

**Familyası:** Chenopodiaceae

**Latince isim:** *Chenopodium foliosum* L.

**Türkçe isim:** İnce sirken

**Yöresel isim:** Triye sor

**Kullanılan kısım:** Meyve ve yapraklar kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Karın ve mide ağrı giderici özelliği bulunur. Ayrıca öksürük kesmede etkilidir. Meyveler çiğ olarak tüketilmektedir. Yapraklar ise ortalama 10 dakika sıcak suda kaynatıldıktan sonra günde iki kere tok karna içilir.

**Familyası:** Urticaceae

**Latince isim:** *Urtica dioica* L.

**Türkçe isim:** Isırgan otu

**Yöresel isim:** Gezenk, Gezgerünk, Gezeng

**Kullanılan kısım:** Yaprak, gövde ve kök kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kanser hastalığı, adet düzenleyici, romatizma ve eklem ağrılarına karşı etkili olduğu gibi saç dökülmelerine, saç köklerini güçlendirici ve canlılık kazandırma özelliği de bulunur. Bitkinin toprak üstü aksamı kaynatılmış suda 15-20 dakika bekletildikten sonra kullanılır. Ayrıca kemik erimesine karşı papatya ve karabaş otu ile bal ve suyla karıştırarak sabah-akşam aç karna içilmektedir.

**Familyası:** Amaranthaceae

**Latince isim:** *Amaranthus retroflexus* L.

**Türkçe isim:** Kırmızı köklü horoziböğü

**Yöresel isim:** Selmek

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve tohumları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Ateş düşürücü, tansiyon dengeleyici, mide rahatlatıcı ve romatizma hastalığı tedavisinde kullanılır. Tohumları suda 5-10 dakika kaynatılarak, tok karna günde bir kere içilir. Taze yaprakları ise ezilerek merhem kıvamına getirilip romatizmalı bölgeye uygulanır. Ayrıca taze yapraklar salata ve yemeklerde kullanılır.

**Familyası:** Polygonaceae

**Latince isim:** *Rumex ponticus* E. H. L. Krause.\*

**Türkçe isim:** Kıvırcık labada

**Yöresel isim:** Tırşok

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve tohumları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** İltihap sökücü, basur ve kabızlık tedavisinde kullanılır. Bitkinin taze yaprakları ezilerek iltihaplı bölgeye uygulanır. Ayrıca yapraklar suda yaklaşık 5 dakika kaynatıldıktan sonra suyu içilir. Basur hastalığı tedavisinde yapraklar lapa haline getirilerek uygulanır. Taze bitkilerden çeşitli yemekler de yapılır.

**Familyası:** Guttiferae

**Latince isim:** *Hypericum helianthoides* (Spech) Boiss.

**Türkçe isim:** Hoşap kızilotu

**Yöresel isim:** Giyaye sotena

**Kullanılan kısım:** Çiçekleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Egzama ve yanık tedavisinde kullanılır. Kurutulmuş çiçekler zeytinyağı ile karıştırarak yanık ve egzama bölgesine doğrudan sürülür. Mide bulantısı, iştah açıcı, kabızlık ve gaz sancılarını giderici olarak da kullanılır. Kurutulmuş çiçekler suda yaklaşık 15 dakika kaynatıldıktan sonra süzülür, aç karna günde bir çay bardağı içilir.

**Familyası:** Guttiferae

**Latince isim:** *Hypericum scabrum* L.

**Türkçe isim:** Sarı kantaron

**Yöresel isim:** Giyaye birina

**Kullanılan kısım:** Çiçekleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Yara iyileştirmede etkilidir. Kurutulmuş çiçekler toz haline getirilerek yaralara konulur. Ayrıca adet sancısı dindirici özelliği de vardır. Kurutulmuş çiçekler suda ortalama 5 dakika kaynatılıp çay olarak içilir.

**Familyası:** Brassicaceae

**Latince isim:** *Brassica nigra* (L.) Koch.

**Türkçe isim:** Kara hardal

**Yöresel isim:** Xerdel

**Kullanılan kısım:** Çiçek ve tohumları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Romatizma, Şeker hastalığı, baş ve diş ağrıları tedavisinde kullanılır. Kurutulmuş tohumlar zeytinyağı ile karıştırarak uygulama yapılır. Öksürük kesici, iştah açıcı ve hazmı kolaylaştırıcı özelliği de bulunur. Kurutulmuş çiçekler kaynar suda demlenerek içilir. Ayrıca burun tıkanıklığı içinde kurutulmuş çiçekler toz haline getirilerek buruna çekilir.

**Familyası:** Fabaceae

**Latince isim:** *Astragalus ocephalus* Boiss.

**Türkçe isim:** Ata geveni

**Yöresel isim:** Gogem, Giya pembü

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve çiçekleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** El ve ayaklarda oluşan çatlak ve yaraların tedavisinde kullanılır. Bitkinin yeşil aksamı 15-20 dakika suda kaynatılarak suyu süzülür, el ve ayaklar suyla yıkanarak tedavi edilir.

**Familyası:** Fabaceae

**Latince isim:** *Trifolium pratense* L.

**Türkçe isim:** Çayır üçgülü

**Yöresel isim:** Fabaceae

**Kullanılan kısım:** Çiçek, yaprak ve dalları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Damar açıcı, kan dolaşım hızlandırıcı, mide bulantısı giderici ve iştah açıcı özellikleri vardır. Taze ve kurutulmuş yeşil aksam suda yaklaşık 15 dakika kaynatılıp, suyu sabah-akşam aç karna içilir.

**Familyası:** Apiaceae

**Latince isim:** *Smyrniun cordifolium* Boiss.

**Türkçe isim:** Yabani kereviz

**Yöresel isim:** Xelendor

**Kullanılan kısım:** Gövdesi kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Guatr hastalığına karşı etkili olduğu gibi ateş düşürücü özelliği de vardır. Tohumlar suda yaklaşık 10 dakika kaynatılıp aç karna günde bir bardak içilir. Ayrıca taze yapraklar çiğ olarak tüketildiği gibi kurutulmuş şekilde yemeklerde ekşilik tadı vermek için baharat olarak da kullanılır. Taze yapraklardan sarma yapılır.

**Familyası:** Guttiferae

**Latince isim:** *Hypericum lysimachioides* Boiss.

**Türkçe isim:** Kantoron

**Yöresel isim:** Gula jan, Gulapiran

**Kullanılan kısım:** Çiçek, dal ve yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Bağırsak kurt düşürücü ve uyku giderici özelliği vardır. Gastrit, ülser, terletici, sarılık, bel ağrısı, idrar sökücü ve ishal hastalarının tedavisinde de kullanılır. Kurutulmuş bitkiden çay yapılarak içilir. Yara iyileştirici özelliği de bulunur. Kurutulmuş bitkiler zeytinyağında ortalama 15 gün bekletildikten sonra yara bölgelerine sürülerek uygulanır.

**Familyası:** Papaveraceae

**Latince isim:** *Papaver bracteatum* Lindl.

**Türkçe isim:** Gelincik

**Yöresel isim:** Xaşxaş

**Kullanılan kısım:** Çiçek ve taç yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Tansiyon ve kalp hastalıklarına faydalıdır. Ancak olgunlaşmamış meyveler tüketildiğinde uyuşukluk yapmaktadır. Bitkinin taze çiçek ve yaprakları çiğ olarak tüketilir.

**Familyası:** Scrophulariaceae

**Latince isim:** *Verbascum speciosum* Schrader

**Türkçe isim:** Sığırkuyruğu

**Yöresel isim:** Giyaduv, Masicark

**Kullanılan kısım:** Çiçek ve yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Şeker hastalığı ve romatizma tedavisinde kullanılır. Göğüs yumuşatıcı, balgam sökücü, bronşit, basur ve öksürük giderici özelliği de vardır. Şeker hastaları için yapraklar suda 15-20 dakika kaynatılıp, ayaklar içine konularak kullanılır. Ayrıca vücut yaraları içinde yapraklar lapa haline getirilerek yara bölgesine bırakılarak kullanılır.

**Familyası:** Fabaceae

**Latince isim:** *Astragalus*

*yueksekovae* Matthews.\*

**Türkçe isim:** Geven

**Yöresel isim:** Gini, Güni

**Kullanılan kısım:** Kökleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kanseri hastalıklarının tedavisinde kullanılır. Kurutulmuş kökler toz haline getirilip bal ile karıştırılarak günde bir defa sabah aç karna bir kaşık yenilir. Ayrıca vücut direnci artırıcı ve kuvvetlendirici özellikleri de bulunur.

**Familyası:** Euphorbiaceae

**Latince isim:** *Euphorbia grisophylla* M. S. Khan\*

**Türkçe isim:** Sütleğen

**Yöresel isim:** Şiri mahrı, Xoşıl

**Kullanılan kısım:** Bitki öz suyu kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kanseri ve kabızlık hastalıklarına karşı etkilidir. Bitkiden akan sütün bir damlası bir bardak normal süt ile karıştırılarak içilir. Ayrıca bitki öz suyunun yara ve çatlaklara da iyi geldiği bilinir.

**Familyası:** Loranthaceae

**Latince isim:** *Viscum album* L.

**Türkçe isim:** Ökse otu

**Yöresel isim:** Dikane

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve sapları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Astım, solunum yolu hastalıkları, nefes darlığı, baş ve diş ağrıları tedavisinde kullanılır. Kurutulmuş bitki parçaları toz haline getirilip bal ile karıştırılarak yenilir. Ayrıca suda kaynatılarak çay olarak da tüketilir.

**Familyası:** Fabaceae

**Latince isim:** *Glycyrrhiza glabra* L.

**Türkçe isim:** Meyan kökü

**Yöresel isim:** Mekük, Mikük

**Kullanılan kısım:** Kökleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Öksürük kesici, göğüs yumuşatıcı, balgam sökücü ve ağrı kesici özelliği bulunur. Ayrıca şeker hastalığı tedavisinde kullanılır. Kurutulmuş kökler toz haline getirilip, bal ve su ile karıştırılarak içilir.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kadınlarda adet sancısı giderici ve adet düzenleyici olarak kullanılır. Ayrıca Kalp hastalıkları tedavisinde de etkilidir. Kurutulmuş yaprak ve saplar suda yaklaşık 10 dakika kaynatıldıktan sonra suyu içilir.

**Familyası:** Solanaceae

**Latince isim:** *Hyoscyamus niger* L.

**Türkçe isim:** Kara banotu

**Yöresel isim:** Malğırab

**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Ağrı kesici ve romatizma tedavisinde kullanılır. Ayrıca iltihaplı diş ağrılarına, nefes darlığına, mide hastalıklarına karşı da etkili olmaktadır. Bitki yapraklarını ezilerek merhem kıvamına getirilip ağrıyan bölgeye sürülür.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Tripleurospermum microcephalum* (Boiss.) Bornm.)

**Türkçe isim:** Kavruk göde

**Yöresel isim:** Xizemok

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Astım ve iltihaplara karşı kullanılır. Kurutulmuş bitki yaklaşık bir avuç kadar bir litre sütle karıştırılarak sabah-akşam aç karna tüketilir.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Centaurea pterocaula* Trautv.

**Türkçe isim:** Çoruşbozan

**Yöresel isim:** Talkalüşk, Tali, Sermnik

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü aksamı kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Şeker hastalığı, yara iyileştirici, ishal düzenleyici özelliği bulunur. Kurutulmuş bitki kaynatılarak suyu içilir. Ayrıca kuru bitki ezilerek toz haline getirilip yara üzerine konulur.

**Familyası:** Lamiaceae

**Latince isim:** *Nepeta nuda* L. subsp. albiflora (Boiss.) Gams.)

**Türkçe isim:** Karaküncü

**Yöresel isim:** Bareşa spi

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve sapları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Soğuk algınlığına karşı kullanılır. Kurutulmuş yapraklar suda demlenerek, sabah-akşam aç karna içilir. Ayrıca yara ve lekelerle karşı da etkili olmaktadır. Kurutulmuş yapraklar toz haline getirilerek zeytinyağı ile karıştırılarak sürülür.

**Familyası:** Lamiaceae

**Latince isim:** *Phlomis pungens* Willd.

**Türkçe isim:** Silvanok

**Yöresel isim:** Gula Bmevş

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü aksamı kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Adet sancısı, rahim iltihabı ve karın ağrısı tedavilerinde kullanılır. Kurutulmuş bitkiler suda yaklaşık 20 dakika kaynatıldıktan sonra günde bir bardak içilir.

**Familyası:** Boraginaceae

**Latince isim:** *Anchusa azurea* P. Mill.

**Türkçe isim:** Sığırdili

**Yöresel isim:** Gezrok, Mijmij, Mijmejok

**Kullanılan kısım:** Çiçek yaprak ve gövdesi kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Şeker hastalığı ve böbrek taşı düşürücü olarak gövdesi taze iken soğularak tüketilir. Yara ve dudak çatlaklarını iyileştirici özelliği vardır. Çiçekleri taze iken içindeki tatlımsı madde emilerek tüketilir. Astım tedavisinde yapraklar suda kaynatılarak aç karna günde bir bardak içilir. Kalp çarpıntılarında karşı ise çiçekleri kaynatılmış suda demlenerek günde bir çay bardağı aç karna içilir. Ayrıca sebzeli yemeklere katılarak tüketilir.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Achillea filipendulina* Lam.

**Türkçe isim:** Civamperçemi

**Yöresel isim:** Bewijan, Kulilka maran

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü aksamı kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Şeker ve kanser hastalığı, hipertansiyon, romatizma ve adet sancısı tedavisinde kullanılır. Kurutulmuş bitki çörekotu tohumu, karabaş otu, ısırğan otu isteğe bağlı olarak bal veya su ile karıştırılarak kullanılır. Ortalama 100 gram bitki karışımı bir kavanoz süzme bal ile karıştırılarak her sabah bir çay kaşığı ya da bir su bardağına bir tatlı kaşığı kadar bitki karışımı atılıp günde bir bardak içilerek tüketilir. Ayrıca soğuk algınlığı, karın ve bağırsak ağrıları giderici özelliği de vardır.

**Familyası:** Rosaceae

**Latince isim:** *Amygdalus orientalis* Mill.

**Türkçe isim:** Yabani badem

**Yöresel isim:** Hecibahok, Bahiv

**Kullanılan kısım:** Meyvesi kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Boğaz ağrıları tedavisinde kullanılır. Meyveler taze iken çiğ olarak tüketilir. Ayrıca kurutulmuş meyvelerden elde edilen yağlar kurt düşürücü, yara iyileştirici özellikleri de bulunur.

**Familyası:** Aristolochiaceae

**Latince isim:** *Aristolochia bottae* Jaub. & Spach.

**Türkçe isim:** Loğusa otu

**Yöresel isim:** Guhkıttık

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve kökleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Yara ve kızarıklıklara karşı etkilidir. Taze kökler ezilip lapa haline getirilip yaralara sürülür. Vücuttaki kızarıklara ise taze kökler ezilip bal ile karıştırıp kullanılır. Ayrıca kurutulmuş yapraklar toz haline getirilip yaralara konulur.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Achillea millefolium* L.

**Türkçe isim:** Beyaz civanperçemi

**Yöresel isim:** Bewijana spi

**Kullanılan kısım:** Çiçekleri kullanılır.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Onopordum acanthium* L.

**Türkçe isim:** Devediken

**Yöresel isim:** Kivara qelemoşk, Kivar

**Kullanılan kısım:** Tohum, yaprak ve gövdesi kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kadınlarda adet düzensizliği ve rahim iltihabı tedavisinde faydalıdır. Ayrıca çocuk sahibi olmayan kadınlarda etkili olmaktadır. Kurutulmuş çiçekler çay gibi demlenerek kullanılır. Özellikle kısırlık tedavisinde 20 günden fazla kullanıldığı takdirde yumurtalıklara zarar verdiği belirtilmiştir.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Cichorium intybus* L.

**Türkçe isim:** Yabani hindiba

**Yöresel isim:** Çeken, Şembélk, Kanéj, Kaniş

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısımları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Prostat kanseri, kabızlık, karın ağrısı ve ishal tedavisinde kullanılır. Ayrıca egzama, mantar, siğil, sedef ve cilt hastalıklarına karşı da etkilidir. Kurutulmuş bitkiler çay gibi demlenip içilir.

**Familyası:** Pleurotaceae

**Latince isim:** *Pleurotus eryngii* var. *ferulae* (Lanzi) Sacc.

**Türkçe isim:** Yabani mantar

**Yöresel isim:** Karık, Kivark

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü aksam kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Göz kaşıntısı tedavisinde etkilidir. Bitki ezilip özsuğu tülbennten geçirilerek uygulanır. Ayrıca gıda olarak ateşte kızartılarak ya da yemeklere katılarak tüketilir. Ekonomik değeri yüksek bitkilerdendir.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Centaurea triumfettii* All.

**Türkçe isim:** Dağ gelin düğmesi

**Yöresel isim:** Talişk

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Tansiyon düzenleyici ve şeker düşürücü olarak kullanılır. Ayrıca prostat ve ishal önleyici özelliği de bulunur. Kurutulmuş bitki çay gibi demlenerek içilir.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Lactuca serriola* L.

**Türkçe isim:** Eşek marulu

**Yöresel isim:** Spîbêr

**Kullanılan kısım:** Bitki sütü kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kanser, mide hastalıkları, karın ağrıları ve tansiyon düşürücü özelliği var. Bitki sütü bir damla normal bir bardak sütle karıştırılarak tüketilir.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Tragopogon porrifolius* L.

**Türkçe isim:** Yemlik

**Yöresel isim:** Spîng

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Mide ağrıları, mide bulantısı iştah açıcı ve sindirim sistemi düzenleyicisi olarak kullanılır. Çiğ veya yemeklerde kullanılarak tüketilir. Ayrıca bitki özsuğu mantar hastalığına karşı da etkilidir.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Achillea biebersteinii* Afan.

**Türkçe isim:** Sarı civanperçemi

**Yöresel isim:** Bewîjan, Bevîjana küvî

**Kullanılan kısım:** Dalı çiçek demetleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Adet sancısı ve adet düzenleyici, iltihap temizleyici, idrar sökücü, ateş düşürücü, bağırsak fonksiyonlarını düzenleyici, baş ve boğaz ağrılarına karşı kullanılır. Kurutulmuş çiçekler çay gibi demlenip içilir. Kanamalarda kan durdurucu olarak faydalanılır. Ayrıca sinüzit ağrılarının dindirmesinde, bitki suda kaynatılarak oluşan

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Hemoroit tedavisinde ve ateş düşürücü olarak kullanılır. Kurutulmuş tohumlar ezilip zeytinyağı ile karıştırılarak hastalıklı bölgelere sürülür. Ayrıca kurutulmuş tohumlar balla karıştırılıp sabah-akşam aç karna kullanılır. Ayrıca gövdesi soyulup çiğ olarak tüketilir.

**Familyası:** Campanulaceae

**Latince isim:** *Campanula involucrata* Aucher Ex A. DC.

**Türkçe isim:** Sarım çanı

**Yöresel isim:** Nüviğara heqîqi

**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Yara ve Cilt hastalıklarının (egzama vb) tedavisinde kullanılır. Taze yapraklar ezilip yaraya bırakılır. Kurutulmuş yapraklar ise ezilip zeytinyağı ile karıştırılarak kullanılır.

**Familyası:** Lamiaceae

**Latince isim:** *Ziziphora clinopodioides* Lam.

**Türkçe isim:** Kekik

**Yöresel isim:** Çatır

**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Mide ve göz rahatsızlıklarına, solunum yolu enfeksiyonları, yatıştırıcı, kan dolaşımı uyarıcı, kurt düşürücü ve cinsel gücü artırıcı özellikleri bulunur. Bitkisel çay olarak tüketilir. Taze yapraklar otlu peynire yemeklerde baharat olarak tüketilir.

**Familyası:** Rubiaceae

**Latince isim:** *Galium tricornutum* L.

**Türkçe isim:** Yoğurtotu

**Yöresel isim:** Dardurağa küvi

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Romatizma hastalıkları, diş ve baş ağrıların tedavisinde faydalıdır. İştah açıcı özelliği de vardır. Yeşil aksam suda 10-15 dakika kaynatılır ve yarım çay bardağı kadar içilir.

**Familyası:** Solanaceae

**Latince isim:** *Solanum alatum* L.

**Türkçe isim:** Karagöğündürme

**Yöresel isim:** Bacana küvi

**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Ateş düşürücü ve yara iyileştirici olarak kullanılır. Yaprakları ezilerek yara üzerine bırakarak uygulanır.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Scorzonera veratrifolia* Fenzl.

**Türkçe isim:** Tekesakalı

**Yöresel isim:** Qopik, Palumink

**Kullanılan kısım:** Gövde ve yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Diş ağrılarına, dişteki sarılık ve diş eti iltihabı temizleyici özelliği vardır. Taze yapraklar ezilip ağrıyan diş üzerine konulur. Ayrıca bitki sütü güneş yanıklarına karşı etkilidir. Bitkinin gövde kısmı taze olarak tüketildiğinde iştah açıcı özelliği de bulunur.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Matricaria chamomilla* L.

**Türkçe isim:** Tıbbi papatya

**Yöresel isim:** Beybün, Kulilkabayê

**Kullanılan kısım:** Çiçekleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Yatıştırıcı, terletici, gaz giderici, adet sancısı kesici, rahim iltihap sökücü, iştah açıcı, sinir sistemini düzenleyici, diş eti ve bademcik iltihaplarını önleyici, mide ve bağırsak yaralarını iyileştirici etkisi vardır. Kurutulmuş çiçekler bitkisel çay olarak tüketilir. Ayrıca saç dökülmelerine karşı ısrırgan otu ile karıştırıp suyu ile saçlar yıkanır.



buharda baş kısmı bekletilerek tedavi edilir.

**Familyası:** Portulacaceae

**Latince isim:** *Portulaca oleracea* L.

**Türkçe isim:** Semizotu

**Yöresel isim:** Perpune

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Bağırsak temizleyici, şeker hastalığı, kabızlık ve mide asit dengeleyici etkisi vardır. Taze olarak salata ve yemeklere katılarak tüketilir.

**Familyası:** Liliaceae

**Latince isim:** *Fritillaria imperialis* L.

**Türkçe isim:** Ters lale

**Yöresel isim:** Alal, Gülhırç, Güldexin

**Kullanılan kısım:** Toprak altı kök sağanları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Genellikle süs bitkisi olarak kullanılır. Gıda veya tıbbi olarak tüketilmez. Ekonomik değeri yüksektir.

**Familyası:** Ranunculaceae

**Latince isim:** *Ranunculus kochii* Ladeb.

**Türkçe isim:** Kar çiçeği

**Yöresel isim:** Germuk

**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Taze olarak tüketildiği gibi kurutulmuş yapraklar yemeklere de konulur.

**Familyası:** Anacardiaceae

**Latince isim:** *Pistacia khinjuk* Stocks.

**Türkçe isim:** Bittim

**Yöresel isim:** Gezan

**Kullanılan kısım:** Meyvesi kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Egzama ve mantar gibi cilt hastalıklarına iyi gelir. Ayrıca saç ve deri dökülmelerine, saç yumuşatması ve rengini koyulaştırıcı özellikleri de bulunur. Meyveleri öğütülerek kahve ve sabunda yapılır.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Helianthus tuberosus* L.

**Türkçe isim:** Yer elması

**Yöresel isim:** Kırkire, Seva ağı

**Kullanılan kısım:** Yumrusu kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Şeker hastalığı romatizma ve anne sütü artırıcı gibi birçok faydalı özelliği bulunur. Çiğ olarak tüketildiği gibi haşlanarak sebze olarak da kullanılır.

**Familyası:** Liliaceae

**Latince isim:** *Allium longicuspis* Regel.

**Türkçe isim:** İt körmeni, Yabani soğan

**Yöresel isim:** Sirik, sir

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Taze iken toplanıp doğranarak peynir ve yemeklere katılarak tüketilir.

**Familyası:** Apiaceae

**Latince isim:** *Pimpinella anthriscoides* Boiss. var. *anthriscoides*

**Türkçe isim:** Mesire otu

**Yöresel isim:** Alo

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Taze iken yemeklere konulduğu gibi salamura yapılarak kışın da tüketilir. Ayrıca kırmızıbiber, karabiber ve kurutulmuş koyun midesi ile beraber belli bir süre bekletildikten sonra peynir mayası olarak kullanılır.

**Familyası:** Lamiaceae

**Latince isim:** *Thymus kotschyanus* Boiss. & Hohen var. *kotschyanus*

**Türkçe isim:** Kekik

**Familyası:** Apiaceae

**Türkçe isim:** Kışniş

**Yöresel isim:** Gijnij

**Kullanılan kısım:** Tohumları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Gaz ve hazımsızlığı giderici özelliği vardır. Kurutulmuş tohumlar soğanla ezilip yağda salçayla kavurup ekmeğe üzerine konularak yenir. Ayrıca kurutulmuş tohumlar öğütülerek yemeklerde baharat olarak da tüketilir.

**Familyası:** Orchidaceae

**Latince isim:** *Orchis palustris* Jacq.

**Türkçe isim:** Çayır salebi

**Yöresel isim:** Şepirzek

**Kullanılan kısım:** Kök yumruları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kök yumruları salep mayası imalatında kullanılır. Birçok tıbbi özellikleri bulunur. Ekonomik değeri yüksektir. Aktarlarda satılır.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Centaurea glastifolia* L.

**Türkçe isim:** Peygamber çiçeği

**Yöresel isim:** Tahlişk, Taltaliş

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Prostat hastalığına iyi gelir. Kurutulmuş bitki suda kaynatılarak suyu içilir.

**Familyası:** Apiaceae

**Latince isim:** *Ferulago angulata* (Schlecht.) Boiss. subsp. *angulata*

**Türkçe isim:** Oluklu çakşır

**Yöresel isim:** Cevri

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Genç sürgünleri doğranıp haşlandıktan sonra otlu peynir içerisine konulur.

**Familyası:** Liliaceae

**Latince isim:** *Eremurus spectabilis* M.Bieb.

**Türkçe isim:** Çiriş

**Yöresel isim:** Sıtırk

**Kullanılan kısım:** Yaprak ve kökleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Bitkinin taze yaprak ve sürgünleri sebze ve yemeklerde kullanılır.

**Familyası:** Apiaceae

**Latince isim:** *Smyrniolum olusatrum* L.

**Türkçe isim:** Yabani kereviz

**Yöresel isim:** Gelendor

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Nefes darlığı ve mide rahatsızlıklarına karşı etkilidir. Taze olan genç gövdesi soyularak tüketilir.

**Familyası:** Apiaceae

**Latince isim:** *Anethum graveolens* L.

**Türkçe isim:** Dereotu

**Yöresel isim:** Dardurağ

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kolesterol tedavisinde kullanılır. Çiğ ya da suda kaynatılarak suyu içilir. Ayrıca taze olarak salata ve cacıkta kullanılır. Kurutulmuş yemeklere tat vermek için baharat olarak da tüketilir.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Helichrysum arenarium* subsp. *Aucheri*\*

**Türkçe isim:** Yayla çiçeği

**Yöresel isim:** Gula zer, Sisın, Gulerink



**Yöresel isim:** Çatıra kuvi  
**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Nefes darlığı ve mide iltihabı tedavisinde kullanılır. Bitki çay olarak demlenip içilir. Ayrıca taze veya kurutulmuş halde yemeklerde baharat olarak tüketilir. Peynir tat ve aroma vermek için de kullanılır.

**Familyası:** Rosaceae

**Latince isim:** *Rosa canina* L.

**Türkçe isim:** Kuşburnu

**Yöresel isim:** Şilandık

**Kullanılan kısım:** Meyveleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Öksürük, romatizma, grip, bronşit, şeker hastalığı ve idrar yolları rahatsızlıklarına iyi gelir. Ayrıca vücut direncini artırıcı özelliği vardır. Olgunlaşmış meyveler çiğ olarak yenildiği gibi reçel ve marmelatı da yapılır. Ayrıca kurutulmuş meyveler kış çayı olarak da tüketilir.

**Familyası:** Apiaceae

**Latince isim:** *Falcaria vulgaris* Bernh.

**Türkçe isim:** Orak otu

**Yöresel isim:** Bagelaşk

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısmı kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Bıçak kesikleri ve yaralarının iyileştiricisi olarak kullanılır. Taze yeşil yapraklar ezilip yara üzerine bırakılıp bezle sarılır. Ayrıca yeşil yapraklar çiğ veya salataya konularak tüketilir.

**Familyası:** Equisetaceae

**Latince isim:** *Equisetum fluviatile* L.

**Türkçe isim:** Atkuyruğu

**Yöresel isim:** Giyamambel Giyagezik, Getgedok

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü aksam kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Tansiyon, mide rahatsızlıklarına, karaciğer yağlanmasına, böbrek ve idrar yolu rahatsızlıklarına karşı etkilidir. Suda demlenerek çay olarak içilir.

**Familyası:** Valerianaceae

**Latince isim:** *Centranthus longiflorus* Stev. subsp. longiflorus

**Türkçe isim:** Mahmuz çiçeği

**Yöresel isim:** Soryaz

**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Yöresel yemeklerde taze veya kurutulmuş olarak tüketilir.

**Familyası:** Apiaceae

**Latince isim:** *Foeniculum vulgare* R. Mill.

**Türkçe isim:** Rezene

**Yöresel isim:** Rizyane

**Kullanılan kısım:** Tohum ve toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Yeni doğan çocuklarda karın ağrısı giderici olarak kullanılır. Bitki tohumu ezilip toz haline getirilip şeker ile karıştırılarak temiz bir beze konulur. Bez emzik başı gibi topuz haline getirilerek çocuklara emzirtilir. Ayrıca yemeklerde baharat olarak da kullanılır.

**Familyası:** Rosaceae

**Latince isim:** *Alchemilla hessii* Rothm.

**Türkçe isim:** Aslanpençesi

**Yöresel isim:** Giyabirin

**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kadın hastalıkları, iltihaplar ve kesik yaralarının tedavisinde kullanılır. Yapraklar ezilip lapa haline getirilerek yaralara konulur. Kurutulmuş yapraklar demlenerek çay olarak içilir.

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Mide rahatsızlıkları ve bağırsak kurtlarını düşürücü faydaları bulunur. Öksürük, karın ağrısı, romatizma ve idrar yolları iltihabında düzenleyici özelliği de vardır. Kurutulmuş bitkiler suda kaynatılarak günde bir öğün içilir.

**Familyası:** Anacardiaceae

**Latince isim:** *Rhus coriaria* L.

**Türkçe isim:** Sumak

**Yöresel isim:** Sımak

**Kullanılan kısım:** Meyvesi kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Tansiyon, şeker hastalığı ve ağız içi yaralara karşı tedavi edici özelliği vardır. Ayrıca olgunlaşmış meyveler kurutulup, öğütülerek baharat olarak yemeklerde ve salatalarda kullanılır. Meyveler taze iken çiğ olarak da tüketilir.

**Latince isim:** *Artemisia absinthium* L.

**Familyası:** Asteraceae

**Türkçe isim:** Acı pelin

**Yöresel isim:** Bevüjana kuvi, Giyabent

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısmı kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Şeker hastalığı, nefes darlığı, ateş ve kurt düşürücü, iştah açıcı ve mide rahatsızlıklarına karşı etkilidir. Kurutulmuş çiçek ve yapraklar suda kaynatılarak içilir.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Cirsium pubigerum* (Desf.) DC. var. spinosum Pet.

**Türkçe isim:** Dere kangalı

**Yöresel isim:** Kivari avi

**Kullanılan kısım:** Kök ve gövdesi kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Vücuttaki şişkinliklerin giderilmesi için kullanılır. Genç ve taze olan gövde kısmı soyulup çiğ olarak tüketilir. Kök kısmı ezilip lapa haline getirilerek hastalıklı bölgeye uygulanır.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Tanacetum oltense* (Sosn.) Grierson.\*

**Türkçe isim:** Pire otu

**Yöresel isim:** Kulilkabayê, Beybün, Bevüjan

**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Şeker hastalığı, karın ağrısı, adet sancısı ve rahim iltihap temizleyici özelliği bulunur. Kurutulmuş bitkiler sıcak suda 15 dakika demlenerek çay olarak günde iki kez tok karna tüketilir.

**Familyası:** Plantaginaceae

**Latince isim:** *Plantago lanceolata* L.

**Türkçe isim:** Dar Yapraklı Sınir otu

**Yöresel isim:** Giyamambel, Hevizara direj

**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Mide hastalıkları ve kanayan yaralara karşı kullanılır. Kurutulmuş yapraklar ezilip bal ile karıştırılarak tüketilir. Ayrıca taze yapraklar kanayan yaraların üstüne konularak uygulanır. Diş ağrısı ve iltihabına karşı da taze yapraklar ezilip üzerine konulur.

**Familyası:** Asteraceae

**Latince isim:** *Anthemis austriaca* Jacq.

**Türkçe isim:** Papatya

**Yöresel isim:** Papatya

**Kullanılan kısım:** Çiçekleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Soğuk algınlığına, öksürük, iltihap sökücü ve karın ağrıları giderici gibi faydalı özellikleri bulunur. Kurutulmuş çiçekler kış çayı olarak demlenip içilir.

**Familyası:** Asteraceae  
**Latince isim:** *Cirsium haussknechtii* Boiss.  
**Türkçe isim:** İnce kantal  
**Yöresel isim:** Kifar, Kelemok  
**Kullanılan kısım:** Kök, gövde ve tohumları kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Diş temizleyici, ağız kokusu giderici, iştah açıcı, kırık ve çatlakların iyileştirici özelliği vardır. Bitkinin öz suyundan sakız yapılarak kısırlık tedavisinde yakı olarak kullanılır. Basur tedavisinde ise tohumlar ezilip balla karıştırılarak tok karna günde bir defa tüketilir. Bitki taze iken gövdesi soyulup çiğ olarak yenilir.

**Familyası:** Lamiaceae  
**Latince isim:** *Salvia pocalata* Náb.  
**Türkçe isim:** Öküzpörçüğü  
**Yöresel isim:** Ezmangag  
**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Taze yapraklarından sarma yapılır.

**Familyası:** Rosaceae  
**Latince isim:** *Malus sylvestris* Mill.  
**Türkçe isim:** Yabani elma  
**Yöresel isim:** Sevik, Seve talk  
**Kullanılan kısım:** Meyvesi kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Grip ve nezle hastalıklarında boğaz yumuşatıcı olarak kullanılır. Olgunlaşmış meyveler çiğ olarak yenildiği gibi hoşaf, reçel, komposto ve meyve suyu da yapılır. Ayrıca meyveler kış çayı olarak diğer bitkilerle karıştırılarak demlenip suyu içilir.

**Familyası:** Rubiaceae  
**Latince isim:** *Galium consanguineum* Boiss.  
**Türkçe isim:** Altın ipçik  
**Yöresel isim:** Babelisk  
**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısmı kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Basur hastalığına iyi gelir. Toprak üstü kısmı ezilerek hastalıklı bölgeye sürülür.

**Familyası:** Asteraceae  
**Latince isim:** *Echinops heterophyllus* P.H. Davis  
**Türkçe isim:** Mavi dünya  
**Yöresel isim:** Bağuçe, Kelemok  
**Kullanılan kısım:** Çiçek tablası kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Yeşil çiçek tablası temizlendikten sonra içi çiğ olarak tüketilir.

**Familyası:** Violaceae  
**Latince isim:** *Viola odorata* L.  
**Türkçe isim:** Mor menekşe  
**Yöresel isim:** Binevsok  
**Kullanılan kısım:** Yaprak, çiçek ve gövde kısımları kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Mide ve böbrek ağrılarının tedavisinde kullanılır. Çiçekleri taze iken çiğ olarak tüketilir. Ayrıca kurutulmuş bitki suda kaynatılarak suyu içilir.

**Familyası:** Asteraceae  
**Latince isim:** *Taraxacum montanum* (C.A. Mey.) DC.  
**Türkçe isim:** Karahindiba  
**Yöresel isim:** Pıtot  
**Kullanılan kısım:** Bitki sütü kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Vücuttaki yara ve kesiklerin tedavisinde kullanılır. Ayrıca bitki sütünün göz kızarıklıklarını giderici özelliği bulunur.

**Familyası:** Brassicaceae

**Familyası:** Malvaceae  
**Latince isim:** *Alcea hohenerkeri* Boiss.  
**Türkçe isim:** Gülhatmi  
**Yöresel isim:** Hero  
**Kullanılan kısım:** Yaprak, gövde ve kökler kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Böbrek, üst solunum yolu enfeksiyonları, akciğer rahatsızlıkları ve kadın hastalıkları tedavisinde kullanılır. İdrar yolu hastalıkları ve böbrek taşı düşürücü özelliği de vardır. Ayrıca migren ağrılarına karşı da faydalı olmaktadır. Kurutulmuş bitki kısımları demlenerek suyu içilir.

**Familyası:** Zygophyllaceae  
**Latince isim:** *Tribulus terrestris* L.  
**Türkçe isim:** Demir diken  
**Yöresel isim:** Sedıdan  
**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Böbrek taşı düşürücü, ishal ve şeker hastalığı tedavisinde kullanılır. Kurutulmuş bitki suda kaynatılarak suyu içilir.

**Familyası:** Lamiaceae  
**Latince isim:** *Prunella vulgaris* L.  
**Türkçe isim:** Acı Fesleğen  
**Yöresel isim:** Sosın  
**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısmı kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Balgam sökücü ve karın ağrıları giderici özelliği vardır. Kurutulmuş bitki kaynatılarak suyu içilir. Ayrıca genç sürgünleri peynir ve yemeklere katılır. Yemeklere lezzet ve aroma vermek için baharat olarak da tüketilir.

**Familyası:** Liliaceae  
**Latince isim:** *Allium scorodoprasum* L.  
**Türkçe isim:** Yabani soğan  
**Yöresel isim:** Kurat  
**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Tansiyon düşürücü, iştah açıcı gibi faydaları bulunur. Otlu peynir yapımında kullandığı gibi sebze ve baharat olarak da tüketilir.

**Familyası:** Campanulaceae  
**Latince isim:** *Michauxia laevigata* Vent.  
**Türkçe isim:** Kırtmaç  
**Yöresel isim:** Şilgivik  
**Kullanılan kısım:** Gövde kısmı kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Genç formda iken gövdesi soyulup çiğ olarak tüketilir.

**Familyası:** Asteraceae  
**Latince isim:** *Inula helenium* L.  
**Türkçe isim:** Andız otu  
**Yöresel isim:** Peniruk  
**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Basur hastalığı tedavisinde kullanılır. Taze yapraklar ezilip hastalıklı bölgeye sürülür. Ayrıca kurutulmuş bitki toz haline getirilerek vazelin ile birlikte hastalıklı alana sürülür.

**Familyası:** Boraginaceae  
**Latince isim:** *Alkanna froedinii* Rech. F.  
**Türkçe isim:** Havacıva otu  
**Yöresel isim:** Mijmjok, Güzrik  
**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Karın ağrıları giderici özelliği vardır. Kökleri kaynatılarak suyu sabah-akşam bir bardak içilir. Ayrıca taze veya kurutulmuş olarak yemeklere katılarak tüketilir.

**Familyası:** Liliaceae

**Latince isim:** *Alyssum pateri* Nyár. subsp. pateri  
**Türkçe isim:** Kanatlı kevre  
**Yöresel isim:** Keselmehmut  
**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Mide ve böbrek rahatsızlıkları ve ishal giderici olarak kullanılır. Kurutulmuş bitki suda kaynatılarak suyu içilir.

**Familyası:** Fabaceae  
**Latince isim:** *Medicago sativa* L.  
**Türkçe isim:** Yonca  
**Yöresel isim:** Once, Hespist  
**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kesik ve yaralarda kanamayı durdurma etkisi bulunur. Bitki yeşil iken ezilerek lapa haline getirilip kesilen bölgeye konulur. Ayrıca kök kısmı peynir mayası yapımında kullanılır.

**Familyası:** Geraniaceae  
**Latince isim:** *Pelargonium quercetorum* Agnew  
**Türkçe isim:** Sardunya  
**Yöresel isim:** Tolke  
**Kullanılan kısım:** Yaprak ve kökleri kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Çocuklarda bağırsak kurtları, boğaz rahatsızlıkları, baş ve boyun ağrıları ve deri yaralarının iyileştirici özelliği vardır. Kök kısmı suda kaynatılarak suyu içilir. Yaprakları sarma ve genç sürgünleri de sebze ve yemekler katılarak tüketilir.

**Familyası:** Liliaceae  
**Latince isim:** *Ornithogalum arcuatum* Steven.  
**Türkçe isim:** Kurt kırışi  
**Yöresel isim:** Gula spi, Hintiş, Şimli  
**Kullanılan kısım:** Kökleri kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Balgam sökücü, iştah açıcı ve yorgunluk giderici faydaları vardır. Kurutulmuş kök ezilip toz haline getirilip isteğe bağlı olarak bal ya da kaynamış suya karıştırarak tüketilir.

**Familyası:** Rosaceae  
**Latince isim:** *Rubus caesius* L.  
**Türkçe isim:** Böğürtlen  
**Yöresel isim:** Tıriyi reř, Dúdırk  
**Kullanılan kısım:** Meyvesi kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Böbrek taşı düşürücü, kabızlık ve şeker hastalığı tedavisinde kullanılır. Olgunlaşan meyveler çiğ olarak yenildiği gibi reçel, komposto ve marmelatı da yapılarak tüketilir.

**Familyası:** Poaceae  
**Latince isim:** *Hordeum bulbosum* L.  
**Türkçe isim:** Boncuk arpa  
**Yöresel isim:** Qamiş, Pivok  
**Kullanılan kısım:** Yumruları kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** şeker hastalığı tedavisinde kullanılır. Yumrular suda kaynatılarak aç karna günde bir bardak içilir. Ayrıca Toprak üstü aksamı genç iken çiğ olarak tüketilir.

**Latince isim:** *Allium akaka* S.G. Gmelin  
**Türkçe isim:** Kuzukulağı  
**Yöresel isim:** Guhbızın  
**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Bitki taze ve kurutulmuş olarak peynir ve yemeklere katılarak tüketilir.

**Familyası:** Fabaceae  
**Latince isim:** *Ononis spinosa* L.  
**Türkçe isim:** Kayışkıran kökü  
**Yöresel isim:** Semisk  
**Kullanılan kısım:** Yaprakları kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Taş düşürücü, yara, egzama ve deri hastalıklarının tedavisinde kullanılır. Kurutulmuş yapraklar kaynatılarak suyu içilir. Ayrıca genç yapraklar yemeklere katılarak tüketilir.

**Familyası:** Lamiaceae  
**Latince isim:** *Ocimum basilicum* L.  
**Türkçe isim:** Fesleğen  
**Yöresel isim:** Mezre rıhan, Rıhan  
**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Mide rahatsızlıkları giderici ve yatıştırıcı, gaz giderici ve egzama hastalığının tedavisinde kullanılır. Ayrıca taze olarak salatalara katıldığı gibi kurutulan bitki yemeklerde baharat olarak tüketilir.

**Familyası:** Rosaceae  
**Latince isim:** *Pyrus syriaca* Boiss. var. syriaca  
**Türkçe isim:** Adi armut  
**Yöresel isim:** Kurstık, Gırsık  
**Kullanılan kısım:** Meyvesi kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Mide ağrıları ve balgam sökücü özelliği bulunur. Meyveler olgunlaştıktan sonra çiğ olarak tüketilir. Kurutulmuş meyveler hoşaf ve kompostosu yapılır.

**Familyası:** Liliaceae  
**Latince isim:** *Allium giganteum* Regel  
**Türkçe isim:** Başlı soğan  
**Yöresel isim:** Lüş  
**Kullanılan kısım:** Toprak üstü kısım kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Genç yapraklar doğranıp haşlandıktan sonra peynir ve yemekler katılarak tüketilir.

**Familyası:** Cucurbitaceae  
**Latince isim:** *Bryonia multiflora* Boiss. & Heldr.  
**Türkçe isim:** Ülüngür  
**Yöresel isim:** Daraling  
**Kullanılan kısım:** Kökleri kullanılır.  
**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Kabızlık, basur, mide sancısı giderici olarak kullanılır. Kökleri kaynatılarak suyu içilir veya lapa haline getirilip kabızlık giderici olarak kullanılır.

**Familyası:** Gentianaceae

**Latince isim:** *Gentiana olivieri* Griseb.

**Türkçe isim:** Afat otu

**Yöresel isim:** Asmin

**Kullanılan kısım:** Çiçekleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Migren, baş ağrısı, iştah açıcı ve ateş düşürücü olarak faydalanılır. Bitkinin kurutulmuş çiçekleri sıcak suda demlenerek çay olarak içilir.

**Familyası:** Rosaceae

**Latince isim:** *Crataegus monogyna* L.

**Türkçe isim:** Alıç

**Yöresel isim:** Guhişk

**Kullanılan kısım:** Meyveleri kullanılır.

**Kullanılış Amacı ve Şekli:** Sindirim bozukları, kalp ve damar tıkanıklığı, diş eti hastalığı ve tansiyon dengeleyici olarak kullanılır. Ayrıca stres ve depresyona iyi geldiği gibi zayıflatıcı özelliği de bulunur. Olgunlaşmış meyveler çiğ olarak tüketildiği gibi kışın da bitkisel çay olarak suyu içilir.

### 3.2.Doğal Alanlar ve Tarımsal Ekosistemlerden Yabani/Yabancı Otlar Toplanırken Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar ve Aşırı Bitki Toplamının Etkileri

Doğadaki biyoçeşitliliğin korunması ve sürdürülebilirliğin sağlanması için bitki toplama çalışmalarında Bitki Genetik kaynaklarının toplanmasında izlenmesi gereken kurallar dikkate alınmalıdır (Özer ve ark., 1998). Bu çerçevede bitki toplayıcılarının topladıkları bitkileri çok iyi tanımaları, koruma altında olan bitkileri toplamamaları, soğanlı ve yumruolu bitkilerin soğanlarını ve yumrularını toplamamaları, çalı formdaki bitkileri kökten kesmemeleri gerekmektedir. Ancak bazı bölgelerde kışın yakacak olarak kullanılan çalı formdaki bitkileri kökten keserek toplamaktadırlar (Pala ve Dilmen, 2020). Ayrıca yöredeki bitki toplayıcılarının doğadaki bitki florası hakkında yeterli düzeyde bilgi sahibi olmadığı görülmüştür. Toplayıcıların, bölgede topladıkları bitkilerin statüleri (endemik, istilacı veya nesli tehlike altında olan tür vb) hakkında herhangi bir bilgi birikimlerinin de olmadığı saptanmıştır. Bu durum yöredeki biyolojik çeşitlilik açısından büyük bir sorun teşkil etmektedir. Buna yöredeki işsiz ve düşük gelirli ailelerin bitki toplama meslek haline getirmeleri de ilave edildiğinde; nesli tehlike altında olan bitki türlerinin aşırı ve kontrolsüz toplamaları sorununu daha da derinleştirmektedir. Zira bitki toplayıcıları çoğunlukla rastlanma sıklığı ve popülasyon seviyesi nispeten düşük ancak ekonomik değeri yüksek olan gıda ve tıbbi amaçla kullanılan bitki türleri ve endemik nitelik taşıyan soğanlı bitkileri toplayarak gelir elde etmektedirler. Bu nedenle özellikle ilkbahar aylarında bitki toplayıcılarının sayıları oldukça artmakta ve bölge dışından insanlar da yöreye akın etmektedir. Bilhassa elverişli coğrafyası ve zengin biyoçeşitliliği nedeniyle Yüksekova ilçesi ve bağlı mezralarında doğal bitki örtüsü daha da büyük tehdit altında olduğu görülmektedir. İnsan baskısı altında olması nedeniyle her geçen yıl toplanan bitkilerin popülasyon yoğunluklarının ciddi seviyede azaldığı yöre halkı tarafından da dile getirilmektedir. Dolayısıyla daha önce Özkahraman (2019) tarafından da belirtildiği üzere yörede etnobotanik nitelik taşıyan bitki türlerinin bölgede tehlike altında oldukları sonucuna varılmıştır.

Bitkilerin aşırı ve kontrolsüz olarak kökleriyle beraber toplanması alanda bitkinin neslinin devamını sağlayacak üreme organlarının oluşmasını (özellikle tohumla üreyen türlerde) temin edecek kadar bitkinin doğada kalmasına engel olmaktadır. Bölgede yapılan araştırmalar ve arazi sürveysleri sonucunda bitki örtüsündeki değişimin kısmen ekolojik faktörler (iklimsel değişiklikler) ve arazi kullanımında görülen değişimlerin de (doğal alanlar ve özellikle meraların tarım arazisi ve/veya başka amaçlarla kullanılması vb) rol oynadığı saptanmıştır. Dolayısıyla bölgede yoğun olarak yararlanılan türlerin yoğunluk ve rastlanma sıklığında görülen düşüşlerin en önemli sebepleri;

- 1.Aşırı ve bilinçsiz tarımsal faaliyetler, orman ve mera alanlarının tarıma açılması, yol ve madencilik çalışmaları, orman yangınları, erozyon vb hususlar,
- 2.Şehirleşmenin ve endüstrileşmenin getirdiği olumsuz etkileri,
- 3.Eğitim, yetişmiş insan ve denetim eksikliği,
- 4.Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin olumsuz etkileri,
- 5.Karayolları ağının gelişmesi ile birlikte bitki toplayıcılarının istila edemediği doğal alanlara (yüksek yaylaları) kolayca ulaşabilmeleri,
- 6.Toplanan bitki organlarının bıçak veya makasla kesilmesi önerilirken bölgede bitki toplayıcılarının bel veya kürek gibi araç ve gereçler kullanarak bitkilerin kök veya soğan yapılarına zarar vererek toplamaları floradaki bitki popülasyonlarını ciddi anlamda zarara uğratmaktadır,
- 7.Diğer yandan bölgede çoğunlukla mera hayvancılığı yapıldığından, çayır-mera ve yaylalarda aşırı hayvan otlatmadan dolayı bölgedeki biyolojik çeşitlilik giderek azalmaktadır,
- 8.Hayvan otlatmanın dışında hayvanların kış beslenmesinde kullanılan yemlerde yazın çayır-mera alanlardaki bitkiler çiçeklenme döneminde biçilerek yem olarak değerlendirilmektedir. Bu durum da zaman zaman bitkiler tohum bağlamadan yapıldığından tür zenginliği veya popülasyon yoğunlukları önemli ölçüde azalmaktadır.





Şekil 1. Hakkâri’de tarım alanları ve doğal ekosistemlerden yabancı ot ve/veya yabancı bitkilerin toplanması (Anonim, 2020c)

### 3. 3. Bölgede Sayıları Giderek Azalan ve Nesli Tehlike Altında Olan Bazı Yabancı bitki Türleri

Yapılan srvey çalışmalarının sonuçları, kişisel deneyimler ve kırsal alanlarda yaşayan halkla yaptığımız görüşmeler neticesinde bölgede bitki çeşitliliğinde yıllar içerisinde büyük değişimlerin yaşandığı sonucuna varılmıştır. Yukarıda belirtilen sebeplerden kaynaklanan bu değişimin geri dönüşümü olmayan bir hal alma riski bulunmaktadır.

Nitekim toplayıcılar bu türlerin eskiden yerleşim yerlerinin çevresinde dahi bulunduğu ancak kontrolsüz ve aşırı toplanmaları nedeniyle sayılarının eskiye nazaran çok azaldığı hatta hiç kalmadığı ifade etmektedirler. Ayrıca ayır-meralarda dahi aşırı ve kontrolsüz toplanması sonucu bu türlerin popülasyonlarının giderek azaldığı ifade edilmiştir. Diğer bir değişim faktörü ise aşırı hayvan otlatılması nedeniyle bazı türler yok olurken, bazı türlerin ise özellikle hayvanlar tarafından yenilmeyen dikenli (geven gibi) bitkilerin daha fazla çoğalmasına neden olmaktadır. Ancak dikenli bir tür olan Kenger bitkisi hayvanlar tarafından yenilemediği halde insanlar tarafından kontrolsüz toplanması sebebiyle nesli tehlikede olan türlerden birisidir. Bu kapsamda bölge florasında yapılan srvey ve mülakatlar sonucunda ekonomik getirisi fazla olan türlerin neslinin daha büyük tehlike altında olduğu tespit edilmiştir. Bu durumun yukarıda sıralanan nedenler yanında özellikle bölgedeki geçen nüfusun ve işsizliğin giderek artması nedeniyle bitki toplayıcıların sayılarının gün geçtikçe artmasının bir sonucu olduğu düşünülmüştür. Dolayısıyla bölgenin halk kültüründe önemli bir yere sahip olan ve önemli bir ekonomik değere de sahip bulunan bitki türleri büyük tehlikelerle karşı karşıyadır.



Yapılan srvey, gözlem, mülakat ve literatür çalışmaları sonucunda bölgede en fazla toplanan ve nesli tehlike altında olan bitki türlerinin; Köse otu (*Diplotaenia cachrydifolia*), Yayla muzu (*Rheum ribes*), Kenger *Gundelia tournefortii*), Mendi (*Chaerophyllum macrospermum*), Mahmuz ıeği (*Centranthus longiflorus*), Mesire otu (*Pimpinella anthriscoides*), Yabani soğan (*Allium giganteum*), Kekik (*Thymus kotschyanus*), Ters lale (*Fritillaria imperialis*), ayır salep (*Orchis palustris*) ve Yabani mantar (*Pleurotus eryngii*) olduğu sonucuna varılmıştır.

#### 4. Sonuç

Çalışma kapsamında yörede yapılan srvey, mülakat ve literatür çalışmaları sonucunda; yöre halkı tarafından 40 familyaya ait 116 yabani/yabancı ot türünün farklı amaçlarla kullanıldığı saptanmıştır. Yöre halkıyla yapılan görüşmelerde ve arazi gözlemleri sonucunda Siyabo (*Diplotaenia cachrydifolia*), Revas (*Rheum ribes*), Mendi (*Chaerophyllum macrospermum*), Soryaz (*Centranthus longiflorus*), Kengir (*Gundelia tournefortii*) gibi bitkilerin (tohum, toprak üstü ve toprak altı kök kısımları) en fazla yararlanılan türler olduğu saptanmıştır. Ayrıca yörede gıda veya tedavi amaçlı kullanılan; Sirik (*Allium giganteum*), Catır (*Thymus kotschyanus*), Bevjan (*Tanacetum argyrophyllum*), Nojdar (*Lepidium latifolium*), Hiro (*Alcea flavovirens*), Pnge (*Mentha longifolia*), Gezgezng (*Urtica dioica*), Alo (*Pimpinella anthriscoides*), Sov (*Heracleum persicum*) ve Sıpink (*Tragopogon bupthalmoides*) gibi yabancı/yabani bitki türlerinin de nispeten yoğun bir kullanıma sahip oldukları görülmüştür. Yapılan srveylerde insanlar tarafından rahatlıkla erişim sağlanan bölgelerde bu bitkilerin rastlanma sıklığı ve yoğunluklarının önemli ölçüde düştüğü belirlenmiştir. Ancak özellikle bölgenin yüksek yerlerinde bitki toplayıcılarının gidemediği alanlarda bu bitkilerin nispeten yüksek yoğunluklarda bulunabileceği ve bölgenin ekolojik çeşitliliğinin bir sonucu olarak buralarda başka türlerin (endemik nitelik taşıyan) ok sayıda bitki türünün de bulunabileceği ifade edilmektedir (ztrk ve zelik, 1991; Yıldırım, 1991; Vural ve ark., 1997; ; Baytop, 1999; Ertuğ, 2000; şimşek ve ark., 2002; Arık, 2003; zgen ve ark., 2004; Türkoğlu ve ark., 2006; Gencay, 2007; Yeşil, 2007; Yapıcı ve ark., 2009; Alpaslan, 2012; Mkemer, 2013; Vural, 2014; zaslan ve ark., 2016). Dolayısıyla en azından bu bölgeler insanların kontrolsüz erişimine aılmaması bölgenin biyolojik zenginliğinin korunarak gelecek nesillere aktarılması açısından önem taşımaktadır.

Bölgede başta sosyo-ekonomik faktörler olmak üzere insanların doğal bitki örtüsü üzerinde; aşırı otlama, aşırı bitki toplama, ormanların yok edilmesi ve yanlış tarımsal faaliyetler gibi tehditler yörenin zengin ekolojisine büyük zararlar vermektedir. Ayrıca bölgenin biyolojik çeşitliliğini tehdit eden önemli bir faktörün de gün geçtikçe sayısı artmakta olan maden ocakları olduğu belirtilmektedir (Kaval, 2011). Diğer yandan bölgede toplanarak kullanılan yabani bitkilerin popülasyon yoğunlukları düştükçe ekonomik değeri arttığından bitki toplayıcıların sayısını da özellikle ilkbahar aylarında arttırmaktadır. Bu durum toplayıcıların daha geniş alanlara yayılmasına neden olmakta ve özellikle siyabo, kengir, revas ve mendi gibi bitkiler nerede ise tamamen toplanmaktadır. Bitkiler iek açıp, tohum bağlanmasına fırsat verilmeden bütün bitki kısımlarının sklp toplanmaktadır. Bu nedenle bölge doğal bitki örtüsü giderek zayıflamakta veya birçok bitki türü yok olmayla karşı karşıya kalmaktadır. Ayrıca bölgede mera hayvancılığından kaynaklanan aşırı otlama da bölgedeki endemik türler başta olmak üzere bitki erozyonuna neden olmaktadır. Hakkari yresiyile özdeşleşen ağlayan gelin (ters lale) ve sosin ıeği gibi soğanlı endemik türler doğal yaşam alanlarının bozulması nedeniyle nesli tehlike altında olan diğer bazı endemik bitki türleridir (Akçiçek ve Vural, 2007; Manvelidze ve ark., 2009; Balkaya ve ark., 2015; elikel, 2015; Nohutçu ve ark., 2019).

Çalışma sonuçları bölgede ekonomik değere sahip bitki türlerinin durumu ve korunmasına yönelik detaylı çalışmaların yapılması, ayrıca en azından belirli türlerin kültüre alınmasına yönelik araştırmaların yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca bölgede soğanlı türlerin (*Lilium* spp.) biyolojik ve ekolojik özelliklerine yönelik bilimsel araştırmalar artırılmalı, bu türlerin korunması, neslini devam ettirebilmesi ve mevcut popülasyonun zarar görmemesi için başta bitki toplayıcıları olmak üzere yöre halkının konunun önemi hakkında eğitim ve seminerler verilerek bilinçlendirilme çalışmaları yapılmalıdır. Ayrıca endemik olan türlerin neslini korumak amacıyla bitki örnekleri (ex-situ muhafaza) botanik bahçelerinde çoğaltılmalı ve/veya tohumlarının gen bankalarında muhafazası yoluna gidilmelidir. Ya da in vitro muhafaza tekniklerinden yararlanılarak, DNA depolanması, polen depolanması, dondurarak muhafaza veya yapay tohumlama vb yöntemler kullanılarak gen muhafaza çalışmaları yürütülmelidir (Balkaya ve Yanmaz, 2001; Nybom, 2004; Tan, 2013; elikel, 2014; zen ve ark., 2016).

Sonuç olarak; genetik kaynakların korunması ülkelerin geleceği ve ekosistem dengesinin korunması açısından oldukça önemli bir unsur olduğu ifade edilmiştir (zer ve ark., 2001; zen ve ark., 2016). Bu nedenle ülkemizin mevcut biyolojik kaynaklarının korunması, doğal ekosistemlerin korunmasından geçmektedir. Özellikle de biyolojik çeşitliliği zengin, yüksek sayıda endemik tür barındıran bölgelerde bölgeye has koruma politika ve/veya statüleri oluşturarak biyoçeşitliliğin ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği sağlanabilir (nen, 2010; nen ve zcan, 2010; zen ve ark., 2016; Demir ve elikel, 2017).

Bu çerçevede çalışma alanında biyolojik çeşitliliğin sürdürülebilir şekilde korunması için insanlar tarafından yoğun olarak toplanan ekonomik değeri yüksek bitkilerin gelecek nesillere aktarılabilmesi ekolojik ve ekonomik açıdan büyük önem arz etmektedir. Bu amaçla bir yandan gerekli yasal tedbirlerin alınması, bölgedeki biyolojik çeşitliliğin ortaya konulması için geniş kapsamlı araştırma faaliyetlerinin yapılması ve mevcut gen kaynaklarının (zellikle endemik bitki türlerin) korunmasına yönelik projelerin desteklenmesi vb çalışmalara ihtiyaç duyulurken, diğer yandan yöre halkına yönelik; doğal kaynakların korunması, doğal floradaki bitkileri tanıma, toplama ve muhafazasının yanı sıra mera yönetim sisteminin önemi vb konularda eğitim çalışmalarının yapılmasının bölge florasının korunması için elzem olduğu sonucuna varılmıştır.

## Kaynakça

- Akçiçek, E., & Vural, M. (2007). Kumalar dağı (Afyonkarahisar)'nın endemik ve nadir bitkileri, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 9(2), 78-86.
- Alpaslan, Z. (2012). Ergan Dağı (Erzincan)'nın Etnobotanik Özellikleri. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi) Erzincan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı Erzincan.
- Anonim (2019). <https://news.mongabay.com/2016/05/many-plants-world-scientists-may-now-answer/>(Erişim tarihi: 27.12.2019).
- Anonim (2020a). <https://www.turkiyebitkileri.com/tr>(Erişim tarihi: 16.01.2020).
- Anonim (2020b). <https://www.bizimbitkiler.org.tr>(Erişim tarihi: 16.01.2020).
- Anonim (2020c). <https://www.yuksekovahaber.com.tr/haber/kadinlar-daglara-dogru-7698.htm>(Erişim tarihi: 16.01.2020).
- Arık, M. (2003). Korkut (Muş) İlçesi ve Köylerinin Faydalı Bitkileri, (Yüksek Lisans Tezi) Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Van.
- Arslan, N. (2014). Endemik Tıbbi Bitkilerimiz. II. Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Sempozyumu, Bildiriler Kitabı (s., 9-21) Yalova, Türkiye.
- Balkaya, A., & Yanmaz, R. (2001). Bitki genetik kaynaklarının muhafaza imkanları ve tohum gen bankalarının çalışma sistemleri. Ekoloji Çevre Dergisi. 10(39):25-30.
- Balkaya, A., Duman, İ., Engiz, M., Ermiş, S., Onus, N., Özcan, M., Çelikel, F., Demir, İ., Kandemir, D., & Özer, M. (2015). Bahçe bitkileri tohumluğu üretimi ve kullanımında değişimler ve yeni arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi. (s., 985-1110) Ankara, Türkiye.
- Baytop A. (1989). Türkiye'nin Tıbbi ve Zehirli Bitkileri. İstanbul Üniversitesi Yayın No: 3560 Gençlik Matbaası, İstanbul.
- Baytop, T. (1999). Türkiye'de Bitkiler İle Tedavi Geçmişte ve Bugün, Baskı: II, Nobel Kitabevi İstanbul.
- Bramwell, D. (2002). How many plant species are there. Plant Talk, 28, 32-34.
- Çakmak, N. M. (2008). Biyolojik Çeşitliliğin Hukuken Korunması ve Kamu Yararı, Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 57(1),133-166.
- Çelikel, F. G. (2014). Doğal çiçek soğanları. Süs Bitkileri Ders Notları, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Samsun.
- Çelikel, FG. (2015). Süs bitkilerinde tohumluk (tohum, fide, fidan, soğan) üretimi ve kullanımı. SÜSBİR Dergisi. 2015(3), 32-33.
- Davis, P.H. (1985-1988). Flora Of Turkey And The East Aegean Islands. Vol. I-X Edinburgh Üniv. Press.
- Demir, S., & Çelikel, F.G. (2017). Türkiye'nin Nesli Tehlike Altında olan *Lilium sp.* Türleri, Türk tarım-gıda bilim ve teknoloji dergisi, 5(13), 1796-1801.
- Ertuğ, F. (2000). An Ethnobotanical Study in Central Anatolia (Turkey ), Economic Botany, 54 (2), 155-182.
- Gençay, A. (2007). Cizre (Şırnak)'nin Etnobotanik Özellikler. (Yüksek Lisans Tezi) Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Gül, V., & Dinler, B. S. (2016). Kumru (Ordu) Yöresinde Doğal Olarak Yetişen Bazı Tıbbi ve Aromatik Bitkiler. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 11 (1),146-156.ISSN 1304-9984
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., & Babaç, M.T. (2012). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler), Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- Güner, A. (2012). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler), ANG Vakfı / Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi.
- Karaer, F., Kutbay, H. G., & Terzioğlu, S. (2015). Türkiye'nin istilacı yabancı bitki biyoçeşitliliği, tehdit faktörleri ve alınması gerekli tedbirler Türk Herboloji Dergisi, 18(1-2), 24-32.
- Karagöz A., Zencirci, N., Tan, A., Taşkın, T., Köksel, H., Sürek, M., Toker, C., & Özbek, K. (2010). Bitki genetik Kaynaklarının Korunması ve Kullanımı, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, (s., 155-177) Ankara, Türkiye.
- Kaval, İ. (2011). Geçitli (Hakkâri) ve Çevresinin Etnobotanik Özellikleri. (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Van.
- Kençe, A. (1991). Biyolojik çeşitlilik. Çevre sorunları üzerine, Türkiye Çevre sorunları Vakfı Yayınları, (S., 234-248), Kavaklıdere, Ankara.
- Manvelidze, Z., Eminağaoğlu, Ö., Memiadze, N., Kharazishvili, D. (2009). Species Diversity and Conservation Priorities for Endemic Plants of Georgian-Turkish Transboundary Zone in the West Lesser Caucasus Corridor. Nugzar Zazanashvili, David Mallon (eds). Status And Protection Of Globally Threatened Species In The Caucasus. Tbilisi 2009 P:199-205.
- Mükemre, M. (2013). Konalga, Sırmalı, Dokuzdam köyleri (Çatak-Van) ve çevrelerinin etnobotanik özellikleri. (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalı, Van.
- Nohutçu, L., Tunçtürk, M., & Tunçtürk, R. (2019). Yabani Bitkiler ve Sürdürülebilirlik, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 24(2), 142-151.
- Nybom, H. (2004). Comparison of different nuclear DNA markers for estimating intraspecific genetic diversity in plants. Mol. Ecol. 13(5), 1143-1155.
- Oğuz, F. (2016). Yüksekova (Hakkâri) Yöresinde Halk Tababetinde Kullanılan Bitkiler ve Kullanım Alanları, (Yüksek Lisans Tezi), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Van.
- Önen, H., & Özcan, S. (2010). İklim Değişikliğine Bağlı Olarak Yabancı Ot Mücadelesi. Ed. SAYILI, M. 2010. İklim Değişikliğinin Tarıma Etkileri ve Alınabilecek Önlemler. T.C. Kayseri Valiliği İl Tarım Müdürlüğü Yayın No:2, 336-357, Fidan Ofset, Kayseri.
- Önen, H. (2010). Küresel Isınma ve Biyolojik Çeşitlilik. Ed. Serin, Y. 2010. Küresel İklim Değişimine Bağlı Sürdürülebilir Tarım, Cilt III Teknik Eleman Eğitimi Chapter, Erciyes Üniversitesi Yayın No:177, Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Yayın No:1, S:134-154, Fidan Ofset, Kayseri.

- Özaslan, C., Farooq S., & Önen, H. (2016). Ruthless Use Can Pose Extinction Risk To Gundelia (Gundelia Tournefortii L.) In Southeastern Anatolia Region Of Turkey, VII International Scientific Agriculture Symposium, (p., 629-630) Bosnia and Herzegovina.
- Önen H., Farooq S., & Gunal, H. (2016). Impacts of invasive plants on ecosystem functioning and biodiversity in terrestrial ecosystems. In: COST Action ES1104 White Paper on the Restoration of Drylands.
- Onen, H., Farooq, S., & Ozaslan, C. (2017). "Do management efforts and vegetation succession affect the naturalisation success and vegetation dynamics of Common Ragweed in Turkey?", in: Proceedings of 7th ESENIAS Workshop with Scientific Conference(p., 88) Sofia
- Özen, F., Aka, G.E., & Aksoy, Ö. (2016). Genetic diversity and conservation strategies of some *Lilium candidum* L. population in Turkey. Bangladesh Journal of Botany, 45(1), 133-141.
- Özer, Z., Tursun, N., Önen, H., Uygur, F.N. & Erol, D. (1998). Herbaryum Yapma Teknikleri ve Yabancı Ot Teşhis Yöntemleri. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:22 Kitap Serisi No:12 TOKAT
- Özer, Z., Önen, H., Tursun, N., & Uygur, F. N. (1999). Türkiye'nin Bazı Önemli Yabancı Otları. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No:38 Kitap seri No:16, Tokat.
- Özer, Z., Kadioğlu, İ., Önen, H., & Tursun, N. (2001). Herboloji (Yabancı Ot Bilimi) Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:20 Kitap Serisi No:10, 3. Baskı, TOKAT
- Özer, Z., Tursun, N., & Önen, H. (2002). Yabancı Otlarla Sağlıklı Yaşam, 4 Renk Yayın Tanıtım Matbaacılık Ltd. Şti. No: 85/7 İskitler/ Ankara.
- Özer, Z., Elibüyük, E.A., Önen, H., & Tekelioğlu, O. (2004). Yabancı Otların Beslenmede ve Sağlıktaki Rolü. Ed. Toygar, K., 2004. Otların Beslenmede ve Sağlıktaki Rolü. Türk Halk Kültürünü Araştırma ve Tanıtma Vakfı Yayınları, Ankara.
- Özgen, U., Kaya, Y., & Maksut, C., (2004). Etnobotanical studies in The Villages of The District of ILICA (Erzurum), Turkey, Economic Botany 58(4), 691-696.
- Özkahraman, E. (2019). Bihar ü Pincar, <https://www.yuksekovahaber.com.tr/yazi/bihar-u-pincar-4622.htm>
- Öztürk, M., & Özçelik, H. (1991). Doğu Anadolu'nun Faydalı Bitkileri. Siskav, Siirt İlim, Spor, Kültür ve Araştırma Vakfı, Ankara.
- Pala ve Dilmen (2020). Savucak Dağı kışlak alanlarında süneye (*Eurygaster integriceps* Put.) konukçuluk eden yabancı otlar. EJONS International Journal on Mathematics, Engineering and Natural Sciences, 4(13), 60-66.
- Polat, R., Selvi, S., Çakılcıoğlu, U., & Açar, M. (2012). Bingöl semt pazarlarında satılan yabancı bitkilerin etnobotanik açıdan incelenmesi, Biological Diversity and Conservation, 5(3), 155-161.
- Serin, Y. (2008). Türkiye'nin Çayır Mera Bitkileri. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Şimşek, I., Aytekin, F., Yeşilada, E., & Yıldırım, Ş. (2002). Anadolu'da halk arasında bitkilerin kullanılış amaçları üzerinde etnobotanik bir çalışma. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler. (s., 434-457), Eskişehir, Türkiye.
- Tan, A. (2013). Bitki Genetik Kaynakları Çalışmaları, Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Tanıtım Broşürü No:3.
- Turan, L. (2007). Biyolojik çeşitlilik ve Türkiye. TUBİTAK.
- Türkoğlu, İ., Civelek, S., & Kürşat, M. (2006). Gözeli ve Kavak Ovalarında (Elazığ) Etnobotanik Bir Araştırma. Fırat University Journal of Science and Engineering, 18, 7-19.
- Uce, İ., & Tunçtürk, M. (2014). Hakkâri' de Doğal Olarak Yetişen ve Yaygın Olarak Kullanılan Bazı Yabancı Bitkiler, Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi 7 (2), 21-25. ISSN: 1308-3961, E-ISSN: 1308-0261.
- Uluğ, E., Kadioğlu, İ., & Üremiş, İ. (1993). Türkiye'nin Yabancı Otları ve Bazı Özellikleri. T.K.B. Adana Ziraat Mücadele Araştırma Enstitüsü, Yay. No: 78, 513, Adana.
- Vural, H. (2014). Ağız ve Diş Sağlığında Kullanılan Bitkiler Üzerinde Farmakognozik Çalışmalar, (Yüksek lisans tezi), Erciyes Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Farmakognozi Anabilim Dalı, Kayseri.
- Vural, M., Karavelioğulları, F. A., & Polat, H. (1997). Çiçekdağı (Kırşehir) ve Çevresinin Etnobotanik Özellikleri, OT Sistemik Botanik Dergisi, 4 (1),117-124.
- Yapıcı, İ.Ü., Hoşgören, H., & Savaş, Ö. (2009). Kurtalan (Siirt) ilçesinin etnobotanik özellikleri. Dicle Üniversitesi Ziya Gökalp Eğitim Fakültesi Dergisi, 12, 191- 196.
- Yeşil, Y. (2007). Kürecik (Akçadağ/Malatya) Bucağında Etnobotanik Bir Araştırma. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yıldırım, Ş. (1991). Munzur dağlarının tıbbi ve endüstriyel bitkileri. Fırat Havzası Tıbbi ve Endüstriyel Bitkileri Sempozyumu.(S., 83-102). Ankara.



# Parkinson Hastalığının Derecesi ile Yürüyüş Değişkenliği Arasındaki İlişkinin Bulanık Tekrarlılık Grafiğine Göre Araştırılması

İsmail Cantürk<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0690-1873)

(İlk Geliş Tarihi 5 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 13 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.699099)

**ATIF/REFERENCE:** Cantürk, İ. (2020). Parkinson Hastalığının Derecesi ile Yürüyüş Değişkenliği Arasındaki İlişkinin Bulanık Tekrarlılık Grafiğine Göre Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 410-419.

## Öz

Parkinson hastalığı (PH) beyindeki ilerleyici nöron kaybıyla ilgili olup milyonlarca insanın hayatını olumsuz yönde etkilemektedir. PH'nin tanısı genellikle radyonüklid pozitron yayınlıyıcı tomografi veya tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi gibi bazı klinik testler kullanılarak dopaminerjik nöronlardaki düşüşün belirlenmesine dayanır. Bununla beraber hastalığa uzaktan tanı koyulabilmesine yönelik çeşitli çalışmalarda literatürde yer almaktadır. PH'yi engelleyen veya iyileştiren bir tedavi yöntemi olmamakla birlikte hastalığın çeşitli belirtilerine yönelik kısmi tedaviler uygulanmaktadır. Motor ve motor olmayan belirtiler arasında titreme, sertlik, postüral dengesizlik, depresyon ve kaygı gibi çeşitli faktörler vardır. Bu çeşitli belirtilerle birlikte Parkinson hastalarının yürüyüş değişkenliği gösterdikleri saptanmıştır. Bu çalışmada Parkinson hastalarının yürüyüş verileri incelenerek, PH'nin derecesi ile yürüyüş değişkenliği arasındaki ilişki ortaya konmuştur. Yürüyüş sinyalleri tek boyutlu sinyaller şeklinde olup bu veriler bulanık tekrarlılık grafiği yöntemi ile görselleştirilmiştir. Bulanık tekrarlılık grafiği ile zaman serisi şeklindeki sinyaller dokusal bilgiler içeren resme dönüştürülmüştür. Görselleştirilen verilerde gri seviyeli eş-zamanlılık matrisi kullanılarak otokorelasyon, kontrast, korelasyon, küme önceliği, küme gölgesi, benzeşmezlik, enerji, entropi, homojenlik ve maksimum olasılık parametreleri hesaplanmıştır. Hesaplanan parametrelerin PH değerlendirme ölçekleri olan Hoehn&Yahr, UPDRS ve MDS-UPDRS ile ilişkisi araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre otokorelasyon, küme önceliği, enerji, entropi, ve maksimum olasılık parametreleri tüm değerlendirme ölçekleri ile korele olduğu saptanmıştır. Bunlardan entropi pozitif korelasyon gösterirken, diğerleri negatif korelasyona sahiptir. Korelasyon ve küme gölgesi parametrelerinin ise üç değerlendirme ölçeği ile de ilişkisi olmadığı belirlenmiştir. Hoehn&Yahr değerlendirme ölçeğinin diğer ölçeklere göre genel anlamda daha yüksek sonuçlar ortaya koyması ayırt ediciliğinin daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmanın yenilikçi yanı yürüyüş değişkenliği ile PH'nin derecesi arasındaki ilişkinin hesaplamalı yöntemlerle ortaya konmasıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Parkinson hastalığı, Parkinson hastalığının derecesi, Yürüyüş değişkenliği, Bulanık tekrarlılık grafiği, Gri seviyeli eş-zamanlılık matrisi.

## Investigation of the Relationship between Severity of Parkinson's Disease and Gait Variability Based on Fuzzy Recurrence Plot

### Abstract

Parkinson's disease is a neurodegenerative disease that negatively affects millions of lives. The diagnosis of Parkinson's disease is usually based on determining the decrease in dopaminergic neurons using some clinical tests, such as radionuclide positron emission tomography or single photon emission computed tomography. Nevertheless, there are various studies in the literature to diagnose the disease remotely. Although there is no available treatment method yet that prevents or cures Parkinson's disease, partial treatments are applied for various symptoms of the disease. Motor and non-motor symptoms include tremor, stiffness, postural instability, depression, and anxiety. Along with these various symptoms, Parkinson's patients were found to exhibit gait variability. In this study,

\* Sorumlu Yazar: Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik Elektronik Fakültesi, Elektronik ve Haberleşme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0690-1873, [icanturk@yildiz.edu.tr](mailto:icanturk@yildiz.edu.tr)



the gait signals of Parkinson's disease patients were examined and the relationship between severity of Parkinson's disease and gait variability was revealed. Gait signals are one dimensional signals and they were visualized with fuzzy recurrence plot method. Time series signals were converted to images, which contains textural information, by the aid of fuzzy recurrence plot. In the visualized data, autocorrelation, contrast, correlation, cluster priority, cluster shadow, dissimilarity, energy, entropy, homogeneity and maximum probability parameters were computed by using gray level co-occurrence matrix. The relationship between the computed parameters and, Hoehn&Yahr, UPDRS and MDS-UPDRS, which are rating scales to assess severity of Parkinson's disease, were evaluated. According to the obtained results autocorrelation, cluster priority, energy, entropy, and maximum probability parameters were found to be correlated with all rating scales. Although entropy shows a positive correlation, others have a negative correlation. Correlation and cluster shadow parameters were found to be not related to the rating scales. The fact that the Hoehn&Yahr rating scale has higher results, reveals that it is more discriminative. The innovative part of this study is demonstration of the relationship between gait variability and the severity of Parkinson's disease with computational methods.

**Keywords:** Parkinson's disease, Severity of Parkinson's disease, Gait variability, Fuzzy recurrence plot, Gray level co-occurrence matrix.

## 1. Giriş

Parkinson hastalığı (PH) en yaygın görülen nörodejeneratif hastalıklardan olmakla birlikte 65 yaş üstündeki nüfusun %2-3' ünü etkilemektedir (Poewe et al., 2017). 85 yaşın üstünde ise yaygınlık oranı %4-5' e ulaşmaktadır (De Lau et al., 2004). Nöropatolojik özellikleri arasında beyinde gözlemlenen nöron kaybı yer almaktadır. Bununla birlikte merkezi ve çevresel sinir sisteminde bulunan birçok hücre tipide hastalığın ilk dönemlerinden itibaren etkilenmektedir (Poewe et al., 2017). Hastalığın belirtileri arasında titreme, sertlik, bradikinezi ve asimetri başlangıcı vardır. İlerleyen dönemlerinde postüral dengesizlik, koku alma duyusunda azalma ve mikrografi gözlemlenir (Italian, 2003). Hastalığın motor belirtilerinin yanında depresyon, ilgisizlik, kaygı, uyku düzensizlikleri, ağrı gibi birçok motor olmayan belirtileri de bulunmakta olup bunlar erken evrelerde de görülebilmektedir (Chaudhuri & Schapira, 2009). Bazı ön çalışmalar PH'nin ilerlemesinin yavaşlatabileceğini düşündürse de hastalığı engelleyen veya tersine çevirebilen bir yöntem bulunmamaktadır (Rao et al., 2006). Hastalığın belirtileri ise kısmen tedavi edilebilmektedir (Chaudhuri & Schapira, 2009; Rao et al., 2006)

PH'nin tanısı genellikle radyonüklid pozitron yayınlıyıcı tomografi veya tek foton emisyonlu bilgisayarlı tomografi gibi bazı klinik testler kullanılarak dopaminerjik nöronlardaki düşüşün belirlenmesine dayanır (Conditions, 2006). Bununla beraber hastalığı uzaktan tanı koyulabilmesine yönelik çeşitli çalışmalarda literatürde yer almaktadır (Cantürk & Karabiber, 2016; Gündüz; Khatamino et al., 2018; C. Yücelbaş & Ş. Yücelbaş, 2019b; Ş. Yücelbaş & C. Yücelbaş, 2019). Bu çalışmalarda Parkinson hastalarının sesleri (Sakar et al., 2013; Tsanas et al., 2010; C. Yücelbaş & Ş. Yücelbaş, 2019a; Yücelbaş, 2020), el yazıları (Afonso et al., 2019; Cantürk, 2020; Naseer et al., 2019) ve yürüyüş değişkenlikleri (T. D. Pham, 2017; Pham & Yan, 2017) gibi çeşitli verilerle hastalığın belirlenmesine çalışılmıştır.

Parkinson hastalarının sabit bir yürüme ritmine sahip olmadıkları ortaya konmuştur. Bu yürüme bozukluğu adım ve salınım sürelerinde artış olarak belirlenmiştir (Frenkel-Toledo et al., 2005; Frenkel-Toledo et al., 2005). Yürüme hızı artırıldığında salınım ve adım sürelerinin aynı şekilde etkilenmediği gözlemlenmiştir (Frenkel-Toledo et al., 2005). Parkinson hastalarının yürüme esnasında kognitif işlem gerçekleştirdiklerinde yürüyüş değişkenliklerinde artış saptanmıştır (Yogev et al., 2005). Yürüyüş değişkenliği verisi kullanılarak PH'nin belirlenmesine yönelik çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Pham (T. D. Pham, 2017) tek boyutlu olan yürüyüş değişkenliği sinyallerini görselleştirerek, nörodejeneratif hastalıklarda doku tabanlı sınıflandırma yapmıştır. Pham vd. (Pham & Yan, 2017) yürüyüş değişkenliğini kullanarak tensör dekompozisyon yöntemi ile PH'yi tespit etmeye çalıştılar. Abdulhay vd. (Abdulhay et al., 2018) makine öğrenmesi teknikleri kullanarak yürüyüş verisinden PH'yi sınıflandırdılar. Aydın vd. (AYDIN & Aslan, 2017) dalgacık dönüşüm yöntemini kullanarak yere uygulanan kuvvet sinyallerinden PH gibi nörodejeneratif hastalıkları sınıflandırdılar. Yapılan çalışmalar yürüyüş verisinden PH'nin tespitine yönelik olup, literatürde PH'nin derecesi ile yürüyüş değişkenliği arasındaki ilişkiye dair çalışmaya rastlanılmamıştır.

PH'yi derecelendirmek için temel olarak 3 adet değerlendirme ölçeği kullanılmaktadır. Bunlar UPDRS (Unified PD Rating Scale-Birleşik PH Değerleme Ölçeği), MDS-UPDRS (Movement Disorder Society-Sponsored Revision of the Unified PD Rating Scale-Hareket Bozuklukları Derneği Sponsorlu Revize Birleşik PH Değerleme Ölçeği) ve Hoehn&Yahr değerlendirme ölçeğidir.

Bu çalışmada Parkinson hastaları ile sağlıklı bireylerin yürüyüş verileri bulanık tekrarlılık grafiği yöntemi ile incelenmiştir. Yürüyüş sinyalleri dokusal bilgiler içeren resme dönüştürülerek gri seviyeli eş-zamanlılık matrisi yöntemiyle çeşitli parametreler hesaplanmıştır. Hesaplanan parametrelerin PH değerlendirme ölçekleri ile ilişkisi farklı açılardan detaylı olarak araştırılmıştır. Bu çalışmanın yenilikçi yanı yürüyüş değişkenliği ile PH'nin derecesi arasındaki ilişkinin hesaplamalı yöntemlerle ortaya konmasıdır.

## 2. Materyal ve Metot

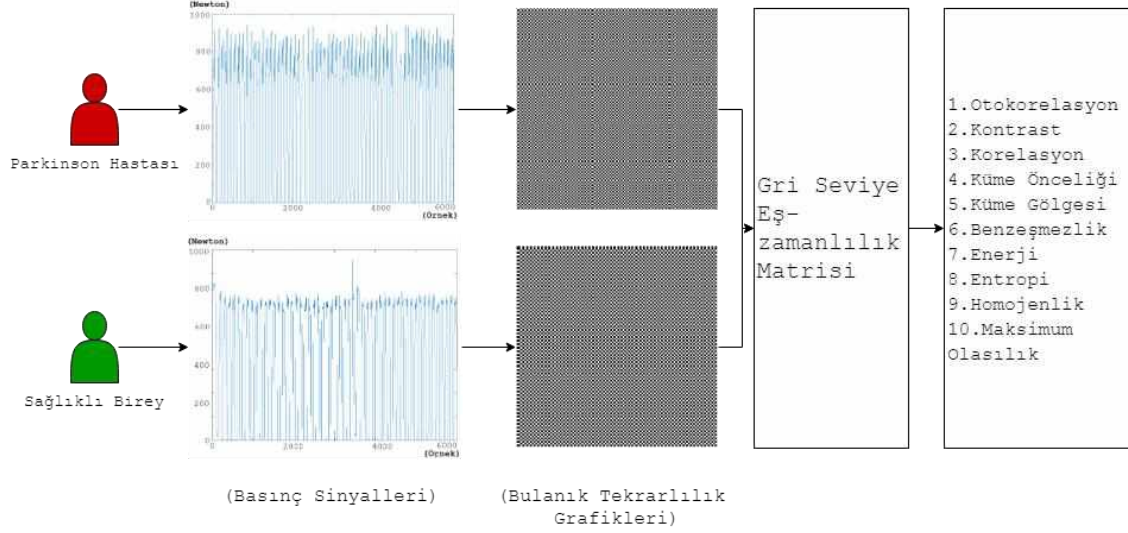
### 2.1. Önerilen Yöntem ve Veri Seti

Bu çalışmada önerilen yöntem Şekil 1'de verilmiştir. Parkinson hastaları ve sağlıklı bireylerden alınan yürüyüş verileri tek boyutlu zaman serisi şeklinde olup bulanık tekrarlılık grafiği yöntemi ile sinyaller görselleştirilmiştir. Elde edilen siyah beyaz görüntülerden gri seviye eş zamanlılık matrisleri oluşturularak otokorelasyon, kontrast, korelasyon, küme önceliği, küme gölgesi,



benzeşmezlik, enerji, entropi, homojenlik ve maksimum olasılık parametreleri hesaplanmıştır. Hesaplanan parametrelerin hastalık değerlendirme ölçekleri ile olan ilişkisi istatistiksel yöntemlerle incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan veri seti (Frenkel-Toledo et al., 2005; Frenkel-Toledo et al., 2005; Hausdorff et al., 2007; Yogeve et al., 2005) 'da elde edilmiş olup, erişime açıktır (Goldberger AL, 2003). Bu veri setinde 93 Parkinson hastasının (ortalama yaş: 66,3 yıl;% 63 erkek) ve 73 sağlıklı bireyin (ortalama yaş: 66,3 yıl;% 55 erkek) toplamda 306 adet yürüme ölçümlerini içermektedir. Deneklerin her iki ayaklarının altında bulunan 8 sensör (Ultraflex Computer Dyno Graphy, Infotronic Inc.), uygulanan basınç kuvvetini Newton cinsinden zamanın bir fonksiyonu olarak kaydetmektedir.

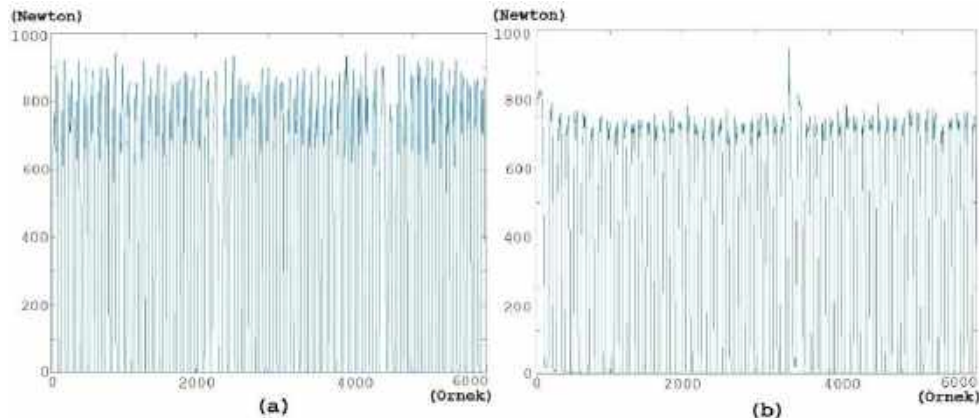


Şekil 1. Çalışma için önerilen sistem

Toplamda 16 adet sensörden elde edilen veriler 100Hz ile örneklenmektedir. Sensör lokasyonları (X,Y) koordinat düzlemine göre deneklerin pozitif Y eksenine dönük ve ayakların birbirine paralel olduğu durumda orta nokta (0,0) olarak kabul edilerek Tablo 1'de verilmiştir. Bu çalışma için sol ayakta bulunan 8 adet sensörün toplam verisi kullanılmıştır. Parkinson hastası ve sağlıklı birey için elde edilen örnek sinyaller Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Sensör lokasyonları

Sensör	(X,Y)	Sensör	(X,Y)
Sol 1	(-500,-800)	Sağ 1	(500,-800)
Sol 2	(-700,-400)	Sağ 2	(700,-400)
Sol 3	(-300,-400)	Sağ 3	(300,-400)
Sol 4	(-700,0)	Sağ 4	(700,0)
Sol 5	(-300,0)	Sağ 5	(300,0)
Sol 6	(-700,400)	Sağ 6	(700,400)
Sol 7	(-300,400)	Sağ 7	(300,400)
Sol 8	(-500,800)	Sağ 8	(500,800)



Şekil 2. (a) Parkinson hastası ve (b) sağlıklı birey için sol ayakta bulunan 8 adet sensörden toplam olarak elde edilen sinyaller

## 2.2. PH Değerleme Ölçekleri

UPDRS, PH'den kaynaklı olarak yaşanan bozulma ve kayıpların kapsamlı ve etkin bir şekilde izlenebilmesi için önceden var olan hastalığı değerlendirme ölçeklerinin birleştirilmesi ile 1980 yılında geliştirilmiştir (Fahn & Elton, 1987). Bu ölçekleme dört kısımdan oluşmaktadır: (i) Mentasyon, davranış ve ruh hali (ii) Günlük yaşam aktiviteleri (iii) Motor (iv) Komplikasyonlar (Disease, 2003). Belirtilen kısımların altlarında çeşitli alt başlıklar bulunmaktadır. Bu başlıklar için 0 ile 4 arasında (0=normal, 1=zayıf, 2=hafif, 3=orta, 4=şiddetli) değer hesaplanmaktadır. Dördüncü kısımda ise evet/hayır seçeneği sorular yer almaktadır.

MDS-UPDRS, UPDRS' de mevcut olan belirsizlikleri ortadan kaldıracak ve güncel bilimsel gelişmeleri içerecek şekilde revize edilmiş şeklidir. UPDRS' de 42 (soru dağılımı: (i)4, (ii)13, (iii)14, (iv)11) olan soru sayısı MDS-UPDRS' de 50' ye (soru dağılımı: (i)13, (ii)13,(iii)18, (iv)6) çıkarılmıştır. MDS-UPDRS' de evet/hayır seçeneği sorular yapısal tutarsızlığa neden olduğu için kaldırılarak tüm sorular için 0 ile 4 arasında puanlandırılmıştır (Goetz et al., 2007; Goetz et al., 2008).

Hoehn&Yahr değerlendirme ölçeği (Hoehn & Yahr, 1967) hastalıktan dolayı yaşanan fonksiyon bozukluklarını ve objektif bulguları birleştirerek PH'nin derecesini değerlendirmek için kullanılır. Orijinalinde beş puanlık ölçek (1-5) ile değerlendirilirken, revize edilerek 0,5'lik artışlarla ara seviyeler oluşturulmuştur. Bu seviyelerin ifade ettiği evreler şu şekildedir: (i)1,0: Tek taraflı tutulum, (ii)1,5: Tek taraflı ve aksiyel tutulum, (iii)2,0: Çift taraflı tutulum, denge kaybı yok, (iv)2,5: Çekme testinde düzelme ile hafif şiddette iki taraflı hastalık, (v)3,0: Orta şiddette iki taraflı hastalık, bazı postüral instabilite, fiziksel olarak bağımsız, (vi)4,0: Şiddetli hastalık, yardımsız yürüme ve kalkma, (vii)5,0: Yatalak veya tekerlekli sandalyeye bağlı (Goetz et al., 2004).

## 2.3. Bulanık Tekrarlılık Grafiği

Bulanık tekrarlılık grafiği ile zaman serisi şeklindeki verilerin, dokusal bilgiler içeren resme dönüştürülmesi sağlanır. Bulanık tekrarlılık grafiği yöntemi, Pham (T. Pham, 2017) tarafından önerilmiş olup, tekrarlılık grafiğinin (Eckmann et al., 1995) geliştirilmiş halidir. Bulanık tekrarlılık grafiği yöntemi ile tek boyutlu sinyallerin iki boyutlu sinyallere dönüşümü aşağıdaki şekilde özetlenebilir (T. Pham, 2017; T. D. Pham, 2017):

$X = \{x\}$ ,  $m$  boyuta sahip zaman serisi verisi olup, zaman serisinin  $i$ . değeri  $x_i$  olarak belirtilmektedir. Bulanık tekrarlılık grafiği,  $N \times N$  boyutlarında kare matris olup matris içerisindeki veriler  $(i, j)$  olarak adreslenmektedir. Burada  $i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, N$  ve  $(i, j) \in \{0,1\}$  olmalıdır. Bulanık tekrarlılık grafiği için  $V = \{v\}$ ,  $X$ ' in bulanık kümesi olup, bulanık k-ortalama kümesi yöntemi (Bezdek et al., 1984) kullanılarak hesaplanır.  $X$  ile  $V$  arasındaki bulanık ilişki  $R = X \times V$  ile gösterilmekte olup, bulanık üyelik fonksiyonu  $\mu \in [0,1]$  ile değerlendirilmektedir.  $\mu$ ,  $R$  içerisindeki her bir  $(x, v)$  çiftinin yakınlığını derecelendirmek için kullanılır.  $\mu$  fonksiyonun özellikleri şunlardır:

- (i) Refleksivite:  $\mu(x, x) = 1, \forall x \in X$ ,
- (ii) Simetri:  $\mu(x, v) = \mu(v, x), \forall x \in X, \forall v \in V$
- (iii) Geçişlilik:  $\mu(x, z) = \vee_v [\mu(x, v) \wedge \mu(v, z)], \forall x \in X, \forall z \in Z$ , burada  $\vee$  ve  $\wedge$  sırasıyla maksimum ve minimumu göstermek için kullanılmıştır.

Bulanık kümeler oluşturulduktan sonra bulanık küme merkezleri ile ilgili zaman verisi arasındaki ilişkinin gücü hesaplanır.  $\{x_1, x_2, \dots, x_N\}$  faz-uzay durumları olarak varsayılırsa, bulanık k-ortalama kümesi yöntemi Eş. 1'de ifade edilen bulanık objektif fonksiyonu en aza indirmek için kullanılır.

$$J(U, Z) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^c (\mu_{ij})^\omega [d(x_i, z_j)]^2 \quad (1)$$

Burada  $c$  küme sayısını,  $1 < c < N$ ,  $\omega$  bulanık ağırlık üssünü,  $\omega \in [1, \infty]$ ,  $U = [\mu_{ij}]$  bulanık c-bölüm matrisini,  $i = 1, \dots, N, j = 1, \dots, c$ ,  $Z$  küme merkezlerinin vektörünü,  $Z = (z_1, z_2, \dots, z_c)$  göstermektedir.  $j$ . küme merkezi  $z_j$  olup iç çarpım kaynaklı norm metrik  $d(x_i, z_j)$ ' dir. Eş. 1, Eş. 2'ye bağımlı olup aşağıda verilmiştir.

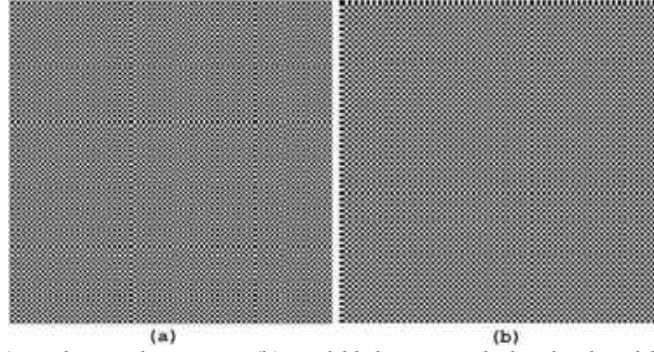
$$\sum_{j=1}^c \mu_{ij} = 1, i = 1, \dots, N; j = 1, \dots, c; \mu_{ij} \in [1, \infty] \quad (2)$$

$J(U, Z)$  fonksiyonunu minimuma ulaştırmak için,  $U$  ve  $Z$  durma şartı sağlanıncaya kadar tekrarlı olarak güncellenir.  $U$  ve  $Z$  için güncelleme denklemleri Eş. 3 ve Eş. 4'te sırasıyla verilmiştir.

$$\mu_{ij} = \frac{1}{\sum_{j=1}^c \left[ \frac{d(x_i, z_k)}{d(x_i, z_j)} \right]^{2/(\omega-1)}}, 1 \leq k \leq c \quad (3)$$

$$z_j = \frac{\sum_{i=1}^N (\mu_{ij})^\omega x_i}{\sum_{i=1}^N (\mu_{ij})^\omega}, \forall j \quad (4)$$

Durma şartı  $\|U^t - U^{t+1}\| \leq \kappa$  olarak verilmekte olup burada  $t$  iterasyon sayısını belirtmektedir.  $\kappa$  ise küçük pozitif gerçekte bir sayı olup minimum iyileşme seviyesini göstermektedir. Parkinson hastası ve sağlıklı birey için elde edilen bulanık tekrarlılık grafikleri Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. (a) Parkinson hastası ve (b) sağlıklı birey için bulanık tekrarlılık grafikleri

#### 2.4. Gri Seviye Eş-zamanlılık Matrisi

Gri seviye eş-zamanlılık matrisi (Haralick & Shanmugam, 1973) bir görüntünün piksellerini belirlenmiş gri düzeylerin bir fonksiyonu olarak temsil etmek için kullanılır.  $N_x$  sütun ve  $N_y$  satır sayısına sahip bir resimde, her bir pikselde gözlemlenen gri seviye  $N_g$  seviyeye kuantalanır.  $L_x = \{1, 2, \dots, N_x\}$  sütunları,  $L_y = \{1, 2, \dots, N_y\}$  satırları ve  $G_x = \{0, 1, \dots, N_g - 1\}$  kuantalanmış  $N_g$  gri seviyelerin kümesini göstermektedir.  $L_x \times L_y$  resmin piksel kümeleri olup satır-sütun atamalarına göre sıralanmaktadır.  $I$  resmi, her bir piksele veya  $L_x \times L_y$  ( $I: L_x \times L_y \rightarrow G$ ) içerisindeki koordinat çiftlerine  $G$  içerisindeki bazı gri seviyeleri atayan bir fonksiyon ile temsil edilebilir. Doku bilgisi, aralarında  $d$  kadar uzaklık bulunan iki komşu pikselin bağlı frekans matrisi  $P_{ij}$  ile belirtilir. Bu piksellerden birinin gri seviyesi  $i$  olup, diğer pikselin gri seviyesi  $j$ ' dir.

Bu çalışmada gri seviye eş-zamanlılık matrisinden hesaplanan parametreler: otokorelasyon (Soh & Tsatsoulis, 1999), kontrast (Soh & Tsatsoulis, 1999), korelasyon (Soh & Tsatsoulis, 1999), küme önceliği (Soh & Tsatsoulis, 1999), küme gölgesi (Soh & Tsatsoulis, 1999), benzeşmezlik (Soh & Tsatsoulis, 1999), enerji (Soh & Tsatsoulis, 1999), entropi (Soh & Tsatsoulis, 1999), homojenlik (Soh & Tsatsoulis, 1999) ve maksimum olasılık (Soh & Tsatsoulis, 1999) olup tanımları Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Gri seviye eş-zamanlılık matrisinden hesaplanan parametreler

Otokorelasyon	$\sum_i \sum_j (ij) \cdot p(i, j)$
Kontrast	$\sum_{n=0}^{N_g-1} n^2 \left\{ \sum_{i=1}^{N_g} \sum_{j=1}^{N_g} p(i, j) \mid  i - j  = n \right\}$
Korelasyon	$\frac{\sum_i \sum_j (ij) \cdot p(i, j) - \mu_x \mu_y}{\sigma_x \sigma_y}$
Küme Önceliği	$\sum_i \sum_j (i + j - \mu_x - \mu_y)^4 \cdot p(i, j)$
Küme Gölgesi	$\sum_i \sum_j (i + j - \mu_x - \mu_y)^3 \cdot p(i, j)$
Benzeşmezlik	$\sum_i \sum_j  i - j  \cdot p(i, j)$
Enerji	$\sum_i \sum_j p(i, j)^2$
Entropi	$-\sum_i \sum_j p(i, j) \log(p(i, j))$
Homojenlik	$\sum_i \sum_j \frac{1}{1 + (i - j)^2} p(i, j)$
Maksimum Olasılık	$\text{MAX}_{i, j} p(i, j)$

Burada  $p(i, j)$  gri seviye eş-zamanlılık matrisinde  $(i, j)$  konumundaki değeri göstermektedir. Sütun için ortalama  $\mu_x = \sum_i \sum_j i \cdot p(i, j)$  ve standart sapma  $\sigma_x = \sqrt{\sum_i \sum_j (i - \mu_x)^2 \cdot p(i, j)}$ , satır için ortalama ve standart sapma  $\mu_y = \sum_i \sum_j j \cdot p(i, j)$   $\sigma_y = \sqrt{\sum_i \sum_j (j - \mu_y)^2 \cdot p(i, j)}$  olarak sırasıyla verilmektedir.

## 2.5. İstatistiksel Yöntemler

Gri seviye eş-zamanlılık matrisinden hesaplanan parametrelerin anlamlılığı istatistiksel yöntemlerle incelenmiştir. Bu istatistiksel testler parametrelerden elde edilen verilerin PH'nin derecesi ile olan ilişkisinin anlamlı olup olmadığını belirtmektedir.

*Pearson korelasyon katsayısı*, sürekli olan iki değişken arasında ortak bir ilişki ölçüsüdür ve şu şekilde tanımlanmaktadır (Eş. 5):

$$r(\text{Pearson}) = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

Burada x ve y değişkenler olup, n değişkenlerin uzunluğunu,  $\bar{x}$  ve  $\bar{y}$  ise ilgili değişkenlerin aritmetik ortalamasını göstermektedir. r (Pearson) katsayısı -1 ile +1 arasında değişmekte olup, -1 mükemmel negatif korelasyonu, +1 mükemmel pozitif korelasyonu, 0 ise iki değişken arasında bağıntı olmadığını gösterir (Chok, 2010).

*Spearman korelasyon katsayısı*, Pearson'un korelasyon katsayısının sıra tabanlı bir versiyonu olup ifadesi Eş. 6'da verilmiştir.

$$r(\text{Spearman}) = \frac{\sum_{i=1}^n ((\text{rank}(x_i) - \overline{\text{rank}(x)})(\text{rank}(y_i) - \overline{\text{rank}(y)}))}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (\text{rank}(x_i) - \overline{\text{rank}(x)})^2 \sum_{i=1}^n (\text{rank}(y_i) - \overline{\text{rank}(y)})^2}} \quad (6)$$

Burada  $\text{rank}(x_i)$  ve  $\text{rank}(y_i)$ , x ve y değişkenlerinin sıralı düzendeki durumlarıdır. r (Spearman) -1 ile +1 arasında değer üretmekte olup, 0 değeri korelasyon olmadığını belirtmektedir (Chok, 2010).

*Kendall korelasyon katsayısı*, iki sıralı değişken arasındaki ilişkiyi yakalamak için tasarlanmıştır. Eş. 7'de ifadesi verilmiştir.

$$\tau(\text{Kendall}) = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \text{sgn}(x_i - x_j) \text{sgn}(y_i - y_j)}{n(n-1)} \quad (7)$$

Burada :

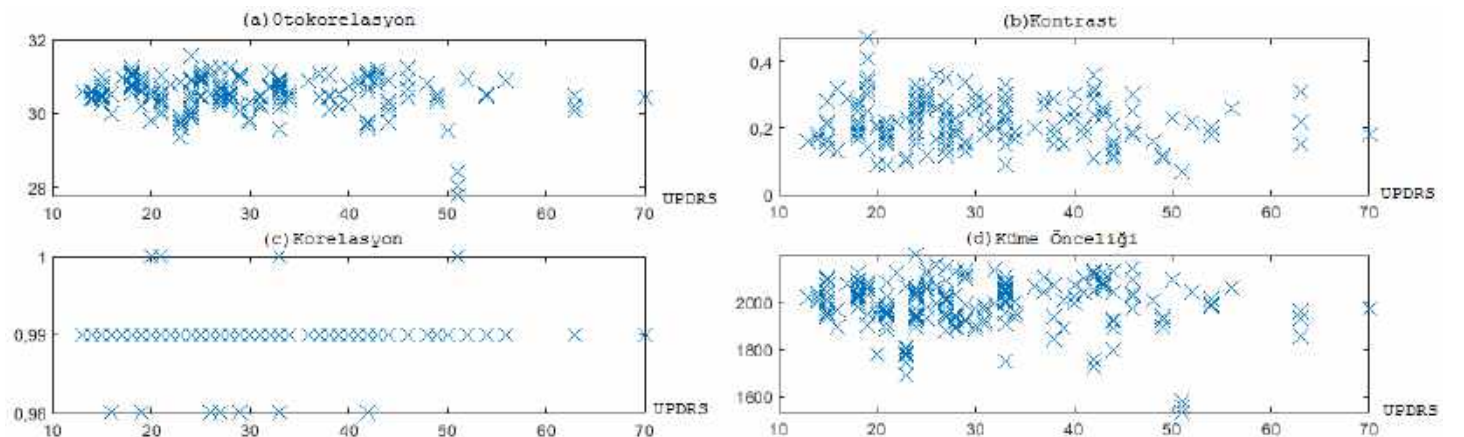
$$\text{sgn}(x_i - x_j) = \begin{cases} 1, \text{Eğer } (x_i - x_j) > 0 \\ 0, \text{Eğer } (x_i - x_j) = 0, \\ -1, \text{Eğer } (x_i - x_j) < 0 \end{cases}$$

$$\text{sgn}(y_i - y_j) = \begin{cases} 1, \text{Eğer } (y_i - y_j) > 0 \\ 0, \text{Eğer } (y_i - y_j) = 0 \\ -1, \text{Eğer } (y_i - y_j) < 0 \end{cases}$$

olarak belirtilmekte olup, Kendall korelasyon katsayısı -1 ile +1 arasında değer üretmektedir (Chok, 2010).

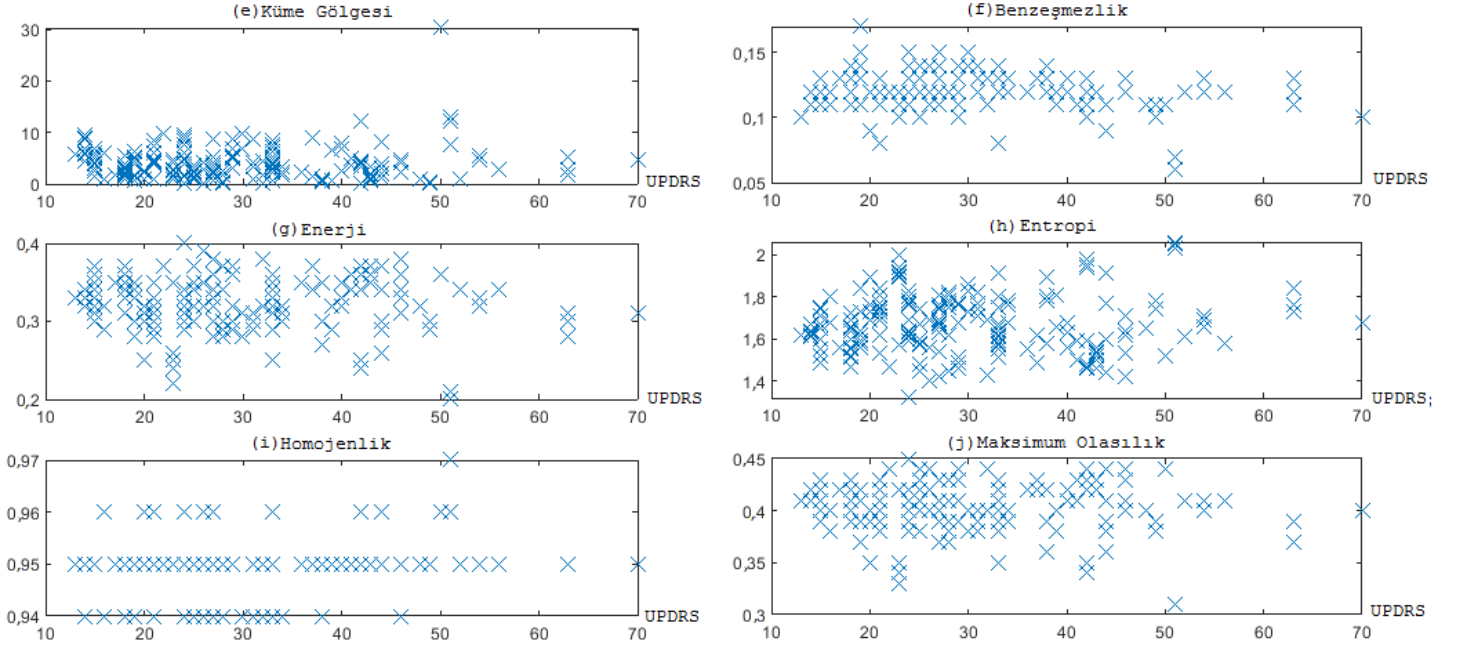
## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Gri seviye eş-zamanlılık matrisi kullanılarak hesaplanan parametrelerin UPDRS derecelendirmesine göre dağılımı Şekil 4'te verilmiştir. Farklı parametreler için farklı dağılımlar olduğu grafikten gözlemlenmektedir. Bu grafiğin oluşturulmasında sadece Parkinson hastalarının verileri kullanılmış olup sağlıklı bireyler dahil edilmemiştir. Korelasyon, küme gölgesi ve homojenlik haricindeki parametreler UPDRS derecelendirmesine göre grafikte farklı bölgelere dağılmışlardır. Bu dağılım grafiği, ilgili parametrelerin değerlerinin hastalığın derecesine göre değiştiğini göstermektedir.



Şekil 4. Gri seviye eş-zamanlılık matrisinden hesaplanan parametrelerin UPDRS derecelendirmesine göre dağılımı





Şekil 4. Gri seviye eş-zamanlılık matrisinden hesaplanan parametrelerin UPDRS derecelendirmesine göre dağılımı (devamı)

Tablo 3'te hesaplanan parametrelerin UPDRS derecelendirmesine bağlı istatistiksel analiz sonuçları gösterilmiştir. Buna göre entropi sonucu ile UPDRS derecelendirmesi arasında pozitif korelasyon bulunmaktadır. Hesaplanan p değerleri korelasyon, küme gölgesi ve homojenlik haricindeki parametrelerin değişiminin UPDRS derecelendirmesi ile istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 3. Hesaplanan parametrelerin UPDRS derecelendirmesine bağlı istatistiksel analizi

	$r$ (Pearson)	$r$ (Spearman)	$\tau$ (Kendal)	$p$
Otokorelasyon	-0,27	-0,21	-0,15	$p < 0,05$
Kontrast	-0,12	-0,07	-0,05	$p < 0,05$
Korelasyon	0,09	0,07	0,06	$1,2 \times 10^{-1}$
Küme Önceliği	-0,26	-0,20	-0,14	$p < 0,05$
Küme Gölgesi	0,04	-0,05	-0,04	$4,9 \times 10^{-1}$
Benzeşmezlik	-0,15	-0,08	-0,06	$p < 0,05$
Enerji	-0,25	-0,20	-0,14	$p < 0,05$
Entropi	0,24	0,20	0,15	$p < 0,05$
Homojenlik	0,01	0,003	0,003	$8,1 \times 10^{-1}$
Maksimum Olasılık	-0,23	-0,18	-0,14	$p < 0,05$

Tablo 4'te hesaplanan parametrelerin MDS-UPDRS derecelendirmesine bağlı istatistiksel analiz sonuçları gösterilmiştir. Tabloya göre ilgili p değerleri, kontrast, korelasyon, küme gölgesi ve homojenlik parametrelerinin değişimlerinin MDS-UPDRS derecelendirmesine göre istatistiksel olarak anlamsız olduğunu göstermektedir. Entropi sonucu pozitif korelasyon belirtirken, istatistiksel olarak anlamlı ( $p < 0,05$ ) olan diğer parametreler negatif korelasyona sahiptir.

Tablo 4. Hesaplanan parametrelerin MDS-UPDRS derecelendirmesine bağlı istatistiksel analizi

	$r$ (Pearson)	$r$ (Spearman)	$\tau$ (Kendal)	$p$
Otokorelasyon	-0,26	-0,23	-0,17	$p < 0,05$
Kontrast	-0,09	-0,07	-0,05	$1,1 \times 10^{-1}$
Korelasyon	0,02	0,01	0,01	$6,9 \times 10^{-1}$
Küme Önceliği	-0,26	-0,22	-0,16	$p < 0,05$
Küme Gölgesi	0,04	-0,04	-0,03	$5,2 \times 10^{-1}$
Benzeşmezlik	-0,13	-0,11	-0,08	$p < 0,05$
Enerji	-0,25	-0,21	-0,16	$p < 0,05$
Entropi	0,25	0,22	0,16	$p < 0,05$
Homojenlik	0,02	0,02	0,02	$7,7 \times 10^{-1}$
Maksimum Olasılık	-0,24	-0,20	-0,15	$p < 0,05$

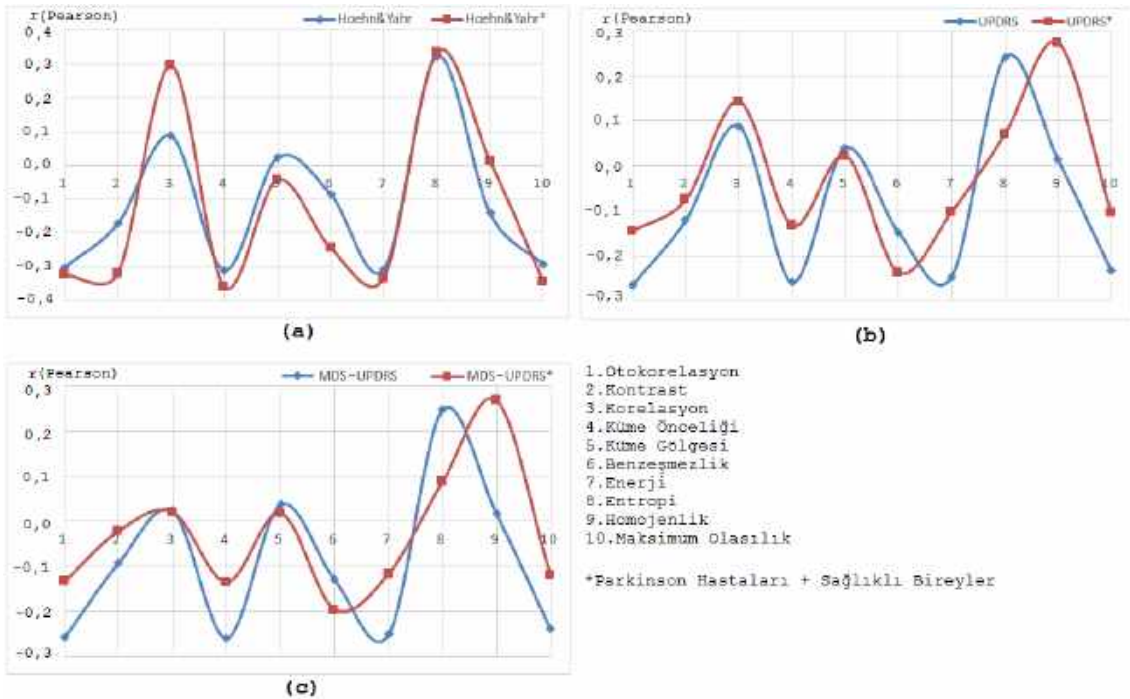


Tablo 5' te Gri seviye eş-zamanlılık matrisinden hesaplanan parametrelerin Hoehn&Yahr derecelendirmesine bağlı istatistiksel analiz sonuçları verilmiştir. Buna göre otokorelasyon, kontrast, küme önceliği, enerji, homojenlik ve maksimum olasılık sonuçları ile Hoehn&Yahr derecelendirmesi arasında negatif ilişki vardır. Entropi sonucu ise pozitif korelasyon belirtmektedir. Hesaplanan p değerlerine göre korelasyon, küme gölgesi ve benzeşmezlik haricindeki parametrelerin değişimi ile Hoehn&Yahr derecelendirmesi arasındaki ilişki istatistiksel olarak anlamlıdır ( $p<0,05$ ).

Tablo 5. Hesaplanan parametrelerin Hoehn&Yahr derecelendirmesine bağlı istatistiksel analiz sonuçları

	$r$ (Pearson)	$r$ (Spearman)	$\tau$ (Kendal)	$p$
Otokorelasyon	-0,30	-0,33	-0,26	$p<0,05$
Kontrast	-0,17	-0,22	-0,17	$p<0,05$
Korelasyon	0,09	0,15	0,14	$1,3 \times 10^{-1}$
Küme Önceliği	-0,31	-0,33	-0,25	$p<0,05$
Küme Gölgesi	0,02	-0,06	-0,04	$6,9 \times 10^{-1}$
Benzeşmezlik	-0,09	-0,08	-0,07	$1,4 \times 10^{-1}$
Enerji	-0,31	-0,32	-0,25	$p<0,05$
Entropi	0,32	0,34	0,27	$p<0,05$
Homojenlik	-0,14	-0,16	-0,15	$p<0,05$
Maksimum Olasılık	-0,29	-0,30	-0,25	$p<0,05$

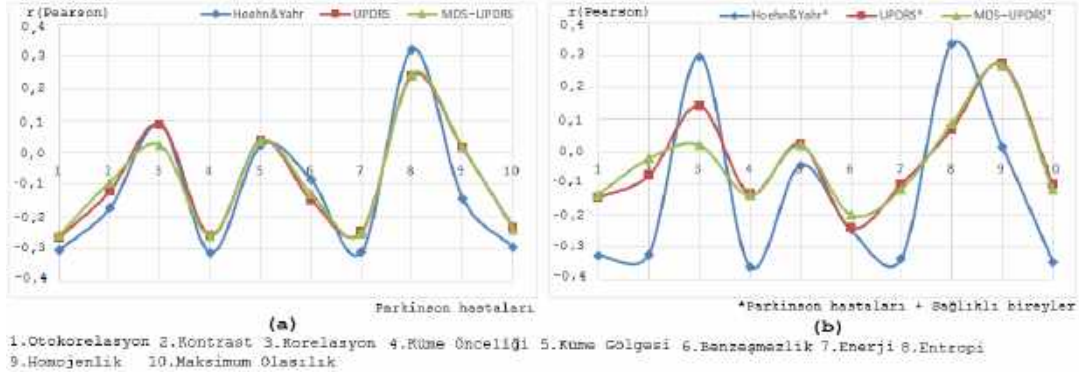
Sadece Parkinson hastalarının değerlendirildiği durum ile Parkinson hastaları ve sağlıklı bireylerin beraber değerlendirildiği durumlarda gri seviye eş-zamanlılık matrisinden hesaplanan parametrelerin Hoehn&Yahr, UPDRS, MDS-UPDRS derecelendirmeleri ile ilişkisi Şekil 5'te verilmiştir. Buna göre UPDRS ve MDS-UPDRS derecelendirmelerinin parametrelere göre değişimi benzer olmakla birlikte, korelasyon parametresi için elde edilen katsayı UPDRS için daha yüksektir. Hoehn&Yahr derecelendirmesi için kontrast, korelasyon, küme önceliği ve benzeşmezlik parametreleri, Parkinson hastalarının sağlıklı bireyler ile beraber değerlendirildiği durumda daha yüksek sonuçlar vermiştir. UPDRS ve MDS-UPDRS derecelendirmesi için, homojenlik ve benzeşmezlik parametrelerinde, Parkinson hastaları ile sağlıklı bireylerin beraber değerlendirildiği durum için daha yüksek r katsayısı elde edilmesine rağmen; maksimum olasılık, entropi, enerji, küme önceliği ve otokorelasyon parametrelerinde sadece Parkinson hastalarının değerlendirildiği durum için daha yüksek r değeri elde edilmiştir.



Şekil 5. Sadece Parkinson hastalarının değerlendirildiği durum ile Parkinson hastaları ve sağlıklı bireylerin beraber değerlendirildiği durumlarda gri seviye eş-zamanlılık matrisinden hesaplanan parametrelerin (a) Hoehn&Yahr (b) UPDRS (c) MDS-UPDRS derecelendirmeleri ile ilişkisi

Şekil 6'da sadece Parkinson hastalarının değerlendirildiği durum ile Parkinson hastaları ve sağlıklı bireylerin beraber değerlendirildiği durumlarda, Hoehn&Yahr, UPDRS ve MDS-UPDRS derecelendirmelerinin hesaplanan parametrelere göre karşılaştırılması verilmiştir. Şekil 6(a)'da sadece Parkinson hastaları değerlendirilmiş olup bütün parametreler için üç derecelendirme yönteminde de yakın r katsayıları elde edilmiştir. En yüksek r katsayıları otokorelasyon, küme önceliği, enerji, entropi ve maksimum olasılık için elde edilmiştir. Şekil 6(b)'de Parkinson hastaları ile sağlıklı bireyler beraber değerlendirilmiş olup, genel anlamda

Hoehn&Yahr derecelendirmesi için daha yüksek değerler elde edilmiştir. En yüksek r katsayıları ise otokorelasyon, kontrast, korelasyon, küme önceliği, enerji, entropi ve maksimum olasılık için elde edilmiştir.



Şekil 6. (a) Sadece Parkinson hastalarının değerlendirildiği durum ile (b) Parkinson hastaları ve sağlıklı bireylerin beraber değerlendirildiği durumlarda Hoehn&Yahr, UPDRS ve MDS-UPDRS derecelendirmelerinin hesaplanan parametrelere göre karşılaştırılması

#### 4. Sonuç

PH'nin derecesi ile yürüyüş değişkenliği arasındaki ilişki incelenmiştir. Yürüme sinyalleri bulanık tekrarlılık grafiği yöntemi ile görselleştirilerek gri seviye eş-zamanlılık matrisinden otokorelasyon, kontrast, korelasyon, küme önceliği, küme gölgesi, benzenizlik, enerji, entropi, homojenlik ve maksimum olasılık parametreleri hesaplanmıştır. Hesaplanan parametrelerin UPDRS, MDS-UPDRS ve Hoehn&Yahr değerlendirme ölçekleri ile ilişkisi analiz edilmiştir. Buna göre otokorelasyon, küme önceliği, enerji, entropi ve maksimum olasılık parametrelerinin tüm değerlendirme ölçekleri ile korele olduğu saptanmıştır. Bunlardan entropi pozitif korelasyon gösterirken, diğerleri negatif korelasyona sahiptir. Korelasyon ve küme gölgesi parametrelerinin ise üç değerlendirme ölçeği ile de ilişkisi olmadığı belirlenmiştir. Hoehn&Yahr değerlendirme ölçeğinin diğer ölçeklere göre genel anlamda daha yüksek sonuçlar ortaya koyması ayırt ediciliğinin daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın yenilikçi yanı yürüyüş verisi ile PH'nin derecesi arasındaki ilişkinin hesaplamalı yöntemlerle ortaya çıkarılması ve detaylı olarak incelenmesidir. Bulanık tekrarlılık grafiği yöntemi, Parkinson hastası ve sağlıklı bireylerin sınıflandırılmasında kullanılmasına rağmen (T. D. Pham, 2017), PH'nin derecesinin incelenmesi açısından kullanımı yenilikçi bir yaklaşımdır. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar, (van der Heeden et al., 2016)' da elde edilen çalışmanın sonuçları ile örtüşmekte ve matematiksel olarak desteklemektedir.

#### Kaynakça

- Abdulhay, E., Arunkumar, N., Narasimhan, K., Vellaiappan, E., & Venkatraman, V. (2018). Gait and tremor investigation using machine learning techniques for the diagnosis of Parkinson disease. *Future Generation Computer Systems*, 83, 366-373.
- Afonso, L. C., Rosa, G. H., Pereira, C. R., Weber, S. A., Hook, C., Albuquerque, V. H. C., & Papa, J. P. (2019). A recurrence plot-based approach for Parkinson's disease identification. *Future Generation Computer Systems*, 94, 282-292.
- Aydın, F., & Aslan, Z. (2017). Yapay öğrenme yöntemleri ve dalgacık dönüşümü kullanılarak nöro dejeneratif hastalıkların teşhisi. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32(3), 749-766.
- Bezdek, J. C., Ehrlich, R., & Full, W. (1984). FCM: The fuzzy c-means clustering algorithm. *Computers & Geosciences*, 10(2-3), 191-203.
- Cantürk, İ. (2020). Fuzzy recurrence plot-based analysis of dynamic and static spiral tests of Parkinson's disease patients. *Neural Computing and Applications*. <https://doi.org/10.1007/s00521-020-05014-2>
- Cantürk, İ., & Karabiber, F. (2016). A Machine Learning System for the Diagnosis of Parkinson's Disease from Speech Signals and Its Application to Multiple Speech Signal Types [journal article]. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 41(12), 5049-5059. <https://doi.org/10.1007/s13369-016-2206-3>
- Chaudhuri, K. R., & Schapira, A. H. (2009). Non-motor symptoms of Parkinson's disease: dopaminergic pathophysiology and treatment. *The Lancet Neurology*, 8(5), 464-474.
- Chok, N. S. (2010). *Pearson's versus Spearman's and Kendall's correlation coefficients for continuous data* University of Pittsburgh].
- Conditions, N. C. C. f. C. (2006). Parkinson's disease: national clinical guideline for diagnosis and management in primary and secondary care.
- De Lau, L., Giesbergen, P., De Rijk, M., Hofman, A., Koudstaal, P., & Breteler, M. (2004). Incidence of parkinsonism and Parkinson disease in a general population: the Rotterdam Study. *Neurology*, 63(7), 1240-1244.
- Disease, M. D. S. T. F. o. R. S. f. P. s. (2003). The unified Parkinson's disease rating scale (UPDRS): status and recommendations. *Movement Disorders*, 18(7), 738-750.
- Eckmann, J., Kamphorst, S. O., & Ruelle, D. (1995). Recurrence plots of dynamical systems. *World Scientific Series on Nonlinear Science Series A*, 16, 441-446.
- Fahn, S., & Elton, R. (1987). UPDRS program members. Unified Parkinsons disease rating scale. *Recent developments in Parkinson's disease*, 2, 153-163.

- Frenkel-Toledo, S., Giladi, N., Peretz, C., Herman, T., Gruendlinger, L., & Hausdorff, J. M. (2005). Effect of gait speed on gait rhythmicity in Parkinson's disease: variability of stride time and swing time respond differently. *Journal of neuroengineering and rehabilitation*, 2(1), 23.
- Frenkel-Toledo, S., Giladi, N., Peretz, C., Herman, T., Gruendlinger, L., & Hausdorff, J. M. (2005). Treadmill walking as an external pacemaker to improve gait rhythm and stability in Parkinson's disease. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, 20(9), 1109-1114.
- Goetz, C. G., Fahn, S., Martinez-Martin, P., Poewe, W., Sampaio, C., Stebbins, G. T., Stern, M. B., Tilley, B. C., Dodel, R., & Dubois, B. (2007). Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): process, format, and clinimetric testing plan. *Movement Disorders*, 22(1), 41-47.
- Goetz, C. G., Poewe, W., Rascol, O., Sampaio, C., Stebbins, G. T., Counsell, C., Giladi, N., Holloway, R. G., Moore, C. G., & Wenning, G. K. (2004). Movement Disorder Society Task Force report on the Hoehn and Yahr staging scale: status and recommendations the Movement Disorder Society Task Force on rating scales for Parkinson's disease. *Movement Disorders*, 19(9), 1020-1028.
- Goetz, C. G., Tilley, B. C., Shaftman, S. R., Stebbins, G. T., Fahn, S., Martinez-Martin, P., Poewe, W., Sampaio, C., Stern, M. B., & Dodel, R. (2008). Movement Disorder Society-sponsored revision of the Unified Parkinson's Disease Rating Scale (MDS-UPDRS): scale presentation and clinimetric testing results. *Movement disorders: official journal of the Movement Disorder Society*, 23(15), 2129-2170.
- Goldberger AL, A. L., Glass L, Hausdorff JM, Ivanov PCh, Mark RG, Mietus JE, Moody GB, Peng C-K, Stanley HE. (2003). PhysioBank, PhysioToolkit, and PhysioNet: Components of a New Research Resource for Complex Physiologic Signals. *Circulation*, 101(23), e215-e220.
- Gündüz, H. Parkinson Hastalığı Tespitinde Farklı Boyutsallık İndirgeme Yöntemlerinin Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(17), 1164-1172.
- Haralick, R. M., & Shanmugam, K. (1973). Textural features for image classification. *IEEE Transactions on systems, man, and cybernetics*(6), 610-621.
- Hausdorff, J. M., Lowenthal, J., Herman, T., Gruendlinger, L., Peretz, C., & Giladi, N. (2007). Rhythmic auditory stimulation modulates gait variability in Parkinson's disease. *European journal of neuroscience*, 26(8), 2369-2375.
- Hoehn, M. M., & Yahr, M. D. (1967). Parkinsonism: onset, progression, and mortality. *Neurology*, 17(5), 427-427.
- Italian, N. S. (2003). Treatment of Parkinson's disease. *Neurological sciences: official journal of the Italian Neurological Society and of the Italian Society of Clinical Neurophysiology*, 24, S165.
- Khatamino, P., Cantürk, İ., & Özyılmaz, L. (2018). A Deep Learning-CNN Based System for Medical Diagnosis: An Application on Parkinson's Disease Handwriting Drawings. 2018 6th International Conference on Control Engineering & Information Technology (CEIT),
- Naseer, A., Rani, M., Naz, S., Razzak, M. I., Imran, M., & Xu, G. (2019). Refining Parkinson's neurological disorder identification through deep transfer learning. *Neural Computing and Applications*, 1-16.
- Pham, T. (2017). Fuzzy recurrence plots. *EPL (Europhysics Letters)*, 116(5), 50008.
- Pham, T. D. (2017). Texture classification and visualization of time series of gait dynamics in patients with neuro-degenerative diseases. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 26(1), 188-196.
- Pham, T. D., & Yan, H. (2017). Tensor Decomposition of Gait Dynamics in Parkinson's Disease. *Ieee Transactions on Biomedical Engineering*, 65(8), 1820-1827.
- Poewe, W., Seppi, K., Tanner, C. M., Halliday, G. M., Brundin, P., Volkman, J., Schrag, A.-E., & Lang, A. E. (2017). Parkinson disease. *Nature reviews Disease primers*, 3, 17013.
- Rao, S. S., Hofmann, L. A., & Shakil, A. (2006). Parkinson's disease: diagnosis and treatment. *Am Fam Physician*, 74(12), 2046-2054.
- Sakar, B. E., Isenkul, M. E., Sakar, C. O., Sertbas, A., Gurgun, F., Delil, S., Apaydin, H., & Kursun, O. (2013). Collection and analysis of a Parkinson speech dataset with multiple types of sound recordings. *Ieee Journal of Biomedical and Health Informatics*, 17(4), 828-834.
- Soh, L.-K., & Tsatsoulis, C. (1999). Texture analysis of SAR sea ice imagery using gray level co-occurrence matrices. *IEEE Transactions on geoscience and remote sensing*, 37(2), 780-795.
- Tsanas, A., Little, M. A., McSharry, P. E., & Ramig, L. O. (2010). Accurate telemonitoring of Parkinson's disease progression by noninvasive speech tests. *Ieee Transactions on Biomedical Engineering*, 57(4), 884-893.
- van der Heeden, J. F., Marinus, J., Martinez-Martin, P., Rodriguez-Blazquez, C., Geraedts, V. J., & van Hilten, J. J. (2016). Postural instability and gait are associated with severity and prognosis of Parkinson disease. *Neurology*, 86(24), 2243-2250.
- Yogev, G., Giladi, N., Peretz, C., Springer, S., Simon, E. S., & Hausdorff, J. M. (2005). Dual tasking, gait rhythmicity, and Parkinson's disease: which aspects of gait are attention demanding? *European journal of neuroscience*, 22(5), 1248-1256.
- Yücelbaş, C., & Yücelbaş, Ş. (2019a). AQDD Özelliklerine BBA Yöntemleri Uygulanarak Parkinson Hastalığının Otomatik Teşhisi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6.
- Yücelbaş, C., & Yücelbaş, Ş. (2019b). Çift Yoğunluklu 1-D Dalgacık Dönüşümü Kullanılarak Parkinson Hastalığının Yaş Faktörüne Göre Tespit Edilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(17), 881-887.
- Yücelbaş, Ş. (2020). Simple Logistic Hybrid System Based on Greedy Stepwise Algorithm for Feature Analysis to Diagnose Parkinson's Disease According to Gender. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(3), 2001-2016.
- Yücelbaş, Ş., & Yücelbaş, C. (2019). Temel Bileşen Analizi Yöntemleri Kullanarak Parkinson Hastalığının Otomatik Teşhisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(16), 294-300.



# Kestirimci Bakım İçin Döner Mekanizma Bozulma Eğrisinin Tanımlanması

Oğuz Bektaş<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3687-3703)  
PhD: University of Warwick, MSc: Queen Mary University of London

(İlk Geliş Tarihi 24 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 16 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.708257)

**ATIF/REFERENCE:** Bektaş, O. (2020). Kestirimci Bakım İçin Döner Mekanizma Bozulma Eğrisinin Tanımlanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 420-428.

## Öz

Sistem durum verilerinin değerlendirilmesi ve teşhisi, havacılık gibi gelişen sektörler için önem kazanmaya başlayan ve kestirimci bakım konusunda ilerleme sağlayan bir alandır. Döner mekanizma sistemlerinin daha güvenilir olması talebiyle birlikte; sistemlerin karmaşıklığının artması bakım uygulamalarındaki operasyonel zorlukları büyük ölçüde artırmıştır. Bununla birlikte; modern sistemlerde varlıkları giderek artan durum izleme sensörleri bu problem için bir yardım sağlayabilir. Kestirimci bakım yöntemlerinin geliştirilmesi aktif bir araştırma alanı olup, başarılı modellerin geliştirilmesi için, kullanım ömrü boyunca veri toplanması gerekmektedir. Bu çalışmada, ilk olarak döner mekanizma sistemleri için kestirimci bakımın bir özeti sunulmuş, sonrasında bozulma aşamalarının tanımlanması için Welch yöntemi ve Fourier dönüşümleri ile spektrogram hesaplamaları işlenmiştir. Önerilen uygulama, döner mekanizmaların bozulma analizi için PRONOSTIA deneysel platformundan elde edilen bozulma veri seti kullanılarak test edilmiştir. Çalışma, döner mekanizma arıza analizi, tahmini ve sağlık yönetim teknolojilerinin uygulanmasında kritik bir ön başlangıç adımdır. Uygulama ve sonuçlar, önerilen çalışmanın durum verileri kullanılarak sistem düzeyinde bir modellemeye uygulanabileceğini ve çok aşamalı uzun süreli döngülerde sistemin aşınma seviyesini etkin bir şekilde tahmin edebildiğini göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Havacılık, Degradasyon, Welch Yöntemi, Fourier Dönüşümleri, Bozulma, Kestirimci Bakım, Döner Mekanizmalar

## Identification of Rotating Machinery Degradation Curve for Predictive Maintenance

### Abstract

Health assessment and diagnostics of condition monitoring data is an area that is becoming increasingly important to the advancing industries such as aerospace and making progress in predictive maintenance. Increasing complexity of systems, along with the demand for more reliable rotating mechanism system, has dramatically increased operational difficulties in maintenance applications. However; condition monitoring sensors, the presence of which is increasing in modern systems, can provide an aid to this problem. The development of predictive maintenance methods is an active research area, and it is necessary to monitor data throughout the life cycle to develop successful models. In this study, firstly, a summary of predictive maintenance for rotating mechanism systems is presented, then, the Welch's method with Fourier transforms is processed to define the stages of degradation. The proposed model has been tested using PRONOSTIA data set from an experimental platform for accelerated degradation tests. The study is a critical preliminary step in the implementation of rotating mechanism failure analysis, estimation and health management technologies. Implementation and results show that the proposed study can be applied to a system-level setting and can effectively predict the wear level of the system in multi-stage long-term cycles.

**Keywords:** Aerospace, Degradation, Welch's Method, Fourier Transforms, Degradation Predictive Maintenance, Rotating Machinery.

\* Sorumlu Yazar: İstanbul Medeniyet Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3687-3703), [oguz.bektas@medeniyet.edu.tr](mailto:oguz.bektas@medeniyet.edu.tr), [oguz.bektas@warwickgrad.net](mailto:oguz.bektas@warwickgrad.net)



## 1. Giriş

Günümüzde artan endüstrileşme, çeşitli ve karmaşık hale gelen sistemler, zamanla çoğalan alternatif yöntemler ve önem kazanan karar verme süreçleri, "kestirimci bakım" uygulamalarını ilgi çeken bir disiplin haline getirmektedir. Teknolojinin gün geçtikçe gelişmesi ve ilerlemesi, bakım giderlerini azaltma ihtiyacını zorunlu hale getirip, otomasyon ağırlıklı uygulamaların artmasına olanak sağlamıştır. Bu uygulamalar temel olarak üç unsurla ilgilidir: verilerin toplanması, işlenmesi ve öznitelik seçimi. Verilerin elde edilmesi amacıyla döner mekanizmalar, dişliler ve rotorlar gibi makinelerin durum verilerinin izlenmesi son yıllarda artan bir ilgi görmüştür (Lei Y. , Lin, He, & Zuo, 2013; Lei Y. , Lin, Zuo, & He, 2014). Bu yönelimin temel nedenini, makinelerin sürdürülebilirliği, güvenilirliği, kullanılabilirliği ve üretkenliğini artırmadaki önem oluşturmaktadır. Bu konudaki bir diğer neden ise otomatik kontrol sistemlerinin algı araçları olan sensör (ya da algılayıcı) sistemlerin kullanımının artması ve kolaylaşmasıdır. Bu sensörler, algılayıcıları vasıtasıyla, organik duyu sistemlerine benzer biçimde, sistemlerdeki titreşim, hız, sıcaklık, basınç ve benzeri değerleri istenilen süreler içinde ölçebilmektedir. Dolayısıyla, günümüzde yeni bilgiler sürekli olarak izlenmekte, depolanmakta ve işlenmektedir. Ayrıca, elde edilen verilerin gün geçtikçe katlanarak arttığına tanık olunmaktadır (Mayer-Schönberger & Cukier, 2013). Özellikle, IBM'in her 18 ayda bir elde edilen verilerin iki katına çıktığını tahmin etmesi dikkate değer bir noktadır (Mills, et al., 2012). Bu gelişmenin bir sonucu olarak, "Büyük Veri" ve "Nesnelerin İnterneti" konusundaki uygulamalar kayda değer bir şekilde artmış ve güncel bilgilerin gelmesiyle izlenen verilerin daha detaylı olarak analiz edilebilme imkânı ortaya çıkmıştır. Bu büyük miktarda verinin, hızlı bir biçimde kestirimci bakım için eyleme dönüştürülebilir bilgiye çevrilmesi kilit bir görevdir.

Kestirimci bakım, sistemlerden alınan durum verilerine dayanarak, içerdikleri donanımların öngörülen kullanışlı ömrünü planlayarak ve bozulma riskini minimize ederek, sistemin hizmet süresini en üst seviyeye çıkarılmasını hedefler (Öztanır, 2018). Kestirimci bakım için kullanılan yöntemlerle, periyodik olarak çalışan sistemlerden elde edilen veriler izlenerek, operasyon boyunca ölçümler alınır ve bu ölçümlerle veri analizi yapılır (Yaman & Karadayı, 2014). Kestirimci bakım, yaygın olarak kullanıldığı döner mekanizma parçalarında ise beklenmedik arıza ve kazalardan kaçınmak için rulman ve yatak kusurlarını mümkün olduğunca erken tespit etmeyi hedefler (Heng, Zhang, Tan, C., & Mathew, 2009). Özellikle bu kısımların hizmet sürelerinin hesap edilmeleri bakım planları için öneme sahip olmakla birlikte, aksama süresi, maliyetler ve güvenlik risklerini azaltma konusunda gereklidir. Şekil 1'de görüldüğü üzere, kestirimci bakım; verilerin toplanması ve işlenmesi, öznitelik seçme ve tanımlama, sistem tahmin ve diagnostiklerinin (tanı) karar desteğine iletilme süreçlerini içerir.



Şekil 1 Kestirimci Bakım Uygulamaları

Her ne kadar bu süreçler birbiriyle ileri derecede ilişkili olarak görülse de her bir süreç kendi içerisinde tasarlanmalı ve takip edecek olan sürece faydalı bilgi göndermelidir. Bu çalışmada, PRONOSTIA platformundan toplanan verilerin işlenmesi ve öznitelik seçimiyle bozulma aşamalarının tanımlanması amaçlanmıştır. Titreşim verilerinden hedef tanımlaması sağlayabilmek için, verilerin sebep-sonuç biçiminde etiketlenmesinden yararlanılarak kestirimci bakım için giriş verisi temin edilecektir. Böylece, tahmin ve diagnostik uygulamaları ile ilgili çıkarımlar yapabilmek için bozulma eğrisi elde edilebilecektir.



Bu çalışma dört bölümden oluşmaktadır. İkinci bölüm, kullanılan materyal ve metotla ilgili çalışmalar ve literatür incelenecektir. Takip eden bölüm ise PRONOSTIA veri setine metodun uygulanmasını ve elde edilen sonuçların analizini içermektedir. Son kısım ise önerilen çalışmanın irdelenmesi, uygulanabilirliği, kısıtları ve potansiyel kullanım önerilerini içermektedir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Veri Seti

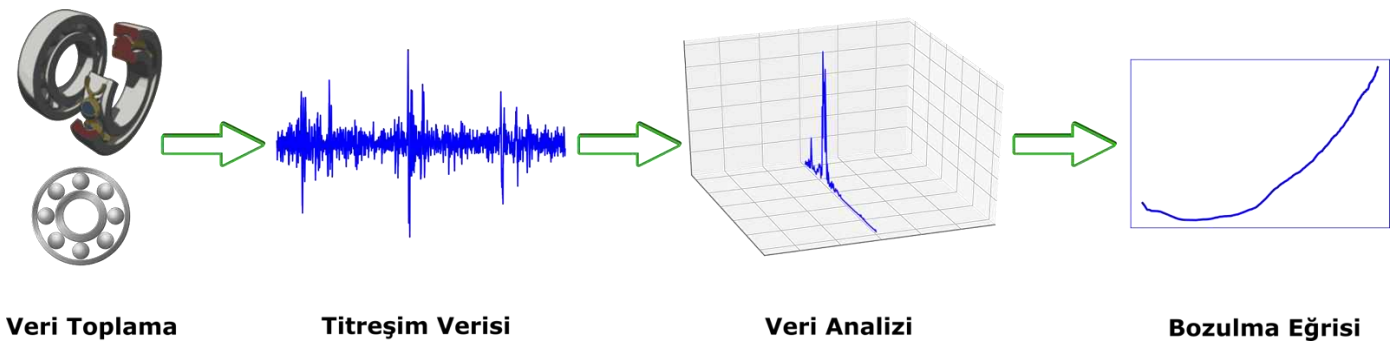
Çalışmada kullanılan veriler döner mekanizmaların hızlandırılmış ömür testleri aracılığıyla sağlanmıştır. Bu deneyler, “Franchecomté Electronics Mechanics Thermal Science and Optics – Sciences and Technologies” Enstitüsü (Besançon, Fransa) tarafından sağlanmıştır (Patrick, Rafael, & Kamal, 2012). Bu veri seti ayrıca, 2012 yılında Denver'da gerçekleşen "Prognostics and Health Management" konferansında Prognostics Challenge Veri Seti (PHM2012) olarak verilmiştir. Veri setini oluşturmak için kullanılan PRONOSTIA platformu, döner mekanizmaların arıza tespit, teşhis ve tahminleri için ortaya konacak uygulamaları test etmeye ve doğrulamaya yönelik dizayn edilmiş bir deney altyapısıdır. Yukarıda belirtilen enstitüde tasarlanmış olup, temel amacı döner mekanizmaların çalışma ömürleri ve bozulma karakteristiklerini gerçek titreşim verileri ile sağlamaktır (Patrick, Rafael, & Kamal, 2012). Veri setlerine göre, titreşim sinyalinin ivme genliği bozulma eşiğini aştığında, yatağın arızası olduğu kabul edilir. 17 farklı döner mekanizma (rulman), Tablo 1'de gösterildiği üzere üç farklı çalışma koşulunda test edilmiştir. Döner mekanizmaların altısı, 1-1, 1-2, 2-1, 2-2, 3-1, 3-2, öğrenme verisidir ve geri kalan 11 veri test için kullanılmıştır. Devam eden bölümde titreşim sinyalinin ivmelenmesi kullanılarak bozulma eğrisi için modelleme sunulacaktır. Bu amaçla sağlıklı durumdan arızaya kadar tüm operasyon aşamalarını ve bozulma karakteristiğini gösterdiği için Öğrenme Verisi DM 1-1 kullanılmıştır.

Tablo 1. Döner Mekanizma (DM) Çalışma Koşulları (Patrick, Rafael, & Kamal, 2012; Hong, Zhou, Zio, & Hong, 2014)

Veri Seti	Yük (N)	Hız Dakikadaki Devir Sayısı	Öğrenme Verileri	Test Verileri
Veri Seti 1	4000	1800	DM 1-1 DM 1-2	DM 1-3 DM 1-4 DM 1-5 DM 1-6 DM 1-7
Veri Seti 2	4200	1650	DM 2-1 DM 2-2	DM 2-3 DM 2-4 DM 2-5 DM 2-6 DM 2-7
Veri Seti 3	5000	1500	DM 3-1 DM 3-2	DM 3-3

### 2.2. Yöntem

Çalışmanın takip edeceği aşamalar, Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu adımlar bozulma aşamalarının tanımlanması açısından kronolojik olarak kabul edilebilir. İlk adım kullanılan veri setini temsil etmektedir. Sonrasındaki adımlar tespit esas olarak hem titreşim verilerinin durumunun işlenmesi hem de işlenen verilerin analizi yapılarak bozulma eğrisini çıkarmaya odaklanır.



Şekil 2 Mekanizma Bozulmasının Tanımlanmasına Genel Bakış

DM 1-1 yedi milyonun üzerinde veri noktasından oluşmasına rağmen; bu veriler 2803 alt veri setine toplanmıştır. Çalışma öncelikle bu alt veri setlerini içe aktarma ile başlar ve çıkarılan her kümeyle Welch metodu (ayrıca periodogram yöntemi olarak da bilinir)

uygulanır (Welch, 1967). Böylece her yeni alt veri seti çıkarılıp titreşim arttıkça hesaplanan ve büyüklüğü artan hızlı fourier dönüşüm (fast Fourier transform - FFT) sonuçlarıyla gözlemlenebilmesi hedeflenmiştir. Fourier analizi, bir sinyali genellikle zaman veya uzay gibi orijinal alanından alarak frekans alanındaki bir gösterime dönüştürür (ve ya bunun tersi yönde işler).

$x_0, \dots, x_{N-1}$  olarak kabul edildiğinde Fourier dönüşüm Denk. 1’de olduğu üzere tanımlanır (Welch, 1967):

$$X_f = \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{i2\pi}{N}fn}, f = 0, \dots, N - 1 \quad [1]$$

Bir güç spektrumu,  $P_{xx}(f)$ , bu formül kullanılarak Denk. 2’de olan biçimde bulunur.

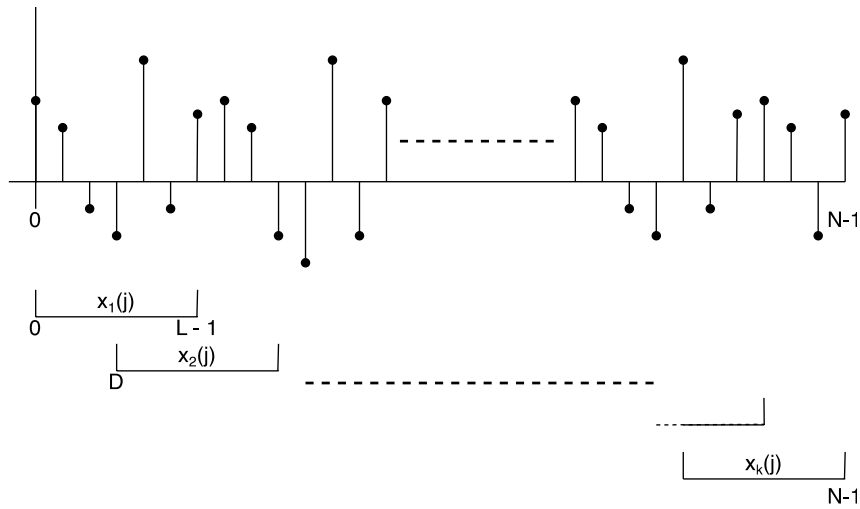
$$P_{xx}(f) = \frac{1}{N} |X_f|^2 = \frac{1}{N} \left| \sum_{n=0}^{N-1} x_n e^{-\frac{i2\pi}{N}fn} \right|^2, \quad [2]$$

Welch’in güç spektrumlarını tahmin etme yöntemi yukardaki formülü kullanarak, zaman sinyalini ardışık bloklara bölerek, her blok için periodogram oluşturarak ve ortalamayı alarak çalışır (Welch, 1967; Smith, 2011). Yukarıda belirtilen  $x$  sinyali pencereci ve dolgulu bir çerçeve olarak Denk. 3’deki hali ile belirtilir.

$$N = L + D(K - 1) \quad [3]$$

Burada  $K$  toplam blok sayısını,  $L$  blok uzunluğunu ve  $D$  blok başlangıçlarının birbirine olan mesafesini göstermektedir. Böylece bloklar Denk. 4’de olan biçimde ifade edilir.

$$x_k(j) = x(j + D(k - 1)), j \in \{0, 1, \dots, L - 1\}, k = 1, \dots, K \quad [4]$$



Şekil 3 Kayıt Bölümlemesi (Segment gösterimi)

Zaman serilerinin bu şekilde bölümlere (segmentlere) ayrılması Şekil 3’te gösterilmiştir. Uygulamada  $L$  blok uzunluğu 256 adım ve  $D$  blok mesafesi ise bunun yarısı olacak şekilde ayarlanmıştır. Welch metodu bu segmentleri ağırlık katsayısıyla çarparak kullandığı için Denk. 5’de gösterilen ifade elde edilir

$$x_k(j)w(j) \quad [5]$$

Devamında, bu diziler periodogram yöntemine uygulandığında, “modifiye” periodogramı elde edilir ve Denk. 6’da sunulan eşitlik ile verilir.

$$\tilde{P}_{xx}^{(k)}(f) = \frac{1}{LU} \left| \sum_{j=0}^{L-1} x_k(j)w(j)e^{-\frac{i2\pi}{N}fn} \right|^2 \quad [6]$$

Öncesinde olduğu üzere Welch güç spektral yoğunluğu tahmini Denk. 7’de olan şekilde temin edilir.

$$U = \frac{1}{L} \sum_{j=0}^{L-1} w^2(j) \quad [7]$$

Burada  $U$  pencere fonksiyonu içerisinde güç için normalleştirme faktörünü temsil eder.

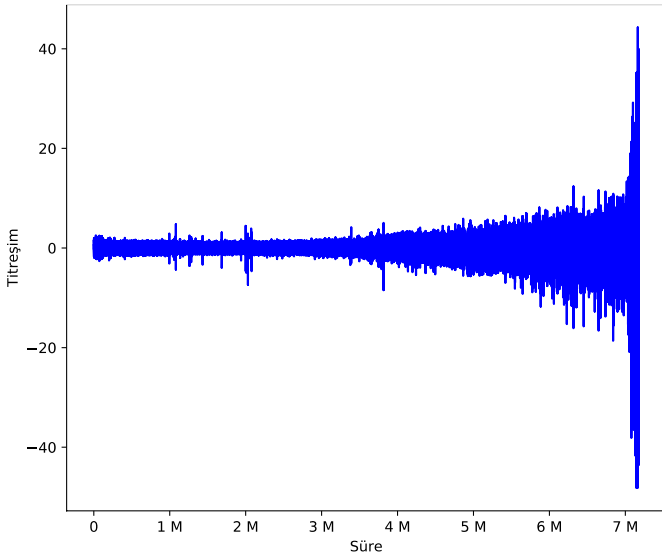
Bu gösterim süre boyunca ortalama bir periodogramdır.  $w$  dikdörtgen pencere olduğu var sayıldığında, periodogramlar üst üste gelmeyen ardışık verilerin bloklarından oluşmaktadır. Son olarak, Welch tahmini,  $P_{xx}^W(f)$ , modifiye edilmiş bu periodogramların ortalamasını alır (bknz Denk. 8).

$$P_{xx}^W(f) = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \tilde{P}_{xx}^{(i)}(f) \quad [8]$$

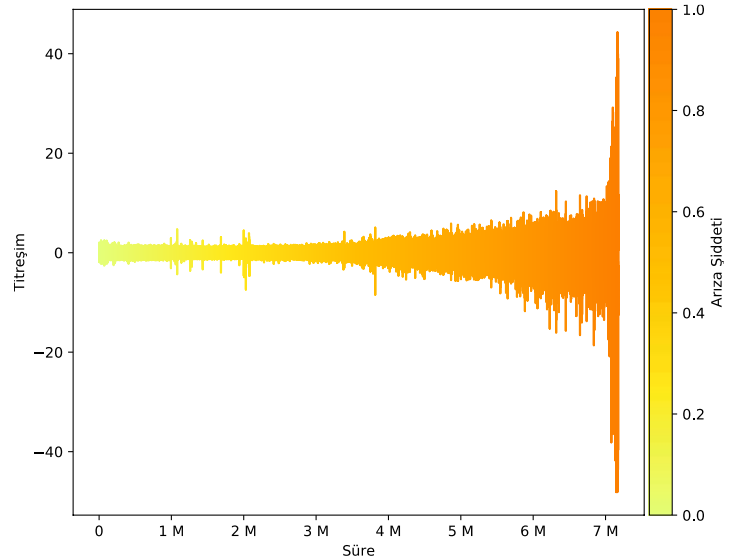
### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu bölümde yukarıda verilen yöntemin titreşim verisine uygulanmasıyla elde edilen bulgular grafikler ile görselleştirilecektir. Bu amaçla, analizleri ve gösterimleri gerçekleştirmek için Python 3 kullanılmıştır. Yöntem her alt veriye sırasıyla uygulanması neticesinde alınan sonuçların büyüklüğünün arttığı gözlemlenmektedir. Bu sonuca ulaşmak için ilk önce veri setleri tek bir grafikte toplanmış ve titreşim ivmesinin zamanla arttığı gösterilmiştir (bknz Şekil 4-a). Zaman alanındaki titreşim sinyalleri, sinyal dürtüselliğe gittikçe artan bir eğilim gösterir. Sistemlerin bozulması (degradasyon) exponansiyel olarak arttığı için Şekil 4-b’deki bulunan artış (renk spektrumundaki artışla birlikte düşünülmelidir) döner mekanizmada sistem arızasının olduğunu göstermektedir.

Tek renkli gösterim bozulma aşamalarını tam olarak gösteremeyeceğinden, Şekil 4-b’de bu aşamaları temsil etmesi amacıyla renk spektrumu (Wistia – Python 3 matplotlib.cm.get\_cmap) verilmiştir. Burada ve devam eden görsellerde renk haritası kullanılmasının arkasındaki temel amaç, veri kümesinin gösterimi için 3B renk alanında ve kabul edilebilecek '0-1' şiddet aralığında iyi bir temsil bulunmasıdır.

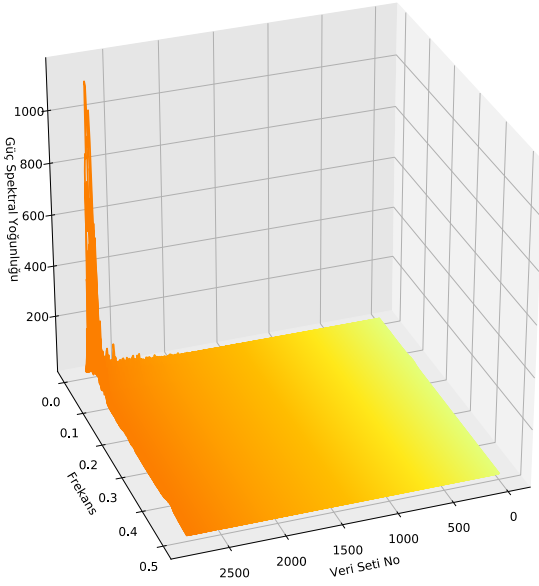


Şekil 4- a) İşlenmemiş Veri

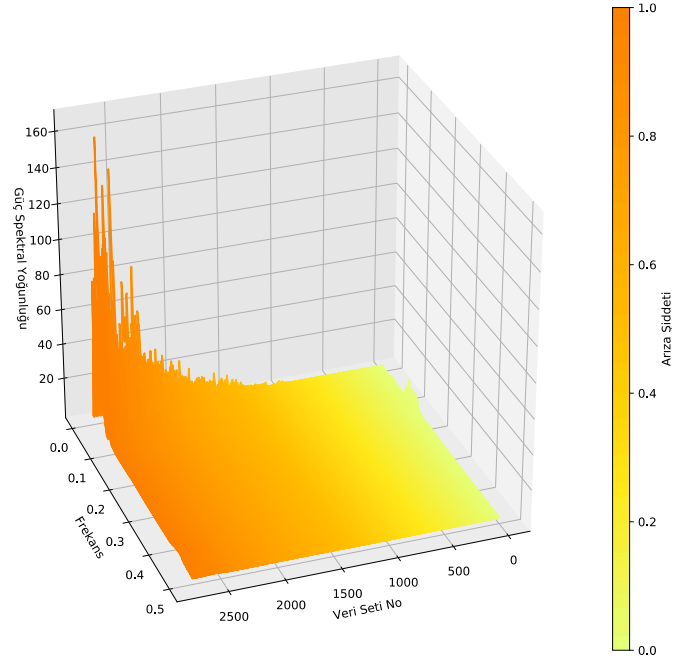


Şekil 4- b) Renk Ayrımı ile Gösterim

Burada gösterilen verilere Welch yöntemi uygulandığında bozulmanın tanımı için güçlü bir gösterim elde edilecektir. 3 boyutlu olarak her bir alt veri setinden alınan sonuçlar, değişiklikleri zaman içinde temsil edecek şekilde Şekil 5-a'da gösterilmiştir. Fakat önceki şekillerde görüldüğü üzere sistem operasyonunun sonuna yaklaşıldıkça güç spektral yoğunluğu oldukça artmıştır. Degradasyonun daha iyi temsil edilmesi için Şekil 5-b’de bu son kısımlar çıkartılarak kısmi olarak sonuçlar sunulmuştur. Burada görüleceği üzere her alt veriden elde edilen sonuçlar gittikçe artan değerler vermektedir ve bozulmanın tanımlanması için potansiyel teşkil etmektedir.



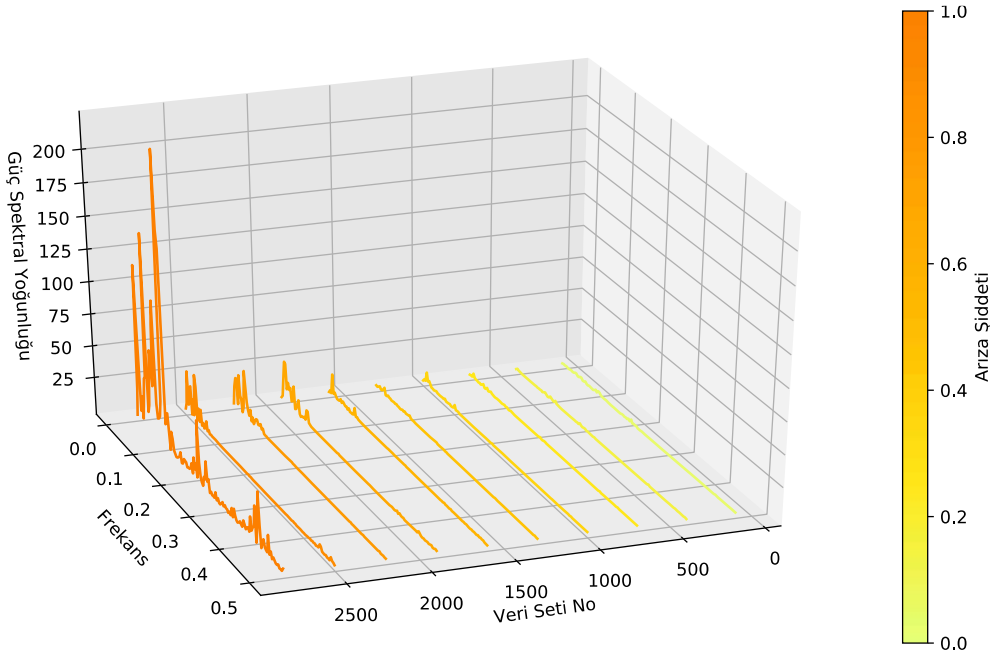
Şekil 5- a) Güç Spektral Yoğunluğu



Şekil 5- b) Güç Spektral Yoğunluğu (Kısmi)

Şekil 5-a ve b'de Welch tahmin değerinin zamanla artarak değişimi, titreşim verisi işleme yönteminin belirgin olarak fayda sağladığını ve bozulmanın analizi için kullanışlı olduğunu göstermektedir. Eşik değeri elde edilen bu sonuçlara göre belirlenebilir ve bozulmanın aşama aşama bu değere yaklaştığı söylenebilir. Özellikle, Şekil 5-b'de görüldüğü üzere kısmen daha stabil olan bozulmanın operasyonun son aşamalarında hızla arttığı (bknz Şekil 5-a) ve yıkımsal bir hata seviyesine girdiği söylenebilir.

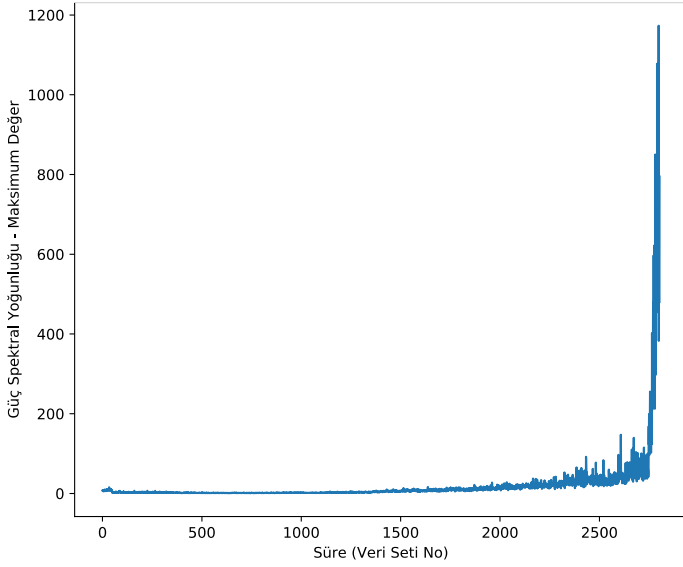
Alt veri setlerinin yoğunluğundan (toplamda 2803 veri dosyası vardır) alınan sonuçların yukarıdaki görsellerde tekil olarak incelenmesi görece daha zordur. Bu nedenle, ortalama her 300 veri setinden bir tanesinin sonuçları verilecek şekilde alınan bulgular Şekil 6'da verilmiştir.



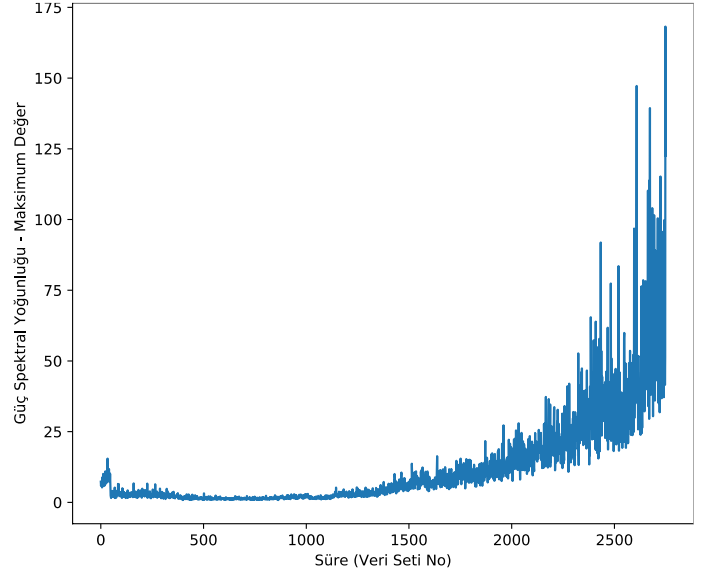
Şekil 6 Güç Spektral Yoğunluğu (Aralıklı Gösterim)

Alt veri setlerinden alınan her bir sonuç vektörünün maksimum değeri alınır Şekil 7-a'da görüleceği gibi bozulmayı temsil edecek bir eğriye ulaşılır. Önceki örneklerde belirtildiği üzere bitime yakın değerlerde yüksek bir artış gözlemlenmektedir. Yine bu kısımlar arındırılıp Şekil 7-b'de olduğu üzere gösterildiğinde, eksponansiyel artış karakteristiği gösteren bozulma eğrisi daha açık bir biçimde

gözükmektedir. Buradaki tanımlayıcı grafik, erken aşamaların belirgin bir şekilde küçük bozulma büyüklüğüne ve operasyon sonuna doğru olan aşamaların ise artan bir bozulma değerine sahip olduğunu göstermektedir. Artan ölçekte, daha yüksek skorlar operasyonda çarpıcı bir anormallik olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla bu tanımlayıcı değerler, beklendiği üzere döner mekanizma sisteminin yükselerek artan bir bozulmaya sahip olduğunu ispatlamaktadır.



Şekil 7- a) Maksimum Değer

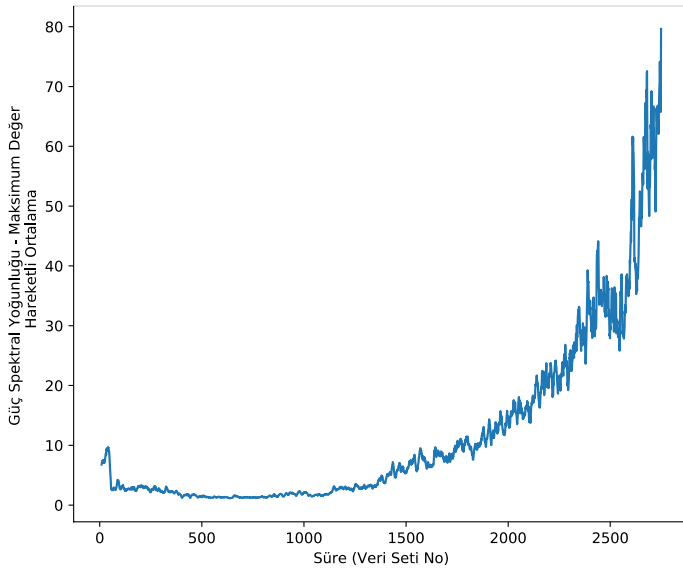


Şekil 7- b) Maksimum Değer (Kısmi)

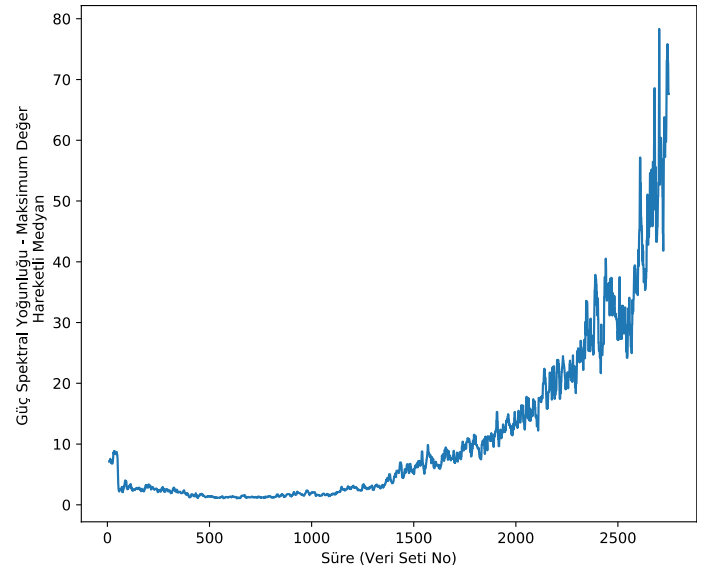
Sistemlerden alınan sinyallerde genel olarak görüldüğü üzere, bu grafikler de gürültü olarak adlandırılan büyük miktarda ek anlamsız bilgiye sahiptir. Bu gürültülü veriler analizin sonuçlarını olumsuz olarak etkileyebileceği ve düzgün olarak ele alınmadığı durumda sonuçların sapmasına neden olacağı için, verilerin gürültüsünü ayıklamak amacıyla Şekil 8- a' da görüleceği üzere "Hareketli Ortalama" yöntemi uygulanmıştır. Burada pencere içinde kalan veriler  $p_1, \dots, p_n$  şeklinde düşünüldüğünde ortalama Denk. 9 ve 10'da sunulan şekilde formüle edilir

$$\bar{p}_{HO} = \frac{p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n}{n} \quad [9]$$

$$\bar{p}_{HO} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n p_i \quad [10]$$



Şekil 8- a) Hareketli Ortalama – Bozulma Gösterim



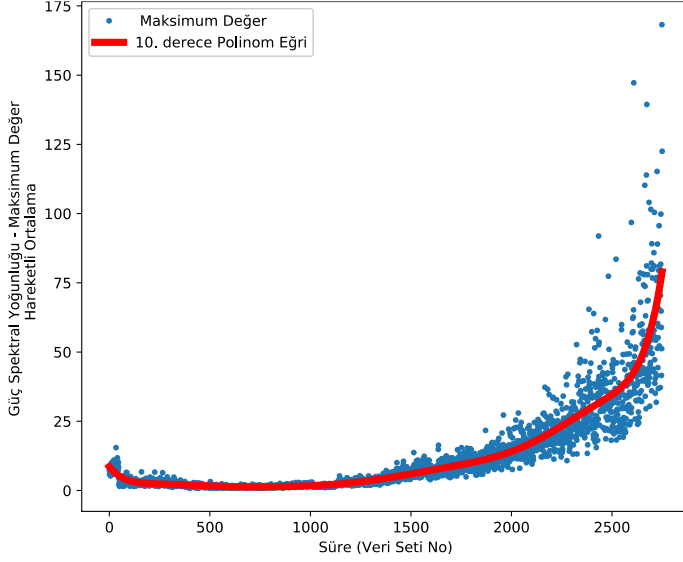
Şekil 8- b) Hareketli Medyan – Bozulma Gösterim

Şekil 8-b'de ayrıca medyan ortalama ile gösterim yapılmıştır (bkz Denk. 11).

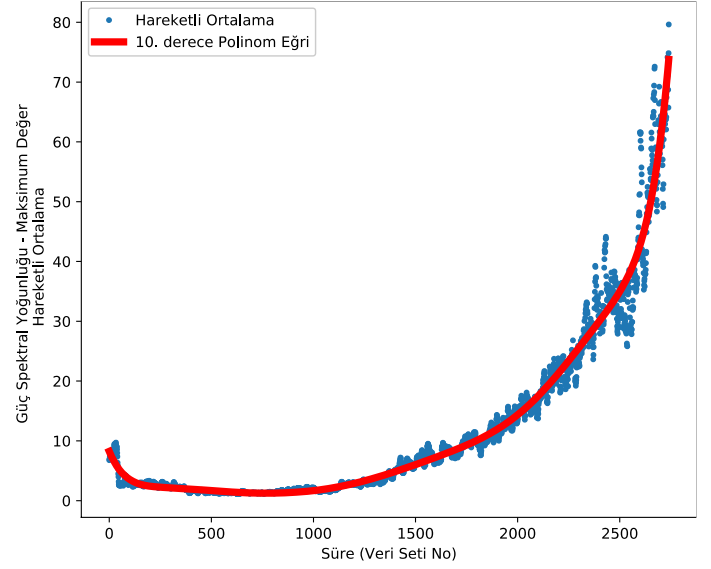


$$\check{p}_{HM} = \text{Median}(p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_n) \quad [11]$$

Hem "Hareketli Ortalama" hem de "Hareketli Medyan" yöntemlerinde 10 adımlı bir pencere boyutu kullanılmıştır (n=10). İki şekil arasındaki fark bu çalışma açısından kayda değer olmayacak şekilde az olarak gözükse de ileride faydalı ömür tahminlerinde iki farklı uygulamanın önemli farkları olabileceğinin altı çizilmelidir.



Şekil 9- a) Maksimum Değer (Kısmi) Bozulma Gösterim Polinom Eğrisi



Şekil 9- b) Hareketli Ortalama Bozulma Gösterim Polinom Eğrisi

Son olarak çalışma bozulma aşamalarını daha düzgün olarak göstermek amacıyla 10. dereceden polinom eğri uydurma yöntemi uygulanmıştır (bkz Şekil 9 a ve b). Buradaki regresyon analizinin amacı, bağımlı olan bir çıktı değerini, bağımsız bir değişkenin veya değişkenler vektörünün girdi değeri açısından modellenmesidir. Genel olarak, beklenen bu bağımsız değişkenin değeri n. dereceden polinom olarak Denk. 12'de verilen biçimde modellenebilir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \beta_3 x^3 + \dots + \beta_n x^n + \varepsilon \quad [12]$$

Polinom eğrisi için çözümleme yapılırken, karesel hata en aza indirilir. Sonuçlar, özellikle örnekleme olduğu gibi polinom derecesini yükseltmek veya değiştirerek iyileştirilebilir. Burada sağlanan eğri bozulmanın daha iyi gözlemlenebilmesi için sağlanmıştır. Alternatif eğri uydurma yöntemleri, kullanılan hayat yönetimi ve tahmini yöntemlerinin uygulanması ve çeşitliliğine göre farklılık gösterebilir. Bu nedenle, bu kısım sadece görsel bir sunum sağlama ve eğri uydurmanın ileride uygulanabilecek çalışmalarda uyumluluğunu göstermek amacıyla verilmiştir.

Elde edilen bulgular, titreşimin kabul alanının sınırlarını göstermek için bir "eşik değeri" ima edebilir. Böyle bir bölge, sıfır hipotezinin (null hypothesis) reddedilmediği titreşim analizinden elde edilen bir değer olarak kabul edilebilir. Bu kabul bölgesine bağlı olarak, kritik değerin aşıldığı durumlarda, operasyon sonlandırılabilir ve gerekli bakım, onarım işlemleri yapılabilir.

## 4. Sonuç

Bu çalışmada kestirimci bakımda kullanılmak üzere bozulma eğrisinin bulunması amaçlanmıştır. Arıza artış aşamalarının tanımlanması için uygulanan Welch yöntemiyle bozulmayı temsil edecek güç spektral yoğunluğu bulunmuştur. Sonrasında her bir alt veriden hesap edilen maksimum değerler ile bozulma eğrisi için veri noktaları elde edilmiştir. Bu makalede, havacılık gibi karmaşık sektörlerin gün geçtikçe artan titreşim verisi işleme ihtiyacına, durum izleme verilerini başarılı bir şekilde analiz ederek karşılık verilmiştir. Çalışma döner mekanizma ve benzer şekilde titreşim üreten sistemlerde durum verileriyle bozulmanın tamamlanabileceğini göstermektedir. Bundan ötürü, öne sürülen uygulamalar kestirimci bakım için önemli bir potansiyele sahip olup ve kullanışlı hayat analizi için devam çalışmalarına olanak sağlamaktadırlar.

## Kaynakça

Heng, A., Zhang, S., Tan, C., A., & Mathew, J. (2009). Rotating machinery prognostics: State of the art, challenges and opportunities. *Mechanical systems and signal processing*, 23(3), 724-739.

- Hong, S., Wang, B., Li, G., & Hong, Q. (2014). Performance degradation assessment for bearing based on ensemble empirical mode decomposition and gaussian mixture model . *Journal of Vibration and Acoustics*, 136(6).
- Hong, S., Zhou, Z., Zio, E., & Hong, K. (2014). Condition assessment for the performance degradation of bearing based on a combinatorial feature extraction method. *Digital Signal Processing*, 27, 159-166.
- Hu, C., Youn, B. D., Wang, P., & Yoon, J. T. (2012). Ensemble of data-driven prognostic algorithms for robust prediction of remaining useful life. *Reliability Engineering & System Safety*, 103, 120-135.
- Lei, Y., Lin, J., He, Z., & Zuo, M. J. (2013). A review on empirical mode decomposition in fault diagnosis of rotating machinery. *Mechanical systems and signal processing*, 35(1-2), 108-126.
- Lei, Y., Lin, J., Zuo, M. J., & He, Z. (2014). Condition monitoring and fault diagnosis of planetary gearboxes: A review. *Measurement*, 48, 292-305.
- Mayer-Schönberger, V., & Cukier, K. (2013). *Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think*. Houghton Mifflin Harcourt.
- Mills, S., Lucas, S., Irakliotis, L., Rappa, M., Carlson, T., & Perlowitz, B. (2012). *Demystifying big data: a practical guide to transforming the business of government*. Washington: TechAmerica Foundation.
- Patrick, N., Rafael, G., & Kamal, M. (2012). PRONOSTIA: an experimental platform for bearings accelerated life test. *IEEE international conference on prognostics and health management* , (s. 590).
- Öztañır, O. (2018). *Makine Öğrenmesi Kullanılarak Kestirimci Bakım* . Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Smith, J. O. (2011). *Spectral audio signal processing*. W3K publishing.
- Welch, P. (1967). The use of fast Fourier transforms for the estimation of power spectra: A method based on time averaging over short modified periodograms. *IEEE Transactions on audio and electroacoustics*, 15(2), 70-73.
- Yaman, G., & Karadayı, H. M. (2014). Titreşim analizi ile pompalarda arıza tespiti ve kestirimci bakım için örnek bir çalışma. *Tesisat Mühendisliği*, 140, 37-51.



# Physicochemical and Sensory Quality Properties of Vinegar Produced by Traditional Method from Persian Mazafati Date (*Phoenix dactylifera* L.)

Gökhan Akarca<sup>1\*</sup>, Oktay Tomar<sup>2</sup>, Abdullah Çağlar<sup>3</sup>, Ömer İstek<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Kocatepe University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 03200, Afyonkarahisar, Turkey (ORCID: 0000-0002-5055-2722)

<sup>2</sup> Kocaeli University, Faculty of Agriculture and Natural Science, Arslanbey Campus, 41285, Kocaeli, Turkey (ORCID: 0000-0001-5761-7157)

<sup>3</sup> Kocaeli University, Faculty of Agriculture and Natural Science, Arslanbey Campus, 41285, Kocaeli, Turkey (ORCID: 0000-0002-9716-8795)

<sup>4</sup> Kocatepe University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 03200, Afyonkarahisar, Turkey (ORCID: 0000-0003-2195-1166)

(First received 7 April 2020 and in final form 16 June 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.715708)

**ATIF/REFERENCE:** Akarca, G., Tomar, O., Çağlar, A. & İstek, Ö. (2020). Physicochemical and Sensory Quality Properties of Vinegar Produced by Traditional Method from Persian Mazafati Date (*Phoenix dactylifera* L.). *European Journal of Science and Technology*, (19), 429-434.

## Abstract

In this study, some physical, chemical and sensory quality properties of vinegar produced from Iranian mazafati date (*Phoenix dactylifera* L.) by conventional method were investigated. At the end of the study, brix ( $^{\circ}$ Brix), density (g/cm<sup>3</sup>) and color (L\*, a\*, b\*) values were determined to be 3.63±0.07, 1.014±0.05, L\* (27.50±0.87), a\* (1.58±0.29) and b\* (1.61±0.17), respectively. Furthermore, it was determined that the mean conductivity value was 4.92±0.04  $\mu$ S/cm, pH was 3.44±0.05 and total acidity was 11.88±0.12 g/L. The total antioxidant and total phenolic content values of the samples were determined to be 103.42±6.43  $\mu$ g trolox equivalent (TE)/mL and 231.37±44.44 mg gallic acid equivalent (GAE)/L, respectively. Nevertheless, the presence of alcohol was not detected in any of the samples after six months of storage. The mineral material contents of date vinegar samples were determined as K (163.25±0.67 ppm), P (39.43±0.50 ppm), Na (31.68±0.08 ppm) and Ca (9.63±0.18 ppm), respectively. The sensory analysis scores of the samples were given by the panelists as follows: color (6.75±0.35), aroma (5.25±0.41), odor (3.75±0.27), appearance (6.75±0.15) and general appreciation (6.45±0.52). Carotenoids, phytosterols, B-group vitamins, and phosphorus in the composition of date vinegar produced by conventional method are known to be extremely useful components for human health. Furthermore, it is considered that date vinegar can be useful for the prevention of various diseases (cholesterol-lowering, antioxidant properties, cancer, diabetes and cardiovascular diseases) due to bioactive components it contains.

**Keywords:** Date, Vinegar, Fermentation, Phytosterols, Phosphorus.

## İran Mazafati Hurmasından (*Phoenix dactylifera* L.) Geleneksel Yöntemle Üretilen Sirkenin Fizikokimyasal ve Duyusal Kalite Özellikleri

### Öz

Bu çalışmada İran mazafati hurmasından (*Phoenix dactylifera* L.) geleneksel yöntemle üretilen sirkenin bazı fiziksel, kimyasal ve duyusal kalite özelliklerinin belirlenmesi araştırılmıştır. Araştırma sonunda; briks ( $^{\circ}$ Briks), yoğunluk (g/cm<sup>3</sup>) ve renk (L\*, a\*, b\*)

\* Corresponding Author: Kocatepe University, Faculty of Engineering, Department of Food Engineering, 03200, Afyonkarahisar, Turkey (ORCID: 0000-0002-5055-2722), [gakarca@aku.edu.tr](mailto:gakarca@aku.edu.tr)

değerleri sırasıyla  $3.63\pm 0.07$ ,  $1.014\pm 0.05$ ,  $L^*$  ( $27.50\pm 0.87$ ),  $a^*$  ( $1.58\pm 0.29$ ) ve  $b^*$  ( $1.61\pm 0.17$ ) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca iletkenlik değerleri ortalama  $4.92\pm 0.04$   $\mu\text{S}/\text{cm}$ , pH  $3.44\pm 0.05$ , toplam asitlik  $11.88\pm 0.12$  g/L olarak belirlenmiştir. Örneklerin toplam antioksidan ve toplam fenolik madde değerleri ise sırasıyla  $103.42\pm 6.43$   $\mu\text{g}$  troloks eşdeğeri (TE)/mL ve  $231.37\pm 44.44$  mg gallik asit eşdeğeri (GAE)/L olarak tespit edilmiştir. Buna karşın altı aylık depolama sonucunda numunelerin hiçbirisinde alkol varlığı tespit edilememiştir. Hurma sirkesi örneklerinin mineral madde içerikleri sırasıyla K ( $163.25\pm 0.67$  ppm), P ( $39.43\pm 0.50$  ppm), Na ( $31.68\pm 0.08$  ppm) ve Ca ( $9.63\pm 0.18$  ppm) olarak belirlenmiştir. Panelistlerce örneklerin duyu analizi skorları ise; renk ( $6.75\pm 0.35$ ), aroma ( $5.25\pm 0.41$ ), koku ( $3.75\pm 0.27$ ), görünüş ( $6.75\pm 0.15$ ) ve genel beğeni ( $6.45\pm 0.52$ ) olarak verilmiştir. Geleneksel yöntemle üretilen hurma sirkesinin bileşimindeki karotenoidler, fitosteroller, B grubu vitaminler ve fosforun insan sağlığı açısından son derece yararlı bileşenler olduğu bilinmektedir. Ayrıca hurma sirkesi içerdiği biyoaktif bileşenler sayesinde çeşitli hastalıkların (kolesterolü düşürmesi, antioksidan özelliği, kanser, diyabet ve kardiyovasküler hastalıklar) önlemesi için faydalı olabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Hurma, Sirke, Fermantasyon, Fitosteroller, Fosfor.

## 1. Introduction

Vinegar is produced by a two-stage fermentation process, ethyl alcohol and acetic acid fermentation of raw materials containing starch and/or sugar. Vinegar is formed by fermenting sugars and other carbohydrates to ethanol by yeasts and fermenting the formed ethanol to acetic acid by acetic acid bacteria. During fermentation, acetic acid is oxidized to water in the presence of liquid oxygen-containing alcohol after the activity of acetic acid bacteria. Kinds of vinegar with different properties are obtained by adding various fruits and their extracts, aromatic parts of plants, their extracts or natural aromas of them (Treck & Teuber, 2002; Garcia-Garcia et al., 2006; Budak, 2010).

Date palm (*Phoenix dactylifera* L.) is considered as one of the oldest and primary products in the Arabian Peninsula, the Middle East, and North Africa. Furthermore, it is also grown in Australia, Mexico, South America, South Africa, and the United States, especially Southern California, Arizona and Texas (Chao & Krueger, 2007; Al-Harrasi et al., 2014; Hazzouri et al., 2015).

The date fruit is a food source with high nutritional value. The date is rich in carbohydrates, dietary fibers, proteins, minerals and group B vitamins. It contains Thiamine ( $B_1$ ), Riboflavin ( $B_2$ ), Niacin ( $B_3$ ), Pantothenic ( $B_5$ ), Pyridoxine ( $B_6$ ) and Folate ( $B_9$ ) of Vitamin B groups. The date fruit involves calcium, iron, magnesium, selenium, copper, phosphorus, potassium, zinc, sulfur, cobalt, fluorine, manganese and boron as minerals (Chao & Krueger, 2007; Al-Harrasi et al., 2014).

In Arab communities, by-products of date fruits are usually and commonly used in the form of jam, jelly, fruit juice, syrup, fermented drinks, and vinegar. These products are rich in bioactive compounds. Therefore, vinegar has gained industrial value. It has been demonstrated by various studies that date vinegar is good for health in terms of antioxidant properties, cholesterol-lowering, cancer, diabetes and the prevention of cardiovascular diseases due to its phytochemical properties (Chao & Krueger, 2007; Al-Harrasi et al., 2014, Hafzan et al., 2017).

In this study, dry matter, pH, ash, brix, density, conductivity, alcohol determination, color, total acidity, total antioxidant, total phenolic, mineral matter and sensory analysis values of vinegar produced from Iranian mazafati date by conventional method were determined.

## 2. Material and Method

### 2.1. Material

Iranian mazafati dates used in the study were obtained from local markets operating in the central district of Afyonkarahisar province.

### 2.2. Methods

The kernels of Iranian mazafati date were removed, they were washed, cleaned, and then aired in the laboratory environment for 1 day. The dates prepared were added in 1/3 of 10 L jars. Then, a mixture of 50 g flower honey and 50 g grape molasses was added for the fermentation process to take place. It was ensured to create fermentation conditions by adding 150 mL of date vinegar, which had been previously produced by conventional method and 50 g chickpeas. Water was added to the product prepared to complete 10 L. The samples in the jars prepared were covered with cheesecloth to be aired for 30 days. Furthermore, they were mixed twice a day to be aired. This process was continued for approximately 30 days until a vinegar mother appeared on the surfaces of the jars. After the formation of the vinegar mother following the fermentation process, filtration was performed from the raw material. Then, the jars were sealed and stored without exposing to light at room temperature for 6 months. Their analyses were then performed under laboratory conditions. This study was conducted in triplicate were used for each repetition.

### 2.3. Analyzes

While dry matter analysis of date vinegar samples was performed according to AOAC 930.15 in the oven (Ecocell 55, Germany), they were analyzed for pH values according to AOAC 981.1 with Hanna (HI 2215, Germany), for ash content according to AOAC 930.35 with an electromag ash furnace (M 1811, Turkey) and for density according to AOAC 985.19 (AOAC, 2000a; AOAC, 2000b; AOAC, 2016a; AOAC, 2016b). The soluble dry matter content of date vinegar samples was determined by a hand refractometer (Atago Refractometer N-1E, Japan) according to Haroun 2006 and conductivity was determined according to Aadil 2015. Alcohol determination was performed according to Taslipinar 2018. The color determination was performed according to Voss 1992 and total

acidity determination was performed according to Anonymous 1990 and Unal 2007. The total antioxidant capacity and total phenolic content were determined according to Bertoncelj et al. 2007. Mineral matter analysis was performed in the microwave burning unit (Berghof Speedwave MWS-2, Germany) according to Kadas 2011. The sensory analyses of the samples were evaluated according to Taslipinar 2018.

### **3. Results and Discussion**

The physical and chemical analyses of date vinegar samples (Dry matter, pH, ash, brix, density, conductivity, alcohol determination, color, total acidity, total antioxidant, total phenolic, mineral material and sensory analysis) are presented in Table 1, Table 2 and Table 3.

As a result of the study, it was determined that the mean density of date vinegar was  $1.014 \pm 0.05$  g/cm<sup>3</sup> and the mean brix values were  $3.63 \pm 0.07$  °Brix (Table 1). Similarly, to the results of our study, Dabija and Hatnean (2014) determined that the density of apple cider vinegar was  $1.08 \pm 0.05$  g/cm<sup>3</sup> and the brix value was  $3.60 \pm 0.00$  °Brix.

In our study, the mean color values of vinegar samples were determined as L\* ( $27.50 \pm 0.87$ ), a\* ( $1.58 \pm 0.29$ ) and b\* ( $1.61 \pm 0.17$ ) (Table 1). In their study, Siddeeg et al. (2019) determined the color values of date vinegar as L\* ( $45.44 \pm 0.17$ ), a\* ( $-0.33 \pm 0.34$ ) and b\* ( $3.14 \pm 0.33$ ). It is considered that the difference between them was due to different date species used in the studies.

It was determined that the dry matter values of date vinegar varied in the range of  $3.45 \pm 0.04\%$  on average (Table 2). In the study carried out by Bakir et al. (2016), the dry matter values of grape and apple cider vinegar were determined to be  $3.8 \pm 0.30$ ,  $4.3 \pm 0.40$  g/L, respectively. It is considered that the difference between that study and the results of our study was due to the fact that water-insoluble dry matters (starch, cellulose, etc.) were less in date vinegar.

The mean pH values of vinegar samples were determined to be  $3.44 \pm 0.05$  (Table 2). In a study carried out by Zakaria and Mokhtar (2014), the pH value of apple cider vinegar was found to be  $3.10 \pm 0.00$  in parallel with our results.

The mean ash content of our samples was determined to be  $3.4 \pm 0.11$  g/L (Table 2). In the study of Dabija and Hatnean (2014), the ash content in apple cider vinegar was determined to be  $3.25 \pm 1.25$  g/L. This difference between the studies is considered to be due to higher mineral matter content of apple cider vinegar compared to date vinegar.

The mean conductivity values of date vinegar samples were determined to be  $4.92 \pm 0.04$  µS/cm (Table 2). In the study carried out by Siddeeg et al. (2019), it was determined that the conductivity value of date vinegar was  $3.10 \pm 0.15$  µS/cm, which was lower than our results. This difference between the studies is considered to be due to the types of dates used in the studies and, production and post-production storage times.

No alcohol was detected in any of the vinegar samples after six months of storage (Table 2). In a study carried out by Bayram et al. (2018), it was determined that the alcohol values of apple cider vinegar were below 0.5%. There is a difference between that study and our study. This difference between the studies is due to the difference in storage time after production.

In this study, the mean total acidity values of date vinegar samples were found to be  $11.88 \pm 0.12$  g/L (Table 2). In the study carried out by Dabija and Hatnean (2014), it was determined that the total acidity value of apple cider vinegar was  $6.45 \pm 2.55$  g/L, which was lower than our results. The differences between the two studies were due to the differences in raw materials used in production, fermentation time and storage time after fermentation.

The mean total antioxidant and total phenolic values of vinegar samples were determined to be  $103.42 \pm 6.43$  (µg TE/mL) and  $231.37 \pm 44.44$  (mg GAE/L), respectively (Table 2). In their study, Bakir et al. 2016 determined that the total antioxidant values of grape and apple cider vinegar were  $1612 \pm 244$  and  $1087 \pm 149$  (mg TEAC/100mL), respectively and their total phenolic content was  $842 \pm 171$  and  $459 \pm 58$  (mg GAE/100mg), respectively. There are differences between the values obtained as a result of our study and the results obtained due to the fact that date vinegar is rich in carotenoids, phytoesters and bioactive components and that total antioxidant and total phenolic values are higher.

In our study, the mean mineral material values of date vinegar were determined as Potassium;  $163.25 \pm 0.67$  ppm, Phosphorus;  $39.43 \pm 0.50$  ppm, Sodium;  $31.68 \pm 0.08$  ppm, Calcium;  $9.63 \pm 0.18$  ppm and Magnesium;  $2.58 \pm 0.30$  ppm, respectively (Table 3). In the study on the mineral matter content of apple cider vinegar, Dabija and Hatnean (2014) determined the mineral matter values as Aluminum;  $237.71$  µg/L, Sodium;  $37.69$  µg/L, Calcium;  $32.03$  µg/L, Strontium;  $14.91$  µg/L and Nickel;  $13.41$  µg/L, respectively. The difference between that study and the results of our study was due to the fruits used as raw materials.

The mean sensory analysis scores (color, aroma odor, appearance and general appreciation) given to vinegar samples by the panelists were  $6.75 \pm 0.35$ ,  $5.25 \pm 0.41$ ,  $3.75 \pm 0.27$ ,  $6.75 \pm 0.15$  and  $6.45 \pm 0.52$  respectively (Table 1). Similarly, in a study carried out by Siddeeg et al. 2019, the sensory analysis color, aroma, odor, appearance and general appreciation values of date vinegar were found to be 6.85, 6.90, 7.60, 7.50 and 6.00 respectively.



Table 1. Physical and Sensory Analysis Results of Date Vinegar

Analyzes										
Samples	Brix (°Brix)	Density (g/cm <sup>3</sup> )	L*	Color		Color	Aroma	Sensory Scores		General Appreciation
				a*	b*			Odor	Appearance	
Date Vinegar	3.63±0.07	1.014±0.05	27.50±0.87	1.58±0.29	1.61±0.17	6.75±0.35	5.25±0.41	3.75±0.27	6.75±0.15	6.45±0.52

Table 2. Chemical Analysis Results of Date Vinegar

Analyzes								
Samples	Dry Matter Content (%)	pH	Ash (g/L)	Conductivity (µS/cm)	Alcohol (%)	Total Acidity (g/L)	Total Antioxidant (µg TE/mL)	Total Phenolic (mg GAE/L)
Date Vinegar	3.45±0.07	3.44±0.05	3.4±0.11	4.92±0.04	-	11.88±0.12	103.42±6.43	231.37±44.44

Table 3. Mineral Analysis Results of Date Vinegar

Analyzes												
Samples	Na (ppm)	Mg (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	P (ppm)	Fe (ppm)	B (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Al (ppm)	Ni (ppm)	Sn (ppb)
Date Vinegar	31.68±0.08	2.58±0.30	163.25±0.67	9.63±0.18	39.43±0.50	0.75±0.00	0.31±0.00	0.47±0.00	1.47±0.00	0.11±0.00	0.01±0.00	6.79±0.02

## 4. Conclusions

In this study, physical, chemical and sensory quality properties of date vinegar produced by conventional method were determined.

In physical analyses, it was determined that there were differences only in color values and it is considered that it was due to the fact that more than one varieties of date were used and the geography where it was grown was effective. In chemical analyses, dry matter, ash, alcohol, total acidity, and mineral values were found to be different from other studies. The difference between the studies was due to the differences in the types of dates used and in storage conditions.

Furthermore, the total antioxidant and total phenolic values of date vinegar were found to be quite high. This feature is due to the fact that date fruit is rich in carotenoids, phytosterols and group B vitamins.

Nowadays, most of the diseases are treated using chemical and synthetic drugs. These drugs have side effects that seriously threaten human health. This result directs human beings towards natural, herbal treatment methods. In particular, the antioxidant capacity of date vinegar content and high total phenolic ratio suggest that it can be used in the treatment of many diseases. Furthermore, the fact that date vinegar is a strong source of phosphorus was determined by this study. It is known that the foods with the highest levels of phosphorus are sea products, goat's milk and dairy products produced from it. For people who do not consume these foods, date vinegar can be recommended as an alternative source.

It has been determined that date vinegar is an extremely useful food for human health from many aspects, such as lowering bad cholesterol, having antioxidant properties, preventing cancer, diabetes and cardiovascular diseases, due to phytochemicals and phosphorus it contains. In addition to all these, it is clear that date vinegar with functional features should be promoted in a way to reach the large masses and, necessary studies should be conducted to move the production from home conditions to industrial dimension.

## 5. Acknowledge

This research was presented as an oral presentation at the 5th International Eurasian Congress on Natural Nutrition, Healthy Life & Sport, Ankara, NATURAL 2019.

## References

- Aadil, R. M. (2015). A potential of ultrasound on minerals, microorganisms, phenolic compounds and colouring pigments of grapefruit juice. *Int. J. Food Sci. Tech*, 50, 1144-1150.
- Al-Harrasi, A., Rehman, N. U., Hussain, J., Khan, A. L., Al-Rawahi, A. & Gilani, S. A. (2014). Nutritional assessment and antioxidant analysis of 22 date palm (*Phoenix dactylifera* L.) varieties growing in sultanate of oman. *Asian Pac. J. Trop. Med*, 7(1), 591-598.
- Anonymous. (1990). *Recueil des Methodes Internationales D'Analyse des Vins et des Mouts*, Office International de labak Vigne et du Vin, Paris, 368s.
- AOAC. (2000a). *Official methods of analysis of the (17th ed.)*. 930.35 (d) Vinegars. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. (2000b). *Official methods of analysis of the (17th ed.)*. 985.19. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- AOAC. (2016a). *Official methods of analysis (20th ed.)*. 930.15. Washington, DC: Association of Analytical Chemists.
- AOAC. (2016b). *Official methods of analysis of the (20th ed.)*. 981.12. Washington: Association of Official Analytical Chemists.
- Bakir, S., Toydemir, G. Boyacioglu, D., Beekwilder, J. & Capanoglu, E. (2016). Fruit antioxidants during vinegar processing: changes in content and in vitro bio-accessibility. *Int. J. Mol. Sci*, 17(10), 1658.
- Bayram, M., Kaya, C., Yucel, E. E., Er, B., Gulmez, E. & Terzioglu, E. (2018). Some quality properties of rice vinegar and various commercial vinegar samples. *Akademic Food Journal*, 16(3), 293-300.
- Bertoncelj, J., Dobersek, U., Jamnik, M. & Golob, T. (2007). Evaluation of the phenolic content, antioxidant activity and colour of Slovenian honey. *Food Chem*, 105(2), 822-828.
- Budak, H. N. (2010). A research on compositional and functional properties of vinegars produced from apple and grape. Ph.D. Thesis. Suleyman Demirel University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Isparta, Turkey.
- Chao, C. C. T. & Krueger, R. R. (2007). The date palm (*Phoenix dactylifera* L.): Overview of biology uses and cultivation. *Hortscience*, 42(5), 1077-1082.
- Dabija, A. & Hatnean, C. A. (2014). Study concerning the quality of apple vinegar obtained through classical method. *J. Agroatiment. Processes Technol*, 20(4), 304-310.
- Garcia-Garcia, I., Cantero-Moreno, D., Jimenez-Ot, C., Baena-Ruano, S., Jimenez-Hornero, J., Santos-Duenas, I., Bonilla-Venceslada, J. & Barja, F. (2006). Estimating the mean acetification rate via on-line monitored changes in ethanol during a semicontinuous vinegar production cycle. *J. Food Eng*, 80(2), 460-464.
- Hafzan, Y., Saw, J. W. & Fadzilah, I. (2017). Physicochemical properties, total phenolic content, and antioxidant capacity of homemade and commercial date (*Phoenix dactylifera* L.) vinegar. *Int. Food Res. J*, 24(6), 2557-2562.
- Haroun, M. I. (2006). Determination of phenolic and flavonoid profiles of some floral and honeydew honeys produced in Turkey. Ph.D. Thesis. Ankara University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Ankara, Turkey.
- Hazzouri, K. M., Flowers, J. M., Visser, H. J., Khierallah, H. S., Rosas, U., Pham, G. M., Meyer R. S., Johansen, C. K., Fresquez, Z. A., Masmoudi, K., Haider, N., El Kadri, N. Idaghdour, Y., Malek, J. A., Thirkhill, D., Markhand, G. S., Krueger, R. R., Zaid, A. & e-ISSN: 2148-2683

- Purugganan, M. D. (2015). Whole genome re-sequencing of date palms yields insights into diversification of a fruit tree crop. *Nat. Commun*, 6, 8824.
- Kadas, Z. (2011). Determination of bioactive properties and metabolic effects of hawthorn vinegar. M.Sc. Thesis. Bolu Abant İzzet Baysal University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Bolu, Turkey.
- Siddeeg, A., Zeng, X. A., Rahaman, A., Manzoor, M. F., Ahmed, Z. & Ammar, A. F. (2019). Quality characteristics of the processed dates vinegar under influence of ultrasound and pulsed electric field treatments. *J. Food Sci. Technol*, 56(9), 4380-4389.
- Taslipinar, E. S. (2018). Effect of vinegar production process on bioactivity of some traditional fruits. M.Sc. Thesis. Yildiz Technical University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İstanbul, Turkey.
- Treck, J. & Teuber, M. (2002). Genetic and restriction analysis of the 16S-23S rDNA internal transcribed spacer regions of the acetic acid bacteria. *FEMS Microbiol. Lett*, 208, 69-75.
- Unal, E. (2007). A study on vinegar production from Dimrit grape by different methods. M.Sc. Thesis. Çukurova University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Adana, Turkey.
- Voss, D. H. (1992). Relating colorimeter measurement of plant color to the royal horticultural society colour chart. *Hortscience*, 27(12), 1256-1260.
- Zakaria, F. & Mokhtar, S. I. (2014). Comparisons of the proximate values, mineral elements and heavy metals contents in three local fruits vinegars with the apple cider vinegar. *International Conference on Food Innovation*, Penang, Malaysia.



# Filamentous Fungi Associated with the Golot Cheese of the Rize-Ardesen Highlands in Turkey

Banu Metin<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Istanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Engineering and Life Sciences, Department of Food Engineering, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-3203-0058)

(First received 7 April 2020 and in final form 16 June 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.715639)

**ATIF/REFERENCE:** Metin, B. (2020). Filamentous Fungi Associated with the Artisanal Golot Cheese of the Rize-Ardesen Highlands in Turkey. *European Journal of Science and Technology*, (19), 435-441.

## Abstract

The aim of this study was to identify the filamentous fungi associated with the Golot cheese produced in Ardesen, Rize Province, East Black Sea region, Turkey by using molecular methods. Sixteen fungi were isolated from seven cheese samples and subjected to sequencing analysis using different fungal DNA barcodes. The first marker used, internal transcribed spacer (ITS), allowed identification of *Geotrichum candidum* and *Penicillium roqueforti*. The other isolates, defined as *Penicillium* and *Cladosporium*, could be identified only at the genus level using ITS; therefore, the beta-tubulin (*benA*) gene and the microsatellite PC4 markers were used to define the remaining *Penicillium* isolates as *P. bifforme* and *P. solitum*. The *Cladosporium* isolate was identified as *C. macrocarpum* by analysis using *benA* and translation elongation factor 1- $\alpha$  (*tef1*) genes. The most common species associated with Golot cheeses were determined to be *P. bifforme* (56%) and *G. candidum* (25%). Previously unknown sequences of *P. solitum* PC4 and *C. macrocarpum tef1*, and a longer version of *C. macrocarpum benA* were submitted to GenBank.

**Keywords:** Golot cheese, Mycobiota, Fungal identification markers, *Penicillium*, *Cladosporium*.

## Türkiye'de Rize-Ardeşen Yaylalarının Golot Peyniri ile İlişkili Filamentli Funguslar

### Öz

Bu çalışmanın amacı, Doğu Karadeniz Bölgesi, Rize İli, Ardeşen'de üretilen Golot peyniri ile ilişkili filamentli fungusların moleküler yöntemler kullanılarak belirlenmesidir. Yedi peynir örneğinden on altı fungus izole edilmiş ve farklı fungal DNA barkodları kullanılarak dizilim belirleme analizine tabi tutulmuştur. Kullanılan ilk markör olan internal transcribed spacer bölgesi (ITS), *Geotrichum candidum* ve *Penicillium roqueforti*'nin identifikasyonuna olanak vermiştir. Diğer izolatlar, ITS kullanılarak sadece cins düzeyinde *Penicillium* ve *Cladosporium* olarak tanımlanabilmiştir; bu nedenle, beta-tubulin (*benA*) geni ve mikrosatellit PC4 markörleri, kalan *Penicillium* izolatlarını *P. bifforme* ve *P. solitum* olarak tanımlamak için kullanılmıştır. *Cladosporium* izolatı, *benA* ve translation elongation factor 1- $\alpha$  (*tef1*) genleri kullanılarak analiz edilerek *C. macrocarpum* olarak tanımlanmıştır. Golot peynirleriyle ilişkili en yaygın türlerin *P. bifforme* (%56) ve *G. candidum* (%25) olduğu belirlenmiştir. Daha önce bilinmeyen *P. solitum* PC4 ve *C. macrocarpum tef1* dizilimleri ve daha uzun bir *C. macrocarpum benA* versiyonu GenBank'a sunulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Golot peyniri, Mikobiyota, Fungal identifikasyon markörleri, *Penicillium*, *Cladosporium*.

\* Corresponding Author: Istanbul Sabahattin Zaim University, Faculty of Engineering and Life Sciences, Department of Food Engineering, Istanbul, Turkey, ORCID: 0000-0002-3203-0058, [banu.metin@izu.edu.tr](mailto:banu.metin@izu.edu.tr)

## 1. Introduction

Golot cheese of the East Black Sea region of Turkey is a local type of more than 100 of Turkey's reported cheeses (Cakmakci, 2011; Kamber and Terzi, 2008). Golot is a type of Kashar cheese produced by traditional methods in houses or small factories to be consumed especially as a fondue called "muhlama", a popular dish made from cheese, cornmeal, and butter (Kamber and Terzi, 2008; Unsal, 1997). In the traditional production method, after fat separation, the low-fat milk is kept at room temperature for 12–24 h according to environmental temperature to acidify using its own microbiota (Balcan, 2017; Unsal, 1997). The curd is then cooked until elastic drained using a fabric bag. After draining, when the temperature is still high enough to allow shaping, the curd is separated into pieces that are shaped to resemble a pita bread. The resulting cheese is consumed either fresh or salted and ripened in wooden barrels in a cool environment for approximately 3 months (Balcan, 2017; Unsal, 1997; Kamber and Terzi, 2008). Because the pita bread of the region is called "Kolet" or "Kolot", the cheese having a similar shape is called "Golot", "Kolot", "Kolete" or "Koleti" based on the specific neighborhood in which it is produced (Tuncturk and Ozdemir, 2005).

Cheese ripening involves complex glycolytic, lipolytic and proteolytic biochemical processes (Fox et al., 1993; McSweeney, 2004). The enzymes of filamentous fungi growing inside some cheeses, such as the blue-vein cheeses, and on the rind of some, such as the surface mold-ripened cheeses, contribute to the ripening process and are responsible for the formation of characteristic flavors and textures (Gripon, 1993; Metin, 2018). *Penicillium* species, especially *P. roqueforti* and *P. camemberti* (Gripon, 1993; Spinnler and Gripon, 2004), and *Fusarium domesticum* (Bachmann et al., 2005), *Scopulariopsis* (Chabalier et al., 1995), *Sporendonema* (Ratomahenina et al., 1994; Ropars et al., 2012), and *Mucor* species (Werner et al., 1999) have been described from various mold-ripened cheeses. On the other hand, molds might also be involved in undesirable changes, such as spoilage or mycotoxin contamination (Lund et al., 1995; Hymery et al., 2014). Investigation of the fungal communities sets the basis for understanding the contribution of filamentous fungi to the ripening process and to identify possible undesirable effects that are relevant in cheese production, such as excessive enzymatic activities resulting in off flavors, ropy textures, or mycotoxin production.

There are few studies that describe the main chemical, biochemical, and microbiological properties of Golot cheese (Caglar et al., 1998; Tuncturk and Ozdemir, 2005; Yazici and Dervisoglu, 2002). The aim of our study was to use molecular methods to determine the filamentous fungi associated with ripened Golot cheese. The fungal isolates were identified molecularly using a multilocus sequencing approach.

## 2. Materials and Methods

### 2.1. Cheese Samples

Seven cheese samples were obtained from local stores in the Ardesen village of Rize, Turkey. The samples were vacuum packaged and stored under refrigeration until analyses, which were conducted within 1 week.

### 2.2. Isolation of Filamentous Fungi

To isolate the filamentous fungi, 10 g cheese sample taken from the rind was homogenized in 90 mL 2% sodium citrate (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) using a Stomacher (Bagmixer 400, Interscience, Saint Nom, France). Serial dilutions were prepared from the homogenate with 1/4 Ringer's solution (Merck KGaA, Darmstadt, Germany) and inoculated onto potato dextrose agar (PDA, Merck) in duplicate (Harrigan, 1998). After incubating the plates at 25 °C for 5 days, morphologically different filamentous fungi grown on each plate were transferred to new PDA plates and purified by two subsequent inoculations of single colonies. The isolates were assigned XKY, where X was cheese sample number, and Y was the isolate number from each cheese sample. The resulting 16 fungi were stored at -80 °C in yeast extract peptone dextrose broth (YPD, Merck) containing 20% glycerol for long-term storage.

### 2.3. DNA Extraction and Polymerase Chain Reaction

The fungi were grown in 10 mL YPD at 25 °C for 1 day, and DNA was extracted as described by Turin et al. (2000). The concentration and purity of the DNA samples were measured using the BioSpec Nano spectrophotometer (Shimadzu, Kyoto, Japan). Different amplification reactions were conducted to identify different isolates (Table 1)—the internal transcribed spacer (ITS) region with universal primers ITS1 and ITS4 (White et al., 1990), the microsatellite locus PC4 with PC4-F and PC4-R (Giraud et al., 2010), the  $\beta$ -tubulin gene (*benA*) with Bt2a and Bt2b (Glass and Donaldson, 1995), and the elongation factor-1 $\alpha$  gene (*tef1*) with EF6 and EF1d (Peterson, 2004). Polymerase chain reactions (PCRs) were conducted in 50  $\mu$ L reaction mixture containing 1X buffer, 0.2 mM dNTP mix, 2.0  $\mu$ L 10 mM forward primer, 2.0  $\mu$ L 10 mM reverse primer, ~50 ng template DNA and 2.5 U  $\mu$ L Dream Taq DNA polymerase (Thermo Fisher Scientific, St. Louis, MO, USA) using the T100 Thermal Cycler (Bio-Rad Laboratories, Hercules, CA, USA). The PCR conditions were as follows: denaturation at 94 °C for 1 min followed by 34 cycles of denaturation at 94 °C for 30 s; annealing at 48 °C for PC4, *benA*, and *tef1*; 52 °C for ITS for 30 s; extension at 72 °C for 1 min; and final chain elongation at 72 °C for 10 min. The resulting PCR products were purified using the GeneJET PCR Purification Kit (Thermo Fisher Scientific) and subjected to Sanger sequencing analysis using the primers used in PCR. Sequences were visualized using CLC Main Workbench (Qiagen, Hilden, Germany) and compared to the previously published sequences using BLAST in the National Center for Biotechnology Information (NCBI) website.



## 2.4. Phylogenetic Analyses

Phylogenetic analyses were conducted using MEGA X (Kumar et al., 2018) and the maximum likelihood method and Tamura-Nei model (Tamura and Nei, 1993). The trees were drawn to scale, with branch lengths measured by the number of substitutions per site.

## 3. Results and Discussion

### 3.1. Isolation of Fungi

Seven Golot cheese samples were used in isolating the fungi. Although filamentous fungal growth was not observed in 2 of the cheese samples, 16 strains were isolated from the remaining 5 samples.

### 3.2. Universal Fungal Barcode: ITS

The isolates were first screened by sequencing ITS, the universal DNA barcode for fungi, to identify the fungi (Schoch et al., 2012). ITS sequencing was helpful in defining *G. candidum* (1K1, 2K3, 4K1, and 5K1) and *P. roqueforti* (4K2); however, it was not helpful for differentiating other *Penicillium* species and identifying the *Cladosporium* isolate (Table 1).

Table 1. Isolates and the Regions used for Identification

Number	Isolate	Identified species	Regions used for identification			
			ITS	PC4	<i>benA</i>	<i>tefl</i>
1	1K1	<i>Geotrichum candidum</i>	MH443758			
2	1K3	<i>Penicillium biforme</i>		GU726757	FJ930944	
3	1K4	<i>Penicillium solitum</i>		MT160803*	AY674355	
4	1K6	<i>Penicillium biforme</i>		GU726757	FJ930944	
5	2K1	<i>Cladosporium macrocarpum</i>			MN543047*	MN543048*
6	2K2	<i>Penicillium biforme</i>		GU726757	FJ930944	
7	2K3	<i>Geotrichum candidum</i>	MH443758			
8	4K1	<i>Geotrichum candidum</i>	MH443758			
9	4K2	<i>Penicillium roqueforti</i>	KM115117			
10	4K3	<i>Penicillium biforme</i>		GU726757	FJ930944	
11	4K4	<i>Penicillium biforme</i>		GU726757	FJ930944	
12	5K1	<i>Geotrichum candidum</i>	MH443758			
13	6K1	<i>Penicillium biforme</i>		GU726757	FJ930944	
14	6K2	<i>Penicillium biforme</i>		GU726757	FJ930944	
15	6K3	<i>Penicillium biforme</i>		GU726757	FJ930944	
16	6K4	<i>Penicillium biforme</i>		GU726757	FJ930944	

\*Sequences submitted to GenBank in this study

ITS sequencing identified 4 isolates among the 16 as *Geotrichum candidum* (25%). The filamentous yeast *G. candidum* is an important contributor to ripening in many cheeses, including soft cheeses, such as Camembert, and semihard cheeses, such as, Saint Nectaire and Reblochon (Boutrou and Guéguen, 2005). This yeast grows on the rind and the actions of its lipolytic and proteolytic enzymes contribute to flavor formation; therefore, *G. candidum* is used as a starter culture in the cheese industry (Boutrou and Guéguen, 2005). In addition to being part of raw-milk microbiota, *G. candidum* can be found in various environments, such as soil, plants, grass, and silage as well as in humans and other mammals (Boutrou and Guéguen, 2005; Marcellino and Benson, 2013). Because Golot cheese is cooked, the origins of the fungi detected are expected to be environmental rather than milk.

The other species detected by ITS, *P. roqueforti*, was observed in one cheese sample. *Penicillium roqueforti* is the ripening culture in blue cheeses, such as Roquefort and Gorgonzola, but it can be a contaminant in other cheese types (Hymery et al., 2014) and potentially produce several mycotoxins, such as roquefortine C, PR toxin, ergot alkaloids (isofumigaclavines, festuclavine and agroclavine), and mycophenolic acid (Hymery et al., 2014). PR toxin, the most potent of these, is converted to less toxic derivatives in the cheese environment, while roquefortine C is not produced at high enough quantities to pose a health risk (Martin and Liras, 2017).

### 3.3. Beta-Tubulin (BenA) and the Microsatellite PC4 used to Identify *P. biforme* and *P. solitum*

The *Penicillium* isolates other than 4K2 (*P. roqueforti*) could not be differentiated by ITS; therefore, they were further analyzed using both *benA* (Fig. 1) and the PC4 microsatellite marker (Fig. 2) that can be used to differentiate between *P. camemberti*-related *Penicillium* species (Giraud et al., 2010). *BenA* and PC4 sequencing showed that most of the remaining *Penicillium* isolates were *P.*

*biforme* (1K3, 1K6, 2K2, 4K3, 4K4, 6K1, 6K2, 6K3, and 6K4), while one (1K4) was *P. solitum*. Because the PC4 sequence of *P. solitum* was not available from NCBI, the sequence was submitted to GenBank (accession number: MT160803).

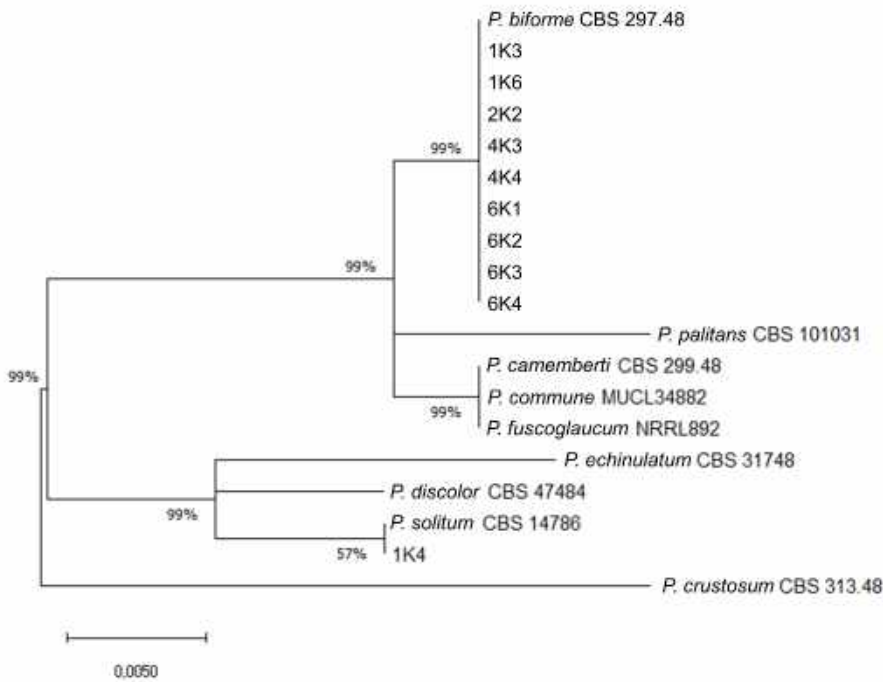


Figure 1. Phylogenetic tree generated using the  $\beta$ -tubulin (*benA*) sequences of the isolates in the section *Viridicata* of the genus *Penicillium*. The tree with the highest log likelihood (-622.09) is shown. This analysis involved 19 nucleotide sequences. There were 334 positions in the final dataset. The reference strains and their accession numbers are as follows: *P. biforme* CBS 297.48 (FJ930944), *P. palitans* CBS 101031 (AY674362), *P. camemberti* CBS 299.48 (FJ930954), *P. commune* MUCL34882 (FJ930974), *P. fuscoglaucum* NRRL892 (FJ930977), *P. echinulatum* CBS 31748 (AY674341), *P. discolor* CBS 47484 (AY674348), *P. solitum* CBS 14786 (AY674355), and *P. crustosum* CBS 313.48 (FJ930937).

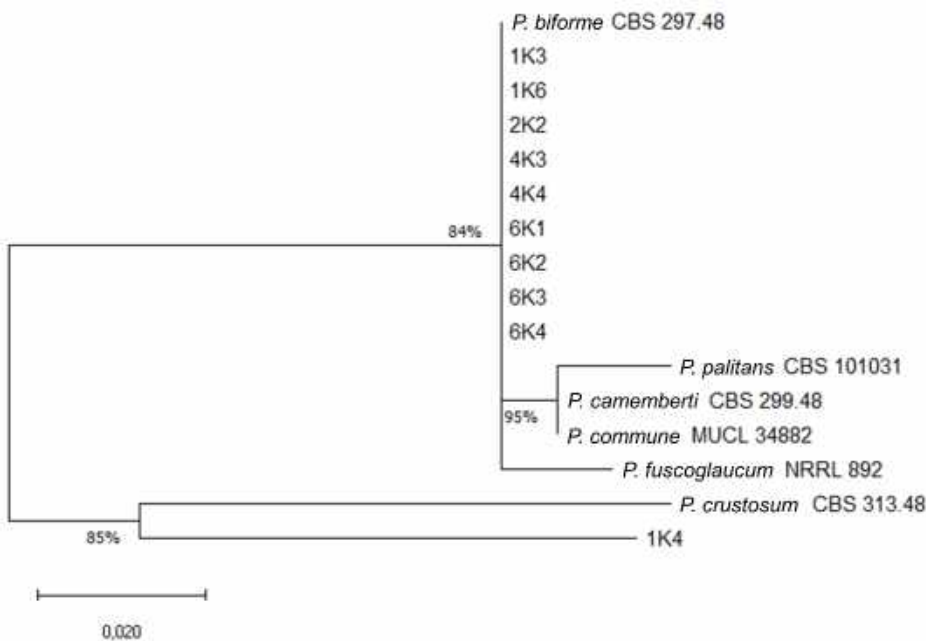


Figure 2. Phylogenetic tree generated using the microsatellite PC4 sequences of the isolates in the section *Viridicata* of the genus *Penicillium*. The tree with the highest log likelihood (-350.99) is shown. The analysis involved 16 nucleotide sequences. There were 157 positions in the final dataset. The reference strains and their accession numbers are as follows: *P. biforme* CBS 297.48 (GU726757), *P. palitans* CBS 101031 (EU003130), *P. camemberti* CBS 299.48 (EU003152), *P. commune* MUCL34882 (EU003165), *P. fuscoglaucum* NRRL892 (GU726764), and *P. crustosum* CBS 313.48 (EU003136).

*Penicillium bifforme*, the most common filamentous fungus that we isolated from Golot cheese (56 %), is a cheese contaminant closely related to *P. camemberti*, a fungal starter used in the production of Camembert cheese (Ropars et al., 2012); however, they differ in their ability to produce certain secondary metabolites. For example, although *P. bifforme* can produce the ergot alkaloids rugulovasine A and B, *P. camemberti* cannot (Fabian et al., 2018); however, it should be noted that in the cheese environment, *P. bifforme* cannot produce those ergot alkaloids (Fabian et al., 2018). Although there are no other reports on *P. bifforme* mycotoxins, closely related species *P. camemberti* and *P. commune* are known to produce cyclopiazonic acid (Frisvad and Samson, 2004). Older reports have accepted *P. bifforme* and *P. fuscoglaucum* as synonyms of *P. camemberti* and *P. commune*, respectively (Frisvad and Samson, 2004); however, it has been shown that the multilocus sequence analysis of various *P. commune* strains from culture collections correspond to those of *P. bifforme* and *P. fuscoglaucum* (Giraud et al., 2010). Therefore, both the taxonomic position and the mycotoxin profile of *P. bifforme* must be clarified in future studies.

*Penicillium solitum* was also detected in the Golot cheese samples in our study. Although *P. solitum* inhabits mainly fruits (Frisvad and Samson, 2004), the species has also been detected in various cheeses (Anelli et al., 2019; Decontardi et al., 2018; Ramos-Pereira et al., 2019) and meat products (Merla et al., 2018; Pleadin et al., 2017; Scaramuzza et al., 2015). This species has not only been isolated from the product, but also from the air itself in the production plants (Scaramuzza et al., 2015), which indicates that air is one of the contamination routes. Although *P. solitum* produces a number of secondary metabolites, such as cholesterol-lowering agent compactin and cyclopeptin- and viridicatin-related alkaloids, it is not known to produce mycotoxins (Frisvad et al., 2004).

### 3.1. *BenA* and Translation Elongation Factor 1- $\alpha$ (*Tefl*) used to Identify *Cladosporium macrocarpum*

We were not able to differentiate among *Cladosporium* species using the ITS sequence of 2K1. Consistent with this finding, the resolution power for ITS was weak for discriminating among *Cladosporium* species (Bensch et al., 2012); therefore, in phylogenetic studies, multilocus approaches have been used, such as actin (ACT) and *tefl* (Bensch et al., 2018), ITS, ACT and *tefl* (Bensch et al., 2012) and ITS, ACT, *tefl*, calmodulin (CAL) and histone H3 (Schubert et al., 2007). In this study, we sequenced *benA* and *tefl* regions of the isolate 2K1. *Tefl* was able to differentiate *C. macrocarpum* from the most closely related species, *C. herbarum* and others (Fig. 3). Although the *tefl* sequence of 2K1 is one base different from that of the closest strains (CBS 299.67 and CBS 121623), because 2K1 was clustered together with the *C. macrocarpum* strains, we identified the isolate accordingly. Because the *tefl* sequences of *C. macrocarpum* isolates in the NCBI database are ~440 bp long (e.g., EF679450), the newly generated longer *tefl* sequence of 2K1 (737 bp) was submitted to GenBank (MN543048). In addition, because the *benA* sequence for *C. macrocarpum* was not available, it was submitted under accession number MN543047.

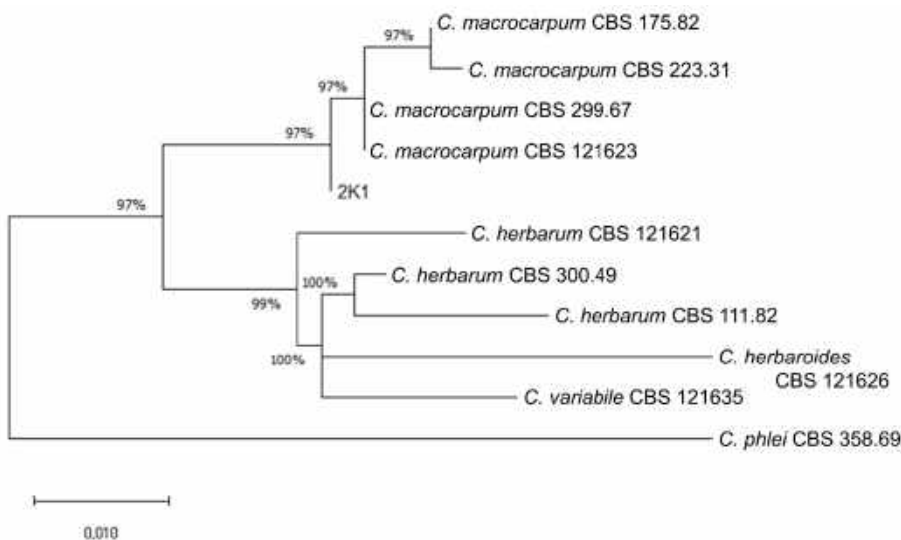


Figure 3. Phylogenetic tree generated using *tefl* sequences of *Cladosporium macrocarpum*-related strains and the isolate 2K1. The tree with the highest log likelihood (-972.61) is shown. The analysis involved 11 nucleotide sequences. There were 421 positions in the final dataset. The reference strains and their accession numbers used to construct the tree were as follows: *C. macrocarpum* CBS 175.82 (EF679448), *C. macrocarpum* CBS 223.31 (EF679449), *C. macrocarpum* CBS 299.67 (EF679450), *C. macrocarpum* CBS 121623 (EF679453), *C. herbarum* CBS 121621 (EF679440), *C. herbarum* CBS 300.49 (EF679434), *C. herbarum* CBS 111.82 (EF679433), *C. herbaroides* CBS 121626 (EF679432), *C. variabile* CBS 121635 (EF679481), and *C. phlei* CBS 358.69 (JN906991).

*Cladosporium* is a common genus found in indoor environments as well as in dairy products (Amrouche et al., 2020; Bensch et al., 2018; Costanzo et al., 2018; Hymery et al., 2014; Panelli et al., 2012); however, some species, such as *C. sphaerospermum* and *C. cladosporioides*, were also reported as opportunistic human pathogens (Batra et al., 2019; Gu et al., 2016). *Cladosporium macrocarpum* has also been reported in some clinical cases (Cuétara et al., 2009; Lalueza et al., 2011). In cheeses, *C. macrocarpum* can be a spoilage agent, although it is not as common as other *Cladosporium* species, such as *C. herbarum* and *C. cladosporioides* (Garnier et al., 2017; Hocking and Faedo, 1992; Marín et al., 2015; Pitt and Hocking, 2009). No mycotoxins have been reported for *C. macrocarpum* (Pitt and Hocking, 2009).

## 4. Conclusions and Recommendations

This current study presents the first research conducted to identify the filamentous fungi associated with Golot cheeses. We used a multilocus sequencing approach to precisely identify 16 fungal isolates. Although the universal fungal barcode, ITS, helped to define *G. candidum* and *P. roqueforti*, *benA* and the microsatellite PC4 sequences were used to identify *P. biforme* and *P. solitum*. The *Cladosporium* isolate that could not be identified at species level using ITS was identified as *C. macrocarpum* using *benA* and *tefl* sequences. The previously unavailable PC4 sequence of *P. solitum* and the *benA* sequence of *C. macrocarpum* and a longer version of *C. macrocarpum tefl* were submitted to GenBank. Our analysis conducted with seven cheese samples indicated that the most common species in Golot cheeses is *P. biforme* (56 %). Future studies with larger sample sets will provide more information on the mycobiota of Golot cheeses as well as on other artisanal cheeses of the East Black Sea region of Turkey.

## 4. Acknowledgements

The study was supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK), grant no. 119O314, to B. M. The author thanks Havva Balcan for providing the cheese samples.

## References

- Anelli, P., Haidukowski, M., Epifani, F., Cimmarusti, M. T., Moretti, A., Logrieco, A., & Susca, A. (2019). Fungal mycobiota and mycotoxin risk for traditional artisan Italian cave cheese. *Food Microbiology*, 78, 62-72.
- Amrouche, T., Mounier, J., Pawtowski, A., Thomas, F., & Picot, A. (2020). Microbiota associated with dromedary camel milk from Algerian Sahara. *Current Microbiology*, 77(1), 24-31.
- Bachmann, H.P., Bobst, C., Butikofer, U., Casey, M.G., Dalla Torre, M., Frohlich-Wyder, M.T., Furst, M. (2005). Occurrence and significance of *Fusarium domesticum* alias *Anticollanti* on smear-ripened cheeses. *LWT- Food Science and Technology*, 38(4), 399-407.
- Balcan, H. (2017). Personal communication, Rize-Ardesen village.
- Batra, N., Kaur, H., Mohindra, S., Singh, S., Shamanth, A. S., & Rudramurthy, S. M. (2019). *Cladosporium sphaerospermum* causing brain abscess, a saprophyte turning pathogen: Case and review of published reports. *Journal de Mycologie Medicale*, 29(2), 180-184.
- Bensch, K., Groenewald, J. Z., Meijer, M., Dijksterhuis, J., Jurjević, Ž., Andersen, B., ... & Samson, R. A. (2018). *Cladosporium* species in indoor environments. *Studies in Mycology*, 89, 177-301.
- Bensch, K., Braun, U., Groenewald, J. Z., & Crous, P. W. (2012). The genus *Cladosporium*. *Studies in Mycology*, 72, 1-401.
- Boutrou, R., & Guéguen, M. (2005). Interests in *Geotrichum candidum* for cheese technology. *International journal of food microbiology*, 102(1), 1-20.
- Caglar, A., Turkoglu, H., Ceylan, Z. G., Dayisoyl, K. S. (1998). Golot peynirinin uretim teknigi ve bilesimi uzerine arastirmalar (Studies on the production technique and composition of Golot cheese). *V. Sut ve Sut Urunleri Sempozyumu - Geleneksel Sut Urunleri* (No 621, pp. 65-78). Ankara: Milli Produktivite Merkezi Yayinlari.
- Cakmakci, S. (2011). Turkiye Peynirleri (Cheeses of Turkey). In Hayaloglu A. A. & Ozer B. (eds) *Peynir Biliminin Temelleri* (pp. 598-600). Izmir: Sidas Medya.
- Chabalier, C., Ratomahenina, R., Galzy, P., & Dieu, B. (1995). Remarks on the appearance of “violine” on Cantal cheese. *Acta Microbiologica et Immunologica Hungarica*, 42(2), 199-202.
- Costanzo, N., Rodolfi, M., Musarella, R., Ceniti, C., Santoro, A., Britti, D., & Casalnuovo, F. (2018). Microbial quality evaluation of grated cheese samples collected at retail level in Calabria (Italy). *Journal of Food Safety*, 38(6), e12530.
- Cuétara, M. S., Alhambra, A., Moragues, M. D., González-Elorza, E., Pontón, J., & del Palacio, A. (2009). Detection of (1→3)-β-D-glucan as an adjunct to diagnosis in a mixed population with uncommon proven invasive fungal diseases or with an unusual clinical presentation. *Clinical and Vaccine Immunology*, 16(3), 423-426.
- Decontardi, S., Soares, C., Lima, N., & Battilani, P. (2018). Polyphasic identification of *Penicillia* and *Aspergilli* isolated from Italian grana cheese. *Food Microbiology*, 73, 137-149.
- Fabian, S. J., Maust, M. D., & Panaccione, D. G. (2018). Ergot alkaloid synthesis capacity of *Penicillium camemberti*. *Applied and Environmental Microbiology*, 84(19), e01583-18.
- Fox, P. F., Law, J., McSweeney, P. L. H., & Wallace, J. (1993). Biochemistry of cheese ripening. In Fox P.F. (eds) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (pp. 389-438). Boston, MA: Springer.
- Frisvad, J. C., & Samson, R. A. (2004). Polyphasic taxonomy of *Penicillium* subgenus *Penicillium*. A guide to identification of food and air-borne terverticillate *Penicillia* and their mycotoxins. *Studies in mycology*, 49(1), 1-174.
- Frisvad, J. C., Smedsgaard, J., Larsen, T. O., & Samson, R. A. (2004). Mycotoxins, drugs and other extrolites produced by species in *Penicillium* subgenus *Penicillium*. *Studies in Mycology*, 49(201), e41.
- Garnier, L., Valence, F., & Mounier, J. (2017). Diversity and control of spoilage fungi in dairy products: An update. *Microorganisms*, 5(3), 42.
- Giraud, F., Giraud, T., Aguilera, G., Fournier, E., Samson, R., Cruaud, C., ... & Dupont, J. (2010). Microsatellite loci to recognize species for the cheese starter and contaminating strains associated with cheese manufacturing. *International Journal of Food Microbiology*, 137(2-3), 204-213.
- Glass, N. L., & Donaldson, G. C. (1995). Development of primer sets designed for use with the PCR to amplify conserved genes from filamentous ascomycetes. *Applied and Environmental Microbiology*, 61(4), 1323-1330.



- Gripon J. C. (1993). Mould-ripened cheeses. In: Fox P.F. (eds) *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (pp. 111-136). Boston, MA: Springer.
- Gu, Y., Liu, Y., Cao, S., Huang, X., Zuo, Z., Yu, S., ... & Wu, R. (2016). Suppressive subtractive hybridization reveals different gene expression between high and low virulence strains of *Cladosporium cladosporioides*. *Microbial Pathogenesis*, 100, 276-284.
- Harrigan, W. F. (1998). *Laboratory Methods in Food Microbiology* (pp. 263-269). San Diego, CA: Academic Press.
- Hymery, N., Vasseur, V., Coton, M., Mounier, J., Jany, J., Barbier, G. and Coton, E. (2014). Filamentous fungi and mycotoxins in cheese: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13, 437-456.
- Hocking, A. D., & Faedo, M. (1992). Fungi causing thread mould spoilage of vacuum packaged Cheddar cheese during maturation. *International Journal of Food Microbiology*, 16(2), 123-130.
- Kamber, U., & Terzi, G. (2008). The traditional cheeses of Turkey: Middle and Eastern Black sea region. *Food Reviews International*, 24(1), 95-118.
- Kumar, S., Stecher, G., Li, M., Knyaz, C., & Tamura, K. (2018). MEGA X: molecular evolutionary genetics analysis across computing platforms. *Molecular Biology and Evolution*, 35(6), 1547-1549.
- Lalueza, A., López-Medrano, F., Del Palacio, A., Alhambra, A., Alvarez, E., Ramos, A., ... & Aguado, J. M. (2011). *Cladosporium macrocarpum* brain abscess after endoscopic ultrasound-guided celiac plexus block. *Endoscopy*, 43(S 02), E9-E10.
- Lund, F., Filtenborg, O., & Frisvad, J. C. (1995). Associated mycoflora of cheese. *Food Microbiology*, 12, 173-180.
- Marcellino, N., & Benson, D. R. (2013). The good, the bad, and the ugly: Tales of mold-ripened cheese. *Microbiology Spectrum*, 1(1).
- Martín, J. F., & Liras, P. (2017). Secondary metabolites in cheese fungi. In: Merillon, J. M., Ramawat, K. G. (Eds.), *Reference Series in Phytochemistry: Fungal Metabolites* (pp. 293-315). Cham, Switzerland: Springer.
- Merla, C., Andreoli, G., Garino, C., Vicari, N., Tosi, G., Guglielminetti, M. L., ... & Fabbi, M. (2018). Monitoring of ochratoxin A and ochratoxin-producing fungi in traditional salami manufactured in Northern Italy. *Mycotoxin Research*, 34(2), 107-116.
- Marín, P., Palmero, D., & Jurado, M. (2015). Occurrence of moulds associated with ovine raw milk and cheeses of the Spanish region of Castilla La Mancha. *International Journal of Dairy Technology*, 68(4), 565-572.
- McSweeney, P. L. (2004). Biochemistry of cheese ripening. *International Journal of Dairy Technology*, 57(2-3), 127-144.
- Metin, B. (2018). Filamentous fungi in cheese production. In Ş. Öztürkoğlu Budak, & H. Akal (Eds.), *Microbial Cultures and Enzymes in Dairy Technology* (pp. 257-275). Hershey, PA: IGI Global.
- Panelli, S., Buffoni, J. N., Bonacina, C., & Feligini, M. (2012). Identification of moulds from the Taleggio cheese environment by the use of DNA barcodes. *Food Control*, 28(2), 385-391.
- Peterson, S. W. (2004). Multilocus DNA sequence analysis shows that *Penicillium biourgeianum* is a distinct species closely related to *P. brevicompactum* and *P. olsonii*. *Mycological Research*, 108(4), 434-440.
- Pitt, J. I., & Hocking, A. D. (2009). *Fungi and Food Spoilage* (pp. 78-79). New York: Springer.
- Pleadin, J., Zdravec, M., Brnić, D., Perković, I., Škrivanko, M., & Kovačević, D. (2017). Moulds and mycotoxins detected in the regional speciality fermented sausage 'slavonski kulen' during a 1-year production period. *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(2), 282-290.
- Ramos-Pereira, J., Mareze, J., Patrino, E., Santos, J. A., & López-Díaz, T. M. (2019). Polyphasic identification of *Penicillium* spp. isolated from Spanish semi-hard ripened cheeses. *Food Microbiology*, 84, 103253.
- Ratomahenina, R., Chabali, C., & Galzy, P. (1994). Concerning *Sporendonema casei* Desmazieres. *Latte*, 19(6), 616-617.
- Ropars, J., Cruaud, C., Lacoste, S., & Dupont, J. (2012). A taxonomic and ecological overview of cheese fungi. *International Journal of Food Microbiology*, 155(3), 199-210.
- Scaramuzza, N., Diaferia, C., & Berni, E. (2015). Monitoring the mycobiota of three plants manufacturing Culatello (a typical Italian meat product). *International Journal of Food Microbiology*, 203, 78-85.
- Schoch, C. L., Seifert, K. A., Huhndorf, S., Robert, V., Spouge, J. L., Levesque, C. A., ... & Fungal Barcoding Consortium. (2012). Nuclear ribosomal internal transcribed spacer (ITS) region as a universal DNA barcode marker for Fungi. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(16), 6241-6246.
- Schubert, K., Groenewald, J. Z., Braun, U., Dijksterhuis, J., Starink, M., Hill, C. F., ... & Crous, P. W. (2007). Biodiversity in the *Cladosporium herbarum* complex (*Davidiellaceae*, *Capnodiales*), with standardisation of methods for *Cladosporium* taxonomy and diagnostics. *Studies in Mycology*, 58, 105-156.
- Spinnler, H. E., & Gripon, J. C. (2004). Surface mould-ripened cheeses. In P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan, & T. P. Guinee (Eds.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (Vol. 2, pp. 157-174). Amsterdam: Elsevier Academic Press.
- Tamura, K., & Nei, M. (1993). Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molecular Biology and Evolution*, 10(3), 512-526.
- Turin, L., Riva, F., Galbiati, G., & Cainelli, T. (2000). Fast, simple and highly sensitive double-round polymerase chain reaction assay to detect medically relevant fungi in dermatological specimens. *European Journal of Clinical Investigation*, 30(6), 511-518.
- Unsal, A. (1997). *Sut uyuyunca - Türkiye peynirleri (When the milk sleeps - Cheeses of Turkey)* (pp. 154-156). Istanbul: Yapi Kredi Yayinlari.
- Werner, H., Nielsen, E. W., Ardö, Y., Rage, A., & Antila, V. (1999). North European varieties of cheese. In P. F. Fox (Ed.), *Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology* (pp. 245-262). Boston, MA: Springer.
- White, T. J., Bruns, T. D., Lee, S. B. and Taylor, J. W. (1990). Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. In: Innis, M. A., Gelfand, D. H., Sninsky, J. J. and White, T. J. (Eds.), *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications* (pp. 315-322). New York: Academic Press.
- Yazici, F. and Dervisoglu, M. (2002) Proteolysis in Golot cheese. *Acta Alimentaria*, 31 (3), 307-313.





# Putrescine in Herbicide Stress Protection: Modulate the Genomic Instability and DNA Methylation Changes in Wheat

Esra Arslan<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Atatürk University, Faculty of Science, Department of Biology, Erzurum, Turkey (ORCID: 0000-0002-9062-6896)

(First received 14 April 2020 and in final form 16 June 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.720065)

**ATIF/REFERENCE:** Arslan, E. (2020). Putrescine in Herbicide Stress Protection: Modulate the Genomic Instability and DNA Methylation Changes in Wheat. *European Journal of Science and Technology*, (19), 442-448.

## Abstract

Wheat is one of the most consumed and important food in worldwide. During its growing season, weeds around the cultivated areas grow rapidly and inhibit the normal growth and development, stable yield and quality of wheat seriously. The prevention and removal of weeds are achieved by herbicide treatments. Dicamba is one of the herbicides that is used in agricultural areas which may represent a potential genotoxic risk to off-target crops. The present study was aimed to evaluate the effect of dicamba (0.2, 0.4 and 0.6 ppm) which caused to destabilize of genomic template stability (GTS) and DNA methylation changes in *Triticum aestivum* L. seedlings by RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA) and CRED-RA (Coupled Restriction Enzyme Digestion-Random Amplification) techniques, respectively. Also, Full Methylation Ratio and Methylation Ratio were computed according to data of CRED-RA patterns. It was determined that the damage raised with an increasing dose of dicamba. To minimize the genotoxic effects of dicamba, putrescine (0.01, 0.1 and 1 ppm), a kind of polyamine, were used. Especially, 1 ppm of putrescine was the best concentration to revert the stress-exposed wheat seedlings. Polyamines are positively charged organic cations and hence they interact with negatively charged macromolecules such as DNA and RNA and stabilize them. The results of this experiment have clearly shown that putrescine could be used effectively to protect wheat seedlings from the effects of dicamba on DNA damage and DNA methylation changes, also RAPD and CRED-RA could be used as ideal techniques to get reliable and accurate results.

**Keywords:** Dicamba, RAPD, CRED-RA, Polyamines.

## Herbisit Stres Korumasında Putresin: Buğdayda Genomik Kararsızlığı Azaltma ve DNA Metilasyon Değişiklikleri

### Öz

Buğday, dünyada en çok tüketilen önemli gıdalardan biridir. Büyüme mevsimi boyunca, ekili alanların etrafındaki yabancı otlar hızla büyümekte ve buğdayın normal büyüme ve gelişmesini, verimini ve kalitesini ciddi şekilde engellemektedir. Yabancı otların önlenmesi ve giderilmesi, herbisit uygulamaları ile sağlanır. Dikamba, tarım alanlarında hedef olmayan ürünler için potansiyel genotoksik riskleri oluşturabilecek olan herbisitlerden biridir. Bu çalışmada *Triticum aestivum* L. fidelerinde genomik kalıp stabilitesinin (GTS) ve DNA metilasyonunun değişmesine neden olan dikambanın (0,2, 0,4 ve 0,6 ppm) etkisinin RAPD (Rastgele Çoğaltılmış Polimorfik DNA) ve CRED-RA (Çift Restriksiyon Enzimi Kesimi ve Rastgele Çoğaltım) teknikleri ile değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca Tam Metilasyon ve Metilasyon Oranları CRED-RA verilerine göre hesaplanmıştır. Dikamba dozu arttıkça oluşan hasarında arttığı belirlenmiştir. Dikambanın genotoksik etkilerini en aza indirmek için bir tür poliamin olan putresin (0.01, 0.1 ve 1 ppm) kullanılmıştır. Özellikle, 1 ppm putresin strese maruz kalan buğday fidelerinde eski haline döndüren en iyi konsantrasyon olarak belirlenmiştir. Poliaminler pozitif yüklü organik katyonlardır ve bu nedenle DNA ve RNA gibi negatif yüklü makromoleküllerle etkileşir ve kararlılığını sağlarlar. Bu çalışmanın sonuçlarına göre buğday fidelerinde dikambanın sebep olduğu DNA hasarı ve DNA metilasyon değişikliklerinden korumak için putresin etkili bir şekilde kullanılabilirken, RAPD ve CRED-RA'nın güvenilir ve doğru sonuçlar elde etmek için ideal teknikler olarak kullanılabileceği önerilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Dikamba, RAPD, CRED-RA, Poliaminler.

\* Corresponding Author: Atatürk University, Faculty of Science, Department of Biology, Erzurum, Turkey, ORCID: 0000-0002-9062-6896, [esra.arslan@atauni.edu.tr](mailto:esra.arslan@atauni.edu.tr)

## 1. Introduction

Dicamba (3,6-dichloro-2-methoxy benzoic acid) is a benzoic synthetic auxin herbicide which widely used to control broadleaf weeds in cereal crops cultivated areas all over the world. Dicamba is used as an important alternative herbicide especially in wheat cultivated areas, which is one of the most produced and consumed in people's diets (Kurt and Dizlek, 2020), for the control of weeds that are resistant to other herbicides such as 2,4-D, picloram, glyphosate, etc. Post-emergent applied dicamba acts as auxin and stimulates cell elongation and cellular differentiation, causing rapid growth of leaves, stems, and petioles. This abnormality damages the cellular transport system and leads to the death of the weeds (Heap, 2014). Despite the natural selectivity mechanisms to prevent damage to off-target crops, herbicides can cause several damages. In this case, off-target plants grown in the same area are exposed to dicamba at the same time and can experience some phytotoxic damages such as malformation, necrosis and also substantial injuries and yield loss (Egan and Mortensen, 2012). A previous research has documented that dicamba has caused to a reduction of yield, plant height and induction of visible injury in winter wheat. Also, wheats are influenced by this herbicide according to application timing and temperature (Robinson et al., 2015). As well as McCauley et al., (2006) reported that all of the pesticides have an impact on oxidative stress which stimulated by increasing reactive oxygen species (ROS), also DNA and RNA damages and gene expression changes. In our previous researches, we determined that picloram and deltamethrin have caused DNA damage by decreasing the genomic template stability (GTS) and also give rise to DNA methylation changes (Taspinar et al., 2017a; 2017b).

One possible remedy to reduce these negative effects of pesticides on off-target plants is to use externally applied alternative molecules. Polyamines (PAs) (putrescine, spermidine, spermine, and cadaverine) are linear polycations which were located in the nucleus of eukaryotic cells. Among them, putrescine is the first synthesized and most abundant in the cell. They were involved in a wide range of biological functions such as regulation of gene expressions and enzyme functions, activation of DNA synthesis, transcriptional mechanisms, cell proliferation, etc. (Iacomino et al., 2012). Additionally, PAs have important functions in cellular DNA protection against external impacts like abiotic stress because of their positively charged molecules causing the bond to the negatively charged DNA where they can stabilize and remodel the chromatin structure and modulate gene expression. It is known that changes in the cellular PA levels may affect the DNA methylation level. The increasing level of PAs during the plant development prevents DNA methylation by providing expression of some specific genes (Walters, 1997). The fact that moving from the major grooves of A-DNA to minor grooves of B-DNA where DNA methylation occurs less is evidence of this (Ruiz-Herrera et al., 1995).

Although the contribution of PAs to plant growth and the protective role on DNA is known, its response to during dicamba treatment is unknown. Thus, this study has been conducted on the aftereffect of dicamba on genomic instability and DNA methylation changes and whether exogenously applied putrescine has any protective effects on these parameters in bread wheat by using RAPD and CRED-RA techniques, respectively.

## 2. Material and Method

### 2.1. Plant material, growth and treatment conditions

The plant material (*Triticum aestivum* L. Bezostaja 1) was provided by Ataturk University, Faculty of Agriculture. The equal sizes of wheat seeds were immersed in 70% ethanol for 1 min and 1% sodium hypochlorite for 10 min, respectively and washed thrice with autoclaved water. 20 of sterile seeds were placed on 9-cm diameter glass Petri dishes have two sheets of filter paper (Whatman #1). Five-milliliter aliquots of dicamba solutions (0.2, 0.4 and 0.6 ppm) and putrescine solutions (0.01, 0.1 and 1 ppm) alone or combined with each other were applied to seeds. Also, a control group was created which only applied diluted water. Each treatment included three biological replicates. The Petri dishes were placed on a laboratory bench at room temperatures (18–20°C). After 8 days, the samples were harvested from three different plants for each replication of treatments. The strategy of bulk DNA sampling was applied.

### 2.2. DNA isolation

Total DNA isolation method used by Yildirim et al., (2014) was extended and modified. After DNA isolation, the concentrations and purities of DNA samples were checked in NanoDrop-1000 spectrophotometer (OD 260/280) and 1.2% agarose gel electrophoresis stained with ethidium bromide.

### 2.3. RAPD

The RAPD reaction was performed according to the method developed by Yildirim et al., (2014). 32 arbitrary RAPD primers (Operon Technologies Inc., USA) were tested. Only 10 of them (OPA-4, OPA-12, OPB-10, OPH-16, OPH-18, OPW-4, OPW-13, OPW-11, OPY-7, C-10) amplified polymorphic amplicons and used in RAPD-PCR reactions (Table 1). The RAPD-PCR reactions were carried out in a 20 µL volume in each reaction tube contained 30 ng template DNA, 300 µM of dNTP, 1.5 mM of MgCl<sub>2</sub>, 1 U Taq DNA polymerase, 1X PCR buffer (10X) and 25 pmol of primer. The amplification was performed in a thermocycler (Sensoquest GmbH, Labcycler Gradient, Germany) using the following steps: 95°C for 5 min; 36 cycles at 94°C for 1 min., 36°C for 1 min., 72°C for 2 min; final extension at 72°C for 15 min. PCR products were resolved on 1% agarose gel electrophoresis in 1X TBE buffer using 1 kb DNA ladder molecular mass marker and were stained with 0.5 mg/ml ethidium bromide, and were photographed under UV transilluminator.

Table 1. The primer sequences used for RAPD

Primer Name	Sequence (5'-3')	Primer Name	Sequence (5'-3')
OPA-4	AATCGGGCTG	OPW-4	CAGAAGCGGA
OPA-12	TCGGCGATAG	OPW-13	CACAGCGACA
OPB-10	CTGCTGGGAC	OPW-11	CTGATGCGTG
OPH-16	CAGGCCCTTC	OPY-7	AGAGCCGTCA
OPH-18	GAATCGGCCA	C-10	TGTCTGGGTC

### 2.3.1. RAPD analysis

The RAPD patterns were evaluated and confirmed according to the disappearance of a normal band and appearance of a new band compared with the control using the TotalLab TL120 computer software. Finally, genomic template stability (GTS, %) was calculated for each dose and each primer as per following formula:  $GTS = 100 - (100 \times a/n)$ , where a is the average number of polymorphic bands detected in each treated sample, and n is the number of total bands in the control.

### 2.4. CRED-RA

The CRED-RA technique was conducted according to Yildirim et al., (2014). The genomic DNA samples were digested with restriction enzymes (MspI and HpaII) according to manufacturers protocol (New England Biolabs, Beijing, China, #R0106 and #R0171). After checking the digestion of DNA samples on 1.2% agarose gel, the total digestions were randomly applied by random PCR using primers that used for RAPD analysis. Amplification and visualization methods are the same as described for RAPD techniques.

#### 2.4.1. CRED-RA analysis

The CRED-RA patterns were analyzed with TotalLab TL120 program to determine the polymorphism value (%). After assigned the appeared and disappeared bands in all CRED-RA gel patterns, the polymorphism value (%) was computed with this formula:  $100 \times a/n$ . Apart from this, methylation patterns were confidently confirmed into four classes (Table 2) according to the ability of MspI and HpaII enzymes digestions. Both enzymes recognize the same sequence (5'-CCGG-3') but digestion conditions are different from each other as shown in Table 2. Finally, Full methylation and Methylation ratios were determined (Shams et al., 2020).

Table 2. Methylation sensitivity and restriction pattern of enzymes (Zhang et al., 2016)

Types	Methylation status	Digestibility of enzymes	
		HpaII	MspI
Class I	CCGG <u>CCGG</u> GGCC GGCC	Active	Active
Class II	<u>CCGG</u> GGCC	Active	Inactive
Class III	<u>CCGG</u> <u>GGCC</u>	Inactive	Active
Class IV	<u>CCGG</u> <u>GGCC</u>	Inactive	Inactive

## 3. Results and Discussion

### 3.1. Genomic Template Stability Changes

Besides RAPD is rapid, reliable and nonradioactive technique compared to other techniques such as comet and micronucleus assay that determine genetic damages, it is best to determine the temporary DNA damages caused by lower concentrations of pollutants that may not finally be showing themselves as mutations (Rocco et al., 2014; Liu et al., 2005). We further investigated the changes in GTS by RAPD technique during the dicamba stress and putrescine treatments. Among the 32 arbitrary RAPD primers, only 10 of them amplified and gave specific band patterns (Table 3). While all of the primers generated totally 80 bands (ranged from 60 pb to 1050 pb) in control treatment, each of primer generated 3-8 new bands in all treatments. As shown in Table 3, both treatments (alone or combined with each other) obtained important differences. These were shown themselves as appearance and disappearance of bands. After dicamba treatments, totally 11 bands which existed in the control, disappeared and 18 bands appeared. Band changes in the RAPD-PCR profile prove that the genetic material has changed and there is existing damage to DNA. Values of GTS were 71.9%, 65.6% and 64.6% in 0.2, 0.4 and 0.6 ppm dicamba treatments, respectively (Table 3).

Table 3. Molecular sizes (bp) of bands (+: appearance / -: disappearance) and the average GTS values in RAPD profiles

Primers	Control	+/-	0 ppm putrescine			1 ppm putrescine				0.1 ppm putrescine				0.01 ppm putrescine			
			0.2 ppm	0.4ppm	0.6ppm	0 ppm	0.2 ppm	0.4 ppm	0.6 ppm	0 ppm	0.2 ppm	0.4 ppm	0.6 ppm	0 ppm	0.2 ppm	0.4 ppm	0.6 ppm
OPA-4	8	+	315; 562; 814	315; 562; 814	315; 562; 814	115	115	115	640	-	-	723	723	520	520	520	520; 312
		-	-	125	125	-	-	-	-	-	118	118	118	512	512	512	512
OPA-12	6	+	482	482	482	-	-	616	616	821	821	821	821	318	318	318	318
		-	216	216	216	-	-	-	-	216	-	-	-	-	-	618	618
OPB-10	9	+	465; 612	465; 612	465; 612	-	-	804	804	554	-	-	554; 380	719; 312	719; 312	719; 312	719; 312
		-	-	96	96	514	514	-	-	-	170	170	-	247	247	247	247; 319
OPH-16	10	+	-	615	615	330	330	330	330	661	-	661	661; 1025	186	186	186;	186; 247
		-	910	910; 554	910	-	-	-	-	432	-	-	-	-	-	319; 193	319; 193
OPH-18	8	+	248; 625	248; 625	248; 625	460	460	460	460	-	-	-	575	772	-	772	772
		-	122	122; 718	122; 718	-	215	-	215	-	184	184	-	-	-	-	614
OPW-4	6	+	184; 612	184; 612	184; 612	-	-	110	110	310	310	310	-	496; 513	496; 513	496; 513	496; 513
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	147	-	-	-	-
OPW-13	9	+	-	517; 1015	517; 1015	314	314	314	-	-	-	-	-	358; 464	358; 464	358; 464	358; 464
		-	294	718	294; 718	-	-	-	152; 404	-	95	95	95; 406	-	-	-	298
OPW-11	8	+	182	182; 546	182	225	225	225	-	482	482; 715	482	482; 715	664	664	664	664
		-	305	305	305	90	90	-	-	-	-	-	-	-	-	712	712
OPY-7	6	+	818	818	-	715	715	715	715	954	-	954	-	256	-	256	256
		-	256; 590	256; 590	256; 590	-	-	-	-	-	-	-	156	-	-	882	882
C-10	10	+	118; 445	118; 445	118; 445	-	224	-	-	-	325	-	-	473; 562	473; 562	473; 562	473; 562
		-	-	-	-	-	-	-	519	-	-	-	610	-	-	-	-
GTS	8		71.9	65.6	64.6	90	87.8	88	85.8	89	88.4	86.7	81.7	79.7	82.6	72.1	67.4

These percentages proved that dicamba caused to DNA damage. Dicamba is a common herbicide worldwide to destroy broadleaf weeds. It is known that dicamba mixed with soil after application to the plant is very mobile and degraded by mineralization or biologic activation. Apart from this, its short half-life is considered an advantage instead of a threat to environment. However, the spread of the tolerant and resistant weeds in the planting areas spurred the farmers to use more frequent and higher concentrations application of herbicide using (Benbrook, 2016). So, it poses a danger to off-target plants and causes physiological, biochemical and molecular damages (Carla et al., 2018). In previous studies, it would be stated in any kind of plant and animal that dicamba caused to genotoxic effects such as point mutations and single/double-strand DNA breaks (González et al., 2006; Cenkeci et al., 2010; González et al., 2011). Despite these effects is known, the mechanism of genotoxic damage caused by dicamba is not yet well characterized. However, it was assumed that dicamba had genotoxic damage by increasing the amount of ROS (Duchnowicz and Koter, 2003; González et al., 2006). In this study, we also evaluated the effects of putrescine on GTS in dicamba stressed wheat plants. Whereas putrescine had quite high percentages (90%, 89% and, 79.7%) in alone treatments, when applied putrescine and dicamba together, putrescine increased the rate of reduced GTS caused by dicamba alone (Table 3). Putrescine, a kind of PAs, is connected in a wide range of physiological and cellular processes, such as growth, development, and cell division in higher organisms (Miller Fleming et al., 2015). Since it has a positive charge, it creates a bond with the negatively charged DNA and RNA where they can stabilize and remodel the chromatin structure and modulate gene expression (Miller Fleming et al., 2015). Also, the amount of PAs in the cell are commonly accumulated in abiotic stress. Taie et al., (2019) stated that polyamines modulated growth, antioxidant activity and DNA in heavy metal stress treated wheat. According to Park et al., (2019), PAs could promote antioxidant capacity and osmotic adjustment ability of tobacco when plants were subjected to salt stress. Based on this, in our study, while the amount of endogenous putrescine increased with dicamba stress, when combined with exogenously applied putrescine it is thought they had a compact and stronger effect together.

### 3.2. DNA Methylation Changes

DNA methylation is one of the epigenetic mechanisms that change gene expression without altering DNA sequence (Deng et al., 2018). Recently, a growing number of studies have indicated that DNA methylation status changes when plants encounter with abiotic stresses such as drought, salt, UV radiation, pesticide stress, etc. (Colicchio et al., 2015; Brzezinka et al., 2016). DNA methylation may be a significant mechanism involved in the regulation of plant response and defense to contaminants like pesticides. Lu et al., (2016) reported that atrazine induced changes in DNA methylation by activating specific genes. In our study, we used CRED-RA technique to determine DNA methylation changes in dicamba treatments along with putrescine and we were able to get outstanding results. The average polymorphism values were detected for each concentration of each treatment (Table 4).

Table 4. CRED-RA band amounts and polymorphism %

Primers	Dicamba	0 ppm putrescine		1 ppm putrescine		0.1 ppm putrescine		0.01 ppm putrescine	
		H	M	H	M	H	M	H	M
OPA-4	0 ppm	-	-	11.1	0	0	0	0	16.6
	0.2 ppm	0	0	0	20	0	12.5	0	0
	0.4 ppm	14.2	0	0	0	0	0	14.2	0
	0.6 ppm	12.5	0	0	11.1	0	0	0	16.6
OPA-12	0 ppm	-	-	20	0	0	0	0	11.1
	0.2 ppm	25	0	0	0	0	0	0	11.1
	0.4 ppm	0	14.2	16.6	0	16.6	0	0	12.5
	0.6 ppm	0	20	0	11.1	0	16.6	0	0
OPB-10	0 ppm	-	-	0	14.2	0	16.6	0	0
	0.2 ppm	0	16.6	0	0	12.5	0	20	0
	0.4 ppm	0	0	11.1	0	0	0	20	11.1
	0.6 ppm	0	0	0	0	0	0	0	0
OPH-16	0 ppm	-	-	0	0	11.1	0	0	0
	0.2 ppm	0	14.2	20	0	0	0	16.6	0
	0.4 ppm	0	0	0	0	0	20	0	0
	0.6 ppm	0	0	0	0	20	0	11.1	20
OPH-18	0 ppm	-	-	0	0	12.5	0	14.2	14.2
	0.2 ppm	0	20	16.6	16.6	0	0	0	14.2
	0.4 ppm	40	16.6	0	25	0	0	11.1	0
	0.6 ppm	25	16.6	12.5	0	16.6	0	0	0
OPW-4	0 ppm	-	-	0	12.5	0	16.6	11.1	11.1
	0.2 ppm	33.3	16.6	0	0	14.2	0	0	11.1
	0.4 ppm	0	0	16.6	0	0	0	0	12.5
	0.6 ppm	20	33.3	0	0	0	0	20	0
OPW-13	0 ppm	-	-	0	12.5	20	0	11.1	0
	0.2 ppm	20	0	0	0	0	0	11.1	0
	0.4 ppm	0	16.6	0	0	0	11.1	0	0
	0.6 ppm	0	0	25	14.2	0	0	20	0
OPW-11	0 ppm	-	-	0	0	0	0	0	20
	0.2 ppm	14.2	20	0	0	0	20	0	20
	0.4 ppm	28.6	14.2	0	11.1	25	0	11.1	0
	0.6 ppm	0	0	0	0	0	14.2	0	0
OPY-7	0 ppm	-	-	12.5	0	0	14.2	11.1	0
	0.2 ppm	0	0	0	0	20	0	11.1	0
	0.4 ppm	0	0	0	0	0	16.6	0	20
	0.6 ppm	0	0	0	16.6	0	0	0	11.1
C 10	0 ppm	-	-	0	0	14.2	0	11.1	0
	0.2 ppm	0	0	0	0	0	11.1	11.1	0
	0.4 ppm	0	14.2	0	0	0	0	0	12.5
	0.6 ppm	0	0	0	0	0	11.1	0	0
Polymorphism value (%)	0 ppm	-	-	4.3	3.9	5.8	4.7	5.8	7.3
	0.2 ppm	9.2	8.7	3.7	3.7	4.7	4.4	6.8	5.7
	0.4 ppm	8.2	7.5	4.4	3.6	4.2	3.1	5.7	6.1



While the averages of polymorphism were 8.7%, 7.5% and 6.9% in dicamba alone, these values were detected as 7.3%, 4.7% and 3.9% in putrescine alone. However, there was a reduction in this value when dicamba and putrescine used together. Therefore, we can say that dicamba reduces DNA methylation, but putrescine prevents this reduction depending on the concentrations.

On the other hand, we determined the classes of DNA methylation patterns according to the status of Hpa II and Msp I enzymes digestions. 10 primers were used for the differentiation of classes. According to the number of classes, Full Methylation Ratio and Methylation Ratio were computed for each treatment and concentrations (Table 5).

Table 5. Methylation levels of dicamba and/or putrescine treated wheat seedlings (Shams et al., 2020)

Classes	0 ppm putrescine			1 ppm putrescine				0.1 ppm putrescine				0.01 ppm putrescine			
	0.2 ppm	0.4 ppm	0.6 ppm	0 ppm	0.2 ppm	0.4 ppm	0.6 ppm	0 ppm	0.2 ppm	0.4 ppm	0.6 ppm	0 ppm	0.2 ppm	0.4 ppm	0.6 ppm
Class I %	67.5	64.44	63.83	65.96	74.5	70.83	70	69.57	72.55	67.44	67.92	65.96	65.91	65.85	64.44
Class II %	10	11.11	14.9	12.77	9.80	12.5	8	8.70	11.76	9.3	5.66	10.64	6.82	9.76	11.11
Class III %	2.5	4.44	8.51	4.26	3.92	6.25	6	4.35	1.96	6.98	9.43	8.51	6.82	4.88	8.89
Class IV %	20	20	12.77	17.02	11.76	10.42	16	17.39	13.73	16.28	16.98	14.89	20.45	19.51	15.56
Full Methylation Ratio <sup>1</sup>	22.5	24.44	21.28	21.28	15.68	16.67	22	21.74	16.69	23.26	26.41	23.4	27.27	24.39	24.45
Methylation Ratio <sup>2</sup>	32.50	35.61	36.18	34.05	25.48	29.17	30	30.44	28.45	32.56	32.07	34.04	34.09	34.15	35.56

1 Full Methylation Ratio: (III+IV / I+II+III+IV) X 100

2 Methylation Ratio: (II+III+IV / I+II+III+IV) X 100

All of the classes were confirmed in CRED-RA patterns. When the average rates of Classes were scanned, Class I (no methylation or only inner methylation in a single strand occurred) was the most prevalent one from them. It was followed by Class IV (both DNA strands are methylated at the outer cytosines), Class III (both DNA strands are methylated at the inner cytosines) and Class II (the outer cysteine of a single strand is methylated), respectively.

Full Methylation Ratios did not enable us to make a perfect distinction between treatments, however, it was not the same for Methylation Ratio. Dicamba had an important impact on ratios that Methylation Ratio gradually increased as the concentrations raised. The highest Methylation Ratio (36.18%) was detected in 0.6 ppm dicamba and the lowest (25.48%) was in 1 ppm putrescine combined with 0.2 ppm dicamba treatment. Therefore, there was a certain degree of difference between the dicamba and putrescine treatments. When we analyzed the putrescine concentrations combined with dicamba, we could say that 1 ppm putrescine was the most effective concentration that caused to decrease in the Methylation Ratio of 0.6 ppm dicamba (36.18%) to 30% (Table 5). This ameliorative effect of 1 ppm putrescine was positively correlated with its Polymorphism value (%) that were presented in Table 4.

As far as we know, there is no information available on the DNA methylation of treatment with different concentrations of putrescine together with dicamba in wheat seedlings. Previous studies found that polyamines affected selective inhibition of cytosine-DNA methylases (Ruiz Herrera et al., 1995; Valledor et al., 2007). Some studies revealed that polyamines are capable of binding to A and B DNA, in A-DNA, binding occurs mainly to major groove, whereas in B-DNA putrescine and cadaverine bind to both sugar-phosphate backbone and major and minor grooves. Also experiment with B-DNA differing in the guanine to cytosine ratio showed that polyamines interacted mainly with phosphate groups and did not affect a native secondary structure DNA, thus providing for normal transcription of stress-induced genes (Minocha et al., 2004; Wada et al., 2004; Kuznetsov et al., 2006). So, polyamines could inhibit DNA methylation, which permits the expression of specific genes responsible for the synthesis of stress protein.

## 4. Conclusions and Recommendations

This study was clearly showed that dicamba caused to DNA damage and DNA methylation changes according to data of RAPD and CRED-RA. These effects of dicamba were gradually increased when the concentrations were raised. Also, we used putrescine to mitigate the genotoxic effects of dicamba and we got successful results so that putrescine was decreased these harmful effects effectively. RAPD and CRED-RA could be used as reliable techniques to determine the GTS, Polymorphism, Full Methylation and Methylation values. Even though there were some studies to understanding the relationship of herbicide stress on DNA damage and DNA methylation changes, the protective mechanism of polyamines against dicamba is not exactly known. Therefore, more detailed studies are needed for further understanding of this mechanism.

## References

Benbrook, C. M. (2016). Trends in glyphosate herbicide use in the United States and globally. *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 3.

- Brzezinka, K., Altmann, S., Czesnick, H., Nicolas, P., Gorke, M., Benke, E., Kabelitz, T., Jähne, F., Graf, A., Kappel, C., & Baurle, I. (2016). Arabidopsis FORGETTER1 mediates stress-induced chromatin memory through nucleosome remodeling. *Elife*, 28, 5.
- Carla, A., Eduarda, C., Jessica, R., Sofiatti Cesar, T., Forte, F., Winter Cinthia, M., Holz Rosilene, R., & Kaizer Leandro, G. (2018). Effect of herbicides in the oxidative stress in crop winter species. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 90(2), 1533-1542.
- Cenkci, S., Yildiz, M., Cigerci, I. H., Bozdog, A., Terzi, H., & Terzi, E. S. (2010). Evaluation of 2,4-D and dicamba genotoxicity in bean seedlings using comet and RAPD assays. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73, 1558–1564.
- Colicchio, J. M., Miura, F., Kelly, J. K., Ito, T., & Hileman, L. C. (2015) DNA methylation and gene expression in *Mimulus guttatus*. *BMC Genomics*, 16, 507.
- Deng, J., Kou, S., Zou, Q., Li, P., Zhang, C., & Yuan, P. (2018). DNA methylation and plant stress responses. *Journal of Plant Physiology and Pathology*, 6(4).
- Duchnowicz, P., & Koter, M. (2003). Damage to the erythrocyte membrane caused by chlorophenoxyacetic herbicides. *Cellular Molecular Biology Letters*, 8, 25-30.
- Egan, J. F., & Mortensen, D. A. (2012). Quantifying vapor drift of dicamba herbicides applied to soybean. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 31(5), 1023-1031.
- González, N. V., Nikoloff, N., Soloneski, S., & Larramendy, M. L. (2011). A combination of the cytokinesis-block micronucleus cytome assay and centromeric identification for evaluation of the genotoxicity of dicamba. *Toxicology Letters*, 207, 204-212.
- González, N. V., Soloneski, S. E., & Larramendy, M. L. (2006). Genotoxicity analysis of the phenoxy herbicide dicamba in mammalian cells in vitro. *Toxicology in Vitro*, 20, 1481–1487.
- Heap, I. M. (2017). Global perspective of herbicide-resistant weeds. *Pesticide and Management Science*, 70, 1306-1315.
- Iacomino, G., Picariello, G., & D'Agostino, L. (2012). DNA and nuclear aggregates of polyamines. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research*, 1823(10), 1745-1755.
- Kurt, M., & Dizlek H., (2020). Ekmeklik buğdaylara (*Triticum aestivum* L.) iki aşamalı uygulanan tavlama işleminin unun ekmeklik özelliklerine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 18, 445-453.
- Kuznetsov, V. I. V., Radyukina, N. L., & Shevyakova, N. I. (2006). Polyamines and stress: biological role, metabolism and regulation. *Russian Journal Plant Physiology*, 53, 658-683.
- Liu, W., Li, P., Qi, X., Zhou, Q., Sun, T., & Yang Y. (2005). DNA changes in barley (*Hordeum vulgare*) seedlings induced by cadmium pollution using RAPD analysis. *Chemosphere*, 61, 158–167.
- Lu, Y. C., Feng, S. J., Zhang, J. J., Luo, F., Zhang, S., & Yang, H. (2016). Genome-wide identification of DNA methylation provides insights into the association of gene expression in rice exposed to pesticide atrazine. *Scientific Reports*, 6(1), 1-15.
- McCauley, L. A., Kent Anger, W., Keifer, M., Langley, R., Robson, M. G., & Rohlman, D. (2006). Studying health outcomes in farmworker populations exposed to pesticides. *Environmental Health Perspectives*, 114, 953-960.
- Miller Fleming, L., Olin Sandoval, V., Campbell, K., & Ralsler, M. (2015). Remaining mysteries of molecular biology: the role of polyamines in the cell. *Journal of Molecular Biology*, 427(21), 3389-3406.
- Minocha, R., Minocha, S. C., & Long, S. (2004). Polyamines and their biosynthetic enzymes during somatic embryo development in red spruce (*Picea rubens* Sarg.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant*, 40, 572-580.
- Park, K. Y., Seo, S. Y., & Kim, Y. J. (2019). Increasing polyamine contents enhances the stress tolerance via reinforcement of antioxidative properties. *Frontiers in Plant Science*, 10, 1331.
- Robinson, M. A., Letarte, J., Cowbrough, M. J., Sikkema, P. H., & Tardif, F. J. (2015). Winter wheat (*Triticum aestivum* L.) response to herbicides as affected by application timing and temperature. *Canadian Journal of Plant Science*, 95(2), 325-333.
- Rocco, L., Valentino, I. V., Scapigliati, G., & Stingo, V. (2014). RAPD-PCR analysis for molecular characterization and genotoxic studies of a new marine fish cell line derived from *Dicentrarchus labrax*. *Cytotechnology*, 66(3), 383-393.
- Ruiz-Herrera, J., Ruiz-Medrano, R., & Dominguez, A. (1995). Selective inhibition of cytosine-DNA methylases by polyamines. *FEBS Letters*, 357, 192-196.
- Shams, M., Yildirim E., Arslan E., & Agar G. (2020). Salinity induced alteration in DNA methylation pattern, enzyme activity, nutrient uptake and H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> content in pepper (*Capsicum annuum* L.) cultivars. *Acta Physiologiae Plantarum*, 42, 59.
- Taie, H. A., El Yazal, M. A. S., Ahmed, S. M., & Rady, M. M. (2019). Polyamines modulate growth, antioxidant activity, and genomic DNA in heavy metal-stressed wheat plant. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(22), 22338-22350.
- Taspinar, M. S., Aydin, M., Arslan, E., Yaprak, M., & Agar, G. (2017). 5-Aminolevulinic acid improves DNA damage and DNA Methylation changes in deltamethrin-exposed *Phaseolus vulgaris* seedlings. *Plant Physiology and Biochemistry*, 118, 267-273.
- Taspinar, M. S., Aydin, M., Sigmaz, B., Yildirim, N., & Agar, G. (2017). Protective role of humic acids against picloram-induced genomic instability and DNA methylation in *Phaseolus vulgaris*. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(29), 22948-22953.
- Valledor, L., Hasbu'n, R., Meijo'n, M., Rodri'guez, J. L., Santamari'a, E., Viejo, M., Berdasco, M., Feito, I., Fraga, M., Can'al, M. J., & Rodri'guez, R. (2007). Involvement of DNA methylation in tree development and micropropagation. *Plant Cell Tissue and Organ Culture*, 91, 75-86.
- Wada, Y., Miyamoto, K., Kusano, H., & Sano, H. (2004). Association between up-regulation of stress-responsive genes and hypomethylation of genomic DNA in tobacco plants. *Molecular Genetics and Genomics*, 271, 658-666.
- Walters, D. (1997). The putrescine analogue (E)-1,4-diaminobut-2-ene reduces DNA methylation in the plant pathogenic fungus *Pyrenophora avenae*. *FEMS Microbiology Letters*, 154, 215-218.
- Yildirim, N., Agar, G., Taspinar, M. S., Turan, M., Aydin, M., & Arslan, E. (2014). Protective role of humic acids against dicamba-induced genotoxicity and DNA methylation in *Phaseolus vulgaris* L. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil & Plant Science*, 64(2), 141-148.



# 'Kalender' Yonca (*Medicago sativa* L.) Çeşidinin *In vitro* Çoğaltımı Üzerine Farklı Besin Ortamları, Sitokinler ve Eksplant Tiplerinin Etkisi

Fatma Gökşin Bahar<sup>1</sup>, Meltem Bayraktar<sup>2\*</sup>, Aynur Gürel<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1750-3080)

<sup>2</sup> Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, Kırşehir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7569-6925)

<sup>3</sup> Ege Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7002-9752)

(İlk Geliş Tarihi 20 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 16 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.723009)

**ATIF/REFERENCE:** Gökşin Bahar, F., Bayraktar, M. & Gürel, A. (2020). 'Kalender' Yonca (*Medicago sativa* L.) Çeşidinin *In vitro* Çoğaltımı Üzerine Farklı Besin Ortamları, Sitokinler ve Eksplant Tiplerinin Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 449-459.

## Öz

*Medicago sativa* L. tüm dünyada yetiştirilen en önemli yem bitkilerinden biridir. *M. sativa* türüne ait bazı çeşitlerin *in vitro* çoğaltımı daha önceleri çalışılmıştır. Ancak, bu bitkinin *in vitro* çoğaltımı yüksek derecede çeşide bağımlıdır ve her bir çeşit için farklı prosedür geliştirmek gereklidir. Şimdiye kadar, Kalender yonca çeşidinde bu konuda bir çalışma rapor edilmemiştir. Bu çalışmada, farklı temel besin ortamları, sitokinler ve eksplant tiplerinin Kalender çeşidinin *in vitro* çoğaltımı üzerine etkileri araştırılmıştır. Başlangıçta, *in vitro* fideciklerden alınan farklı eksplant tipleri (meristem, sürgün ucu ve nod) sürgün rejenerasyonunu uyarmak amacıyla, farklı konsantrasyonlarda (1.0 ve 2.0 mg/L) kinetin içeren Gamborg besin ortamında (B5) kültüre alınmıştır. Yüksek sürgün rejenerasyonları (%57.78 - %93.33) yanında, yüksek kallus rejenerasyonları da (%82.22 - %93.33) gözlenmiştir. Yüksek kallus oluşumundan dolayı, ikinci bir deneme kurulmuştur. *In vitro* fideciklerden alınan sürgün ucu eksplantları farklı konsantrasyonlarda (0, 0.125, 0.25, 0.5 ve 1.0 mg/L) 6-Benzilaminopürin (BAP) içeren B5, Murashige ve Skoog (MS) ve Woody Plant Medium (WPM) besin ortamlarına transfer edilmişlerdir. En iyi sürgün rejenerasyon oranı (%100) 0.25 veya 1.0 mg/L BAP ilave edilmiş WPM ve 0.25 mg/L BAP ilave edilmiş MS besin ortamlarından elde edilmesine rağmen, BAP içeren besin ortamlarında kültüre alınan sürgün uçları yüksek kallus rejenerasyonu üretmişlerdir. BAP içeren besin ortamlarının aksine, WPM besin ortamında, sürgün ve kök gelişimi aynı anda gerçekleşmiş ve sağlıklı ve iyi gelişmiş bitkiler elde edilmiştir. *In vitro* sürgünler en iyi (%71.11) WPM besin ortamında köklenmiştir. Bütün bitkiler başarılı bir şekilde akimatize edilmiştir. Böylece, *M. sativa*'nın Kalender çeşidi için etkili bir *in vitro* çoğaltım protokolü geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Medicago sativa* L., Kalender, *in vitro* çoğaltım, meristem, sürgün ucu, nod

## Effect of Different Media, Cytokinins and Explant Types on *In vitro* Propagation of Alfalfa (*Medicago sativa* L.) cultivar 'Kalender'

### Abstract

*Medicago sativa* L. is one of the most important forage crops cultivated all over the world. *In vitro* propagation of some *M. sativa* cultivars has been studied earlier; however, it is highly cultivar dependent and necessary to develop different *in vitro* propagation procedures for each cultivar. So far, *in vitro* propagation of alfalfa 'Kalender' cultivar has not been reported. In this study, the effects of different basal media, cytokinins and explant types on *in vitro* propagation of alfalfa cultivar 'Kalender' were investigated. Initially, different explants types (meristem, shoot tip and node) excised from *in vitro* seedlings were culture on Gamborg medium (B5) containing different concentrations of kinetin (1.0 and 2.0 mg/L) to induce shoot regeneration. Besides high shoot regeneration rates (57.78% - 93.33%), high callus regeneration rates (82.22% - 93.33%) were also observed. Because of high callus formation, second

\* Sorumlu Yazar: Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Genetik ve Biyomühendislik Bölümü, Kırşehir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-7569-6925, [meltem.bayraktar@ahievran.edu.tr](mailto:meltem.bayraktar@ahievran.edu.tr)

experiment was conducted. Shoot tip explants excised from *in vitro* seedlings were transferred on B5, Murashige and Skoog (MS) and Woody Plant Medium (WPM) supplemented with different concentrations of 6-benzylaminopurine (BAP) (0, 0.125, 0.25, 0.5, and 1.0 mg/L). Although, the best shoot regeneration rate (100%) was obtained on WPM supplemented with 0.25 or 1.0 mg/L BAP and MS supplemented with 0.25 mg/L BAP, shoot tips cultured on BAP-containing media produced high callus regeneration. In contrast to BAP-containing media, on WPM medium, the development of shoots and roots occurred simultaneously and healthy and well-developed plantlets were obtained. *In vitro* shoots rooted best (71.11%) on WPM. All plantlets were successfully acclimatized. Thus, an efficient *in vitro* propagation protocol for *M. sativa* L. cultivar 'Kalender' was developed.

**Keywords:** *Medicago sativa* L., Kalender, *in vitro* propagation, meristem, shoot tip, node

## 1. Giriş

Fabaceae (Leguminosae) familyasına ait olan ve "yem bitkilerinin kraliçesi" olarak bilinen *Medicago sativa* L. dünya çapında ılıman bölgelerde, 30 milyon hektardan daha fazla bir alanda yetiştirilen temel çok yıllık baklagillerden biridir (Elçi, 2005; Acharya ve ark., 2020; Li ve ark., 2020; Tucak ve ark., 2020). Akdeniz'den Orta Asya'ya kadar yayılış gösteren *Medicago* cinsi 87 tür içermektedir (Steele ve ark., 2010). Taksonomistler tarafından Türkçe bilimsel ismi "karayonca" olarak adlandırılan (Güner ve ark., 2012) *M. sativa*, ayrıca "yonca", "adi yonca" (Gençkan, 1983; Soya ve ark., 2004) veya "yaygın yonca" (Avcıoğlu ve ark., 2009) adlarıyla da tanınmaktadır. İklim ve bölgelere bağlı olarak 4-30 yıl yaşayabilmektedir. Leguminosae (Baklagiller) familyasından olan yem bitkileri havanın serbest azotunu köklerinde bulunan azot bakterileri (*Rhizobium* sp.) aracılığı ile toprağa geçirmekte ve toprağı azotça zenginleştirmektedir (Soya ve ark., 2004). Baklagiller, bu simbiyotik azot fiksasyon kapasitelerinden dolayı sürdürülebilir tarım sistemlerinin önemli bileşenleridir (Bhattarai ve ark., 2018). Toprağa en çok azotu çok yıllık bir yem bitkisi olan yonca sağlamaktadır ve ham protein (%17.9), kül (%9.2), yağ (%1.9), nişasta (%38.8) ve ham selüloz (%32.2) içerikleri bakımından diğer yem bitkilerine oranla daha zengindir (Soya ve ark., 2004). Toprak verimliliği ve biyolojik çeşitliliğin korunması, kök sistemi sayesinde su kaybının ve toprak erozyonunun etkili bir şekilde önlenmesi, iklim değişikliği etkilerinin hafifletilmesi, yeraltı suyu nitrat kirliliğinin, fosil yakıt tüketiminin, sera gazı emisyonlarının vb. azaltılması gibi çok sayıda tarımsal ve çevresel avantajı nedeniyle değerli bir üründür (Tucak ve ark., 2020; Wu ve ark., 2020; Zhao ve ark., 2020).

*M. sativa* öncelikli olarak hayvan yemi olarak kullanılmaktadır ve en yüksek kaliteli yemlerden biri olarak kabul edilmektedir (Tucak ve ark., 2020). Bu geleneksel kullanımına ek olarak yüksek lignoselülozlu gövde kısımları son zamanlarda biyoyakıt hammaddesi olarak kullanılmaya aday gösterilmektedir (Kumar ve ark., 2012; Bhattarai ve ark., 2018; Pokoo ve ark., 2018; Wu ve ark., 2020). Yüksek proteinli *M. sativa* yaprakları, esansiyel aminoasitlerin bolluğu ve hayvansal kolesterol içermemesi nedeniyle insan tüketimi için iyi bir yüksek kaliteli protein kaynağı olarak kabul edilmektedir (Wu ve ark., 2020). Bu yüzden; sebze, garnitür veya gıda besin takviyesi olarak bir tür insan gıda bileşeni olarak da tüketilmektedir (Li ve ark., 2020). Ayrıca, *M. sativa* yaprakları ve tohumları; toz, tablet ve kapsül formları şeklinde sağlık marketlerinde yer almakta ve besleyici ve farmasötik özelliklerinden dolayı geleneksel tıpta yaygın olarak kullanılmaktadır (Hadidi ve ark., 2020).

*M. sativa*, diğer baklagiller gibi zengin bir fitoöstrojen kaynağıdır (Tucak ve ark., 2020). *M. sativa*'nın kimyasal bileşenleri üzerine yapılan çalışmalarda; triterpenoid saponinler, flavonoidler, izoflavonoidler, alkaloidler, kumarinler, fenilpropanoidler, organik asitler ve uçucu yağlar dahil olmak üzere bir dizi farklı bileşik izole edilmiştir (Hadidi ve ark., 2020; Li ve ark., 2020). Ayrıca, *M. sativa*'nın, anti-enflamatuar, antioksidan, antifungal, insektisidal, allelopatik, hemolitik, immünomodülatör ve hafızayı geliştirici özellikler gibi geniş spektrumlu biyolojik özellikler gösterdiği bildirilmiştir (Li ve ark., 2020).

*M. sativa* türünde genetik transformasyon çalışmaları yoğunlukta olduğundan, bu türde bitki rejenerasyonu ile ilgili yapılan daha önceki çalışmalarda çoğunlukla doğrudan veya dolaylı somatik embriyogenez yoluyla bitki rejenerasyonu üzerinde durulmuş ve bu konuda birçok çalışma yapılmıştır (Stuart ve Strickland, 1984; Strickland ve ark., 1987; Mc Kersie ve ark., 1989; Song ve ark., 1990; Denchev ve ark., 1993; Fuentes ve ark., 1993; Tian ve ark., 2002; Moltrasio ve ark., 2004; Gupta ve ark., 2006; Hoori ve ark., 2007; Kumar ve ark., 2008; Zare ve ark., 2009; Amini ve ark., 2016). Bu nedenle, *M. sativa* somatik embriyogenezin iyi karakterize edildiği türlerden biridir. Ancak bu rejenerasyon sisteminin yoncada kullanımını kısıtlayıcı konuların başında rejenerasyonun yüksek oranda genotipe bağlı olması ve embriyogenezde genotipik varyasyonun yaygın bir fenomen olması gelmektedir (Wan ve ark., 1988a; Kumar ve ark., 2008; Zare ve ark., 2009). Doğrudan rejenerasyonla karşılaştırıldığında, doku veya organdan bir kallus fazından sonra elde edilen bitki rejenerasyonlarında (dolaylı rejenerasyon) somaklonal varyasyonla karşılaşma olasılığı artabilmektedir (Li ve ark., 2009). Bu nedenle, doğrudan bitki rejenerasyonu genetik olarak benzer bitkiler üretme imkanı sunduğundan rejenerasyon için tercih edilen bir yoldur (Kumar ve ark., 2008).

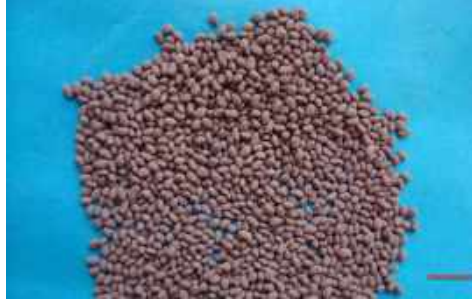
*M. sativa* türüne ait bazı çeşitlerde farklı eksplant tipleri ve besin ortamı içerikleri kullanılarak doğrudan rejenerasyon çalışmaları yapılmış ve çeşitlerin yapılan uygulamalara sürgün rejenerasyonu açısından tepkilerinin farklı olduğu rapor edilmiştir (Ding ve ark., 2003; Kumar ve ark., 2008; Li ve ark., 2009; Kumar ve ark., 2012; Orcen, 2013; Nofouzi ve ark., 2019). Bu durum, her bir çeşit için farklı bir *in vitro* rejenerasyon prosedürünün geliştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Sahil kesiminde ekilebilen, soğuklardan zarar görmeyen ve ülkemize ait bir *M. sativa* çeşidi olan Kalender'in *in vitro* rejenerasyonu ve çoğaltımı üzerine herhangi bir çalışma ile karşılaşılmamıştır. Bu yüzden çalışmamızda, *in vitro* koşullarda farklı eksplant kaynakları, temel besin ortamları ve bitki büyüme düzenleyicileri kullanarak Kalender çeşidinin *in vitro* rejenerasyon tepkisinin ölçülmesi ve bu çeşidin *in vitro* çoğaltımı için uygun bir protokolün oluşturulması amaçlanmıştır.



## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Bitkisel Materyal

Neobi Tohumculuk A.Ş. firması tarafından temin edilen, firma adına tescilli “Kalender” çeşidine ait tohumlar başlangıç materyali olarak kullanılmıştır (Şekil 1). Tohumlar yüzey sterilizasyonundan sonra kültüre alınmış ve çimlenen tohumlardan elde edilen *in vitro* fidecikler *in vitro* çoğaltım çalışmaları için eksplant kaynağını oluşturmuştur.



Şekil 1. Çalışmada kullanılan 'Kalender' yonca çeşidi tohumları (bar=1.0 cm)

### 2.2. Tohum Sterilizasyonu

Tohumlar, öncelikle sabunlu su ile iyice yıkanmış ve akan çeşme suyu altında 30 dakika süresince durulanmışlardır. Ardından %70'lik etil alkolde 1 dakika ve daha sonra içerisinde 2 damla Tween-20 bulunan %2'lik ticari sodyum hipoklorit (NaOCl) solüsyonunda 25 dakika süresince çalkalanmışlardır. Bu işlemlerin ardından 4 kez steril saf suda çalkalanan tohumlar, steril filtre kağıdı üzerine bırakılarak fazla sularından arındırılmışlardır.

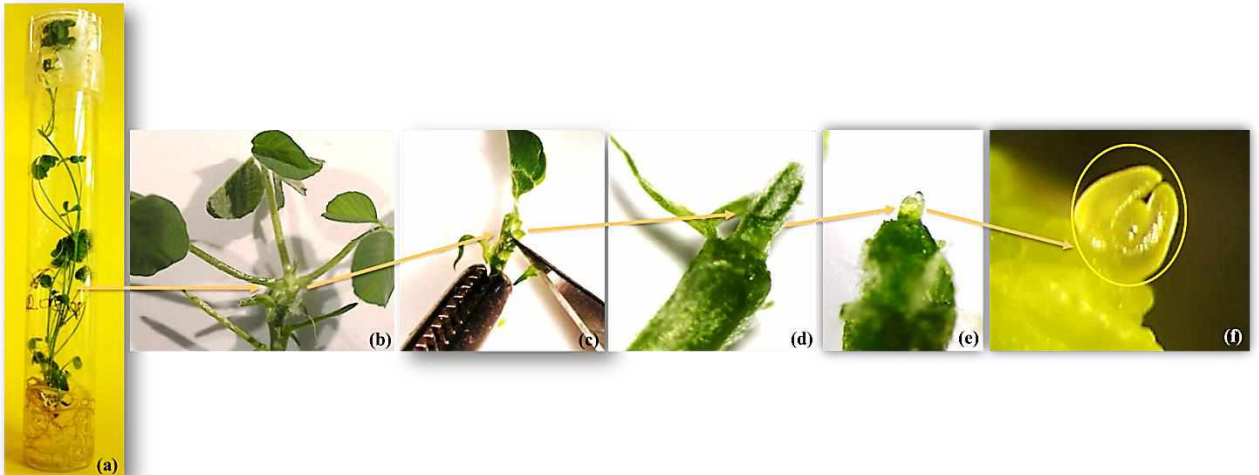
### 2.3. Tohumların *In vitro* Ortamda Çimlendirilmesi

Sterilizasyonu yapılan tohumlar, içerisinde 10 mL yarı katı besin ortamı bulunan kültür tüplerine (23/24 × 140 mm, Lab Associates b.v., Oudenbosch, The Netherlands) aktarılmışlardır. Besin ortamı olarak, 30 g/L sükröz ilave edilmiş ve 7 g/L plant agar (Duchefa Biochemie B.V., The Netherlands) ile katılaştırılmış B5 (Gamborg ve ark., 1968) kullanılmıştır (pH 5.8). Kültürler 16 saat aydınlık /8 saat karanlık fotoperiyotta, 4000 lüks ışık şiddetinde ve 26±2 °C sıcaklıkta muhafaza edilmişlerdir.

### 2.4. *In vitro* Çoğaltım Denemeleri

#### 2.4.1. Farklı Eksplant Tipleri ve Kinetin Konsantrasyonlarının Sürgün Rejenerasyonu Üzerine Etkisi

Tohumların kültüre alınmasından iki hafta sonra gelişen *in vitro* fideciklerden (Şekil 2a, b, c); meristem (0.1-0.2 mm), 4-6 yaprak taslağı içeren sürgün ucu (0.6-0.8 mm) ve iki nodlu eksplantlar izole edilerek 1.0 veya 2.0 mg/L kinetin içeren B5 besin ortamlarında kültüre alınmışlardır. Besin ortamlarına 30 g/L sükröz ilave edilmiş ve 7 g/L plant agar ile katılaştırılmıştır (pH 5.8). Meristem kültürleri, içerisine “M” şeklinde filtre kağıdından köprü yapılan ve 10 mL sıvı ortam ilave edilen kültür tüplerine, sürgün ucu ve nod kültürleri ise içerisinde 10 mL yarı katı besin ortamı bulunan kültür tüplerine aktarılmışlardır. Sürgün ucu (Şekil 2d) ve meristem (Şekil 2e, f) eksplantlarının izolasyonu stereo mikroskop altında (Olympus SZX7, Tokyo, Japan) gerçekleştirilmiştir. Denemeler üç tekerrürlü olarak kurulmuş ve her bir tekerrürde 15 adet eksplant kullanılmıştır. Kültürler 16 saat aydınlık /8 saat karanlık fotoperiyotta, 4000 lüks ışık şiddetinde ve 26±2 °C sıcaklıkta bekletilmişlerdir.

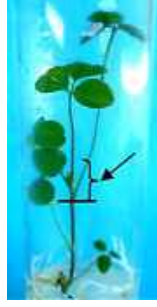




Şekil 2. *In vitro* koşullarda çimlendirilmiş 2 haftalık *in vitro* ‘Kalender’ yonca çeşidi fideciklerinden stereo mikroskop altında sürgün ucu ve meristem eksplantlarının aşama aşama izolasyonu

#### 2.4.2. Farklı Besin Ortamı Kompozisyonları ve BAP Konsantrasyonlarının Sürgün Rejenerasyonu Üzerine Etkisi

Sürgün rejenerasyonu için, tohumların kültüre alınmasından bir hafta sonra gelişen *in vitro* fideciklerin yaklaşık 1 cm uzunluğundaki sürgün uçları eksplant olarak kullanılmıştır (Şekil 3). Bu sürgün ucu eksplantları, içerisine farklı konsantrasyonlarda (0.125, 0.25, 0.5 veya 1.0 mg/L) 6-Benzilaminopürin (BAP), 30 g/L sükroz ilave edilmiş ve 7 g/L plant agar ile katılaştırılmış (pH 5.8) MS (Murashige ve Skoog, 1962), B5 (Gamborg ve ark., 1968) veya WPM (Lloyd ve McCown, 1980) besin ortamlarında kültüre alınmışlardır. Her bir kültür tüpüne 10 mL besin ortamı paylaştırılarak eksplantlar bu kültür tüplerine transfer edilmişlerdir. Denemeler üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiş ve her bir tekerrür için 15 adet eksplant kullanılmıştır. Kültürler 16 saat aydınlık /8 saat karanlık fotoperiyotta, 4000 lüks ışık şiddetinde ve 26±2 °C sıcaklıkta saklanmışlardır.



Şekil 3. *In vitro* koşullarda çimlendirilmiş 1 haftalık *in vitro* ‘Kalender’ yonca çeşidi fideciklerinden alınan yaklaşık 1 cm boyutunda sürgün ucu eksplantı

#### 2.5. *In vitro* Köklendirme

Köklenme için yaklaşık 2 cm uzunluğundaki *in vitro* sürgünler 10 mL WPM besin ortamı içeren kültür tüplerine aktarılmışlardır. Besin ortamlarına 30 g/L sükroz ilave edilmiş ve 7 g/L plant agar ile katılaştırılmıştır (pH 5.8).

#### 2.6. Aklimatizasyon

*In vitro* koşullarda köklendirilen 50 adet bitkicığın aklimatizasyonu gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, kültür kabından çıkarılan bitkiciklerin öncelikle kökleri zarar görmeyecek şekilde su ile yıkanarak üzerindeki besin ortamı ve agar kalıntıları uzaklaştırılmıştır. Bitkicikler daha sonra içerisinde 1:1 oranında vermikülit ve perlit karışımını içeren küçük saksılara dikilmişlerdir. Dış koşullara alıştırmadan önce, kontrollü koşullar altında, 16 saat aydınlık/8 saat karanlık fotoperiyotta ve 26±2 °C sıcaklıkta muhafaza edilmişlerdir. Aktarıldıkları ilk gün nemlerini kaybetmemeleri için üzerleri şeffaf naylon poşetlerle örtülmüştür. İkinci gün nem oranının azaltılması için poşetlere havalandırma delikleri açılmıştır. Üçüncü günden itibaren, günde yaklaşık 2 saat üzerlerindeki poşetler çıkarılarak, hem bitkiler havalandırılmış, hem de sulanmışlardır. Beşinci günde ise naylon poşetler tamamen çıkarılmıştır.

#### 2.7. Verilerin Değerlendirilmesi

Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmadan elde edilen veriler, MINITAB istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir. İstatistiksel olarak uygulamalar arasındaki farklılıklar Tukey testine göre 0.05 hata sınırı esas alınarak karşılaştırılmış ve farklı harflerle ifade edilmiştir.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. *In vitro* Çoğaltım Denemeleri

##### 3.1.1. Farklı Eksplant Tipleri ve Kinetin Konsantrasyonlarının Sürgün Rejenerasyonu Üzerine Etkisi

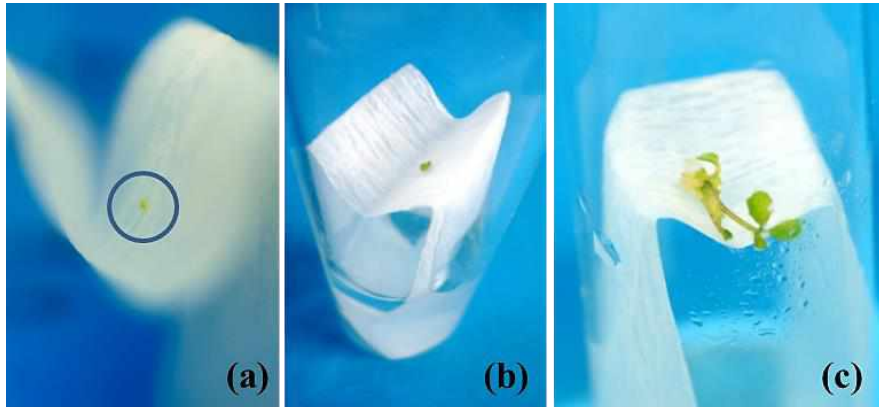
Farklı eksplant tipleri ve kinetin konsantrasyonlarının sürgün rejenerasyonu üzerine etkilerini belirlemek amacıyla, *in vitro* koşullarda çimlendirilen tohumlardan elde edilen *in vitro* fideciklere ait üç farklı eksplant, iki farklı konsantrasyonda (1.0 veya 2.0 mg/L) kinetin içeren B5 besin ortamlarında kültüre alınmışlardır. *In vitro* çoğaltımda eksplant kaynağı olarak apikal ve aksiller meristemler, sürgün uçları veya nodal eksplantların kullanılması genotipin korunmasına ve ismine doğru bitkiler üretilmesine olanak sağlamaktadır. Çünkü meristem dokularının genotip bakımından stabil olduğu bilinmektedir (Emiroğlu ve Gürel, 2005; Faisal ve ark., 2007; Röck-Okuyucu ve ark., 2016). Bu yüzden eksplant tipi olarak; meristem, 4-6 yaprak taslaklı sürgün ucu ve iki nodlu eksplantlar kullanılmıştır. Dört hafta sonunda, yapılan uygulamaların sürgün rejenerasyonu üzerine etkileri belirlenmiştir. İstatistiki açıdan, kullanılan kinetin konsantrasyonu ve kinetin konsantrasyonu \* eksplant tipi interaksyonunun sürgün rejenerasyonu üzerine etkisi önemli bulunmazken ( $p>0.05$ ), eksplant tipi önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ) (Tablo 1). En yüksek sürgün rejenerasyonu (%93.33) 1.0 veya 2.0 mg/L kinetin içeren yarı katı B5 besin ortamlarında kültüre alınan nod eksplantlarında gözlenmiştir, bunu yine 1.0 veya 2.0 mg/L kinetin içeren yarı katı B5 besin ortamlarında kültüre alınan sürgün ucu eksplantları takip etmiştir (Tablo 1). Kültüre alındıktan dört hafta sonra her üç eksplant tipinde de yoğun kallus rejenerasyonları gözlemlendiğinden kallus rejenerasyon oranları da belirlenmiştir. Kallus rejenerasyon oranları %82.22 ile %93.33 arasında değişim göstermiş, kinetin konsantrasyonu, eksplant tipi ve kinetin konsantrasyonu \* eksplant tipi interaksyonu istatistiki açıdan önemsiz bulunmuştur ( $p>0.05$ ) (Tablo 1).

Tablo 1. Farklı Konsantrasyonlarda Kinetin İçeren B5 Besin Ortamlarında Kültüre Alınan Üç Farklı Eksplant Tipinde Gözlenen Kallus ve Sürgün Rejenerasyonu Oranları (%)

Besin ortamı tipi	Kinetin (mg/L)	Eksplant tipi	Kallus rejenerasyon oranı (%) ± S.H.	Sürgün rejenerasyon oranı (%) ± S.H.
Sıvı B5	1.0	Meristem (~0.1-0.2 mm)	82.22 ± 4.45	62.22 ± 8.01 b
Sıvı B5	2.0	Meristem (~0.1-0.2 mm)	91.11 ± 5.88	57.78 ± 5.88 b
Yarı Katı B5	1.0	Sürgün Ucu (~0.6-0.8 mm)	84.44 ± 5.88	84.44 ± 5.88 ab
Yarı Katı B5	2.0	Sürgün Ucu (~0.6-0.8 mm)	84.44 ± 8.89	80.00 ± 6.67 ab
Yarı Katı B5	1.0	Nod	93.33 ± 6.67	93.33 ± 6.67 a
Yarı Katı B5	2.0	Nod	93.33 ± 0.00	93.33 ± 0.00 a
<b>ANOVA Tablosu</b>				
Kinetin konsantrasyonu (KK)			Ö	Ö
Eksplant tipi (ET)			Ö	**
KK * ET			Ö	Ö

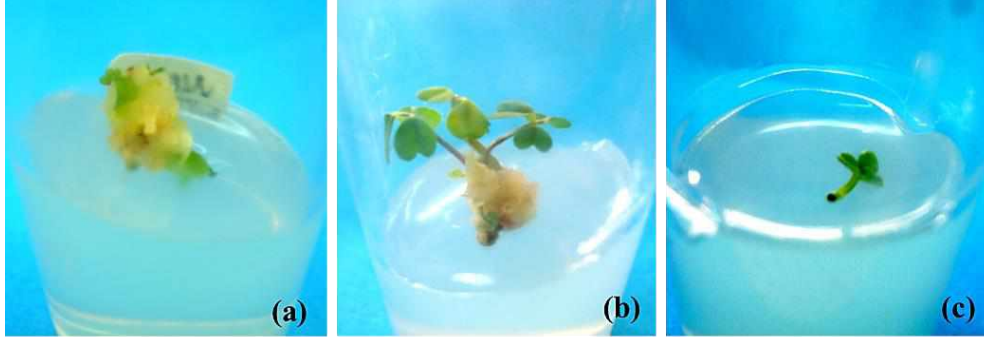
Aynı sütunda, aynı harf grubuna giren ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli değildir. \*:  $P < 0.05$  düzeyinde önemli, \*\*:  $P < 0.01$  düzeyinde önemli, Ö: Önemsiz, SH: Standart Hata

Kinetinin; mitoz, sitoplazma bölünmesi, toplam protein sentezi, lignin biyosentezi, vasküler farklılaşma, protoplastidlerden olgun kloroplastların farklılaşması gibi durumları etkileyerek kallus çoğaltımını ve rejenerasyonunu arttırdığı rapor edilmiştir (Wan ve ark., 1988b). Wan ve ark. (1988b) kinetinin, *M. sativa*'da kallus uyarılması, morfolojisi, histolojisi ve sürgün rejenerasyonu oluşturabilmesi üzerine etkisini incelemişlerdir. Kallus başlangıç ortamında kinetinin varlığının kallus oluşumunun başlamasını geciktirdiği, ancak kallus hücrelerinin bölünme ve farklılaşmasını arttırdığı rapor edilmiştir. Ayrıca kinetin ilave edilmiş besin ortamlarından elde edilen kallusların, bir rejenerasyon ortamına aktarıldıklarında bitkiciğe farklılaşabilecek nitelikte meristematik bölgeler olarak kabul edilen kompakt hücre kümeleri içerdiği rapor edilmiştir. Çalışmamızda da, kinetin içeren besin ortamlarına aktarıldıktan sonra meristem eksplantlarının öncelikle yaprak geliştirmeye başladıkları, ancak 4 hafta sonunda yaprak geliştirmeye başlayan eksplantların büyük bir çoğunluğunun kallusa dönüştüğü ve ardından sürgün rejenerasyonunun gerçekleştiği gözlenmiştir (Tablo 1, Şekil 4).



Şekil 4. (a) Sıvı ortama aktarıldıktan 2 hafta sonra meristem eksplantındaki gelişme, (b) sıvı ortama aktarıldıktan 4 hafta sonra meristem eksplantındaki gelişme, (c) sıvı ortama aktarıldıktan 4 hafta sonra kallus oluşturup ardından sürgün rejenerasyonu gerçekleştirmiş meristem eksplantı

Sürgün ucu eksplantlarının da yine aynı şekilde kinetin içeren besin ortamlarına aktarıldıktan sonra kallus oluşumuna yönlendikleri (Şekil 5a) ve daha sonra sürgün oluşturdukları gözlenmiştir (Tablo 1, Şekil 5b). Mroginski ve Kartha (1984) bizim çalışmamızla paralel olarak *M. sativa*'nın Sabilt çeşidinde, 0.2 mg/L naftalen asetik asit (NAA) içeren B5 besin ortamında, 0.2-0.7 mm boyutlarındaki sürgün uçlarından %54 oranında, 2-4 mm boyutlarındaki sürgün uçlarından %80 oranında sürgün rejenerasyonu ve aynı zamanda bu sürgün rejenerasyonu ile birlikte yüksek oranda kallus rejenerasyonu gözlemlemişlerdir. Kumar ve ark. (2008) bizim çalışmamızın aksine, LLC-3, Chetak ve RL-88 çeşitlerinde sürgün ucu eksplantlarından, kinetin içeren (9.30, 13.95, 18.60 ve 23.25  $\mu\text{M}$ ) MS besin ortamlarında doğrudan sürgün elde etmişlerdir. Bizim çalışmamızda ise 2 mg/L kinetin içeren B5 besin ortamında kültüre alınan 45 sürgün ucu eksplantından sadece 2'sinin kallus oluşturmada doğrudan sürgün geliştirdiği gözlenmiştir (Şekil 5c). Bu sürgünler, aynı ortamlarında altkültüre alındığında gelişimlerine devam etmemiştir. *M. sativa* türünde çeşitlerin, *in vitro* koşullarda yapılan uygulamalara farklı tepkiler verdiği daha önceki çalışmalarda rapor edilmiştir. Bizim çalışmamız ile Kumar ve ark. (2008) arasındaki farklılık; kullanılan çeşit, temel besin ortamı ve kinetin konsantrasyonlarından kaynaklanabilir.



Şekil 5. Sürgün ucu eksplantından: (a) kallus rejenerasyonu, (b) dolaylı sürgün rejenerasyonu, (c) doğrudan sürgün rejenerasyonu

Her iki kinetin konsantrasyonunda da nod eksplantlarının %93.3'ü hem kallus, hem de sürgün rejenerasyonu oluşturmuştur (Tablo 1, Şekil 6). Tüm eksplant tiplerinden gelişen sürgünlerin genellikle cılız, kısa boylu, internod araları kısa ve bazılarının çalimsı formda olduğu gözlenmiştir (Şekil 6). Dolayısıyla bu sürgünler *in vitro* çoğaltımın devam ettirilmesi için uygun bulunmamışlardır.



Şekil 6. Nod eksplantlarından gelişen kısa boylu, kısa internod aralı ve çalimsı formda sürgün rejenerasyonları ve kallus rejenerasyonları

### 3.1.2. Farklı besin ortamı kompozisyonları ve BAP konsantrasyonlarının sürgün rejenerasyonu üzerine etkisi

Genellikle kallus oluşumu ile genetik kararsızlık riski birbiri ile ilişkilendirilmektedir. Diğer bir deyişle, kallus dokusundan oluşan ve çoğalan adventif sürgünlerden meydana gelen bitkilerde genetik kararlılık genellikle bir problem oluşturmaktadır. Bu nedenle, bu tehlikeden kaçınmak için, doğrudan sürgün rejenerasyonu tercih edilmektedir (Cheyne ve Dale, 1980). Daha önceki denemelerimizde gözlenen yoğun kallus oluşumunun hem kullanılan eksplant tipleri, hem de temel besin ortamı ve kinetinden kaynaklandığı düşünülerek, doğrudan sürgün rejenerasyonu elde etmek amacıyla eksplant tipi ve kullanılan sitokininin tipi değiştirilmiş ve farklı temel besin ortamları incelenmiştir. Bu amaçla, *in vitro* koşullarda çimlendirilen tohumlardan gelişen *in vitro* fidiciklere ait yaklaşık 1 cm uzunluğundaki sürgün uçları, içerisinde farklı konsantrasyonlarda (0.125, 0.25, 0.5 veya 1.0 mg/L) BAP içeren üç farklı temel besin ortamında (MS, B5 ve WPM) kültüre alınmışlardır.

İstatistiki açıdan, kullanılan üç farklı temel besin ortamı ve besin ortamı \* BAP konsantrasyonu interaksyonunun sürgün rejenerasyon oranı üzerine etkisi önemsiz bulunurken ( $p>0.05$ ), BAP konsantrasyonunun etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur ( $p<0.01$ ) (Tablo 2). En yüksek sürgün rejenerasyon oranı (%100) 0.25 mg/L BAP içeren WPM, MS ve 1.0 mg/L BAP içeren WPM besin ortamlarında kültüre alınan sürgün ucu eksplantlarından elde edilmiştir. Yapılan uygulamalarda genel olarak %77.78 ile %100 arasında değişen miktarlarda yüksek oranlarda sürgün rejenerasyonu gerçekleşmiştir (Tablo 2). Farklı *M. sativa* çeşitlerinde yapılan daha önceki *in vitro* rejenerasyon çalışmalarında, kullanılan çeşitlere ve yapılan uygulamalara göre değişen sürgün rejenerasyon oranları rapor edilmiştir. Ding ve ark. (2003) 16 *M. sativa* çeşidine ait tohumlardan elde ettikleri kotiledon eksplantlarını 5  $\mu$ M thidiazuron (TDZ) + 0.5  $\mu$ M NAA içeren MS besin ortamında kültüre almışlar ve çeşitler arasında %33 - %85 arasında değişen oranlarda doğrudan sürgün rejenerasyon oranları elde etmişlerdir. Kumar ve ark. (2008) üç *M. sativa* çeşidine (LLC-3, Chetak ve RL-88) ait 5-6 günlük *in vitro* fidiciklerden aldıkları sürgün uçlarını (kotiledon yapraklarının küçük bir kısmı ile hipokotil bölgesini içeren) 12.6  $\mu$ M BAP + 9.3  $\mu$ M kinetin içeren MS besin ortamında kültüre aldıklarında, eksplant başına Chetak çeşidinde "14 adet sürgün", RL-88 çeşidinde "4 adet sürgün" ve LLC-3 çeşidinde "6 adet sürgün" elde etmişlerdir. Sürgün rejenerasyon oranları hakkında bilgi verilmemiştir. Eureka, WL-414, Empress, Derby, Sitel, Sanditi, Powerplant ve Pondus çeşitlerine ait kotiledon nodları (1-2 mm hipokotil segmenti içeren) 0-1.0 mg/L TDZ içeren modifiye MS (MS tuzları + B5 vitaminleri) besin ortamlarında kültüre alınmışlardır. On gün sonunda kotiledon nodlarından rejenerasyon alan sürgünler kesilerek farklı konsantrasyonlarda (0.01 - 0.1 mg/L) TDZ içeren modifiye MS besin ortamlarına aktarılmışlardır. Altı gün sonunda, yeni gelişen aksiller sürgünler izole edilerek yatay ve dikey olmak üzere iki farklı şekilde farklı konsantrasyon ve kombinasyonlarda TDZ ve gümüş nitrat ( $AgNO_3$ ) içeren modifiye MS besin ortamlarında kültüre alınmışlardır. On dört gün sonunda 0.025 mg/L TDZ + 3 mg/L  $AgNO_3$  içeren modifiye MS besin ortamında dikey olarak kültüre alınan eksplantlarda en yüksek rejenerasyon oranı elde edilmiştir. Çeşitler arasında sürgün

rejenerasyon oranları %63.8 - %82.5 arasından değişmiştir (Li ve ark., 2009). Kumar ve ark. (2012) 2 mg/L TDZ + 1 mg/L 6-Benziladenin (BA) içeren MS besin ortamında kültüre aldıkları 5 farklı çeşide (Chetak, Co-1, LLC-3, RL-88 ve T-9) ait apikal meristem (5mm kotiledon yaprağı ve 3 mm hipokotil ile birlikte) eksplantlarından %67 (LLC-3) ile %93 (Chetak) arasında değişen sürgün rejenerasyon oranları elde etmişlerdir. Sürgün rejenerasyonu doğrudan sürgün rejenerasyonu şeklinde gerçekleşmiştir. Orcen (2013) Kayseri çeşidine ait 15 günlük *in vitro* fideciklerden izole ettiği yaklaşık 1 cm boyutlarında beş farklı eksplantı (ilk yaprak, yaprak, epikotil, hipokotil ve apikal sürgün ucu) 1, 3, 5 mg/L BA ve bunlara ilaveten 1 mg/L NAA içeren MS veya PC-L2 besin ortamlarında kültüre almıştır. En yüksek sürgün rejenerasyon oranını (%95) 5 mg/L BA + 1 mg/L NAA içeren MS besin ortamında kültüre alınan sürgün ucu eksplantlarında gözlemiştir. Nofouzi ve ark. (2019) iki Türk yonca çeşidinin (Nimet ve Savaş) 10 günlük *in vitro* fideciklerinden izole ettikleri kotiledon nodları, hipokotil ve kök boğazı eksplantlarını farklı konsantrasyonlarda BAP, TDZ veya BAP + indol-3-bütirik asit (IBA) kombinasyonlarını içeren MS besin ortamlarında kültüre almışlardır. Kullanılan eksplant tiplerinden sadece kotiledon nodlarından başarılı rejenerasyonlar gerçekleşmiştir. Her iki çeşitte de kontrol ve farklı konsantrasyonlarda BAP içeren MS besin ortamlarında %100'e varan sürgün rejenerasyon oranı elde etmişlerdir.

Mevcut çalışmada sürgün ucu eksplantlarının bazal kısımlarında kallus oluşumları da gözlemlendiğinden kallus rejenerasyon oranları da belirlenmiştir. Eksplantların kallus oluşturma oranları açısından yapılan istatistiki değerlendirmede, kullanılan besin ortamları, BAP konsantrasyonu ve besin ortamı \* BAP konsantrasyonu interaksiyonunun önemli olduğu bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). En fazla kallus oluşum oranı %100 ile 0.5 mg/L BAP içeren B5, 0.25 veya 1.0 mg/L BAP içeren WPM besin ortamlarından elde edilmiştir. Bu ortamları %97.78'lik kallus oluşum oranı ile 0.125 veya 1.0 mg/L BAP içeren B5 ve %95.55'lik kallus oluşum oranı ile 0.125 veya 0.5 mg/L BAP içeren WPM besin ortamları takip etmiştir. Genel olarak BAP içermeyen temel besin ortamlarında kültüre alınan eksplantlarda kallus oluşum oranları, BAP içeren besin ortamlarında kültüre alınan eksplantlara nazaran daha az olmuştur. Temel besin ortamları içerisinde de MS, diğer temel besin ortamlarına göre daha az kallus oluşturmuştur (Tablo 2). Bizim çalışmamıza benzer şekilde Kayseri çeşidinde yapılan bir *in vitro* rejenerasyon çalışmasında BA içeren MS besin ortamlarında kültüre alınan eksplantlarda sürgün rejenerasyonu ile birlikte kallus oluşumları da gözlenmiştir (Orcen, 2013).

Elde edilen sürgünlerin *in vitro* çoğaltım amacıyla kullanılabilmesi için iyi görünümlü, sağlıklı ve uzun boylu olmalarının yanı sıra, sık nodlu olmamaları da istenir. Bu özelliklere göre elde edilen sürgün rejenerasyonlarından *in vitro* çoğaltıma uygun sürgün oranları belirlenmiştir. Kullanılan besin ortamları, BAP konsantrasyonu ve besin ortamı \* BAP konsantrasyonu interaksiyonunun çoğaltıma uygun sürgün rejenerasyonu elde etmede istatistiki açıdan önemli olduğu bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). *In vitro* çoğaltıma uygun, iyi görünümlü ve sağlıklı bitkiler en fazla % 60 oranıyla bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen WPM besin ortamında kültüre alınan eksplantlardan elde edilmiştir (Şekil 7). Bu ortamı %31.11'lik oranla MS besin ortamı ve %22.2'lik oranla B5 besin ortamları takip etmiştir. Özellikle BAP içeren besin ortamlarında kültüre alınan eksplantlarda yoğun kallus oluşumları ile birlikte *in vitro* çoğaltım için uygun olmayan cılız, kısa boylu ve çalimsız görünümlü sürgün oluşumları gözlenmiştir.



Şekil 7. *In vitro* çoğaltıma uygun 'Kalender' yonca çeşidi bitkicikleri

Gözlemler sonucunda belirlenen eksplant boyları bakımından yapılan istatistiki değerlendirmeye göre, besin ortamları, BAP konsantrasyonu ve besin ortamı \* BAP konsantrasyonu interaksiyonunun önemli olduğu bulunmuştur ( $p < 0.01$ ). Denemede kullanılan besin ortamları arasında, ortalama 4.80 cm ile en uzun eksplant boyu bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen WPM ortamında kültüre alınan eksplantlardan elde edilmiştir. Bu ortamı 2.87 cm sürgün boyu ile BAP içermeyen B5 ortamı takip etmiştir. Besin ortamlarına BAP ilave edilmesiyle elde edilen sürgün boylarında azalmalar meydana gelmiştir (Tablo 2). Daha önceki çalışmalarda farklı *M. sativa* çeşitlerinde de bizim çalışmamızda olduğu gibi sitokinin kullanılan besin ortamlarında kısa boylu sürgün oluşumları rapor edilmiştir (Li ve ark., 2009; Kumar ve ark., 2012; Orcen, 2013; Nofouzi ve ark., 2019). Bu durum, sitokininlerin genellikle sürgün uzamasını inhibe ederek, sürgün çoğaltımını uyardığı şeklinde açıklanmıştır (Kumar ve ark., 2012).



Ölçülen ortalama nod sayıları bakımından yapılan istatistiksel degerlendirmeye göre, kullanılan besin ortamları ( $p<0.01$ ), BAP konsantrasyonu ( $p<0.05$ ) ve besin ortamı \* BAP konsantrasyonu interaksyonunun ( $p<0.05$ ) önemli olduğu bulunmuştur. Eksplant başına en yüksek nod sayısı 3.80 adet ile WPM besin ortamında kültüre alınan sürgün ucu eksplantlarında belirlenmiştir. Diğer ortamlar nod sayısı bakımından genel olarak istatistiksel açıdan aynı grupta yer almıştır (Tablo 2).

Farklı besin ortamı kompozisyonları ve BAP konsantrasyonlarının sürgün rejenerasyonu üzerine etkisinin araştırıldığı bu denemede bazı ortamlarda sürgün rejenerasyonu ve köklenmenin eş zamanlı olarak gerçekleştiği gözlenmiştir (Şekil 7). Yapılan istatistiksel degerlendirmeye göre köklenme oranları açısından besin ortamları, BAP konsantrasyonu ve besin ortamı \* BAP konsantrasyonu interaksyonunun önemli olduğu bulunmuştur ( $p<0.01$ ). Buna göre; eksplant başına en yüksek köklenme oranı %71.11 ile WPM besin ortamında kültüre alınan sürgün ucu eksplantlarında saptanmıştır. Bu ortamı %37.78 oran ile B5 ve %26.67 oran ile MS besin ortamlarında kültüre alınan sürgün ucu eksplantları takip etmiştir ve her iki ortam istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Tablo 2). *M. sativa* ile ilgili daha önce yapılan çalışmalarda genellikle, *in vitro* sürgünlerin köklendirilmesi için ek bir köklendirme aşamasına ihtiyaç duyulmuştur. Bu amaçla farklı besin ortamları kullanılmıştır: 2.0 mg/L indol asetik asit (IAA) içeren MS besin ortamı (Pupilli ve ark., 1992); 1.2 µM IBA + 15 g/L sukroz içeren 1/2 MS besin ortamı (Ding ve ark., 2003); 11.4 µM IAA + 2.0 g/L aktif karbon içeren MS besin ortamı (Kumar ve ark., 2008); sürgünleri 1 mg/L NAA içeren sıvı MS besin ortamına 2 dakika batırma ve daha sonra hormonsuz yarı katı MS besin ortamına aktarma (Li ve ark., 2009); 2.0 mg/L NAA + 2.0 mg/L aktif karbon içeren MS besin ortamı (Kumar ve ark., 2012); 1 mg/L NAA içeren MS besin ortamı (Orcen, 2013); 1 mg/L IAA içeren MS besin ortamı (Nofouzi ve ark., 2019). Bunun dışında bizim çalışmamızda olduğu gibi bazı çeşitlerde bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen temel besin ortamlarında *in vitro* köklenme sağlanmıştır (Atanassov ve Brown, 1984; Sarul ve ark., 1995). Çalışmamızda kültüre aldığımız yaklaşık 1 cm boyutlarındaki sürgün ucu eksplantları bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen WPM besin ortamında hem bir sonraki çoğaltım periyodu için gerekli olan uzunlukta (4.80 cm) sürgün ve sayıda (3.80) nodlar vererek, hem de aynı zamanda kök geliştirerek bize *in vitro* çoğaltım periyodunu kısaltma imkanı sunmuştur. Ayrıca bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen bir *in vitro* çoğaltım prosedürü geliştirmek hem üretim maliyetini azaltarak üretimi daha etkili bir hale getirmekte, hem de somaklonal varyasyon riskini azaltmaktadır (Röck-Okuyucu ve ark., 2016).

Tablo 2. Farklı Temel Besin Ortamları ve BAP Konsantrasyonlarının 'Kalender' Yonca (*Medicago sativa* L.) Çeşidinin *In vitro* Sürgün Büyümesi Üzerine Etkileri

Besin ortamı tipi	BAP (mg/L)	Sürgün rejenerasyon oranı (%) ± S.H.	Kallus rejenerasyon oranı (%) ± S.H.	Çoğaltmaya uygun sürgün oranı (%) ± S.H.	Ortalama sürgün boyu (cm) ± S.H.	Ortalama nod sayısı (adet) ± S.H.	Köklenme oranı (%) ± S.H.
B5	-	93.33 ± 6.67 ab	66.67 ± 3.85 c	22.22 ± 2.22 b	2.87 ± 0.31 b	3.17 ± 0.35 ab	37.78 ± 4.45 b
	0.125	97.78 ± 2.22 a	97.78 ± 2.22 a	0.00 ± 0.00 c	1.34 ± 0.06 cd	2.13 ± 0.23 b	0.00 ± 0.00 c
	0.25	93.33 ± 3.85 ab	88.89 ± 4.44 ab	0.00 ± 0.00 c	1.18 ± 0.13 d	1.89 ± 0.22 b	0.00 ± 0.00 c
	0.5	97.78 ± 2.22 a	100.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 c	1.20 ± 0.07 d	2.33 ± 0.30 ab	0.00 ± 0.00 c
	1.0	97.78 ± 2.22 a	97.78 ± 2.22 a	0.00 ± 0.00 c	1.53 ± 0.23 bcd	1.98 ± 0.08 b	0.00 ± 0.00 c
WPM	-	88.89 ± 5.88 ab	13.33 ± 3.85 e	60.00 ± 3.85 a	4.80 ± 0.86 a	3.80 ± 0.64 a	71.11 ± 4.44 a
	0.125	97.78 ± 2.22 a	95.55 ± 2.22 a	2.22 ± 2.22 c	2.57 ± 0.23 bcd	3.29 ± 0.08 ab	6.67 ± 3.85 c
	0.25	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	6.67 ± 3.85 c	2.37 ± 0.14 bcd	3.09 ± 0.13 ab	6.67 ± 0.00 c
	0.5	95.56 ± 4.44 ab	95.56 ± 4.44 a	0.00 ± 0.00 c	1.75 ± 0.28 bcd	2.42 ± 0.33 ab	0.00 ± 0.00 c
	1.0	100.00 ± 0.00 a	100.00 ± 0.00 a	0.00 ± 0.00 c	2.06 ± 0.21 bcd	2.49 ± 0.52 ab	2.22 ± 2.22 c
MS	-	77.78 ± 4.45 b	6.67 ± 3.85 e	31.11 ± 4.44 b	2.79 ± 0.04 bc	2.48 ± 0.16 ab	26.67 ± 3.85 b
	0.125	95.56 ± 4.44 ab	35.55 ± 2.22 d	4.44 ± 2.22 c	1.71 ± 0.09 bcd	2.40 ± 0.21 ab	2.22 ± 2.22 c
	0.25	100.00 ± 0.00 a	75.55 ± 2.22 bc	6.67 ± 3.85 c	2.62 ± 0.19 bcd	3.07 ± 0.14 ab	2.22 ± 2.22 c
	0.5	97.78 ± 2.22 a	48.89 ± 4.44 d	2.22 ± 2.22 c	2.54 ± 0.09 bcd	2.98 ± 0.21 ab	0.00 ± 0.00 c
	1.0	91.11 ± 5.88 ab	42.22 ± 2.22 d	0.00 ± 0.00 c	2.26 ± 0.32 bcd	2.62 ± 0.19 ab	0.00 ± 0.00 c
<b>ANOVA Tablosu</b>							
BAP konsantrasyonu (BK)		**	**	**	**	*	**
Besin ortamı (BO)		Ö	**	**	**	**	**
BK * BO		Ö	**	**	**	*	**

Aynı sütunda, aynı harf grubuna giren ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli değildir. \*:  $P<0.05$  düzeyinde önemli, \*\*:  $P<0.01$  düzeyinde önemli, Ö: Önemsiz, SH: Standart Hata

### 3.2. *In vitro* Köklendirme

Kalender çeşidinin bitkiciklerine ait yaklaşık 2 cm uzunluğundaki sürgünler, *in vitro* köklendirme için bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen WPM ortamına aktarılmıştır. Kültüre alındıktan 15 gün sonra sürgün büyümesiyle birlikte kök oluşumları başlamıştır. Elde edilen köklü bitkicikler aklimatizasyon için kullanılmışlardır (Şekil 8).



### 3.3. Aklimatizasyon

*In vitro* koşullarda köklendirilen bitkiciklerden 6-10 cm uzunluğundaki 50 adet bitkiciğin aklimatizasyonu yapılmıştır. Toprağa aktarıldıktan 10 gün sonra yapılan gözlemlerde, aktarılan 50 bitkiciğin de canlılıklarını devam ettirdikleri, yeni sürgünler geliştirmeye başladıkları görülmüştür (Şekil 8).



Şekil 8. *In vitro*'da sürgünlerin köklendirilmesiyle elde edilen Kalender çeşidine ait bitkiciklerin aklimatizasyonu: (a) ve (b) Bitkiciklerin toprağa aktarılmadan önceki görüntüleri, (c) Nemini kaybetmemesi için üzerine naylon poşet geçirilmiş bitkicik, (d) Aklimatizasyonu yapılan bitkiciklerin genel görüntüsü, (e) Toprağa aktarıldıktan 10 gün sonra bitkilerin genel görüntüsü, (f) ve (g) Toprağa aktarıldıktan 10 gün sonra yeni sürgün geliştirmiş olan bitkiler

## 4. Sonuç

*M. sativa*'nın 'Kalender' çeşidi için etkili bir *in vitro* çoğaltım protokolü geliştirilmiştir. Bu çalışma Kalender çeşidinin *in vitro* çoğaltımı için ilk niteliğindedir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre, kullanılan eksplant tipleri arasında sürgün ucu eksplantının, temel besin ortamları arasında WPM besin ortamının *in vitro* çoğaltım için en iyi olduğu bulunmuştur. Besin ortamlarına Kinetin ve BAP ilave edilmesi yüksek oranda kallus oluşumuna neden olduğundan *in vitro* çoğaltım için uygun bulunmamıştır. Dahası, WPM besin ortamında, sürgün ve kök gelişimi aynı anda gerçekleşmiş ve sağlıklı ve iyi gelişmiş bitkiler elde edilmiştir. Bitki büyüme düzenleyicisi içermeyen WPM besin ortamından elde edilen köklü bitkiciklerin hepsi başarılı bir şekilde aklimatize edilmiştir.

## Teşekkür

Çalışmada kullanılan Kalender yonca çeşidine ait tohum materyalini sağlayan Neobi Tohumculuk A.Ş.'ye teşekkür ederiz.

## Kaynakça

- Acharya, J. P., Lopez, Y., Gouveia, B.T., de Bem Oliveira, I., Resende, M. F. R., Jr., Muñoz, P. R., Rios, E. F. (2020). Breeding alfalfa (*Medicago sativa* L.) adapted to subtropical agroecosystems. *Agronomy*, 10 (5), 742, 1-13. DOI: 10.3390/agronomy10050742
- Amini, M., Deljou, A., Nabiabad, H. S. (2016). Improvement of *in vitro* embryo maturation, plantlet regeneration and transformation efficiency from alfalfa (*Medicago sativa* L.) somatic embryos using *Cuscuta campestris* extract. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 22(3), 321–330. DOI: 10.1007/s12298-016-0374-y
- Atanassov, A., Brown, D. C. W. (1984). Plant regeneration from suspension culture and mesophyll protoplasts of *Medicago sativa* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 3, 149-162. DOI: 10.1007/BF00033736
- Avcıoğlu, R., Geren, H., Tamkoç, A., Karadağ Y. (2009). Yonca (*Medicago* sp. L.). R. Avcıoğlu, R. Hatipoğlu ve Y. Karadağ (Editörler), *Yembitkileri (Cilt II), Baklagil Yembitkileri* içinde (296-316 ss), Emre Basımevi, İzmir, Türkiye.

- Bhattarai, K., Rajasekar, S., Dixon, R. A., Monteros, M. J. (2018). Agronomic performance and lignin content of HCT down-regulated Alfalfa (*Medicago sativa* L.). *BioEnergy Research*, 11, 505–515. DOI: 10.1007/s12155-018-9911-6
- Cheyne, V. A., Dale, P. J. (1980). Shoot tip culture in forage legumes. *Plant Science Letters*, 19, 303-309. DOI: 10.1016/0304-4211(80)90052-8
- Denchev, P. D., Kuklin, A. I., Atanassov, A. I., Scragg, A. H. (1993). Kinetic studies of embryo development and nutrient utilization in an alfalfa direct somatic embryogenic system. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 33, 67-73. DOI: 10.1007/BF01997600
- Ding, Y. L., Aldao-Humble, G., Ludlowa, E., Drayton, M., Lin, Y. H., Nagel, J., Dupal, M., Zhaoa, G., Pallaghy, C., Kalla, R., Emmerling, M., Spangenberg, G. (2003). Efficient plant regeneration and *Agrobacterium*-mediated transformation in *Medicago* and *Trifolium* species. *Plant Science*, 165, 1419-1427. DOI: 10.1016/j.plantsci.2003.08.013
- Elçi, S. (2005). Baklagil ve Buğdaygil Yem Bitkileri, Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Ankara, Türkiye.
- Emiroğlu, Ü., Gürel, A. (2005). Bitki ıslahında doku kültürü tekniklerinin kullanımı. *Tohum Bilimi ve Teknolojisi*, 1, 91-155. E. Ü. Tohum Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bornova, İzmir.
- Faisal, M., Ahmad, N., Anis, M. (2007). An efficient micropropagation system for *Tylophora indica*: An endangered, medicinally important plant. *Plant Biotechnology Reports*, (1), 155–161. DOI: 10.1007/s11816-007-0025-4
- Fuentes, S. I., Suárez, R., Villegas, T., Acero, L. C., Hernández, G. (1993). Embryogenic response of Mexican alfalfa (*Medicago sativa*) varieties. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 34, 299–302. DOI: 10.1007/BF00029720
- Gençkan, M. S. (1983). Yem Bitkileri Tarımı. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 467, Sayfa: 75-123, E. Ü. Matbaası, İzmir, Türkiye.
- Gamborg, O. L., Miller, R. A., Ojima, K. (1968). Nutrient requirements of suspension cultures of soybean root cells. *Experimental Cell Research*, 50 (1), 151-158. DOI: 10.1016/0014-4827(68)90403-5
- Gupta, S., Gupta, S., Bhat, V., Gupta, M. G. (2006). Somatic embryogenesis and *Agrobacterium* mediated genetic transformation in Indian accessions of lucerne (*Medicago sativa* L.). *Indian Journal of Biotechnology*, 5, 269-275.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M., Babaç, M. T. (2012) Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler), İstanbul: ANG Vakfı/Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi.
- Hadidi, M., Ibarz, A., Pagan, J. (2020). Optimisation and kinetic study of the ultrasonic-assisted extraction of total saponins from alfalfa (*Medicago sativa*) and its bioaccessibility using the response surface methodology. *Food Chemistry*, 309, 125786. DOI: 10.1016/j.foodchem.2019.125786
- Hoori, F., Ehsanpour, A. A., Mostajeran, A. (2007). Comparison of somatic embryogenesis in *Medicago sativa* and *Medicago truncatula*. *Pakistan Journal of Biological Science*, 10(3), 481-485.
- Kumar, S., Chandra, A., Gupta, M. G. (2008). Plantlet regeneration via multiple shoot induction in Indian cultivars of lucerne (*Medicago sativa* L.). *Journal of Plant Biochemistry & Biotechnology*, 17(2), 181-184.
- Kumar, S., Tiwari, R., Chandra, A., Sharma, A., Bhatnagar, R. K. (2012). *In vitro* direct plant regeneration and *Agrobacterium*-mediated transformation of lucerne (*Medicago sativa* L.). *Grass and Forage Science*, 68, 459-468. DOI: 10.1111/gfs.12009
- Li, J. J., Wu, Y., Wang, T., Liu, J. X. (2009). *In vitro* direct organogenesis and regeneration of *Medicago sativa*. *Biologia Plantarum*, 53, 325-328. DOI: 10.1007/s10535-009-0059-2
- Li, D., Liu, D., Lv, M., Gao, P., Liu, X. (2020). Isolation of triterpenoid saponins from *Medicago sativa* L. with neuroprotective activities. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 30 (4), 126956. DOI: 10.1016/j.bmcl.2020.126956
- Lloyd, G., McCown, B. (1980). Commercially-feasible micropropagation of mountain laurel, *Kalmia latifolia*, by use of shoot tip culture. *International Plant Propagators' Society*, 30, 421–427.
- Mc Kersie, B. D., Senaratna, T., Bowley, S. R., Brown, D. C. W., Krochko, J. E., Bewley, J. D. (1989). Application of artificial seed technology in the production of hybrid alfalfa (*Medicago sativa* L.), *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 25, 1183-1188. DOI: 10.1007/BF02621272
- Moltrasio, R., Robredo, C. G., Gómez, M. C., Paleo, A. H. D., Díaz, D. G., Rios, R. D., Franzone, P. M. (2004). Alfalfa (*Medicago sativa*) somatic embryogenesis: genetic control and introduction of favourable alleles into elite Argentinean germplasm. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 77, 119-124. DOI: 10.1023/B:TICU.0000016813.94341.7a
- Mroginski, L. A., Kartha, K. K. (1984). Tissue culture of legumes for crop improvement. *Plant breeding reviews*, 2, 215–264.
- Murashige, T., Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15, 473–497. DOI: 10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x
- Nofouzi, F., Oğuz, M. Ç., Khabbazi, S. D., Ergül, A. (2019). Improvement of the *in vitro* regeneration and *Agrobacterium*-mediated genetic transformation of *Medicago sativa* L. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 43, 96-104. DOI: 10.3906/tar-1804-52
- Orcen, N. (2013). *In vitro* organogenesis and regeneration of alfalfa (*Medicago sativa* L.) domestic cultivar cv. Kayseri. *Fresenius Environmental Bulletin*, 22(9a), 2770-2774.
- Pokoo, R., Ren, S., Wang, Q., Motes, C. M., Hernandez, T. D., Ahmadi, S., Monteros, M. J., Zheng, Y., Sunkar, R. (2018). Genotype- and tissue-specific miRNA profiles and their targets in three alfalfa (*Medicago sativa* L) genotypes. *BMC Genomics*, 19(10), 115-131. DOI: 10.1186/s12864-018-5280-y
- Pupilli, F., Damiani, F., Nenz, E., Arcioni, S. (1992). *In vitro* propagation of *Medicago* and *Lotus* species by node culture. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 28, 167-171. DOI: 10.1007/BF02823311
- Röck-Okuyucu, B., Bayraktar, M., Akgun, I. H., Gürel, A. (2016). Plant growth regulator effects on *in vitro* propagation and stevioside production in *Stevia rebaudiana* Bertoni. *HortScience*, 51, 1573–1580. DOI: 10.21273/HORTSCI11093-16
- Sarul, P., Vlahova, M., Ivanova, A., Atanassov, A. (1995). Direct shoot formation in spontaneously occurring root pseudonodules of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 31(1), 21-25.
- Song, J., Sorensen, E. L., Liang, G. H. (1990). Direct embryogenesis from single mesophyll protoplasts in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Plant Cell Reports*, 9(1), 21-25. DOI: 10.1007/BF00232128

- Soya, H., Avcioğlu, R., Geren, H. (2004). Yem Bitkileri (İkinci Basım). Hasad Yayıncılık Ltd. Şti., İstanbul, Türkiye.
- Steele, K., Ickert-Bond, S. M., Zarre, S., Wojciechowski, M. (2010). Phylogeny and character evolution in *Medicago* (Leguminosae): Evidence from analyses of plastid trnK/matK and nuclear GA3ox1 sequences. *American Journal of Botany*, 97(7), 1142-1155. DOI: 10.3732/ajb.1000009
- Strickland, S. G., Nichol, J. W., McCall, C. M., Stuart, D. A. (1987). Effect of carbohydrate source on alfalfa somatic embryogenesis. *Plant Science*, 48, 113-121. DOI: 10.1016/0168-9452(87)90138-5
- Stuart, D. A., Strickland, S. G. (1984). Somatic embryogenesis from cell cultures of *Medicago sativa* L. I. the role of amino acid additions to the regeneration medium. *Plant Science Letters*, 34, 165-174. DOI: 10.1016/0304-4211(84)90139-1
- Tian, L., Brown, D. C. W., Watson, E. (2002). Continuous long-term somatic embryogenesis in alfalfa. *In Vitro Cellular & Developmental Biology – Plant*, 38, 279–284. DOI: 10.1079/IVP2001286
- Tucak, M., Čupić, T., Horvat, D., Popović, S., Krizmanić, G., Ravlić, M. (2020). Variation of phytoestrogen content and major agronomic traits in alfalfa (*Medicago sativa* L.) populations. *Agronomy*, 10(1) 87, 1-11. DOI: 10.3390/agronomy10010087
- Wan, Y., Sorensen, E. L., Liang, G. H. (1988a). Genetic control of *in vitro* regeneration in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Euphytica*, 39, 3–9. DOI: 10.1007/BF00025103
- Wan, Y., Sorensen, E. L., Liang, G. H. (1988b). The effects of kinetin on callus characters in alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Euphytica*, 39, 249-254. DOI: 10.1007/BF00037103
- Wu, Z., Shu, T., Zhang, M., Liu, W. (2020). Foam fractionation for effective recovery of leaf protein from alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Separation Science and Technology*, 55(7), 1388-1397. DOI: 10.1080/01496395.2019.1586725
- Zare, N., Valizadeh, M., Tohidfar, M., Mohammadi, S. A., Malboobi, M. A., Habashi, A. A. (2009). Selection of regenerative genotypes from Iranian alfalfa cultivars. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 7(3&4), 567 - 572.
- Zhao, Y., Ma, W., Wei, X., Long, Y., Zhao, Y., Su, M., Luo, Q. (2020). Identification of exogenous Nitric Oxide-Responsive miRNAs from Alfalfa (*Medicago sativa* L.) under drought stress by high-throughput sequencing. *Genes*, 11 (30), 1-22. DOI: 10.3390/genes11010030.



# İnşaat Projelerinde Zaman Maliyet Ödünleşim Problemi: Örnek Olay Analizi

Mehmet Nurettin Uğural<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Kültür Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8037-7603)

(İlk Geliş Tarihi 25 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 16 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.726891)

**ATIF/REFERENCE:** Uğural, M. N. (2020). İnşaat Projelerinde Zaman Maliyet Ödünleşim Problemi: Örnek Olay Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 460-465.

## Öz

Globalleşen dünyada artan rekabet koşullarıyla birlikte inşaat projelerinin gerek zaman gerekse maliyet olarak optimize edilmesi kaçınılmaz bir hal almıştır. Bu ortamda proje yöneticisinin karşı karşıya olduğu en önemli zorluklardan biri, projeye ayrılan zaman ve finansal kaynak kısıtları içerisinde istenilen kalite standartlarına göre projenin yapılabilirliğine karar vermek ve sonrasında tamamlanmasını sağlamaktır. Günümüzde proje yöneticileri sürekli bir zaman ve maliyet indirgenmesi baskısıyla karşı karşıyadır. Bu noktada her bir proje için zaman ve maliyet ödünleşiminin nasıl yapılacağı ve hangi türden bir model geliştirileceği proje yöneticilerinin üzerinde çalıştığı en ciddi problemlerden birisi olarak karşımıza çıkar. Bu çalışmada, proje kısıtlamaları altında zaman ve maliyeti en aza indirmeyi amaçlayan CPM tabanlı bir proje hızlandırma modeli sunulmaktadır. Geliştirilen model örnek bir inşaat projesine ait derlenmiş verilerle uygulanmıştır. Araştırmada ilk olarak hızlandırma sürelerini ve maliyetlerini bulmak için kritik yol yöntemi (CPM) kullanılarak kritik yol ve bu yol üzerindeki kritik aktiviteler belirlenmiştir. Projede yer alan faaliyetlerin sürelerinin deterministik olduğu öngörülmüştür. Probleme ilişkin amaç fonksiyonunun belirlenmesi için kritik yol üzerindeki her bir faaliyetin hızlandırma maliyetleri ve maliyet eğimleri hesaplanmıştır. Oluşturulan modeldeki zaman ve maliyet parametreleri arasındaki ilişkiyi tanımlayabilmek için problem MATLAB programı ile çözülmüştür. Analiz sonucunda projenin 19 haftadan 13 haftaya kadar kısaltılabileceği hesaplanırken, en uygun 741 bin TL. bütçe ve 2 hafta hızlandırmayla toplam 17 haftada tamamlanabileceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** İnşaat proje yönetimi, hızlandırma, kritik yol metodu, (CPM), zaman maliyet ödünleşimi,

## Time-Cost Trade-Off Analysis in a Construction Projects: Case Study

### Abstract

This is a very difficult challenge for project managers in today's competitive world to complete a project within time and budget. In this environment, one of the most important challenges faced by the project manager is to decide on the feasibility of the project by the desired quality standards within the time frame and the financial resources allocated to the project. The cost and time of the project always play a vital role in the decision of the construction projects. Project managers today are faced with constant pressures in terms of time and cost management. At this point, it is one of the most serious problems for project managers to work on how to make time and cost trade-offs and what kind of models to develop. The objective of the time-cost trade-off analysis is to reduce the duration of the original project at the lowest possible total cost. The main purpose of this study is to demonstrate, in a simply and understandable way, how the time of the project is reduced by the time-cost trade-off analysis of the project. Secondly, to determine the optimum point between time and cost. In this paper, critical path method is used to find out the duration and the cost of the crashing with heuristic method. The duration of the project activities is predicted to be deterministic. Regression analysis is carried out to identify the relationship between time and cost in order to formulate a quadratic model. The analysis reveals that through proper scheduling of all activities, the project can be completed within 13 weeks from estimated 19 weeks. The problem is then solved by the MATLAB program, which has an optimum cost of at least 741.000 TL. with a duration of 17 to weeks.

**Keywords:** Construction Project Management, Critical Path, Time-Cost Trade-Off Analysis, Crashing.

\* Sorumlu Yazar: İstanbul Kültür Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8037-7603), [m.ugural@iku.edu.tr](mailto:m.ugural@iku.edu.tr)



## 1. Giriş

İnşaat projelerinin planlanması ve kontrolünde zaman-maliyet ödünleşimi sıklıkla gündeme gelen önemli sorunlardan biridir. Maliyet ile süre arasında ters yönlü bir ilişkinin olması, yani proje zamanı kısaltıldığında maliyetinin artması, proje yöneticilerini zaman-maliyet ödünleşimi konusunda optimum denge noktasını bulma arayışına sokmuştur (Karaman ve Kale,2007). Ne kadar mükemmel planlama yapılırsa yapılsın yerel ve uluslararası ekonomik dalgalanmalar projelerin başlangıçta tespit edilen zaman ve maliyet parametrelili sınırlarında tamamlanmasını çok büyük oranda imkânsızlaştırmaktadır (Geem, 2010; Sorrentino, 2013; Haque ve Hasin,2012;). İnşaat projelerinde doğru bir iş programı, verimli makine ve iş gücü kullanımı projenin öngörülen zamanda tamamlanmasına olanak sağlamaktadır. Ancak işgücü, yüklenici, lojistik, hava ve mevsim şartları gibi kısmen öngörülebilir faktörlerle, salgın hastalık beklenmeyen olaylar, doğal afetler gibi öngörülemez olaylar iş programında gecikmeye neden olabilmektedir. Bu gecikmelerin dışında; değişen ekonomik koşullar ve artan risk olgusuyla projenin erken tamamlanması maliyete bakılmaksızın zorunlu hale gelebilir. Bu durumda proje yöneticileri normal zamandan daha kısıtlı bir zaman diliminde projeyi tamamlamak zorunda kalabilmektedir. Zaman ve maliyet ödünleşimi projenin optimum şekilde tamamlanması için zaman ve maliyet arasındaki geçişlerin dengelenmesi anlamına gelmektedir (Martin vd., 2006; Eshtehardian vd., 2008;). Projenin tamamlanmasını hızlandırmak için, proje yöneticilerinin daha fazla veya daha üretken işgücü ve ekipman kullanarak planlanan yürütme zamanını kısaltması gerekir. Bu hedef zaman, proje faaliyetlerine fazladan işgücü atanarak, fazla mesai veya işe alma şeklinde faaliyet zamanlarını azaltarak veya malzeme ve ekipman gibi diğer ek kaynak türlerini projeye ilave ederek karşılanabilir. Proje zamanı sıkıştırıldığında, proje yöneticilerinin artan talebi karşılamak için daha fazla maddi kaynağa ihtiyaç duydukları ve bu durumun proje maliyetini normalin daha üstünde artırdığı açıktır. Hızlandırmada zaman azaldıkça maliyet artacaktır. Bu şekilde zaman ile maliyet arasında ters yönlü bir ilişki mevcuttur (Aziz, 2013; Parveen ve Saha, 2012). Proje içerisinde aktivite zamanının kısaltılması, hızlandırma (crashing) veya çökme olarak adlandırılır (Lui vd. 1995; Pour vd.,2012). Bu durum proje maliyetini arttıracığı için proje zamanını kısaltma kararı, zaman ve maliyet arasındaki optimum dengenin belirlenmesini gerektirir. Ancak ilave yapılan bu harcamanın verimli olabilmesi için ek maliyetin projenin tüm faaliyetleri yerine kritik yol üzerindeki faaliyetlerin tamamlanma zamanını kısaltmakta kullanılması gerekmektedir. Zaman ve maliyet arasındaki ödünleşim süreci, kritik yol üzerindeki faaliyetlerin hızlandırılması temelinde gerçekleşir. İnşaat maliyeti doğrudan ve sabit giderlerin toplamı olarak hesaplandığından dolayı projenin kritik yolunda oluşacak hızlanma sonucunda proje (doğrudan) maliyetinin artmasına karşın sabit maliyetlerdeki azalma, toplam maliyeti düşürecektir. Amaç projenin tamamlanma süresini belirli aktivitelerde kısıtlı maliyet artışı yaparak bir anlamda asgari kaynak harcamasıyla en aza indirmektir (Shahsavari vd.,2010).

Proje yönetimi, en genel tanımıyla projelerin amaçlarına ulaşması için faaliyetlerinin planlanması, programlanması ve kontrol edilmesi olarak adlandırılabilir. Akademik anlamda proje yönetimi “tekrarı olmayan; zaman, kapsam, bütçe ve kalite kısıtlarını barındıran faaliyetlerin yönetilmesi süreci” olarak tanımlanmaktadır (PMI, 2008; Gido ve Clements 2006, 18). Kritik yol metodu (CPM) ve proje değerlendirme ve gözden geçirme tekniği (PERT) proje yönetiminde proje zaman planlamasında sıklıkla kullanılan iki önemli tekniktir. Bu teknikler proje yöneticilerine projenin süreçlerinin izlenmesinde yardımcı olurlar. İki teknik arasındaki temel fark kritik yol metodunun (CPM) deterministik sürelerle, proje değerlendirme ve gözden geçirme metodunun (PERT) ise olasılıksal sürelerle dayanmasıdır. Proje yönetiminde zaman maliyet ödünleşim problemleri, genel anlamıyla faaliyetlerin normal zamanlarını mümkün olan en düşük maliyetle hızlandırarak proje tamamlanma süresi için belirli bir son tarih elde etme amacı taşımaktadır. Zaman-maliyet ödünleşim problemi TCTP (time cost trade-off problem), öncelik kısıtlamaları ile proje yönetiminde yaygın olarak ele alınan konulardan birisidir. Bir proje, öncelik kısıtlamalarına tabi olarak programlanması gereken normal süresi belirlenmiş faaliyetlerden oluşur (Hegazy,1999). Projenin en erken bitiş zamanı, tüm faaliyetlerin öncelik kısıtlamalarına tabi olarak gerçekleştirileceği projenin en uzun yolu olarak tanımlanmaktadır. Temelde zaman maliyet ödünleşim problemleri, azaltılmış zaman periyotlarının bir fonksiyonu olarak lineer veya kuadratik programlama teknikleri kullanılarak çözülebilir. Günümüzde bu amaçla çeşitli paket programlar (Lindo, Lingo Matlab, QM for Windows vb.) yaygın olarak kullanılsa da zaman maliyet ödünleşiminin veya proje hızlandırmanın temel mantığının klasik basit matematiksel yöntemlerle açıklanmasının gerekli olduğu düşünülmektedir. Zaman maliyet ödünleşimi, proje çizelgeleme, öncelik kısıtlamaları ile çizelgeleme veya belirli faaliyetlere ek kaynaklar tahsis etme yöntemiyle hızlandırma problemleri üzerinde sıklıkla çalışılan ve geniş bir literatüre sahip konulardır (Arditi ve Tokdemir, 2001; Ballesteros, 2018; Creemers, 2019; Gürbüz vd., 2020). Zaman maliyet ödünleşimine ilişkin Kelly (1961)’den başlamak üzere günümüze kadar çok sayıda çalışma yapılmıştır (Rayes ve Kandil, 2005; Bettemir ve Birgönül, 2012; Haghighi vd., 2019). Bu problemleri çözmek için kullanılan teknikler temel olarak deterministik ve sezgisel olmak üzere iki ana gruba ayrılmıştır (Suhail ve Neale 1994; Azaron vd., 2005; Elazouni vd., 2007; Razek vd., 2010, Burgan 2020). Matematiksel programlama yöntemleri olarak lineer, kuadratik, dinamik ve tam sayılı programlama, dal ve sınır yöntemleri ile benzetim tabanlı yöntemler gösterilebilirken sezgisel programlama yöntemleri olarak genetik algoritma tabanlı karınca kolonisi, bulanık çok amaçlı genetik algoritma ve minimum maliyet algoritması örnek olarak verilebilir.

Bu araştırmada kritik faaliyetleri, bollukları ve proje süresini belirlemek için deterministik programlama tekniklerinden biri olan kritik yol metodu (CPM) kullanılmıştır. Kritik yol metodunda bir proje ağı tanımlanıp faaliyetlerin gösterilmesi sürecinde iki ana çizim yaklaşımı vardır: Birincisi AOA kısaltmasıyla faaliyetleri ok üzerinde gösterimi, ikincisi AON kısaltmasıyla faaliyetlerin düğüm noktaları üzerinde gösterimidir. Faaliyetlerin düğüm noktaları üzerinde gösterilmesi şeklinde formüle edilen AON diyagramında her bir aktivite için bir düğüm noktası, her bir öncelik ilişkisini göstermek için de oklardan istifade edilir. Faaliyetlerin oklar üzerinde gösterilmesi şeklinde ifade edilen AOA diyagramında ise her bir faaliyet oklar üzerinde gösterilir. Çalışmanın amacı örnek olarak ele alınan proje üzerinde sade ve anlaşılabilir bir şekilde zaman-maliyet ödünleşim analizi ile proje süresinin nasıl indirildiğini göstermektir. Çalışmada ilk olarak hızlandırma sürelerini ve maliyetlerini bulmak için kritik yol yöntemi (CPM) kullanılarak kritik yol ve bu yol üzerindeki kritik aktiviteler belirlenmiştir. Projede yer alan faaliyetlerin sürelerinin deterministik olduğu öngörülmüştür. Probleme ilişkin amaç fonksiyonunun belirlenmesi için kritik yol üzerindeki her bir faaliyetin hızlandırma maliyetleri ve maliyet eğimleri hesaplanmıştır. Optimizasyon modeli oluşturularak zaman ve maliyet parametreleri arasındaki ilişkiyi tanımlayabilmek için oluşturulan problem MATLAB programı yardımıyla çözülmüştür.



## 2. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılacak olan inşaat problemi için gerekli olan veriler daha önce eğitim amaçlı olarak kullanılan ikincil bir kaynaktan alınmış olup projenin kritik faaliyetleri ve kritik yolunu hesaplamak için kritik yol metodu (CPM) uygulanmıştır. Kritik yol üzerinde yer alan faaliyetlerin en düşük maliyet eğimlerini elde etmek için faaliyetler belli sürelerde kısaltılmıştır. Bilindiği üzere 'maliyet eğimi' terimi, projede "her bir birim zaman azalmasına karşılık maliyette meydana gelen artışı" olarak tanımlanır. Matematiksel olarak maliyet eğimi = (hızlandırma maliyeti - normal maliyet) / (normal süre - hızlandırma süresi) şeklinde hesaplanır. Kritik yol üzerindeki faaliyetlerin süreleri kısaltıkça projenin süresi de kısalacak ve başka bir yol, kritik yol haline gelebilecektir. Bu şekilde oluşturulacak zaman çizelgesi her bir yeni hesaplamamanın sonucunda tekrar belirlenmiş, zaman-maliyet ödünleşim (TCTP) problemi Matlab yazılımını kullanarak toplam maliyeti en aza indirmek ve projenin hızlandırma (crashing) süresini planlamak için analiz edilmiştir. Bu noktaya kadar anlatılan proje süresinin hızlandırılması problemi aşağıdaki adımlarda özetlenebilir:

Adım 1: Proje ağının çizilmesi

Adım 2: Kritik yol metodu (CPM) ile belirtilen tüm aktiviteler için normal süreleri kullanarak kritik aktivitelerin ve projenin kritik yolunun belirlenmesi.

Adım 3: Her aktivite için süre maliyet eğiminin hesaplanması.

Adım 4: Kritik yol üzerindeki en düşük maliyet eğimindeki aktiviteden başlayarak faaliyetlerin hızlandırılması. Bu işlem kritik yol üzerindeki faaliyetlerde yapılabilecek olan tüm hızlandırmalar sona erinceye kadar devam edecektir. Projede aynı anda iki farklı yol olması durumunda her ikisinin de olası hızlandırma maliyetleri hesaplanarak hızlandırma maliyet eğimi en düşük olan yoldan devam edilecektir.

Adım 5: Projenin tamamlanma süresi-yığışlı maliyet artışı arasındaki ilişkinin Matlab ile grafiksel gösterimi. Bu eğri optimum süreyi ve karşılık gelen minimum maliyet değerini verir.

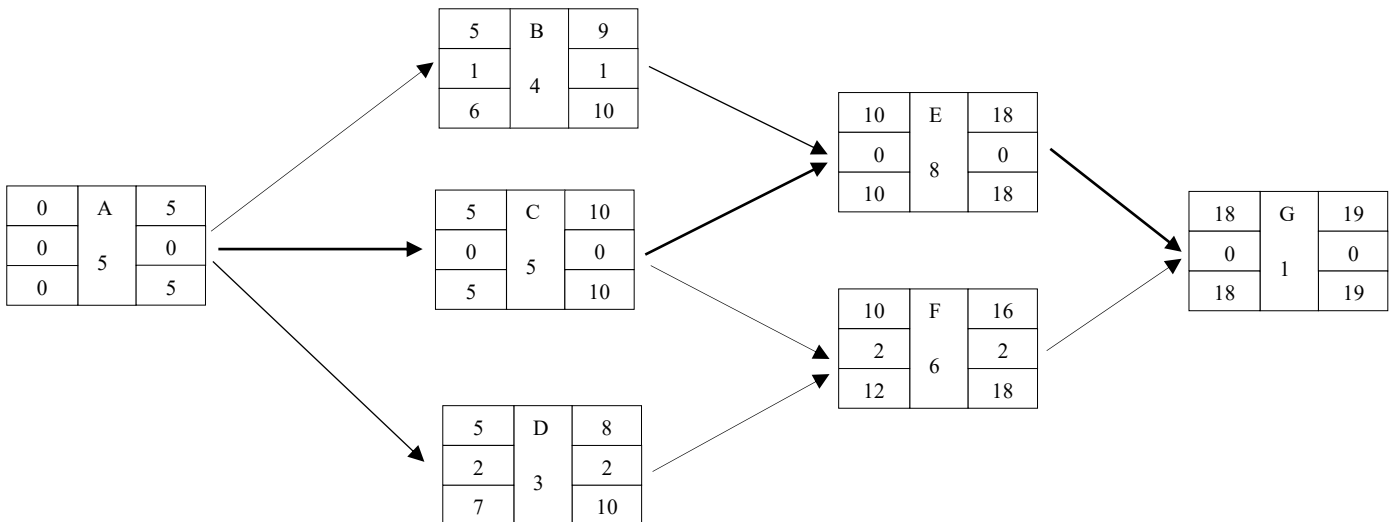
## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışmanın matematiksel analizinde ara işlemlerin kolaylıkla görülebilmesi açısından karmaşık olmayan 7 aktiviteden oluşan bir inşaat projesi örnek olarak seçilmiştir. Tablo 1'de projeye ilişkin bilgiler verilmiştir.

Tablo 1: Örnek projeye ilişkin veriler.

Faaliyet	Öncülü	Süre (hafta)	Maliyet (Bin TL)
A	-	5	50
B	A	4	35
C	A	5	60
D	A	3	40
E	B, C	8	100
F	C, D	6	75
G	E, F	1	20

Tablo 1'de öngörülen verilere dayalı olarak aşağıda Şekil 1'de AON yöntemi kullanılarak proje de yer alan her bir faaliyetin en erken ve en geç başlangıç ve bitiş süreleri ile serbest ve toplam bollukları hesaplanmıştır. Bu işlemlerin sonucunda projenin kritik yolu A-C-E-G olarak belirlenmiş, proje süresi 19 hafta doğrudan proje maliyeti 380 bin TL olarak hesaplanmıştır.



Şekil 1: Örnek projeye ilişkin şebeke diyagramı.

Beklenen proje süresini hızlandırarak 19 haftadan daha bir kısa sürede tamamlamak için, zaman maliyet ödünleşimi öngörülmüştür. Yukarıda da açıklandığı üzere proje süresinin kısaltılması ekstra fazla mesai, ek işçi alımı, özel makine ve ekipman kullanımı gibi çeşitli ilave maliyet getiren önlemlerle gerçekleştirilebilir. Bu durumda proje süresi kısaltıkça projenin sabit giderlerinde bir azalma olacak ve

projenin toplam maliyeti düşecektir. Bu çalışmada proje sabit gideri haftalık 20 bin TL olarak öngörülmüştür. Tablo 2’de sabit giderler olmaksızın doğrudan proje maliyetleri üzerinden projenin hızlandırılmış süre ve maliyetleri ile maliyet-zaman eğimleri görülmektedir.

Tablo 2: Hızlandırma Süre ve Maliyetleri ile Maliyet-Zaman Eğimi Tablosu

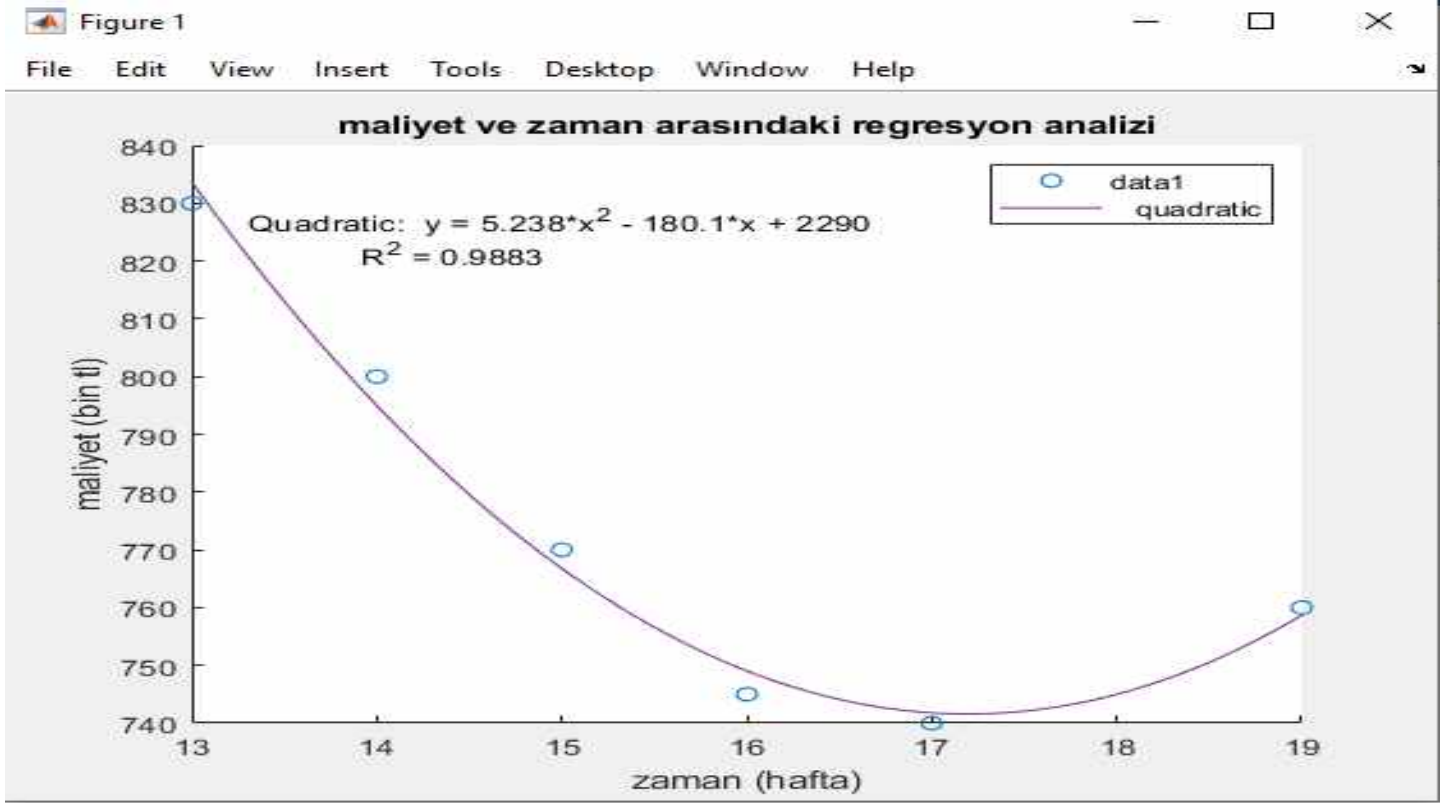
Faaliyet kodu	Normal		Hızlandırılmış		Süre-Maliyet Eğimleri		
	Süre (Hafta)	Maliyet (Bin TL)	Süre (Hafta)	Maliyet (Bin TL)	HM-NM (ΔC)	HS-NS (Δt)	Eğim (ΔC)/(Δt)
A	5	50	4	100	50	1	50
B	4	35	3	40	5	1	5
C	5	60	3	150	90	2	45
D	3	40	2	45	5	1	5
E	8	100	5	130	30	3	10
F	6	75	5	90	15	1	15
G	1	20	1	20	0	0	0

HM: Hızlandırılmış Maliyet NM: Normal Maliyet NS: Normal Süre HS: Hızlandırma Süresi

Birinci hızlandırmada projenin kritik yolu olan A-C-E-G yolunda en düşük eğime (birim maliyete) sahip olan faaliyet, G faaliyetidir. G faaliyetinin eğimi sıfır olduğu için bu faaliyette hızlandırma yapılamaz. Sonraki hızlandırma kritik yol üzerindeki en düşük eğime sahip ikinci faaliyet olan E faaliyeti üzerinde yapılmalıdır. E faaliyeti normal şartlarda üç hafta hızlandırılabilmesine rağmen üç hafta hızlandırıldığı takdirde projenin kritik yolu değişeceği (ACFG bakınız Şekil 1) için proje ilk etapta projenin kritik yolunu değiştirmeyecek limitte iki hafta hızlandırılmış ve toplam proje süresi 17 haftaya, proje maliyet ise  $10 \times 2 = 20$  bin TL artarak 400 bin TL’ye çıkmıştır. Bu durumda projede 2 farklı kritik yol (ACEG 17 hafta ve ACFG 17 hafta) oluşmuştur. Yapılan bu hızlandırmadan sonra A ve C faaliyetlerinin yanında, E faaliyetinden sonra F faaliyeti de kritik faaliyet durumuna gelmiştir. Bu nedenle tek başına E faaliyetinde yapılacak olan bir hızlandırma proje süresini kısaltmayacaktır. İkinci hızlandırmada projenin kısaltılabilmesi için E faaliyeti (birinci hızlandırmada bir haftalık hızlandırma süresi kalmıştı) ile aynı anda F faaliyeti de hızlandırılmalıdır. E ve F faaliyetlerinin birim maliyetleri (eğimleri) toplandığında ( $10+15=25$  bin TL), E ve F faaliyetleri A ve C faaliyetlerinin eğimlerine göre daha düşük olduğu için aynı anda birer hafta hızlandırılmıştır. Bu durumda projenin mevcut kritik yolu (ACEG ve ACFG) değişmezken maliyet 25 bin TL artarak 425 bin TL’ye yükselmiş, proje süresi ise 1 hafta kısalarak 16 haftaya düşmüştür. Üçüncü hızlandırmada projede artık E, F ve G faaliyetleri hızlandırmayacağına göre sadece kritik yol üzerinde bulunan A veya C faaliyetleri hızlandırılabilir. A ve C faaliyetlerinden en düşük eğime sahip olan C faaliyeti olduğu için C faaliyeti 1 hafta hızlandırılmıştır. Yukarıda birinci hızlandırmada yaşanan benzer durum burada tekrar oluşmuştur. C faaliyeti normal şartlarda iki hafta hızlandırılabilmesine rağmen iki hafta hızlandırıldığı takdirde projenin kritik yolu değişeceği (ADFG bkz. Şekil 1) ve D faaliyeti de kritik faaliyet durumuna geçeceği için proje ilk etapta kritik yolu değiştirmeyecek limitte bir hafta hızlandırılmıştır. Bu işlem sonunda proje maliyeti 45 bin TL artarak 470 bin TL’ye yükselmiş, proje süresi ise 15 haftaya düşmüştür. Yeni durumda projede üç farklı kritik yol (ACEG, ACFG ve ABEG) oluşmuş ve B faaliyeti de oluşan yeni durum kritik faaliyet durumuna gelmiştir. Dördüncü hızlandırma için kritik yol üzerindeki faaliyetlerin eğimlerini incelediğimizde A faaliyetinin 50 bin TL’ye bir hafta hızlandırılabilir veya A faaliyeti yerine B ve C faaliyetlerinin eğimleri toplamının A faaliyetinin eğimine eşit olduğu ( $45+5=50$  bin TL) görüldüğünden, rastgele A faaliyetinin hızlandırılmasına karar verilmiştir. Bu işlem sonunda projenin maliyeti 50 bin TL artarak 520 bin TL’ye yükselmiş proje süresi ise 14 haftaya düşmüştür. Beşinci ve son hızlandırmada, dördüncü hızlandırmada rastgele A faaliyetinin tercih edilmesi sonucu tercih edilmeyen B ve C faaliyetleri aynı anda bir hafta hızlandırılmıştır. Bu durumda projedeki bütün faaliyetler kritik faaliyet durumuna gelmiş projenin süresi 13 haftaya düşmüş, proje maliyet ise 570 bin TL’ye yükselmiştir. Bu durumda proje süresi toplamda 6 gün kısalmış ve proje maliyeti ise 190 bin TL artmıştır. Yapılan tüm bu hesaplamalara sabit maliyetlerde dahil edildikten sonra inşaat projesinin tamamlanması için öngörülen zamanın toplam maliyete göre değişimi Tablo 3’te, maliyet ve zaman arasındaki regresyon analizi grafiği ise Şekil 2’de gösterilmiştir.

Tablo 3: Hızlandırma Sonuçlarına Göre Süre-Maliyet ve Kritik Yol Değişim Tablosu

Hızlandırma No	Süre (Hafta)	Sabit Maliyet (Bin TL)	Proje Maliyeti (Bin TL)	Toplam Maliyet (Bin TL)	Kritik Yol
0	19	380	380	760	ACEG
1	17	340	400	740	ACEG/ACFG
2	16	320	425	745	ACEG/ACFG
3	15	300	470	770	ACEG/ACFG/ABEG
4	14	280	520	800	ACEG/ACFG/ABEG
5	13	260	570	830	ACEG/ACFG/ABEG



Şekil 2: Maliyet ve zaman arasındaki regresyon analizi

Şekil 2'deki grafikte Matlab programı yardımıyla oluşturulan maliyet ve zaman arasındaki değişim eğrisi ve problemin minimize edilmesi için gerekli olan kuadratik programlama denklemleri görülmektedir. Bu modelin amacı, inşaat projesinin toplam süresi olan 19 hafta ile en fazla süre kısaltmasının (hızlandırmanın) yapılabileceği 13 hafta arasında toplam maliyetin (Min Z) en az olduğu noktayı hesaplayabilmektir. Probleme ilişkin Matlab programı tarafından oluşturulan denklem aşağıda verilmiştir.

Min  $Z = 5.238x^2 - 180,1x + 2290$  (denklemden x: projenin tamamlanma süresini ifade etmektedir)

Probleme ilişkin alınan zaman kısıtı ise;  $13 \leq x \leq 19$  olarak tanımlanmıştır.

Program tarafından oluşturulan bu denklem çözüldüğünde projenin en optimal tamamlanma süresi 17 gün ve toplam en düşük maliyet ise 741 bin TL olarak bulunmuştur.

## 4. Sonuç

İnşaat projelerinde zaman ve toplam maliyet birbirleriyle ters orantılı faktörlerdir. Proje zamanının kısaltılması için projenin hızlandırılması ilave maliyet artışı gerektirir. Şekil 2'de görüleceği üzere proje süresi kısaltıldıkça projenin maliyeti artmaktadır. Hızlandırma işleminde bir süre sonra, toplam maliyet minimum değerine ulaşır ve bundan sonraki hızlandırmalarda maliyet artışı efektif olmaktan çıkar. Bu durum, inşaat projelerinin gerçek davranışını ortaya koyarak inşaat projelerinin farklı ve genellikle birbiriyle çelişen yönleri arasında uzlaşma sağlamak için optimum kaynak kullanımının zorluğunu göstermektedir. Regresyon analizi, hızlandırma süreleri ile hızlandırma maliyetleri arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Bu çalışmada bir inşaat projesinin faaliyetlerinin, projenin yürütülmesini hızlandıracak şekilde zaman-maliyet ödünleşim analizi yardımıyla programlanması açıklanmıştır. Kritik yol metodu ile projenin kritik faaliyetleri ve toplam süresi belirlenmiş, Matlab programı yardımıyla optimal hızlandırma süresi ve proje maliyeti hesaplanmıştır. Araştırmada ele alınan projenin, zaman-maliyet denge analizi, 17 gün ve 741 bin TL olarak bulunmuştur. Bu çalışmada projenin zaman ve maliyet verileri belirlenirken deterministik yöntemler kullanılmış, proje genelinde oluşabilecek ve projeyi etkileyecek belirsizlikler göz ardı edilmiştir. Araştırmada ele alınan basit örnek ve analiz sonucundan da görüleceği üzere, proje yöneticileri tüm faaliyetleri benzer programlar yardımıyla etkili bir şekilde planlayabilir ve öngörülerde bulunabilir. Problemin çözümünde Matlab programından istifade edilmiştir. Ayrıca sonuçlar; Matlab programına benzer olan parçacık sürü optimizasyonu (PSO), karışık tam sayılı doğrusal programlama (MILP), bulanık programlama (FLP) gibi farklı optimizasyon araçları kullanılarak çözümlenebilir.

## Kaynakça

- Arditi, D., Tokdemir, O. B., and Suh, K. (2002) "Challenges in line-of-balance scheduling." *J. of Construction Engineering and Management, ASCE*, Vol. 128, No.1, pp. 545-556.
- Azaron, A., Perkgoz, C., and Sakawa, M., (2005) A genetic algorithm approach for time cost trade off in PERT networks. *Applied Mathematics And Computation*, 168, 1317-1339
- Aziz, R. F. (2013) RPERT: Repetitive-Projects Evaluation and Review Technique. *Alexandria Engineering Journal*, 53, 81-93.

- Ballesteros-Pérez, P., Larsen, G. and González-Cruz, M. (2018) Do Projects Really End Late? On the Shortcomings of The Classical Scheduling Techniques. *Journal of Technology and Science Education*, 8, 17-33.
- Bettemir, O.H. and Birgonul, T. (2016) "Network analysis algorithm for the solution of discrete time-cost trade-off problem", *KSCE J. Civ. Eng.*, 21(4), 1047-1058. <https://doi.org/10.1007/s12205-016-1615-x>.
- Burgan, H.İ. (2020). Venturimetre Deneyinde Gerçek ve Teorik Debi İlişkisi İçin Debi Düzeltme Katsayısının Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 91-98. DOI: 10.31590/ejosat.669941
- Chan, A.P.C., (2001) Time-Cost Relationship of Public Sector Projects In Malaysia, *International Journal of Project Management*, 19, 223-229.
- Creemers, S. (2019) The preemptive stochastic resource-constrained project scheduling problem. *European Journal of Operational Research*, 277, 238-247.
- Elazouni, A.M., and Metwally, F.G., (2007) Expanding finance-based scheduling to derive overall optimized project schedules. *Journal of Construction Engineering and Management*, 133(1), 86-90.
- Eshtehardian, E., Abbasnia, R. ve Afshar, A., (2008) Optimization of Uncertain Construction Time-Cost Trade Off Problem, *Advancing and Integrating Construction Education, Resarch & Practice*, 1, 192-200.
- Geem, Z. W. (2010) Multi objective Optimization of Time-Cost Trade-Off Using Harmony Search. *Journal of Construction Engineering and Management*, 136(6), 711-716.
- Gürbüz, F., Dinç, M., & Erdinç, G. (2020) Case Study for Getting Probability Distributions of Some Basic Construction Activities. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 137-143.
- Haghighi, M. H., Mousavi, S. M., Antuchevičienė, J., & Mohagheghi, V. (2019) A new analytical methodology to handle time-cost trade-off problem with considering quality loss cost under interval-valued fuzzy uncertainty. *Technological and Economic Development of Economy*, 25(2), 277-299. <https://doi.org/10.3846/tede.2019.8422>
- Haque, K. M., & Hasin, M. A., (2012) Genetic Algorithm for Project Time-Cost Optimization in Fuzzy Environment. *Journal of Industrial Engineering and Management*, 5(2), 364-381.
- Hegazy, T., (1999) Optimization of construction time-cost trade-off analysis using genetic algorithms. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 26(6), 685-697.
- K. El-Rayes, and A. Kandil, (2005) Time-cost-quality trade-off analysis for highway construction, *Journal of Construction Engineering and Management* 131 (4), pp.477-486. doi: 10.1061/(ASCE)0733-9364(2005)131:4(477)
- Karaman, E. ve Kale, S., (2007) Bulanık Hedef Programlama Yöntemi ile Süre Maliyet-Kalite Eniyilemesi, *4. İnşaat Yönetimi Kongresi*, 109-118.
- Kelley Jr, J. E. (1961). Critical-path planning and scheduling: Mathematical basis. *Operations Research*, 9(3), 296-320.
- Liu, L., Burns, S. A., & Feng, C. W. (1995) Construction time-cost trade-off analysis using LP/IP hybrid method. *Journal Of Construction Engineering And Management*, 121(4), 446-454.
- Martin, J., Burrows, T.K. ve Pegg, I. (2006) Predicting Construction Duration of Building Projects, *Construction Economics*, 28, 1-13.
- Parveen, S., & Saha, S. K., (2012) GA Based Multi-Objective Time-Cost Optimization in a Project with Resources Consideration. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*, 2(6), 4352-4359.
- PMI., (2008). *A Guide to The Project Management Body of Knowledge* (4 b., Cilt 5). Pennsylvania: Project Management Institute.
- Pour, N. S., Modarres, M., & Moghadam, R. T. (2012) Time-cost-quality trade-off in Project scheduling with linguistic variables. *World Applied Sciences Journal*, 18(3), 404-413.
- Razek, R.H.A.E., Diab, A.M., Hafez, S.M., and Aziz, R.F., (2010) Time cost quality trade-off software by using simplified GA for typical repetitive construction projects. *World Academy of Science, Engineering. & Technology*, 61, 312-320.
- Shahsavari-Pour, N., Modarres, M., Tavakoli-Moghadam, R., & Najafi, E. (2010) Optimizing a multi-objectives time-cost-quality trade-off problem by a new hybrid genetic algorithm. *World Applied Science Journal*, 10(3), 355-363.
- Sorrentino, M., (2013) Genetic Algorithms for Construction Time-Cost-Quality Trade-Off: A Road Project Case Study. *Construction Management*, 2, 163-176.
- Suhail, S. A. and Neale, R. H. (1994) "CPM/LOB: New methodology to integrate CPM and line of balance." *J. of Construction Engineering and Management*, ASCE, Vol. 120, No. 3, pp. 667-684.
- Thomas, N., G., Michael, M.Y., Skitmore, M., Lam, K.A.C., Varnam, Mark, (2000) The predictive ability of Bromilow's time – cost model, *Construction Management and Economics*, 19, 165-173



# Bio-Inspired Pilot Design Approach based on Genetic Algorithm for OFDM-IDMA Scheme

Necmi Taşpınar<sup>1</sup>, Şakir Şimşir<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup> Erciyes Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4689-4487)

<sup>2</sup> Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Nevşehir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1287-160X)

(First received 5 May 2020 and in final form 16 June 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.732528)

**ATIF/REFERENCE:** Taşpınar, N. & Şimşir, Ş. (2020). Bio-Inspired Pilot Design Approach based on Genetic Algorithm for OFDM-IDMA Scheme. *European Journal of Science and Technology*, (19), 466-474.

## Abstract

It is well known that the efficiency of a channel estimator employing the strategy of comb-type pilot placement can be controlled by adjusting the positions of pilot tones. In this paper, by considering this situation, in order to maximize the estimation precision of the least squares (LS) algorithm utilized as a channel estimator in orthogonal frequency division multiplexing – interleave division multiple access (OFDM-IDMA) scheme, the genetic algorithm (GA) possessing a wide range of uses due to its powerful problem solving capability was utilized in the optimization of pilot positions. Besides, the computational load of mean square error (MSE) which is used as the objective function of GA was avoided by employing its upper bound during the optimization process. The upper bound of MSE was achieved by utilizing the Gershgorin disc theorem. In the simulations, the suggested pilot arrangement strategy based on the GA was compared to the conventional techniques like equispaced and random pilot placements in point of two criteria known as bit error rate (BER) and MSE. Simulation results put forth that GA-based pilot design strategy establishes a very clear superiority over the other considered methods by providing significant MSE and BER performances.

**Keywords:** Channel Estimation, Genetic Algorithm, OFDM-IDMA, Pilot Tones Design.

## OFDM-IDMA Sistemi İçin Genetik Algoritmaya Dayalı Biyo-İlhamlı Pilot Dizayn Yaklaşımı

### Öz

Tarak-tipi pilot yerleştirme stratejisi kullanan bir kanal kestiricisinin veriminin, pilot tonların pozisyonlarının ayarlanarak kontrol edilebileceği iyi bilinmektedir. Bu makalede, bu durum dikkate alınarak, dikgen frekans bölmeli çoğullama-serpiştirme bölmeli çoklu erişim (OFDM-IDMA) sisteminde kanal kestiricisi olarak kullanılan en küçük kareler (LS) algoritmasının kestirim hassasiyetini maksimuma çıkarmak amacıyla, güçlü problem çözme yeteneğinden dolayı geniş bir kullanım yelpazesine sahip olan genetik algoritma (GA), pilot tonların optimizasyonunda kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, GA'nın amaç fonksiyonu olarak kullanılan ortalama karesel hatanın (MSE) hesaplama yükünden, optimizasyon işlemi boyunca ilgili fonksiyonun üst sınırı kullanılarak kaçınılmıştır. MSE'nin üst sınırı, Gershgorin disk teoreminden faydalanılarak elde edilmiştir. Simülasyonlarda, önerilen GA'ya dayalı pilot yerleştirme stratejisi, eşit aralıklı ve rastgele pilot yerleştirme gibi geleneksel yöntemler ile, bit hata oranı (BER) ve MSE olarak bilinen iki adet kriter bakımından karşılaştırılmıştır. Simülasyon sonuçları, GA tabanlı pilot dizayn stratejisinin, kayda değer bir MSE ve BER performansı sağlayarak, dikkate alınan diğer yöntemler üzerinde çok açık bir üstünlük kurduğunu ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Kanal Kestirimi, Genetik Algoritma, OFDM-IDMA, Pilot Ton Dizaynı.

\* Corresponding Author: Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Nevşehir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-1287-160X, [sakirsimsir@nevsehir.edu.tr](mailto:sakirsimsir@nevsehir.edu.tr)



## 1. Introduction

Interleave Division Multiple Access (IDMA) was developed by Ping et al. (2006) with a view to fulfill the demands of future wireless technology. The IDMA system, which is a type of multiple access schemes, not only possesses low-complex decoding capability, but also has quite high power efficiency that can be achieved by optimizing the power of multiple users. It is unavoidable for the multiple access systems to employ complex multiuser detectors (MUDs) for a satisfying performance. Because, the occurrence of multiple access interference (MAI) doesn't let the low-complex single user detectors to show a great performance as MUDs do. On the other hand, it is possible for the IDMA system to eliminate the MAI through its turbo-type MUD mechanism in a low-cost manner without any compromise on the performance. Moreover, the number of users doesn't affect the complexity of decoding at the receiver side of IDMA scheme. However, when it comes to transmitting the signals over the multipath channels, the increase in the number of taps belonging to the related channel leads to the increase of computational load at the IDMA receiver. In order to resolve this problem arising from the fading effects of the multipath channel, orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) scheme was integrated to the IDMA to maintain the low-decoding complexity of IDMA for multipath fading channels as well. By doing so, the new hybrid system called OFDM-IDMA (Ping et al., 2007) has become more resistant to the multipath fading effects than the simple IDMA scheme. For this reason, OFDM-IDMA scheme comprising the benefits of not only OFDM but also IDMA system is considered as being one of the candidate transmission technologies which can be able to deal with both MAI and inter symbol interference (ISI) drawbacks in mobile transmission. The operation of chip by chip multiuser detection (CBC MUD) carried out in iterative manner on the basis of IDMA principle and the usage of multicarrier-based transmission scheme make the OFDM-IDMA system robust against both MAI and ISI, respectively (Dang et al., 2013; Ping et al., 2006). By eliminating these two common drawbacks complicating the wireless communication, the following appealing features are yielded by the OFDM-IDMA system (Ping et al., 2007):

- It is possible to achieve higher throughput via the OFDM-IDMA compared to the other existing multiple access technologies like simple code division multiple access (CDMA) and OFDM-CDMA.
- In case of allocating the resource of the whole bandwidth to a single user, by utilizing a method of superposition coding, a very high throughput can be achieved via the OFDM-IDMA scheme for the single user case. It is really hard to approach the similar throughput by the OFDM-CDMA or the plain CDMA schemes.
- OFDM-IDMA is capable of ensuring multiuser gain in fading channel conditions.

In spite of many advantages owned by the OFDM-IDMA scheme, the receiver side of the related system needs the channel state information (CSI) to utilize in removing the fading effects of the wireless channel. Therefore, a channel estimation procedure based on comb-type pilot placement strategy can be an effective way of acquiring channel coefficients (Coleri et al., 2002). In the related pilot arrangement strategy, pilots are distributed from beginning to the end of each OFDM symbol, uniformly (Hsieh and Wei, 1998). On the other hand, the distribution pattern of pilot tones has a remarkable impact on the accuracy of channel estimation. Namely, the estimation errors can be minimized by optimizing the pilot locations. To this end, in this study, we suggest a GA-based pilot design scheme for the OFDM-IDMA.

Some studies of pilot optimization using intelligent optimization algorithms are available in the literature (Seyman and Taşpınar, 2011; Vidhya and Shankarkumar, 2013; Seyman and Taşpınar, 2012; D'orazio et al., 2010; Seyman and Taşpınar, 2013). In (Seyman and Taşpınar, 2011) and (Vidhya and Shankarkumar, 2013), particle swarm optimization (PSO) algorithm was suggested for the design of pilot tones in multiple-input multiple-output – OFDM (MIMO-OFDM) scheme. In (Seyman and Taşpınar, 2012), as well as the position optimization of pilot tones, their powers were optimized via differential evolution (DE) algorithm. In (D'orazio et al., 2010), the authors carried out the performance enhancement process in the operation of minimum mean square error (MMSE)-based channel equalization by benefiting from PSO and GA. In (Seyman and Taşpınar, 2013), artificial bee colony (ABC) algorithm was proposed for optimizing the pilot locations in MIMO-OFDM and the comparisons were made with PSO, random and orthogonal-based pilot optimization methods in point of bit error rate (BER) and mean square error (MSE) criteria. In (Taşpınar and Şimşir, 2019), (Şimşir and Taşpınar, 2017) and (Şimşir and Taşpınar, 2018), the pilot design schemes based on PSO, grey wolf optimizer (GWO) and harmony search (HS) algorithms were developed for the OFDM-IDMA system, respectively.

The article is planned in the following way: In Section 2, the OFDM-IDMA scheme is introduced. In Section 3, the information about GA and its implementation to the problem of pilot optimization is yielded. Section 4 offers the simulation results. In Section 5, the article is completed with the conclusions.

## 2. System Description

The block diagram in Fig. 1 demonstrates the OFDM-IDMA structure. As it is evident in the Fig. 1, in the first place, the groups of binary bits in  $K$  users are subjected to forward error correction (FEC) coding process. Each of the encoded bit groups is then spread through the same spreading sequence. Subsequent to the spreading operation, the resultant bit sequences are interleaved via  $K$  different interleavers each of which is generated in a random way. After that, the modulation of interleaved bit sequences, insertion of pilot tones and inverse fast Fourier transform (IFFT) operations are carried out in order, and finally, the resultant signal is given to the channel.

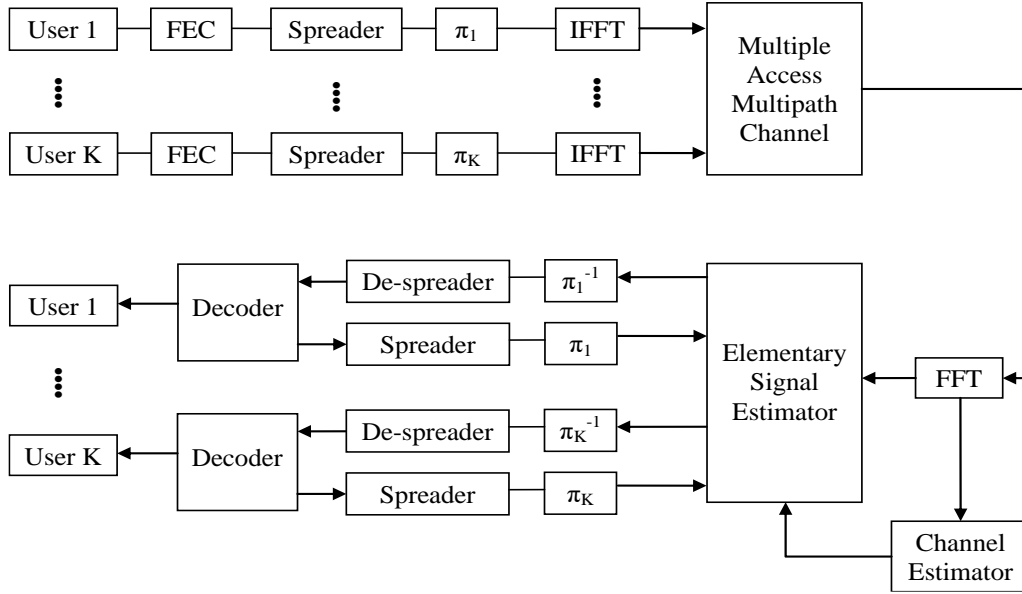


Fig. 1. OFDM-IDMA transceiver.

At the receiver side, fast Fourier transform (FFT) process is executed to transform the received signal to the frequency domain and then, the resulting  $N \times 1$  signal denoted by  $\mathbf{Y}(n)$  is attained (Taşpınar and Şimşir, 2017; Şimşir and Taşpınar, 2015):

$$\mathbf{Y}(n) = \sum_{k=1}^K \mathbf{X}_k^{diag}(n) \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{h}(n) + \mathbf{W}(n) \quad (1)$$

where  $N \times 1$  transmitted symbol, additive white Gaussian noise (AWGN) and channel impulse response (CIR) are represented by the vectors of  $\mathbf{X}_k(n)$ ,  $\mathbf{W}(n)$  and  $\mathbf{h}(n)$ , respectively. While  $n$  specifies the subcarrier indices,  $k$  signifies the user indices.  $\mathbf{F}$  symbolizes the unitary discrete Fourier transform (DFT) matrix with the size of  $N \times N$ :

$$\mathbf{F} = \frac{1}{\sqrt{N}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots & 1 \\ 1 & e^{-j2\pi/N} & \dots & e^{-j2\pi(N-1)/N} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & e^{-j2\pi(N-1)/N} & \dots & e^{-j2\pi(N-1)(N-1)/N} \end{bmatrix} \quad (2)$$

It is possible to state  $\mathbf{X}_k(n)$  as the combination of two vectors in the following manner:

$$\mathbf{X}_k(n) = \mathbf{S}_k(n) + \mathbf{P}_k(n) \quad (3)$$

where  $\mathbf{S}_k(n)$  and  $\mathbf{P}_k(n)$  specify the  $N \times 1$  data and pilot vectors. So, the (1) is reformulated as:

$$\mathbf{Y}(n) = \sum_{k=1}^K \mathbf{S}_k^{diag}(n) \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{h}(n) + \sum_{k=1}^K \mathbf{P}_k^{diag}(n) \cdot \mathbf{F} \cdot \mathbf{h}(n) + \mathbf{W}(n) \quad (4)$$

The expression of the (4) in a simple manner is given below:

$$\mathbf{Y} = \mathbf{G} \cdot \mathbf{h} + \mathbf{A} \cdot \mathbf{h} + \mathbf{W} \quad (5)$$

where the matrix  $\mathbf{G}$  and matrix  $\mathbf{A}$  have the size of  $N \times N$ .  $N \times 1$  CIR vector symbolized by  $\mathbf{h}$  is given below:

$$\mathbf{h} = [h_1, h_2, h_3, \dots, h_N]^T \quad (6)$$

Herewith, CIR of the wireless channel is achieved by utilizing least squares (LS) algorithm in the following way:

$$\hat{\mathbf{h}} = \mathbf{G}^t \cdot \mathbf{Y} = \mathbf{h} + (\mathbf{G}^H \cdot \mathbf{G})^{-1} \cdot \mathbf{G}^H \cdot \mathbf{W} = \mathbf{h} + \mathbf{G}^t \cdot \mathbf{W} \quad (7)$$

where  $\hat{\mathbf{h}}$ ,  $(\cdot)^H$  and  $(\cdot)'$  correspond to the estimated CIR, Hermitian and the pseudo inverse matrixes, respectively (Taşpınar and Şimşir, 2019; Şimşir and Taşpınar, 2017; Şimşir and Taşpınar, 2018).

After the acquisition of CIRs, the signals in frequency domain are fed to the elementary signal estimator (ESE) and CBC MUD operation starts. In the related operation, the channel coefficients estimated through the LS algorithm supported by the GA-based pilot optimization are exploited to get rid of fading effects of the wireless channel. In CBC MUD process, initially, ESE produces extrinsic log-likelihood ratio (LLR) sequences from its output for each user. These data sequences are then subjected to de-interleaving and de-spreading operations, respectively previous to being given to the inputs of decoder (DEC) blocks. The signals obtained from the DEC outputs are respread and reinterleaved, respectively and applied to the ESE inputs again. By doing so, one loop of CBC MUD operation comes to an end. This cycle is renovated for a certain number of times and for each repetition, both the DEC outputs and LLR streams are renewed. More exhaustive explanation of CBC MUD procedure can be found in (Ping et al., 2007; Ping et al., 2006).

### 2.1. The MSE Expression Owned by the LS Estimator

The MSE calculation for the LS-based channel estimating in the OFDM-IDMA scheme is given below:

$$MSE = \frac{1}{N} \cdot \varepsilon \left\{ \left\| \hat{\mathbf{h}} - \mathbf{h} \right\|^2 \right\} = \frac{1}{N} \cdot \varepsilon \left\{ \left\| \mathbf{G}' \cdot \mathbf{W} \right\|^2 \right\} = \frac{1}{N} \cdot tr \left\{ \mathbf{G}' \cdot \varepsilon \{ \mathbf{W} \cdot \mathbf{W}^H \} \cdot \mathbf{G}'^H \right\} \quad (8)$$

where  $\varepsilon(\cdot)$  and  $tr(\cdot)$  correspond to expectation and trace operator, respectively. If the zero mean white Gaussian noise is taken into account,  $\varepsilon\{\mathbf{W} \cdot \mathbf{W}^H\}$  can be rewritten as  $\sigma^2 \cdot \mathbf{I}_m$ , where  $\mathbf{I}_m$  and  $\sigma^2$  symbolize the identity matrix with the size of  $M \times M$  and noise variance, in order. With reference to this, MSE can be reduced to the following equation:

$$MSE = \frac{1}{N} \cdot tr \left\{ (\mathbf{G} \cdot \mathbf{G}^H)^{-1} \right\} \quad (9)$$

In case of providing the equivalence of  $\mathbf{G} \cdot \mathbf{G}^H = P \cdot \mathbf{I}_N$ , the minimum MSE can be obtained in the following way:

$$MSE = \frac{\sigma^2}{P} \quad (10)$$

where the constant power value of the pilot tones is denoted by  $P$  (Taşpınar and Şimşir, 2019; Şimşir and Taşpınar, 2017; Şimşir and Taşpınar, 2018).

### 3. Genetic Algorithm (GA) Based Pilot Design Technique

As an evolutionary based optimization algorithm, the GA presented by John Holland in 1960s mimics the biological evolution process for finding optimal solutions to various engineering problems. In GA, the candidate solutions optimized during the iterations are represented by the chromosomes. For each iteration, the population members are exposed to three main bio-inspired mechanisms such as crossover, mutation and selection to get fitter individuals for the next generation. The flowchart of the GA is given in Fig. 2 (Goldberg, 1989; Bhatia et al., 2016; Goldberg and Deb, 1991; Ölgün and Tilki, 2020; Özoğlu et al., 2019). In our pilot optimization problem, each chromosome corresponds to  $D$ -dimensional solution vector like  $\mathbf{C}_i = (c_i^1, c_i^2, c_i^3, \dots, c_i^D)$ . The genes belonging to chromosomes denote the dimensions from 1 to  $D$  corresponding to the pilot positions to be optimized. In our simulation, restriction process is performed for each dimension of the  $i$ th solution vector by defining lower and upper bounds as illustrated in Table 1.

In the optimization phase, the simulation process starts with giving random values to the population members by providing lower and upper bounds for each dimension. Afterwards, fitness values of the initialized solutions are calculated by using objective function in (14). Considering the fitness values, two of the population members called parents are selected by using tournament method (Goldberg and Deb, 1991) and then, one random number is generated in the range [0,1]. If randomly generated number is smaller than the predefined crossover rate, the crossover operation is performed for these selected members and the two new members called children are produced for being transferred to the next generation. Otherwise, the selected parents are directly transferred to the next generation without being exposed to crossover which is performed by determining one point for the parent solution vectors and exchanging the parts beyond that point. Following the transfer operation, the random numbers in the range [0,1] are produced for each gene of the transferred members in the next generation. If randomly generated number is smaller than the predefined mutation rate, the related gene is mutated by generating random number between the lower and upper bounds defined in Table 1 for the related gene. Therefore, the first two members are obtained for the next generation. These operations are carried out until completing population number of the next generation and thus, one iteration of the optimization process is fulfilled. The operations performed for one iteration is repeated until meeting the stopping criteria which is appointed as 100 iterations in this paper. Subsequent to the end of the iterations, the solution possessing the best fitness value is appointed as the positions vector of the pilot tones.

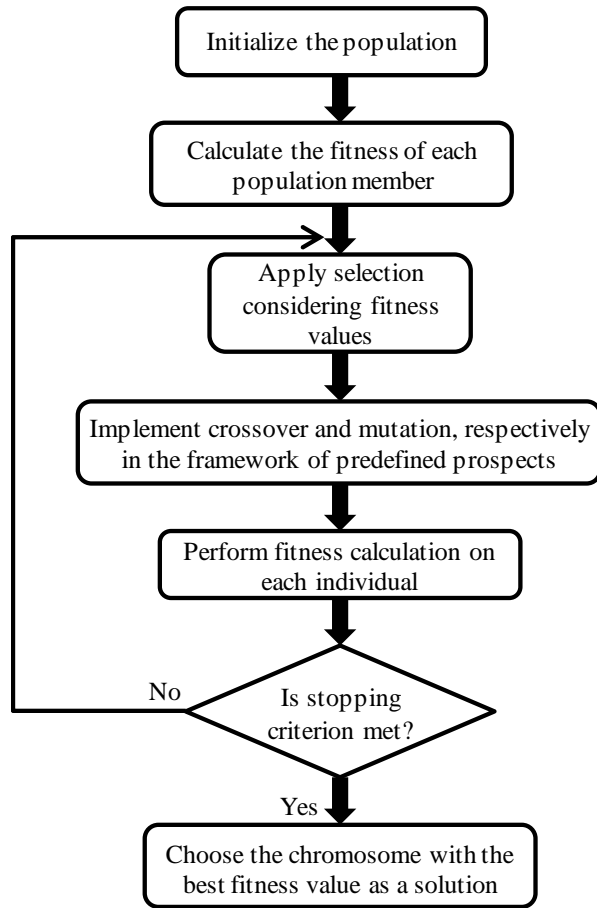


Fig. 2. Flowchart of GA.

Table 1. Definition of lower and upper bounds for the solution vectors.

<i>Dimensions</i>	$c_i^1$	$c_i^2$	$c_i^3$	$c_i^4$	$c_i^5$	$c_i^6$	$c_i^7$	$c_i^8$	$c_i^9$	$c_i^{10}$	$c_i^{11}$	$c_i^{12}$	.....	.....	.....	$c_i^D$
<b>Lower Bound (Lb)</b>	1	9	17	25	33	41	49	57	65	73	81	89	.....	.....	.....	$8D-7$
<b>Upper Bound (Ub)</b>	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96	.....	.....	.....	$8D$

### 3.1. Objective Function of Genetic Algorithm

The MSE given in (10) can be used as the objective function in GA for the optimization process. However, matrix inversion process required in (10) enhances the computational load of the GA-based pilot optimization. Therefore, since the eigenvalues of the matrix  $G \cdot G^H$  are positive and real, Gershgorin circle theorem can be benefited for obtaining the upper bound of MSE in order to get rid of computational complexity (Horn and Johnson, 1985). The upper bound of MSE is achieved in the following manner:

$$tr\{(G \cdot G^H)^{-1}\} = \sum_{i=1}^N \frac{1}{\lambda_i} \leq \begin{cases} \frac{N}{P - R_{max}} & , P > R_{max} \\ + \infty & , P \leq R_{max} \end{cases} \tag{11}$$

In (11),  $\lambda_i (i=1,2,\dots,N)$  denotes the eigenvalues belonging to the  $G \cdot G^H$  matrix given below:

$$G \cdot G^H = \begin{bmatrix} P & x_{1,2} & x_{1,3} & \dots & x_{1,N} \\ x_{2,1} & P & x_{2,3} & \dots & x_{2,N} \\ x_{3,1} & x_{3,2} & P & \dots & x_{3,N} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{N,1} & x_{N,2} & x_{N,3} & \dots & P \end{bmatrix} \tag{12}$$

where the values of  $P$  located on the diagonal line are equal to each other. In (11),  $R_{max} = \max(\mathbf{R}_i)$  denotes the maximum radius of the Gershgorin disc, where  $\mathbf{R}_i(i=1,2,\dots,N)$  specifies the sum of the  $i$ th row's off-diagonal components in the  $\mathbf{G} \cdot \mathbf{G}^H$  matrix. The expression of  $\mathbf{R}_i$  is as follows:

$$\mathbf{R}_i = \sum_{j=1, j \neq i}^N |x_{ij}| \tag{13}$$

where  $x_{ij}(i=1,2,\dots,N; j=1,2,\dots,N)$  denotes the matrix components of  $\mathbf{G} \cdot \mathbf{G}^H$ . Eventual objective function can be obtained as follows:

$$objective\ function = \frac{R_{max}}{P} \tag{14}$$

### 4. Simulation Results

In this Section, in order to measure the effectiveness of the suggested GA-based pilot optimization procedure, its performance is compared to two well-known conventional methods called equispaced and random-based pilot arrangements in point of MSE and BER criteria. In the simulations, we perform the FEC coding operation by using the convolutional encoders having a rate of 1/2. On the other hand, the spreading sequence rate is determined as 1/8. The other parameters used for the simulation of OFDM-IDMA system and the GA control parameters are yielded in Table 2 and Table 3, respectively.

**Table 2.** OFDM-IDMA simulation parameters.

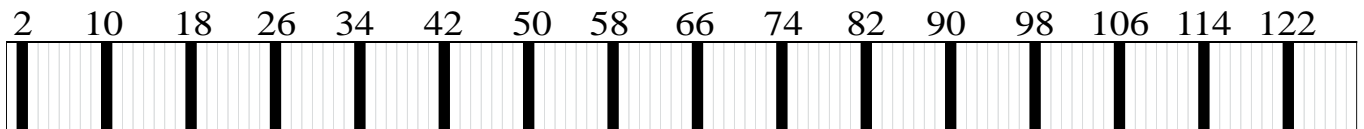
Subcarrier number	128
FFT size	128
Number of pilots	16
Frequency of sampling	3.5 MHz
Sampling period ( $T_s$ )	285.71 ns
Symbol part duration	$128T_s = 36.57 \mu s$
Cyclic prefix length	FFT/4 = 32
Type of modulation	QPSK
Channel Model	Six tap ITU "Vehicular"

**Table 3.** GA parameters.

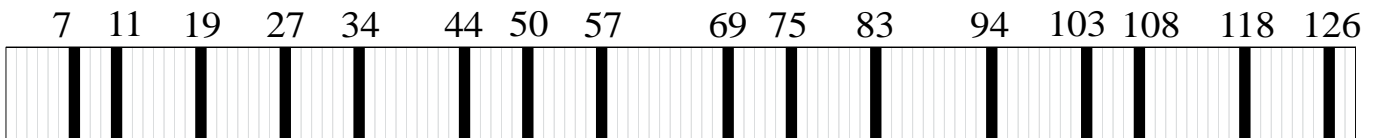
Size of population	10
Iteration number	100
Mutation rate ( $Mr$ )	$Mr = 0.005$
Crossover rate ( $Cr$ )	$Cr = 0.8$

The three different placements of pilot tones considered in this study are as follows:

- i. Random arrangement.
- ii. Equispaced arrangement demonstrated in Fig. 3.
- iii. GA-supported pilot positioning demonstrated in Fig. 4.



**Fig. 3.** Equispaced pilot placement.



**Fig. 4.** Optimized pilot arrangement through genetic algorithm.



In Fig. 5, the proposed GA-based strategy is compared to the classical methods considered in this paper with regard to BER performance. While the user number is appointed as 6, the other parameter values of OFDM-IDMA and GA are determined as in Table 2 and Table 3 for this simulation. It is obviously observed in the Fig. 5 that the proposed pilot design strategy based on GA outperforms both random and equispaced pilot placement methods by creating considerable difference in terms of BER performance. At each  $E_b/N_0$  value, our proposed technique shows better BER results compared to the considered classical methods. For example, in case of taking the 8 dB value in the horizontal axis as a reference  $E_b/N_0$  point, whereas the BER of the suggested GA-based technique is  $3.13 \times 10^{-4}$ , equispaced and random placement methods have  $1.4 \times 10^{-3}$  and  $1.8 \times 10^{-2}$  BER values, respectively.

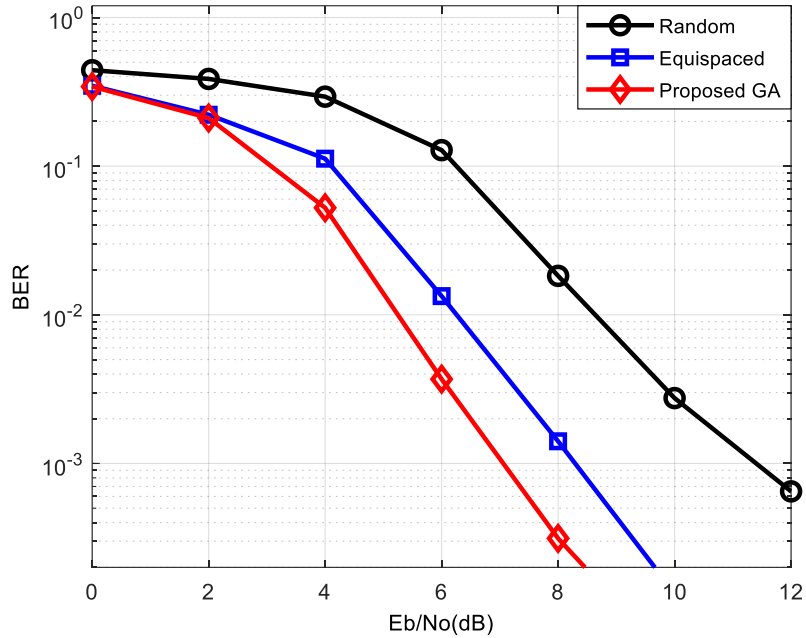


Fig. 5. BER achievements of the considered techniques.

In Fig. 6, the performances of the considered methods are analyzed with regard to another criteria called MSE. The MSE graph is acquired via computing the estimation errors of LS estimator in order to investigate the influence of considered strategies on the estimation performance separately. According to the Fig. 6, our proposed scheme used by LS estimator in the OFDM-IDMA provides the least estimation errors among the considered methods at each  $E_b/N_0$  value. Especially at elevated  $E_b/N_0$  values, the performance gap between the GA and the other methods is getting larger. For instance, at 14 dB  $E_b/N_0$  value, while the MSE values of the conventional schemes based on random and equispaced pilot placements are equal to  $3.72 \times 10^{-1}$  and  $2.56 \times 10^{-1}$ , the MSE of our proposed GA-based strategy is equal to  $1 \times 10^{-1}$ .

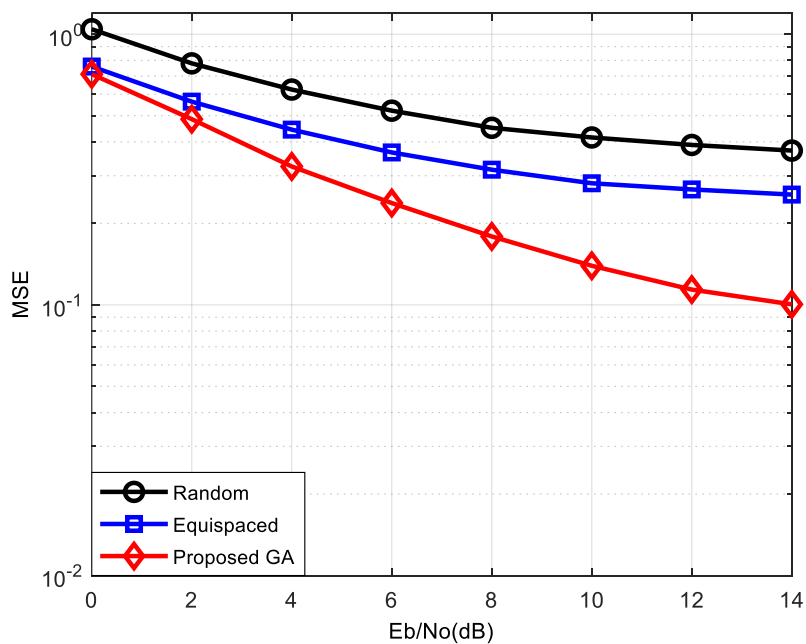


Fig. 6. MSE achievements of the considered schemes.

In Fig. 7, the convergence capability of the genetic algorithm is demonstrated. According to the Fig. 7, the MSE value of the GA starts to decline rapidly from the first iteration and the algorithm reaches its optimal solution at 63rd iteration.

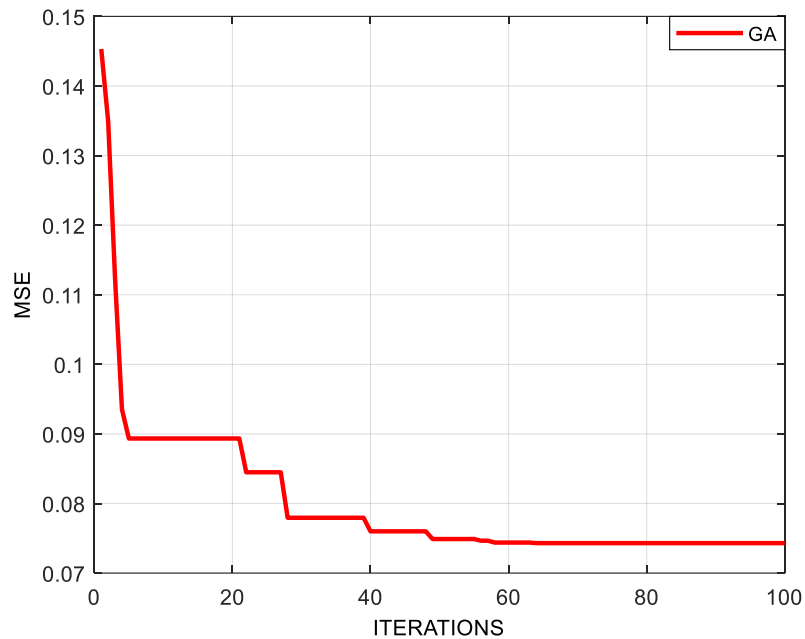


Fig. 7. The convergence performance of the genetic algorithm.

In Fig. 8, the OFDM-IDMA performance is measured with regard to BER criteria for each method under varied number of users. The BER curves are obtained under the number of 6, 7 and 8 users for each pilot placement method. It can be comfortably perceived from the Fig. 8 that, the BER of OFDM-IDMA scheme, in which any of the considered strategies is employed for pilot arrangement, escalate at each Eb/No value in case of elevating the number of users. For instance, if the BER performance of the GA at 8 dB is taken into consideration, the BER values achieved through the proposed scheme for 6, 7 and 8 users will be read from the Fig.8 as  $3.13 \times 10^{-4}$ ,  $3 \times 10^{-3}$  and  $5.6 \times 10^{-2}$ , respectively. If it is focused on the BER results of the related schemes for each user number at 8 dB Eb/No value, it will be seen that the BER values of random, equispaced and GA-based pilot design schemes are equal to  $1.83 \times 10^{-2}$ ,  $1.41 \times 10^{-3}$  and  $3.13 \times 10^{-4}$  for K=6;  $1.78 \times 10^{-1}$ ,  $1.56 \times 10^{-2}$  and  $3 \times 10^{-3}$  for K=7;  $3.58 \times 10^{-1}$ ,  $1.48 \times 10^{-1}$  and  $5.6 \times 10^{-2}$  for K=8, respectively.

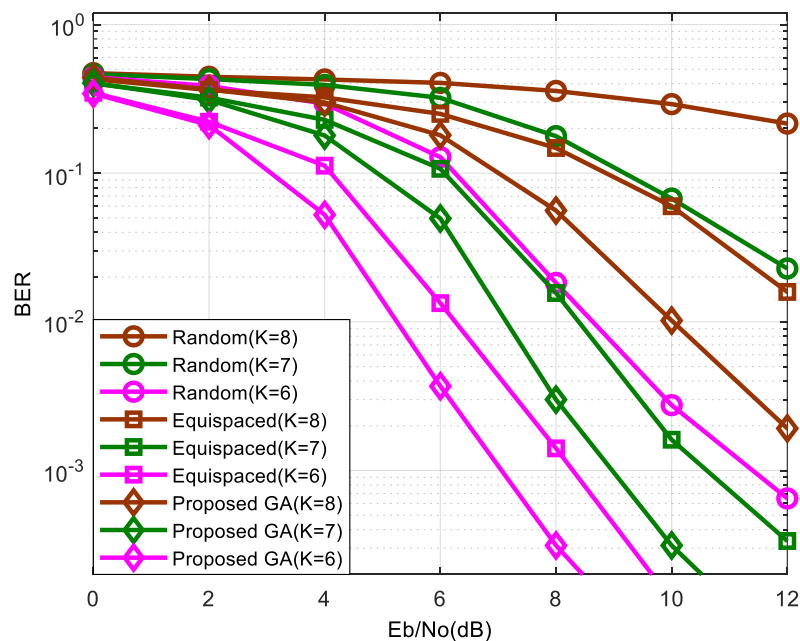


Fig. 8. BER performance of each technique for different user numbers.

## 5. Conclusion

In this study, a pilot design scheme based on GA was developed for the OFDM-IDMA with a view to achieve optimal pilot distribution possessing a significant influence on the estimation capability of LS estimator. The capability of the suggested strategy is compared to the conventional placement methods like equispaced and random placements in point of MSE and BER criteria. It is verified via the simulations that, GA-based pilot positioning procedure surpasses the other considered methods by ensuring a considerable advancement in the BER and MSE performance of the OFDM-IDMA scheme.

## Acknowledgement

Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK) funded this work [Grant No: 115E653].

## References

- Bhatia, T., Kansal, S., Goel, S., & Verma, A. K. (2016). A genetic algorithm based distance-aware routing protocol for wireless sensor networks. *Computers and Electrical Engineering*, 56(2016), 441–455.
- Coleri, S., Ergen, M., Puri, A., & Bahai, A. (2002). Channel estimation techniques based on pilot arrangement in OFDM systems. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 48(3), 223–229.
- Dang, J., Zhang, W., Yang, L., & Zhang, Z. (2013). OFDM-IDMA with user grouping. *IEEE Transactions on Communications*, 61(5), 1947–1955.
- D'orazio, L., Sacchi, C., & Doneli, M. (2010, September 13–14). *Adaptive channel estimation for STBC-OFDM systems based on nature-inspired optimization strategies* [Conference presentation]. International Workshop on Multiple Access Communications (MACOM2010), Barcelona, Spain.
- Goldberg, D. E. (1989). *Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning*. Addison-Wesley.
- Goldberg, D. E., & Deb, K. (1991). A comparative analysis of selection schemes used in genetic algorithms. In G. J. E., Rawlins (Ed), *Foundations of Genetic Algorithms* (pp. 69–93). Morgan-Kaufman.
- Horn, R. A., & Johnson, C. R. (1985). *Matrix Analysis*. Cambridge University Press.
- Hsieh, M. H., & Wei, C. H. (1998). Channel estimation for OFDM systems based on comb-type pilot arrangement in frequency selective fading channels. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 44(1), 217–225.
- Ölğün, M., & Tilki, U. (2020). Neural network based sliding mode controller with genetic algorithm for two link robot manipulator. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 120–129.
- Özoğlu, B., Çakmak, E., & Koç, T. (2019). Clarke & Wright's savings algorithm and genetic algorithms based hybrid approach for flying sidekick traveling salesman problem. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 185–192.
- Ping, L., Guo, Q., & Tong, J. (2007). The OFDM-IDMA approach to wireless communication system. *IEEE Wireless Communications*, 14(3), 18–24.
- Ping, L., Liu, L., Wu, K. Y., & Leung, W. K. (2006). Interleave-division multiple-access. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 5(4), 938–947.
- Seyman, M. N., & Taşpınar, N. (2011). Particle swarm optimization for pilot tones design in MIMO-OFDM systems. *EURASIP Journal on Advances in Signal Processing*, 2011(10), 1–11.
- Seyman, M. N., & Taşpınar, N. (2012). Optimization of pilot tones using differential evolution algorithm in MIMO-OFDM systems. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 20(1), 15–23.
- Seyman, M. N., & Taşpınar, N. (2013). Pilot tones optimization using artificial bee colony algorithm for MIMO-OFDM systems. *Wireless Personal Communications*, 71(1), 151–163.
- Şimşir, Ş., & Taşpınar, N. (2015). Channel estimation using radial basis function neural network in OFDM-IDMA system. *Wireless Personal Communications*, 85(4), 1883–1893.
- Şimşir, Ş., & Taşpınar, N. (2017). Pilot tones design using Grey Wolf Optimizer for OFDM-IDMA system. *Physical Communication*, 25(1), 259–267.
- Şimşir, Ş., & Taşpınar, N. (2018). Advanced pilot design procedure based on HS algorithm for OFDM-IDMA system. *IET Communications*, 12(10), 1155–1162.
- Taşpınar, N., & Şimşir, Ş. (2017). Channel estimation using an adaptive neuro fuzzy inference system in the OFDM-IDMA system. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 25(1), 352–364.
- Taşpınar, N., & Şimşir, Ş. (2019). Pilot tones design using particle swarm optimization for OFDM-IDMA system. *Neural Computing and Applications*, 31(9), 5299–5308.
- Vidhya, K., & Shankarkumar, K. R. (2013). Channel estimation and optimization for pilot design in MIMO OFDM systems. *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3(2), 175–180.



# Gaziantep Bölgesi İçin Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminde Kurulacak Panellerin Optimum Eğim Açılarının Belirlenmesi

Hüseyin Yağlı<sup>1\*</sup>, Yıldız Koç<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9777-0698)

<sup>2</sup> İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2219-645X)

(İlk Geliş Tarihi 7 Mayıs 2020 ve Kabul Tarihi 16 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.733530)

**ATIF/REFERENCE:** Yağlı, H. & Koç, Y. (2020). Gaziantep Bölgesi İçin Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminde Kurulacak Panellerin Optimum Eğim Açılarının Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 475-483.

## Öz

Dünyada ilerleyen teknolojiye paralel olarak enerjiye duyulan ihtiyaçta giderek artmaktadır. Güneş enerjisi, yenilenebilir olması ve çevreyi tehdit eden unsurları minimum seviyelere çekmesi bakımından enerji üretiminde ön plana çıkmaktadır. Güneş enerji sistemi kurulurken ortam koşulları büyük bir önem teşkil etmektedir. Bu çalışmanın amacı transpozisyon faktörü yardımıyla, kurulacak olan güneş panellerinin maksimum kapasitede enerji üretebilmeleri panellerin optimum açıların belirlenmesidir. Optimum açının belirlenmesinde yapılmış olan önceki literatür çalışmalarında realiteye daha yakın sonuçlar verdiği görülen Perez transpozisyon modeli yardımıyla elde edilen transpozisyon faktörleri kullanılmıştır. Elde edilen transpozisyon faktörleri göz önünde bulundurulduğu zaman optimum açı değeri 31° olarak elde edilmiştir. PVSyst programı kullanılarak açılara göre üretim değerleri karşılaştırılmış ve 30° panel eğim açısında üretilen enerji miktarının 31° panel eğim açısına göre farkının kayda değer olmadığı belirlenmiştir. Son olarak üretim maliyetini düşürmek için, yerleştirilecek olan panellerin 30° açıda yerleştirilebileceğine karar verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Transpozisyon Faktörü, Optimum Eğim Açısı, Güneş Paneli, Güneş Işınımı, Yıllık Eğim Açısı, PVSyst.

## Determination of Optimum Inclination Angles of Panels to be Installed in Solar Generation for Gaziantep Region

### Abstract

With the development of technology in the world, the need for energy is gradually increasing. Solar energy comes to the forefront in energy production in terms of being renewable and minimizing environmental threats. Ambient conditions are of great importance when installing the solar energy system. The aim of this study is to determine the optimum angles of the panels, with the help of the transposition factor, to be able to generate energy at the maximum capacity of the solar panels to be installed. In previous literature studies in determining the optimum angle, transposition factors obtained with the help of the Perez transposition model, which seem to give results closer to reality, were used. When the transposition factors obtained are taken into account, the optimum angle value was obtained as 31°. Using PVSyst program, the production values were compared according to the angles and it was determined that the difference in the amount of energy produced at the 30° panel slope angle compared to the 31° panel slope angle was not significant. Finally, in order to reduce the production cost, it was decided that the panels to be placed can be placed at an angle of 30°.

**Keywords:** Transposition Factor, Optimum Slope Angle, Solar Panel, Solar Radiation, Annual Slope Angle, PVSyst.

\* Sorumlu Yazar: İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9777-0698, [huseyin.yagli@iste.edu.tr](mailto:huseyin.yagli@iste.edu.tr)

## 1. Giriş

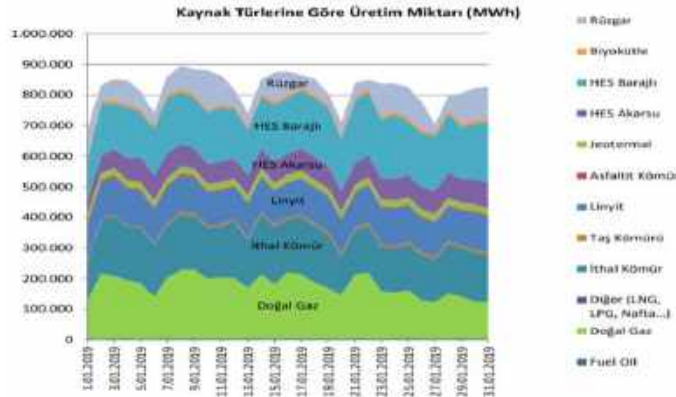
Teknolojinin gelişmesiyle birlikte dünyada enerji kaynaklarına olan ihtiyaç günden güne artış göstermektedir [1-3]. Enerji, ülkelerin ekonomisine büyük katkılar sağlamaktadır [4]. Bir ülkenin ne kadar gelişmiş olduğunu belirlemede, ülkede üretilen enerji ve tüketilen enerji miktarları dikkate alınan önemli parametrelerden birisidir. Bu nedenle, gelişmiş ülkelerde enerji üretimine çok fazla önem verilmektedir. Ülkemizde sanayi, sağlık hizmetleri, ısınma ve ulaşım hizmetleri büyük ölçüde enerji tüketen sektörlerden birkaçıdır [5-7]. Bu sektörlerin ciddi enerji tüketimine rağmen enerji ihtiyacımızın büyük bir kısmınının dış kaynaklardan karşılanması ülkemizin ekonomisinde ciddi cari açıklara sebep olmaktadır.

30 Eylül 2019 itibarıyla Türkiye'deki elektrik üretim gücü kullanılan sistemlere göre dataylı olarak incelendiğinde, üretilen enerjinin %51,61'i termik, %31,37'si hidroelektrik, %8,15'i rüzgâr enerjisi, %6,17'si güneş enerjisi, %2,71'i biokütle, atık ısı ve jeotermal santraller ile sağlanmaktadır [8]. 2019 yılında ay bazında işletmeye alınan santrallerin yakıt türüne göre kurulu güçleri Tablo 1'de verilmektedir.

Tablo 1. 2019 yılında ay bazında işletmeye alınan santrallerin yakıt türüne göre kurulu güçleri [8]

Yakıt Türü	Kurulu Güç MW							
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Toplam
Termik	200	54,5	0	532	2,3	532	2	1322,8
HES	67,3	18,3	14,3	11,4	6	11,4	10,5	139,5
RES	4,5	21	44,6	6,5	67,6	6,5	12	162,7
GES	0	0	0	0	0	0	9,9	9,9
Diğer	20	0	0	0	36,9	0	1,5	58,4
Toplam	291,86	93,8	58,9	549,9	113	549,9	35,9	1693,5

Tablo 1'den görüleceği üzere 2019 yılında da hizmete alınan santraller içerisinde termik santraller en ön sırada yer almaktadır. Bu durum Ülkemizin enerjide dışa bağımlılığını artırırken aynı zamanda olumsuz çevresel etkilere yol açmaktadır. 2019 yılı Ocak ayında kaynaklara göre enerji üretim miktarlarının dağılımı Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Türkiye'de enerji üretiminin kaynak türlerine göre dağılımı [8] (Veriler [www.enerji.gov.tr](http://www.enerji.gov.tr) 'de yayınlanan enerji istatistikleri raporundan alınmıştır.)

Bu çalışmada, güneş enerji santrallerinden elde edilen enerjinin, panellerin hangi optimum açıyla yerleştirilmesiyle birlikte olacağı hesaplanmıştır. Optimum açının belirlenmesinde yapılmış olan önceki literatür çalışmalarında realiteye daha yakın verdiği görülen Perez transpozisyon modeli yardımıyla elde edilen transpozisyon faktörleri kullanılmıştır.

## 2. Güneş Enerjisine Genel Bir Bakış

Güneş enerjisi, en yüksek potansiyele sahip yenilenebilir enerji türüdür [9-10]. Dünyanın yenilenebilir enerji ihtiyacının çoğunluğu güneş tarafından sağlanmaktadır [11]. Güneş enerjisinden enerji üretiminin diğer enerji kaynaklarına göre avantajları;

- Güneş'in var olmasıyla sağlandığı için tükenmeyen yenilenebilir enerji olmasıdır.
- Duman, gaz, CO, CO<sub>2</sub>, radyasyon yayımı, kükürt vb. gibi atıkları olmadığı için çevreyi kirletmez, temizdir.
- Yerel uygulamalar için elverişlidir.
- Enerji üretmesi için dışardan ürün ithal edilmesine gerek yoktur.
- Bakım masrafı, işçilik vb. gibi giderler düşüktür.

Güneş enerjisinin avantajları olduğu gibi dezavantajları da bulunmaktadır. Bu dezavantajlar;

- Kurulacak birçok güneş enerji sisteminin ilk yatırım maliyetleri sebebiyle geri dönüş süreleri uzundur.



- Sürekli bir üretim gerçekleşmez. Bu sebeple enerji depolanması gerekir ve depolama işlemleri fazladan maliyet oluşturmaktadır.
- Kurulacak bölgenin güneş ışınımı bakımından zengin bir bölge olması gerekmektedir.
- Birim yüzeye düşen güneş ışınım miktarı azdır, bu yüzden toplayıcı yüzeyleri geniş olmalıdır.
- Kış aylarında ihtiyaç duyulan enerji miktarı artmasına karşın güneş ışınım miktarı azalması sebebiyle üretilen enerji miktarı azalmaktadır.
- Birçok kullanım alanının, enerji arzı ile talebi arasındaki zaman farkı ile karşılaşılmaktadır.

Tablo 2’de Türkiye’nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli ve aylara göre günlük ortalama güneşlenme süreleri verilmiştir.

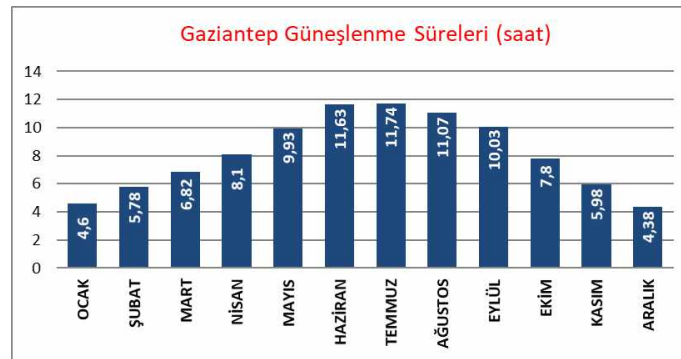
Tablo 2. Türkiye'nin Aylık Ortalama Güneş Enerjisi Potansiyeli ve aylara göre günlük ortalama güneşlenme süreleri [12]

Aylar	Aylık Toplam Güneş Enerjisi	Güneşlenme Süresi
	<i>kWh/m<sup>2</sup>-gün</i>	<i>Saat/gün</i>
Ocak	1,67	3,32
Şubat	2,26	4,11
Mart	3,12	5,32
Nisan	4,07	6,57
Mayıs	4,96	9,10
Haziran	5,63	10,48
Temmuz	5,66	11,77
Ağustos	5,11	11,06
Eylül	4,11	9,33
Ekim	2,90	6,90
Kasım	2,03	5,23
Aralık	1,51	3,32
Toplam	43.02	86,53
Ortalama	3,58	7,2

Buradan da görüldüğü üzere kış aylarında hem güneş enerjisi ve hem de güneşlenme süreleri azalmaktadır. Güneş enerjisinin en dezavantajlı olmasının sebeplerinden biride bu durumdur.

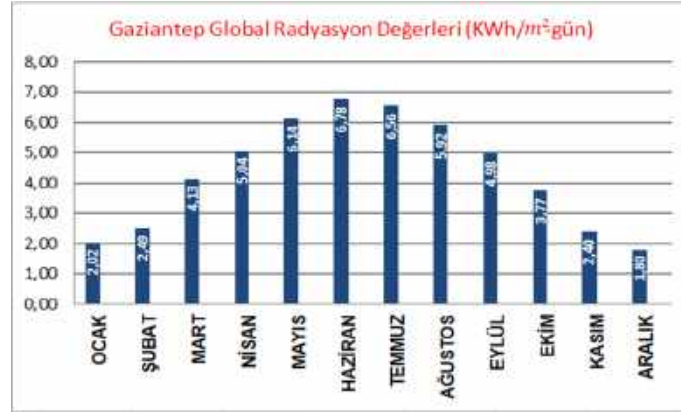
### 3. Gaziantep İçin Güneş Enerjisinin Değerlendirilmesi

Gaziantep, güneşlenme sürelerinin fazla olması ve yeryüzü şekillerinin düz olmasından dolayı güneş enerji santrali projeleri için oldukça elverişlidir. Gaziantep’te toplam 85,16 MW kapasiteye sahip kurulu Güneş Enerji Santralleri bulunmaktadır. Ayrıca toplam 40,21 MW kapasiteli güneş enerji santralleri hala yapım aşamasındadır [13]. Gaziantep’in ay bazında ortalama güneşlenme süreleri Şekil 2’de verilmektedir [14].



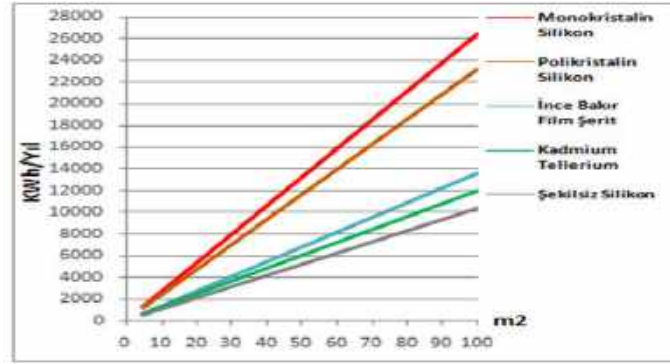
Şekil 2. Gaziantep’in ay bazında ortalama güneşlenme süreleri [14]

Gaziantep bölgesindeki günlük güneşlenme süresi Türkiye ortalamasından daha fazla olduğu görülmektedir. Türkiye’nin ortalama Güneşlenme süresi, Ocak ayında 3,32 saat/gün ve Haziran 10,48 saat/gün olurken; Gaziantep’in ortalama Güneşlenme süresi, Ocak ayı 4,6 saat/gün ve Haziran 11,63 saat/gün olmaktadır. Gaziantep üzerine düşen ay bazında günlük ortalama global radyasyon değerleri Şekil 3’de verilmektedir [14].



Şekil 3. Gaziantep üzerine düşen ay bazında günlük ortalama global radyasyon değerleri [14]

Şekil 3’den görüleceği üzere Gaziantep bölgesindeki günlük radyasyon değeri Türkiye ortalamasından daha fazladır. Türkiye’nin ortalama radyasyon değeri, Ocak ayında 1,67 kWh/m<sup>2</sup>-gün ve Haziran ayında 5,63 kWh/m<sup>2</sup>-gün olurken; Gaziantep’in ortalama radyasyon değeri, Ocak ayında 2,1 kWh/m<sup>2</sup>-gün ve Haziran ayında 6,78 kWh/m<sup>2</sup>-gün olmaktadır.



Şekil 4. Güneş paneli türlerinin yıllık üretimlerine göre kıyaslamaları [14] (Veriler yegm.gov.tr Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA) üzerinden alınmıştır.)

## 4. Tanımlar ve Matematiksel Model

### 4.1. Deklinasyon Açısı ( $\delta$ )

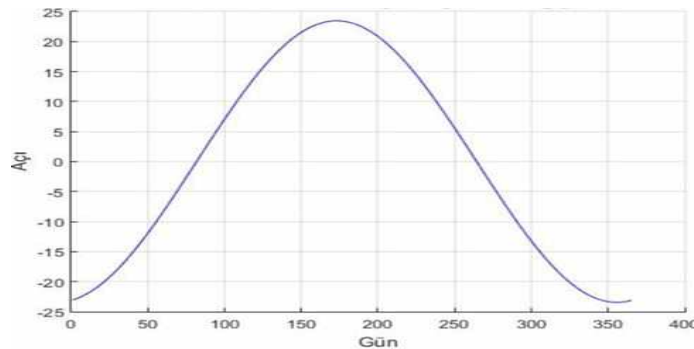
Güneş ışınlarının ekvator düzlemi ile yaptığı açıya deklinasyon açısı denir. Deklinasyon açısı güne bağlı olarak denklem 1 [15] ve denklem 2’de [16] gösterildiği gibi iki farklı şekilde elde edilebilir.

$$\sin \delta = 0.39795 \cos[0.98563(N - 173)] \quad (1)$$

ya da;

$$\delta = 23.45 \sin\left[360 * \frac{(284+N)}{365}\right] \quad (2)$$

Burada  $N$  gün sayısını ifade etmektedir. Günlere göre deklinasyon açısının değişimi Şekil 5’de verilmektedir.



Şekil 5. Günlere göre deklinasyon açısının değişimi

## 4.2. Saat Açısı

Dünya'nın kutup eksenini etrafındaki dönüşü tanımlanırken saat açısı kavramı kullanılır. Saat açısı, bulunulan konumun meridyeni ile düzlemi güneşi içeren meridyen arasındaki açısal uzaklığı ifade etmektedir. 24'lük saat diliminde 12.00'da bulunulan konuma gelen saat açısı ( $\omega_0$ ) denklem 3'ten elde edilmektedir [16].

$$\omega_0 = \cos^{-1}[-\tan(\delta)\tan(\phi)] \quad (3)$$

Burada  $\phi$  enlem açısı olup güneş ışınlarının geliş açısı saatte  $15^\circ$  artış göstermektedir. Herhangi bir saatte gelen güneş ışınlarının açısını belirlemek için günlük saat açısı 24'lük saat dilimi kullanılarak denklem 4 kullanılarak derece cinsinden elde edilmektedir [17].

$$\omega = 15(t_s - 12) \quad (4)$$

## 4.3. Zaman Denklemi

Belirli bir tarihte ortalama güneş saati ve gerçek güneş saati farklılık gösterebilir. Gaziantep'in konumunun yengeç dönencesinin kuzeyinde olmasından dolayı herhangi bir günde öğlen 12.00'da güneş daima güney yönünde olacaktır. Bu yüzden gerçek güneş saati ve ortalama güneş saati yıllık döngü ile ortalamanın önünden veya arkasından 17 dakika sapma gösterebilmektedir [16].

$$x = \frac{360(N-1)}{365.242} \quad (5)$$

Denklem 5'ten elde edilen açı değeri derece cinsinden denklem 6'da yerine koyularak zaman denklemi olarak dakika cinsinden ifade edilir [16].

$$ZD = 0.258 \cos(x) - 7.416 \sin(x) - 3.648 \cos(2x) - 9.228 \sin(2x) \quad (6)$$

## 4.4. Azimut Açısı (A)

Bir cismin gözlemciye göre konumunun güneşin geliş açısına göre ufuktaki kuzey veya güney noktasından açısal olarak ifade edilmesine azimut açısı denir. Azimut açı değerleri doğuda negatif batıda pozitif değerler almaktadır. Azimut açısını elde etmek için bulunan konumun deklinasyon açısı ( $\delta$ ), yükseklik açısı ( $\beta$ ), enlem açısı ( $\phi$ ), saat açısı ( $\omega$ ) bilinmesi gerekmektedir. [16]

$$\sin \beta = \sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega \quad (7)$$

Denklem 7'de  $\beta$  yalnız bırakılacak olursa;

$$\beta = \sin^{-1}(\sin \delta \sin \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega) \quad (8)$$

Denklem 8'den elde edilen yükseklik açı değeri ( $\beta$ ), denklem 3 ve denklem 4 kullanılarak elde edilen saat açısı ( $\omega$ ) ve denklem 2'den elde edilen deklinasyon açısı ( $\delta$ ) denklem 9'da kullanılarak sin A değeri elde edilir [16].

$$\cos \beta \sin A = -\cos \delta \sin \omega \quad (9)$$

Denklem 9'da bulunan sinüs değerinin tersi alınarak azimut açısı (A) derece cinsinden elde edilir.

$$A = \sin^{-1}\left(\frac{-\cos \delta \sin \omega}{\cos \beta}\right) \quad (10)$$

Azimut açısını elde etmek için enlem açısının hesaplamalara dâhil edilmesi denklem 11'de gösterilmiştir [16].

$$\cos \beta \cos A = \sin \delta \cos \phi - \cos \delta \cos \omega \sin \phi \quad (11)$$

Burada  $\phi$  enlem açısını ifade etmektedir. Güneş batış açısını belirlemek için denklem 12 kullanılır [18].

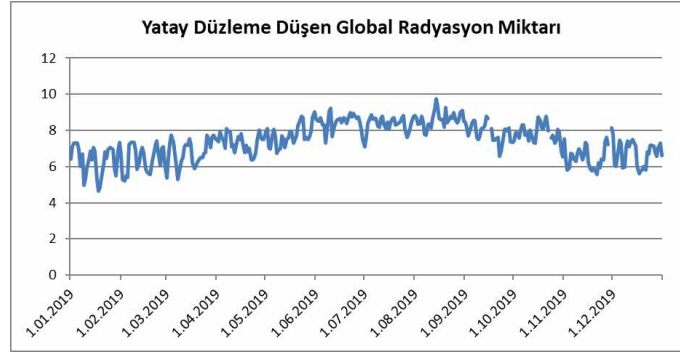
$$GBA = \cos^{-1}[-\tan \delta \tan \phi] \quad (12)$$

## 4.5. Transpozisyon

Güneş paneline verilen eğimin, güneş enerji üretimine sağladığı kazanç oranı ve kayıp oranının belirlenmesinde PVSyst programından elde edilen transpozisyon faktörü kullanılmaktadır.

Yapılan çalışmalar eğim açısı değiştirildikçe eğimli alanlardan farklı güneş radyasyonu değerleri elde edildiğini göstermektedir. Öyle ki, fotovoltaik enerji sistemi tasarımcıları genellikle maksimum güneş radyasyonu değeri elde edilebilecek eğim açısının hesaplanmasıyla ilgilenmişlerdir. Maksimum güneş radyasyonu değeri elde edilebilecek eğim açısı optimum eğim açısı olarak adlandırılmaktadır. Yine yapılan çalışmalar sonucunda optimum eğim açısının da fotovoltaik enerji sisteminin yerleştirildiği lokasyona göre değişiklik gösterdiği görülmektedir. Fotovoltaik sistemin yerleştirileceği enleme göre optimum eğim açısı tekrar hesaplanmalıdır. Optimum eğim açısı yılın farklı zamanlarında farklı değerler almaktadır.

NASA portalından alınan yatay alana düşen yıllık global radyasyon miktarı verileri PVSyst software sistemine aktarılmaktadır. PVSyst sisteminde Perez transpozisyon modeli kullanılarak yatay alana düşen yıllık global radyasyon, eğimli alana gelen yıllık global radyasyona çevrilmektedir. Daha sonra bu transpozisyon faktör modeli sadeleştirilmiş PV modülü için yıllık optimum eğim açısı ve yıllık optimum transpozisyon faktörü elde edilmiştir. Yatay düzleme düşen global radyasyon miktarı grafiği Şekil 6'da verilmektedir [19].



Şekil 6. Yatay düzleme düşen global radyasyon miktarı [19]

#### 4.6. Fotovoltaik Modüller İçin Yıllık Optimum Eğim Açısının Hesaplanması

Yatay alana düşen yıllık toplam global radyasyon miktarına  $G_{YY}$  ve eğim açısı  $\alpha$  olan eğimli alana düşen yıllık toplam global radyasyon miktarına da  $G_{YE}$  denilecek olursa; eğim açısı  $0^\circ$ 'de, yani  $\alpha = 0^\circ$ ,  $G_{YY}=G_{YE(0)}$  olacaktır. Yıllık transpozisyon faktörü  $\alpha$  açısında  $T_{fY(\alpha)}$  olarak ifade edilmiştir. Böylece denklem 13'te gösterildiği gibi yıllık transpozisyon faktörü hesaplanabilir [20].

$$T_{fY(\alpha)} = \frac{G_{YE(\alpha)}}{G_{YY}} = \frac{G_{YE(\alpha)}}{G_{YE(0)}} \quad (13)$$

Perez transpozisyon modeli kullanılan PVSyst simülasyonunda eğimli alanda üretilen toplam yıllık global radyasyon  $G_{YE(\alpha)}$  değerleri  $\alpha \geq 0^\circ$  olacak şekilde  $\alpha$ 'ya göre değişim göstermektedir. Eğer  $j$ . açı değeri  $\alpha_j$  olarak tanımlanır, bir toplam  $n$  eğim açısı sayılır ve yıllık transpozisyon faktörü  $T_{fY(\alpha_j)}$  eğim açısında ( $\alpha_j$ ) ifade edilecek olursa;

$$T_{fY(\alpha_j)} = \frac{G_{YE(\alpha_j)}}{G_{YY}} = \frac{G_{YE(\alpha_j)}}{G_{YE(0)}} \quad (14)$$

$j=0,1,2,\dots,n-1$  için,  $\alpha_j$  'ye göre çıkarılacak  $T_{fY(\alpha_j)}$  grafiğinden 2. derece bir denklem çıkarılacak olursa;

$$T_{fY(\alpha_j)} = X(\alpha^2) + Y(\alpha) + Z \quad (15)$$

Buradan elde edilecek yıllık sabit optimum eğim açısını ( $\alpha_{Yopt}$ ) bulmak için denklemin 1. dereceden türevi alınırsa;

$$\frac{\partial(T_{fY(\alpha)})}{\partial(\alpha)} = 2(X)(\alpha) + Y \quad (16)$$

ve  $\frac{\partial(T_{fY(\alpha)})}{\partial(\alpha)} = 0$  kabul edilirse, eğim açısına göre çözülürken yıllık sabit optimum eğim açısı  $\alpha_{Yopt}$  denklem 17'den elde edilir [20].

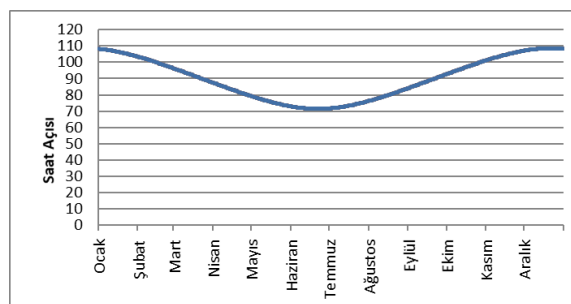
$$\alpha_{Yopt} = \alpha = \frac{-Y}{2(X)} \quad (17)$$

Yıllık optimum transpozisyon faktörü ( $T_{fYopt}$ ) ise denklem 18'den elde edilir.

$$T_{fYopt} = X(\alpha_{opt}^2) - Y(\alpha_{opt}) + Z \quad (18)$$

### 5. Tartışma ve Sonuç

Gaziantep bölgesi için yapılan çalışmada, realiteye en yakın sonucu veren PVSyst programına Gaziantep için denklem 10'dan elde edilen azimut açı değeri girilmiş, elde edilen transpozisyon faktörü değerleriyle birlikte panellerin eğim açılarına göre ürettikleri enerji miktarları değerlendirilmiştir. Böylece elde edilen veriler kullanılarak Gaziantep bölgesi için optimum panel eğim açısı belirlenecektir. Saat açısının aylara göre değişimi Şekil 7'de verilmektedir.

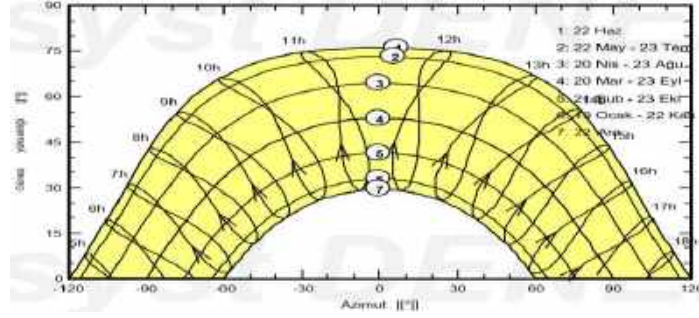


Şekil 7. Saat açısının aylara göre değişimi

Saat açısı günlük güneşlenme süreleri hakkında bilgi vermektedir. Saat açısına göre 23 Mart ve 21 Eylül tarihlerinde güneş ışınları saat 12.00'da bulunduğumuz enleme dik olarak gelmektedir. 180° de güneşin batacağı ve saat açısının tanımı yapılırken güneş'in 15° de 1 saat yol izlediği belirtilmiştir. Buradan 21 Eylül için öğle saatinden sonra yani güneş geliş açısı 90° iken güneşin ne zaman batacağı hesaplanacak olursa;

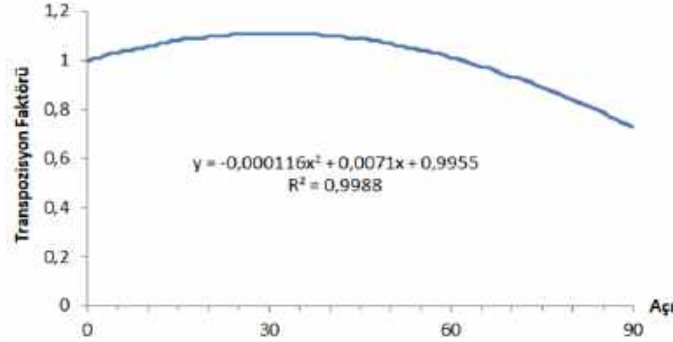
$$\frac{180-90}{15} = 6 \text{ saat sonra Güneş batacaktır.}$$

Yukarıdaki sonuca göre 23 Mart ve 21 Eylül tarihlerinde gece gündüz süreleri birbirine eşittir. Saat açısının eğrisine baktığımızda kış aylarında saat 12.00'da saat açısının 90° üstünde olduğu görülmektedir. Buda güneşin batış süresinin kısalmasından kaynaklı kış aylarında güneşlenme süresinin azaldığını, böylelikle güneş panellerinden elde edilen enerji miktarının düşeceğini belirtmektedir. Böylece, yaz aylarında kış aylarının aksine saat açısı 90°'nin altında olduğu için yaz ayları güneş panellerinden enerji elde etmek için kış aylarına göre daha elverişlidir sonucuna varılır.



Şekil 8. Güneş yolu – zaman grafiği

Şekil 8'da PVSyst programından elde edilen Güneş'in yoluna bakıldığında, güneş 22 Haziran tarihinde öğle saatlerinde ulaşabileceği maksimum yüksekliğe ulaşmış olmaktadır. Şekil 8'den yola çıkılarak çevre koşullarının yıl içerisinde aynı kaldığı varsayılırsa Güneş'ten enerji üretimi için en verimli gün 22 Haziran, en verimsiz gün ise 22 Aralık olarak görülmektedir.



Şekil 9. Yıllık transpozisyon faktörü – açı grafiği

Transpozisyon faktörünün açığa göre değişim eğrisi şekil 9'da elde edilmiştir. Transpozisyon faktörünün maksimum olduğu kısım, güneş panelinden maksimum üretimin sağlanması için gerekli olan optimum panel eğim açısıdır. Şekil 9'da elde edilen eğriden üretim için gereken optimum açı denklemi çıkarılabilir. Grafikten elde edilen eğriye göre optimum transpozisyon faktörü denklem 18'de yerine konulacak olursa;

$$T_{f_{opt}} = -0,000116(\alpha_{opt}^2) + 0,0071(\alpha_{opt}) + 0,9955 \quad (19)$$

Buradan elde edilecek yıllık sabit optimum panel eğim açısını ( $\alpha_{Y_{opt}}$ ) bulmak için denklemin 1. dereceden türevi alındığı zaman;

$$\frac{\partial(T_{f_{Y(\alpha)}})}{\partial(\alpha)} = -0,000232\alpha_{Y_{opt}} + 0,0071 \quad (20)$$

Burada  $\frac{\partial(T_{f_{Y(\alpha)}})}{\partial(\alpha)} = 0$  alınırsa ve buradan elde edilen sonuçla birlikte optimum açı denklem 17'ye göre;

$$\alpha_{Y_{opt}} = \frac{0,0071}{-0,000232} = 30,6^\circ \quad (21)$$

Denklem 21'den elde edilen sonuçlara göre yıllık üretim miktarı en fazla 31° panel eğim açısında oluşması gerekmektedir. Tablo 3'de açılara göre yıllık enerji üretim miktarları verilmiştir.



Tablo 3. Açılara göre yıllık enerji üretim miktarları

Açılar	Üretim	$T_{fY}$	Açılar	Üretim	$T_{fY}$	Açılar	Üretim	$T_{fY}$
Derece	kWh	-	Derece	kWh	-	Derece	kWh	-
1	1916	1,01	16	2065	1,09	<u>31</u>	<u>2116</u>	<u>1,11</u>
2	1929	1,01	17	2071	1,09	32	2115	1,11
3	1942	1,02	18	2077	1,09	33	2115	1,11
4	1954	1,03	19	2083	1,09	34	2113	1,11
5	1966	1,03	20	2088	1,1	35	2111	1,11
6	1977	1,04	21	2092	1,1	36	2109	1,11
7	1987	1,04	22	2096	1,1	37	2109	1,11
8	1997	1,05	23	2100	1,1	38	2103	1,11
9	2007	1,05	24	2103	1,11	39	2100	1,1
10	2016	1,06	25	2107	1,11	40	2097	1,1
11	2025	1,06	26	2110	1,11	41	2092	1,1
12	2034	1,07	27	2112	1,11	42	2088	1,1
13	2043	1,07	28	2113	1,11	43	2083	1,09
14	2051	1,08	29	2115	1,11	44	2077	1,09
15	2058	1,08	<u>30</u>	<u>2116</u>	<u>1,11</u>	45	2071	1,09

Tablo 3'e göre transpozisyon faktörlerinin en yüksek olduğu değerde üretilen enerjinin maksimum olduğu görülmektedir. Şekil 9'daki transpozisyon faktörü eğrisinden elde edilen denklem 21 ile birlikte optimum açı 31° olarak elde edilmiştir. Tablo 1'de üretilen maksimum enerji miktarının 31° eğim açısında olduğu görülmektedir. Fakat enerji üretiminde 30° açıda yerleştirilen güneş panellerinin enerji üretiminde kayda değer bir fark oluşmadığı yine Tablo 1'de gösterilmiştir. Montaj sırasında kolaylık sağlamak için panelleri 30° açıyla yerleştirmek mümkündür. Kallioğlu ve ark. (2017), yatay düzleme gelen güneş ışınım değerlerini kullanarak yapmış oldukları çalışma ile yıllık transpozisyon faktörünü kullanarak yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlar birbirini doğrulamaktadır [21].

## 6. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada güneş enerji santrallerinden elde edilen enerjinin, panellerin optimum açıyla yerleştirilmesiyle birlikte daha verimli çalışması amaçlanmıştır. Optimum açının belirlenmesinde daha önceki çalışmalarda realiteye daha yakın sonuç elde ettiği görüldüğü için Perez transpozisyon modeli yardımıyla elde edilen transpozisyon faktörleri kullanılmıştır. Elde edilen transpozisyon faktörleri göz önünde bulundurulduğu zaman optimum açı değeri 31° olarak elde edilmiştir. PVSyst programından açılara göre üretim değerleri karşılaştırılmış ve 30° panel eğim açısında üretilen enerji miktarının 31° panel eğim açısına göre farkının kayda değer olmadığı belirlenmiştir. Son olarak üretim maliyetini düşürmek için, yerleştirilecek olan panellerin 30° açıda yerleştirilebileceğine karar verilmiştir.

## Kısaltmalar

- $G_{YE}$  : Eğimli yüzeye gelen toplam global radyasyon miktarı  
 $\omega_0$  : Saat açısı  
 $G_{YY}$  : Yıllık toplam global radyasyon miktarı  
 $T_{fY}$  : Yıllık transpozisyon faktörü  
 $G_{BA}$  : Güneş batış açısı  
 $N$  : Gün sayısı  
 $\phi$  : Enlem açısı  
 $ZD$  : Zaman denklemi  
 $\alpha$  : Eğim açısı  
 $\beta$  : Yükseklik açısı  
 $\delta$  : Deklinasyon açısı  
 $\omega$  : Günlük saat açısı  
 $A$  : Azimut açısı

## Kaynakça

- [1] Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., & Uğurlu, İ. (2018). dünyada ve türkiye’de enerji görünümünün genel değerlendirilmesi. *Mühendis ve Makina*, 59(692), 86-114.
- [2] Tanç, B., Arat, H. T., Baltacıoğlu, E., & Aydın, K. (2019). Overview of the next quarter century vision of hydrogen fuel cell electric vehicles. *International Journal of Hydrogen Energy*, 44(20), 10120-10128.
- [3] Tanç, B., Arat, H. T., Conker, Ç., Baltacıoğlu, E., & Aydın, K. (2019). Energy distribution analyses of an additional traction battery on hydrogen fuel cell hybrid electric vehicle. *International Journal of Hydrogen Energy*.
- [4] Arat, H. T., Baltacıoğlu, M. K., Tanç, B., Süreç, M. G., & Dincer, I. (2020). A perspective on hydrogen energy research, development and innovation activities in Turkey. *International Journal of Energy Research*, 44(2), 588-593.
- [5] Öksel, C., Koç, Y., Yağlı, H., & Koç, A. (2018) Kuantum Noktalı Güneş Hücreleri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 174-182.
- [6] Polat, Y., Yağlı, H., & Koç, Y. (2019). Bir Ameliyathanenin İklimlendirilmesi Süresince Hava Akımının Modellenmesi. *European Journal of Science and Technology*, 15, 420-432.
- [7] Polat, Y., Yağlı, H., & Koç, Y. (2019). Bir Ameliyathanenin İklimlendirilmesinde Üfleme Hızının Sayısal Analizi ve Modellenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 605-619.
- [8] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İstatistikleri Raporu (Erişim Tarihi: 10 Mart 2020) <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/EIGM-Raporlari>.
- [9] Yağlı, H., Karakuş, C., Koç, Y., Çevik, M., Uğurlu, İ., & Koç, A. (2019). Designing and exergetic analysis of a solar power tower system for Iskenderun region. *International Journal of Exergy*, 28(1), 96-112.
- [10] Ustun, I., Karakus, C., & Yagli, H. (2020). Empirical models for estimating the daily and monthly global solar radiation for Mediterranean and Central Anatolia region of Turkey. *International Journal of Global Warming*, 20(3), 249-275.
- [11] Yağlı, H. (2020). Examining the receiver heat loss, parametric optimization and exergy analysis of a solar power tower (SPT) system. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 42(17), 2155-2180.
- [12] Güneş Sistemleri, Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Raporu (Erişim Tarihi: 30 Ocak 2020) <http://www.gunessistemleri.com/potansiyel.php>
- [13] Enerji Atlası, Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Haritası (Erişim Tarihi: 30 Ocak 2020) <https://www.enerjiatlası.com/gunes-enerjisi-haritasi/gaziantep>
- [14] Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA). (Erişim Tarihi: 30 Ocak 2020). <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/pages/27.aspx>.
- [15] Karafil, A., Ozbay, H., Kesler, M., & Parmaksiz, H. (2015, November). Calculation of optimum fixed tilt angle of PV panels depending on solar angles and comparison of the results with experimental study conducted in summer in Bilecik, Turkey. In *2015 9th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO)* (pp. 971-976). IEEE.
- [16] Geyer, M., & Stine, W. B. (2001). Power from the Sun (Powerfromthesun. net). *JT Lyle Center*.
- [17] Chou, Y., Sheng, Y., & Zhu, Y. (2012). Study on the relationship between the shallow ground temperature of embankment and solar radiation in permafrost regions on Qinghai–Tibet Plateau. *Cold regions science and technology*, 78, 122-130.
- [18] Öztürk, H. H. (2008). *Güneş enerjisi ve uygulamaları*. Birsen Yayınevi.
- [19] National Aeronautics and Space Administration (NASA), NASA Prediction Of Worldwide Energy Resources. (Erişim Tarihi: 22 Ocak 2020) <https://power.larc.nasa.gov/>.
- [20] Ekanem, O. D., & Onojo, J. O. (2017). Determination of Yearly Fixed Optimal Tilt Angle for Flat-Plate Photovoltaic Modules Based on Perez Transposition Model. *American Journal of Software Engineering and Applications*, 6(3), 80.
- [21] Kallioğlu M. A., Ercan, U., Avcı, A. S., & Karakaya, H. (2017). Optimization of tilt angle for solar panel. *2 nd International Energy & Engineering Conference*, Gaziantep (pp. 180-186).



# Using Sustainable Materials to Treat Free Shrinkage of Clay

Abdullah Ekinci<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kuzey Kıbrıs Kampüsü, İnşaat Mühendisliği Programı, Güzelyurt, Mersin 10, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6787-9983)

(First received 8 May 2020 and in final form 15 June 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.734490)

**ATIF/REFERENCE:** Ekinci, A. (2020). Using Sustainable Materials to Treat Free Shrinkage of Clay. *European Journal of Science and Technology*, (19), 484-496.

## Abstract

Global warming, pandemics, and poverty are the evidences of human destruction of the planet. Excavating and disposing of fertile soils destructively effect wildlife and nature and causes natural disasters such as fires and flooding leading to economic losses and casualties. This study investigates the effects of mechanical and chemical stabilization agents on the shrinkage of marine deposited clays. Three different sustainable material such as polypropylene fibers, wood ash, and copper slag were used to reduce cement usage in resisting shrinkage problem of the studied clay. The specimens were prepared in various combinations of 0.5-1% fiber, 5-7% cement and 10-20% wood ash and copper slag. Then, the prepared specimen was brought to a slurry state to produce a mix of adequate workability and erase the structure of clay to better highlight the effect of replacement materials. In a controlled environment, the specimens were subjected to free shrinkage and specimen height, diameter, and mass were measured at regular intervals until the dried condition was reached and no further change was monitored. The measurements were then averaged for each set of mix to calculate axial, radial, and volumetric shrinkage strains as well as weight loss. The obtained data were further statistically assessed by evaluating the individual impact of each controllable factor and second-order interaction of cement and fiber. The results indicated that a mix of 1% fiber and 7% cement performed best for reducing the volumetric shrinkage of the clay. Additionally, it was reported that 0.5% fiber addition is as effective as 7% cement in reducing volumetric shrinkage. Furthermore, replacing cement with 10% wood ash was observed to reduce volumetric shrinkage much more effective then other contents of wood ash and copper slag. The availability of aluminous elements in clay accelerated the chemical interaction with cement and wood ash particles, forming a densified composite structure. This interaction appears to isolate the available moisture in the particles and restrict weight loss, resulting in reduced volumetric shrinkage of wood ash treated specimens. In addition to the environmental and economic benefits of cement usage reduction, using harmful waste materials such as recycled polypropylene fiber, wood ash, and copper slag enable their safe disposal. Incorporating such materials in-situ requires no specific tools; field application is conventional and straightforward.

**Keywords:** Shrinkage, Clay, Analysis of variance, Cement, Wood ash, Copper slag

## Sürdürülebilir Malzemelerin Büzülen Killerin İyileştirilmesinde Kullanımı

### Özet

Dünyamız her geçen gün kirlenmeye devam etmektedir. Sürdürülebilir olmayan tüketim alışkanlıklarımız nedeniyle , doğal kaynaklarımız tükenirken doğaya geri dönülmez tahribatlar vermekteyiz. Bu tahribatlardan sıkça karşılaştığımız,üzerine inşası mümkün olmayan zeminlerin kazılıp doğal hayata kontrolsüzce dökülmesi ve bunun sonucunda ortaya çıkan çevre tahribatıdır. Oluşan durum, özellikle büzülen killerin varlığı üzerinde inşa edilen yapılara zarar vermektedir. Bahse konu zeminlerin büzülme problemlerinin önlenmesi amacıyla, bu çalışmada sürdürülebilir malzemelerin kullanımı ön plana çıkartılmıştır. Çalışma kapsamında geri dönüştürülmüş polipropilen fiber, odun külü ve bakır çürufu sırası ile fiziksel ve mekanik katkı malzemeler olarak kullanılmıştır. Yine en etkili iyileştirme yöntemlerinden biri olan çimento ile iyileştirme uygulanıp çimento kullanım miktarının

\* Corresponding Author: Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Kuzey Kıbrıs Kampüsü, İnşaat Mühendisliği Programı, Güzelyurt, Mersin 10, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6787-9983), [ekincia@metu.edu.tr](mailto:ekincia@metu.edu.tr)

sürdürülebilir malzemeler vasıtası ile azaltılması amaçlanmıştır. Yeniden yapılandırılan kil, çimento, fiber, çimento ile fiber, çimento ile odun külü ve çimento ile bakır cürufu karışımları farklı oranlarda hazırlanıp serbest büzülme deneyine tabi tutulmuşlardır. Deney süresince hazırlanan örneklerin yükseklik, çap ve ağırlıkları kaydedilerek yatay, dikey ve hacimsel büzülme yüzdeleri yanında ağırlık kaybı yüzdeleri değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler ışığında bir-yönlü varyans analizi ve iki-yönlü varyans analizi modelleri oluşturulmuştur. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, %0.5 oranında sadece fiber katkının %7 oranında sadece çimento katkı kadar etkili olduğu bunun yanında %7 çimento ile %1 fiberlerin bir arada kullanılması ile büzülmeyi engellemede en etkili karışım olduğu gözlemlenmiştir. Söz konusu iyileşmenin çimento ile fiberlerin bir arada kullanılması sebebi ile çimentonun fiber yüzeyini kaplaması ve yüzeyde oluşan gerilmeleri fiberlerin parlak yüzeylerine nazaran artırmasından dolayı olduğu görülmüştür. Kullanılan çimento miktarını %10 ve %20 oranlarında azaltarak, odun külü ve bakır cürufu olarak değiştirilmesi neticesinde odun külünün %10 oranında, bakır cürufuna nazaran daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Odun külü ile kildeki alüminin kimyasal etkileşimi hızlandırarak yoğunlaştırılmış kompozit bir yapı oluşturarak parçacıklar içindeki mevcut nemi izole edilerek ağırlık kaybını engelleyip hacimsel büzülmeyi azalttığı görülmüştür. Odun külü ve bakır cürufunun çimento iyileştirmeye nazaran etkisinin az olmasına rağmen çimento kullanımının azaltılması ve bahse konu malzemelerin atık oldukları ve bertaraf edilecekleri düşünüldüğü zaman, killerin büzülmesinin önlenmesinde kullanımları mümkündür.

**Anahtar Kelimeler:** Büzülme, Kil, ANOVA, Çimento, Odun külü, Bakır cürufu.

## 1. Introduction

Global warming, pandemics, and poverty are evidence of human destruction of the planet. The rate of construction is causing destruction of nature through the excavation and disposition of fertile soils because they are unsuitable for construction activity. This causes natural disasters such as fires and flooding, which in turn yields economic losses and casualties. Construction meets the basic human need for shelter. Similarly, human consumption generates mountains of waste that contaminate clean water resources, cause disease, and lead to economic loss. Due to technological advancement, humans need electricity for daily life. Nowadays, biomass power plants are replacing coal and fuel oil in power generation plants. These biomass power plants generate wood ash (WA), which contaminates resources and endangers humankind. And finally, humankind open mines to obtain this valuable material to use in electronic consumables wherein return this hazardous waste of copper slag (CS) is produced that endanger humankind. It is quite clear that all those activities not just destroying humankind, but it also endangers all living organisms on planet earth. Therefore, our generation must find more sustainable construction materials and methods. In this study, the abovementioned waste materials recycled polypropylene fiber, WA, and CS will be incorporated into unsuitable, highly shrinking clay to enable its use in the construction sector.

Problematic soils exist worldwide; particularly, soils with shrinkage and swell potential cause major problems. Keskin et al. (2006) reported that these soils cause structural damage when changes in water content through environmental variations cause swelling and shrinkage beneath structures. Buhler and Cerato (2007) stated that damage to structures caused by the swelling and shrinkage response of soils exceed the annual average combined damage caused by other natural hazards such as floods, earthquakes, and storms. Such volumetric changes in structures are known to cause settlement and heave. Cheng (1988) evaluated the effects of expansive clays on structures through several case studies. Similarly, Clayton et al. (2010) studied damage to infrastructure assets such as pipelines and roads due to seasonal swelling and shrinkage of clay.

Ample research has been conducted on overcoming the damages caused by swelling and shrinkage of clay. Fibers were reported to be the most performance-effective, cost-effective, and environmentally acceptable option. Miller and Rifai (2004) and Abdi et al. (2008) used the discrete polypropylene fibers and reported that fiber usage resulted in reduced crack formation and volumetric change. Similarly, Puppala et al. (2000) used free swelling and swell pressure tests to study the effects of two types and ratios of polypropylene fiber incorporation on volumetric shrinkage. It was concluded that the addition of fibers decreased the swell pressure and volumetric shrinkage. Furthermore, Rifai & Miller (2004) and Tang et al. (2007) reported that fiber incorporation reduced crack formation. The authors also stated that, as the cracks start to form in fiber-reinforced specimens, fibers across the cracks stretch and develop tension through frictional force developed between the soil and fiber interface, which resists crack development. Ziegler et al. (1998) reported that above a certain limit, fiber content causes void development and encourages crack development. Furthermore, Fatahi et al. (2013) investigated the responses of recycled carpet and monofilament polypropylene on the three-dimensional shrinkage properties of cement-stabilized bentonite and kaolinite clays and reported that fiber and cement blending is effective for reducing volumetric change in clayey soils subjected to drying.

The two other additives used in this study are WA and CS; few studies have used these materials as cement replacements for reducing shrinkage of problematic soils. Nevertheless, researchers have extensively utilized CS for applications in the concrete industry. Siddique (2012) used WA in concrete manufacturing. Authors have reported that the WA quality is largely dependent on tree species, burning temperature, and available moisture content during cutting operations. The authors further stated that the factor governing composite behavior is related to the calcium-silica (Ca/Si) ratio. As this ratio increases, so does expansion. Furthermore, it was determined that crack growth is minimized as the Ca/Si ratio is reduced (Lothenbach and Nonat, 2015; Kunther et al., 2015). Based on previous findings, Siddique et al. (2019) and Lothenbach and Nonat (2015) stated that a high amount of silica reduces the system pH by reducing the Ca/Si ratio while creating higher density when the ratio is high. Moreover, Shi and Lothenbach (2019), Lothenbach and Nonat (2015) and Kunther et al. (2015) reported that the adding WA to concrete increased the water demand, thus ensuring internal curing and facilitating better bond formation later. Due to poor pozzolanic activity and the filler effect of WA, the strength was improved beyond 90 days. The silica/alumina (Si/Al) ratio also plays an important role in strong bond development by

increasing the structure stability. Many studies have indicated the presence of Portlandite and ettringite needles. Crystalline phases are mostly dominated by calcium atoms and show pozzolanic activity, which facilitates densification and stabilizes the microstructure with fewer cracks. Tobermorite gel in WA can be considered semicrystalline and calcium silicate hydrate gel is considered amorphous. Mullite crystals affect the durability properties of the composites (Stolz et al., 2019; Mehta and Monteiro, 2017; Kunther et al., 2015; Siddique, 2014). The incorporation of WA increases water demand and creates internal pressure inside the matrix. If this pressure continues to increase, the structure of the composite deteriorates.

More recently, Ekinçi et al. (2019) studied the strength and microstructural behavior of CS used as a cement replacement in cement-stabilized marine clay and reported relative pozzolanic activity of CS over long term. Al-Rawas et al. (2002) investigated the swelling potential of CS to treat expansive clay and monitored a substantial increase in the swelling potential of the specimens. The authors further reported that the high Na<sup>+</sup> content in CS probably increased the swell potential of soil. Mobasher et al. (1996), Taha et al. (2004), Pavez et al. (2004), Al-Jabri et al. (2006), De Rojas et al. (2008), and Bharati and Chew (2016) reported that CS can be used as a partial cement replacement in concrete; strength increases due to the pozzolanic property of CS. In contrast, Zain et al. (2004) and Shi et al. (2008) investigated the leachability of heavy metals from CS as bulk and reported that it was lower than the Malaysian Environmental Quality Orders and USEPA standard limits.

This study investigated the effects of mechanical and chemical stabilization activities on shrinkage. This is the first study to evaluate the shrinkage behavior of high calcium carbonate content marine clays by investigating the individual impact of each controllable factor and the second-order interaction of cement and fiber. Besides the environmental and economic contribution of cement usage reduction, using waste material such as recycled polypropylene fiber, WA, and CS will enable safe disposal of those harmful materials. Onsite incorporation of these materials does not require any specific tools; field application is conventional and straightforward.

## 2. Experimental Program

The adopted methodology and the details of the used materials are provided herein. Three different sustainable materials were used to reduce the cement used in resisting the shrinkage problem of studied clay. These materials are polypropylene fiber, WA, and CS. For this study, clay only and clay treated with 5 and 7% cement were tested first. Following those specimens, quantities of 0.5 and 1% polypropylene fiber, WA, and CS in 10 and 20% quantities were used as replacements for cement to treat the clay; 51 specimens (three specimens per mix) were produced for free shrinkage testing. The quantities of all replacing materials were expressed as percentages of the dry weight of the cement. The chosen quantities were determined in accordance with previous studies on micromechanical and strength behaviour of similar materials (Ekinçi et al 2020; Ekinçi 2020). Table 1 summarizes the mixes used in this study. Designations were also determined as CA-Clay, CF- Clay + Fibre, CC – Clay+Cement, CCF- Clay+Cement+Fiber, CCWA – Clay+Cement+Wood Ash and CCCS- Clay+Cement+Copper Slag.

*Table 1. Specimen details*

Mix	Designation	No. of specimens	Cement content (%)	Fiber content (%)	Wood ash content (%)	Slag content (%)
Clay	CA	3	0	0	0	0
Clay/0,5%Fiber	CF0.5	3	0	0.5	0	0
Clay/1%Fiber	CF1	3	0	1	0	0
Clay/5%Cement	CC5	3	5	0	0	0
Clay/7%Cement	CC7	3	7	0	0	0
Clay/5%Cement/0,5%Fiber	CC5F0.5	3	5	0.5	0	0
Clay/5%Cement/1%Fiber	CC7F1	3	5	1	0	0
Clay/7%Cement/0,5%Fiber	CC7F0.5	3	7	0.5	0	0
Clay/7%Cement/1%Fiber	CC7F1	3	7	1	0	0
Clay/5%Cement/10%Ash	CC5WA10	3	5	0	10	0
Clay/5%Cement/20%Ash	CC5WA20	3	5	0	20	0
Clay/7%Cement/10%Ash	CC7WA10	3	7	0	10	0
Clay/7%Cement/20%Ash	CC7WA20	3	7	0	20	0
Clay/5%Cement/10%Slag	CC5CS10	3	5	0	0	10
Clay/5%Cement/20%Slag	CC5CS20	3	5	0	0	20
Clay/7%Cement/10%Slag	CC7CS10	3	7	0	0	10
Clay/7%Cement/20%Slag	CC7CS20	3	7	0	0	20



## 2.1. Materials

### 2.1.1. Soil

The soil used in this study is widely found in marine deposit clays around the Eastern Mediterranean and Northern Cyprus coasts. Marine clays are well known to be poor for engineering applications. The identifying geotechnical properties of marine clays are high shrinkage/swelling potential, low unconfined compressive strength, low shear strength, high compressibility resulting in extensive settlements, structural damages, and engineering performance uncertainty (Rajasekaran & Rao, 1997; Rao, Anusha, Pranav & Venkatesh, 2012; Venkateswarlu, Kumar, Raju & Prasad, 2014; Al-bared & Marto, 2017; Ekinci, Filho & Consoli, 2019). Table 2 describes the physical properties of the clay, WA and CS used in this study. Atterberg limit, sieve analysis, specific gravity, and unified soil classification were performed in accordance with the ASTM D 4318 (ASTM, 2017a), ASTM D6913 / D6913M-17(2017), ASTM D 854 (ASTM, 2014), and ASTM D2487 (ASTM, 2017b) standards, respectively. To check the consistency of the performed specimens, the abovementioned tests were performed for every other batch of specimens.

Table 2. Physical properties of marine deposited clay, wood ash, and copper slag

Properties	Marine clay	Wood ash	Copper slag
Liquid limit (%)	40	-	-
Plastic limit (%)	20	-	-
Plasticity index (%)	20	-	Nonplastic
Specific gravity	2.62	1.71	3.45
Fine gravel, 4.75 mm < diameter < 20 mm (%)	-	-	0
Coarse sand, 2.00 mm < diameter < 4.75 mm (%)	3	-	10
Medium sand, 0.425 < diameter < 2.00 mm (%)	2	-	82
Fine sand, 0.075 mm < diameter < 0.425 mm (%)	26	100	8
Silt, 0.002 mm < diameter < 0.075 mm (%)	20	-	0
Clay, diameter < 0.002 mm (%)	49	-	0
Mean particle diameter (mm)	0.0036	0.19	0.9
USCS class	CL	SM	SP

Figure 1 shows the grain size distribution of marine clay, WA, and CS. It is apparent that marine clay comprises 49% of the clay fraction, whereas the remaining portion is mainly composed of fine sand.

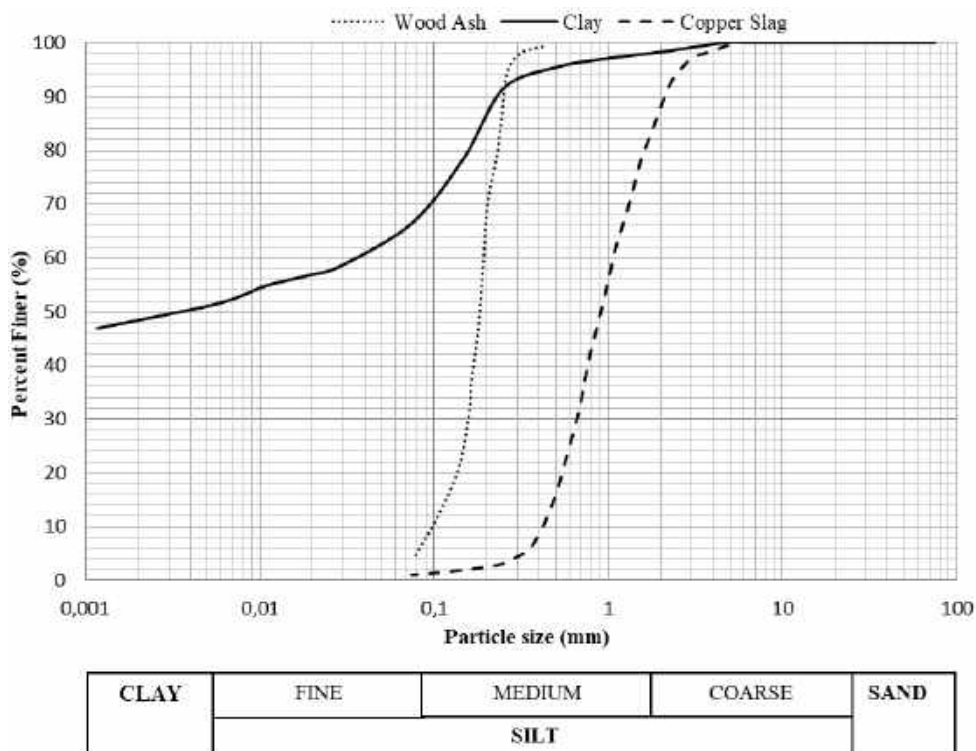


Figure 1. Grain size distribution of studied clay, copper slag, and wood ash.

**2.1.2. Cement**

The cement used in the study was Portland cement (C) Type I, as specified in C150 (ASTM, 2018). The Blaine fineness of cement is 289 m<sup>2</sup>/kg. The X-ray fluorescence spectrometry (XRF) enabled the chemical composition identification of the Portland cement, WA, and CS used, as shown in Table 2. The main components of the cement are calcium oxide and silica.

Table 3. Chemical analysis of Portland cement, wood ash, and copper slag

Compound	Portland cement (%)	Wood ash (%)	Copper slag (%)
SiO <sub>2</sub>	20.72	18.1	32.8
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5.02	3.3	8.3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.5	2.8	43.5
CaO	63.94	44.4	4
MgO	1.21	2.8	3.5
K <sub>2</sub> O	0.2	5.2	0.4
SO <sub>3</sub>	1.5	0.9	2.3
Loss on ignition	2.5	22.1	5.1

**2.1.3. Copper Slag**

CS was taken from the Lefke region of Northern Cyprus, which was once famous for its copper mine that was abandoned in the 1970s. A residue of the copper extracting process, the CS deposits were haphazardly dumped around the region, creating environment hazards due to the heavy metal content and leaching characteristics. However, using small percentages of CS in low-permeability soil would not cause any harm. Figure 1 shows that the incorporated CS was granulated to medium-sized sand with poorly graded particles. Furthermore, as shown in Table 2, similar to marine clay and WA, CS has a high percentage of silica but mainly composed of iron oxide.

**2.1.4. Wood Ash**

The WA used in this study was obtained from the remnants of pruned and burned olive trees. Tombesi (2013) stated that tree pruning enables light penetration and air circulation, preventing fungal and bacterial diseases that develop easily in humid environment. Furthermore, Rodrigues et al. (2018) stated that pruning helps to remove dead and unproductive wood, boosting the growth of new productive branches and preventing aging of the tree. Moreover, Lodolini et al. (2019) reported that controlled pruning both decreases the alternation of production that naturally affects the olive and also helps to manage the plant size to maintain safe harvest conditions. Using WA as a soil stabilization agent will reduce ash disposition in the landfill and will offer new economic benefits and employment opportunities. Currently, approximately 70% of WA is landfilled, whereas 20% is used as an agricultural soil supplement and 10% is employed in other uses, mainly metal recovery and pollution control (Campbell 1990; Etiegni and Campbell 1991).

The WA used in this study can be classified as silty sand (SM) and consists of mostly uniform silt size particles having a mean particle size of D<sub>50</sub> = 0.19 mm (Figure 1 and Table 1). The chemical composition results presented in Table 2 show that, like cement, WA mainly consists of calcite and silica. The specific gravity can vary depending on the source and heat of combustion, as explained by Naik et al. (2003). Therefore, specific gravity tests were performed on each portion of provided WA, and an average value of 1.7 was considered (variation of G<sub>s</sub> < 0.02).

**2.1.5. Fiber**

The fiber used in this study was waste recycled polypropylene type tape fiber, which is the commonly used synthetic material because of its low cost and environmental acceptability. The fibers are 4 mm wide, 63 mm long, and approximately 0.021 mm thick. The physical properties are shown in Table 4.

Table 4 – Physical properties of fibers

Properties	Values	Properties	Values
Melting point	165 °C	Breaking tensile strength	350 MPa
Moisture absorption	0%	Specific gravity	0.91 g/cm <sup>3</sup>
Dispersibility	Excellent	Burning point	590 °C
Elastic Modulus	3500 MPa	Linear mass density	60 Denier*

## 2.2. Methods

### 2.2.1. Molding and Curing of Specimens

Clay specimens brought to the laboratory were dried at 60 °C and granulated with a mortar and pestle down until they were able to pass through a No. 20 sieve.

For the cement-only treated specimens, cement was added in the percentage of the dry weight of clay. Specimens with fibers as cement replacement required extra attention to avoid flocculation and lumping of fibers. Fiber, WA, and CS-replaced specimens were considered to be replacing a percentage of cement and specific gravity differences were considered during the calculation of replacing material weights. All specimens were prepared in batches for three specimens and were first thoroughly hand-mixed in dry conditions to ensure homogeneous mixing.

The prepared blend was then thoroughly hand mixed by adding 75% water, which is nearly 60% more than the liquid limit, bringing the specimen to a slurry state (Burland, 1990). This process was necessary for producing an adequately workable mix and erasing the clay structure to better highlight the effects of replacement materials.

The resulting mixtures with reasonable workability were placed in cylindrical split molds with 150 mm diameters. Specimens were 45 mm height in layers and flattened with a spatula. Molds were placed on a vibration table to expel the trapped air. Subsequently, the tops of the split molds were covered with stretch film to minimize moisture loss and assist the cement hydration process. Finally, specimens were cured for seven days in a humidity chamber with relative humidity of approximately 95% and 24 ± 2 °C (ASTM C511, ASTM 2013). After curing and just before the shrinkage tests, the weights and dimensions of the specimens were recorded. Notably, no significant volumetric or weight change was measured after the curing period, as the specimens were fully saturated prior to curing. Figure 2 shows the specimens after molding and casting.

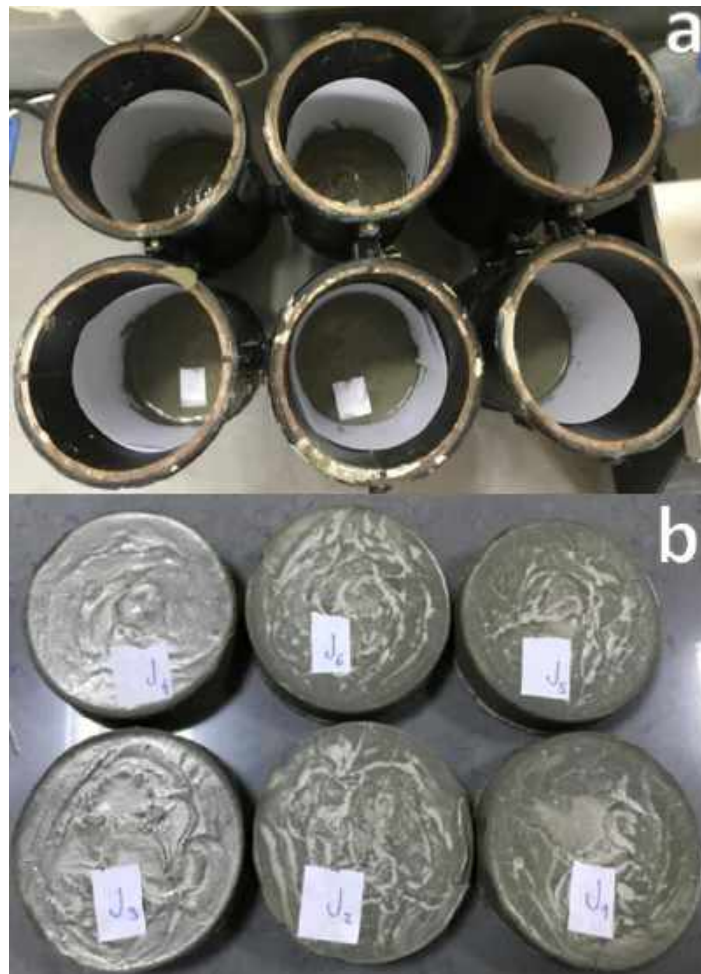


Figure 2. a) Specimen after molding and b) de-molded specimen after curing

### 2.2.2. Free Shrinkage Measurement

Once cured, the de-molded specimens were allowed to dry in accordance with ASTM C 157 (2008). Specimens were stored in a cabinet where humidity and temperature were retained at 45% and  $24 \pm 2$  °C, respectively. At regular three-day intervals, the height, diameter, and mass of each specimen was measured until reaching a dried condition, after which no further change was monitored. To obtain precise measurements, 45 measurements of diameter and height of the specimen were taken at 10 mm intervals using a digital Vernier caliper. To improve accuracy, specimen dimensions were measured at the same location for each observation. The obtained measurements for each set were then used to calculate the axial, radial, and volumetric shrinkage strains using Eqs. 1, 2, and 3, respectively. Furthermore, the specimen weight loss was calculated using Eq. 4.

Axial Shrinkage Strain:

$$\varepsilon_{as} = \frac{h_i - h_f}{h_i} \quad (1)$$

Radial Shrinkage Strain:

$$\varepsilon_{rs} = \frac{D_i - D_f}{D_i} \quad (2)$$

Volumetric Shrinkage Strain:

$$\varepsilon_{vs} = \frac{V_i - V_f}{V_i} = \varepsilon_{as} + 2\varepsilon_{rs} \quad (3)$$

Weight Loss (%):

$$WL = \frac{W_i - W_f}{W_i} \times 100 \quad (4)$$

where,  $h_i$ ,  $D_i$ ,  $V_i$ , and  $W_i$  are initial volume, height, diameter, and weight of the specimens, respectively;  $h_f$ ,  $D_f$ ,  $V_f$ , and  $W_f$  are the final (dry condition) height, diameter, volume, and weight of the specimens, respectively.

## 3. Results and Discussion

### 3.1. Influence of the Replacement Material on the Shrinkage of the Mixes

In this study, two different replacing agent sets were adopted to treat the shrinkage of the clay. In the first approach, a mechanical material such as a fiber was used to enable the development of friction between the fiber surface and clay, which then provides tensile strength. In the second approach, chemical stabilization agents, such as WA and CS, have been incorporated as cement replacements that have pozzolanic nature.

#### 3.1.1. Mechanical Replacement Material

Figure 3 shows axial, radial, and volumetric shrinkage percentages of CA, CF, and CC used as control mixtures, as well as those of CCF mixes, which represent a newly proposed blend to treat subjected clay. Figure 3 shows that the addition of fiber substantially reduced the shrinkage of clay, with 0.5% fiber addition seems to be more effective in comparison to 1% addition. This might be due to increase of fiber content resulting in loss of fiber soil contact area where in return result in restricted friction development. Furthermore, the addition of 5% cement proved to be not as effective as the fiber alone treatment. However, increasing the cement content to 7% revealed to be as effective as adding fiber. In contrast, mixing both fiber and cement seems to further reduce clay shrinkage. Thus, it can be determined that adding any percentage of fiber to 5% cement produces the same volumetric shrinkage response. Compared to the volumetric changes of the fiber and cement only treatments, it is clear that the shrinkage reduction effect in 5% CCF mixes is due to the effect of adding fibers rather than cement. However, further increase of cement content to 7% positively altered the behavior and resisted the clay shrinkage. Clearly, a 1% fiber and 7% cement mix performed best for reducing the volumetric shrinkage of the clay. As stated by Atiyeh and Aydin (2020), it is believed to be due to the coating of cement on fibers, producing extra bonding strength between the fibers and clays, as fibers have shiny surfaces and might end up sliding.

As expected, radial and axial shrinkages showed parallel trends to volumetric changes. Figure 3 shows that reduction in volume is more pronounced in the radial direction, compared to axial direction shrinkage. This is because the major principal axes of the specimens are radial (150 mm) whereas the minor axis is (45 mm) axial. Furthermore, inspecting the specimens during preparation and after testing demonstrated that the fibers are mostly aligned horizontally. Therefore, this has restricted the shrinkage of specimens in radial direction. This can also be proven by comparing the CC specimens with CCF specimens where radial shrinkage of the specimens was double that of the CC specimens.

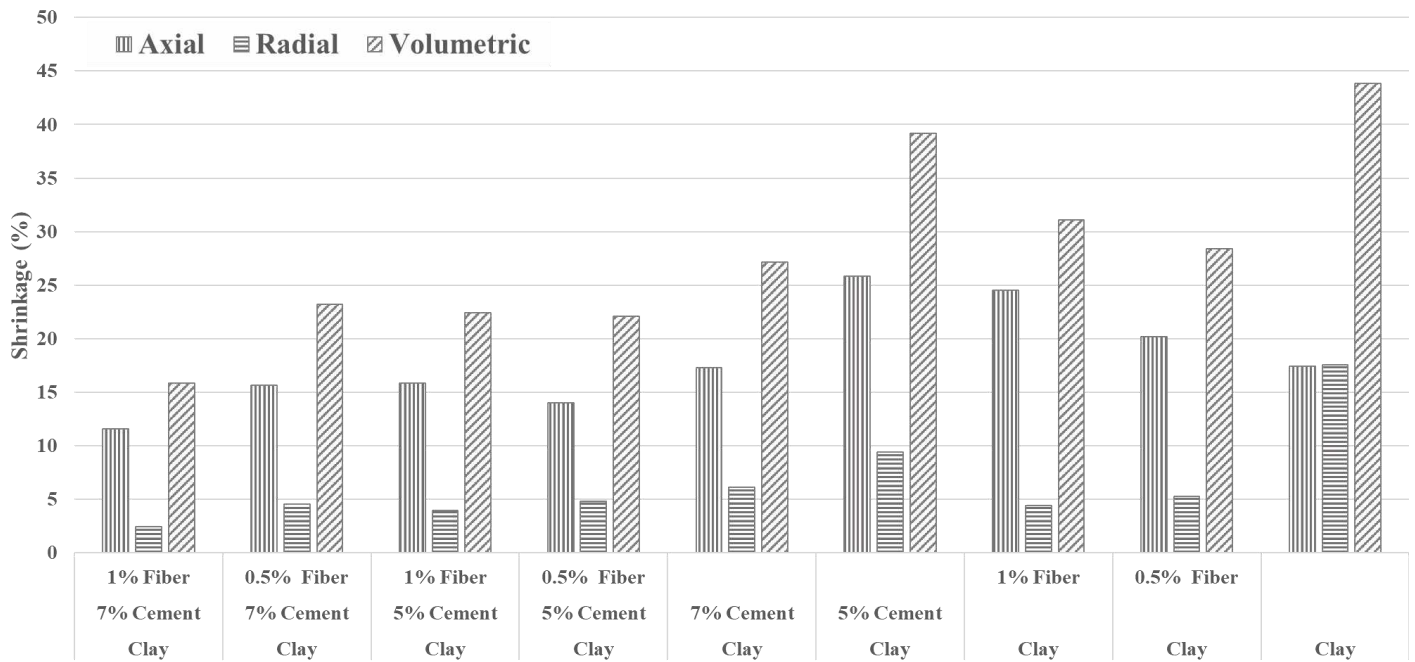


Figure 3. Axial, radial and volumetric shrinkage of CA, CF, CC, and CCF mixes.

Figure 4 shows the weight loss percentage of CA, CF, CC, and CCF mixes. Evidently, the clay only specimens experienced the most weight loss. Unlike the shrinkage behavior, the effect of this treatment on mass loss was minimal; the weight loss percentage ranged from 38.2–39.2%. However, it is interesting that increased fiber content leads to increased weight loss whereas the opposite is observed for cement. It seems that fibers function like a drainage line, leading moisture transfer from the specimens. Furthermore the trapped water between the pores were used in later reactions and lead to better bonding at fiber/soil interface. This effect was also confirmed in the CCF specimens, where increased fiber content caused increased weight loss of specimens regardless of cement content.

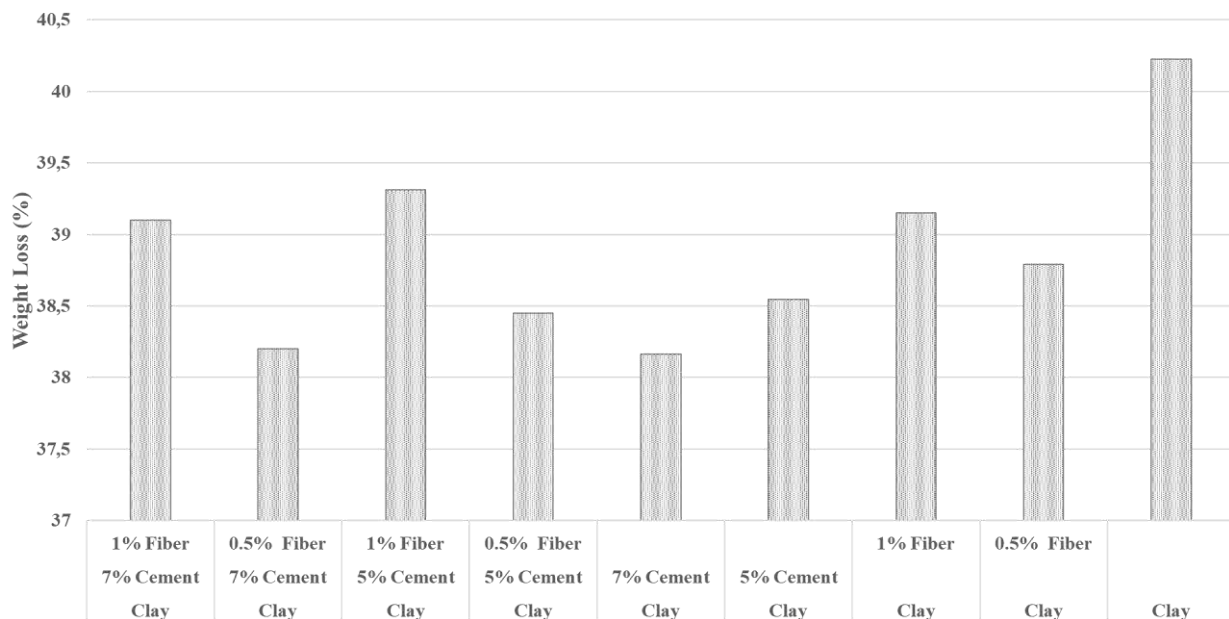


Figure 4. Weight loss percentage of CA, CF, CC, and CCF mixes.

### 3.1.2. Chemical Replacement Material

Axial, radial, and volumetric shrinkage of CS and WA-treated clay specimens are shown with control mixes in Figure 5. Clearly, the WA and CS-treated specimens are less effective than those treated with fiber; the addition of WA and CS caused only 5% variation in shrinkage. Interestingly, CS and WA replacement at 5% cement content seems to reduce the volumetric shrinkage of specimens, where an adverse effect is observed in 7% cement specimens. Therefore, the increase in additive content results in reduction of shrinkage prevention. It is important to limit the amount of WA and CS content to obtain the optimum performance. Moreover, the literature provides evidence that both WA and CS are pozzolanic materials; however, their contributions are greater as they age. It is also apparent from Figure 5 that there is more evidence of radial shrinkage than axial, although not as much as in the fiber-reinforced



specimens. This observation further supports the earlier finding that fibers are the cause of the observed extensive shrinkage reduction in the radial direction.

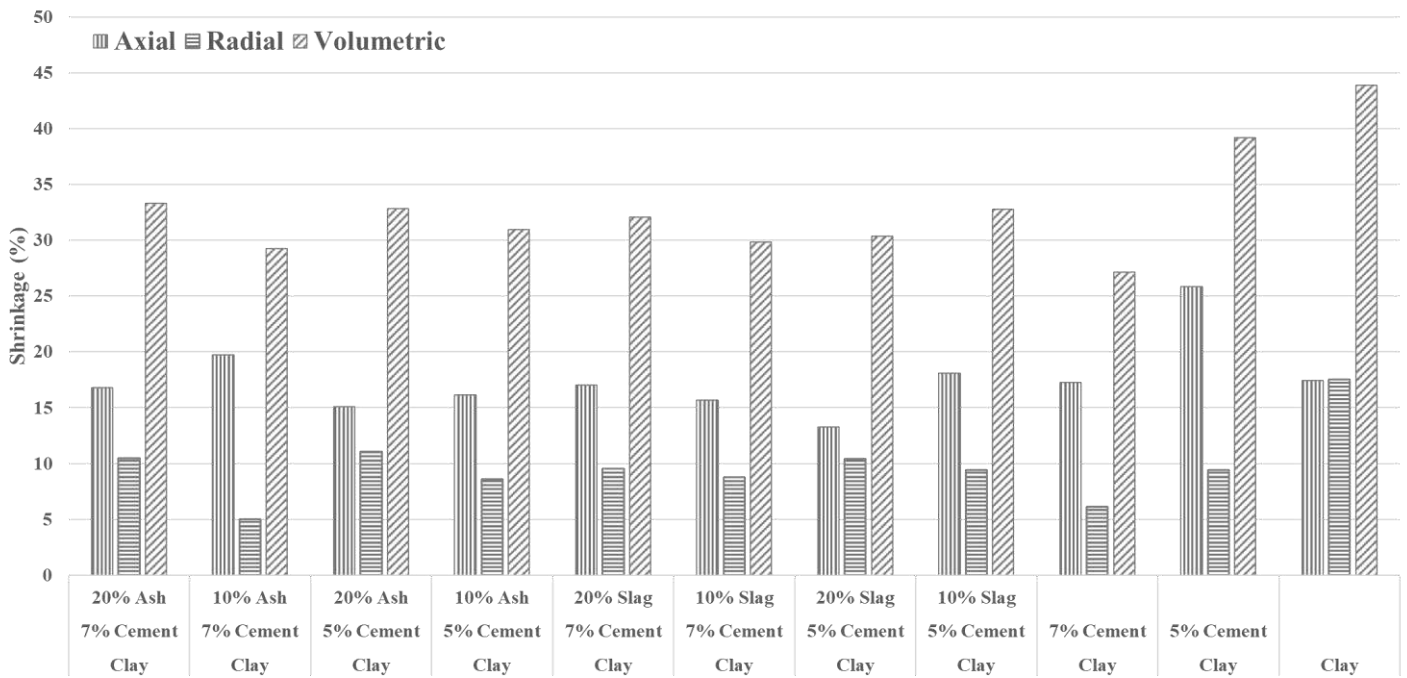


Figure 5. Axial, radial, and volumetric shrinkage of CA, CC, CCCS and CCWA mixes.

Figure 6 shows the weight loss percentage of CA, CC, CCCS and CCWA mixes. As reported earlier, the incorporation and increase of cement content encouraged weight loss. Figure 6 also shows that WA replacement reduced weight loss more than CS at the same percentage. Notably, increasing content resulted in increased weight loss for all percentages of replacement with CS and WA. However, WA resulted in the least weight reduction where such findings agreed with the volumetric responses of the specimens. Based on the XRF data, the clay particles used in this study contained mainly calcite ( $\text{CaCO}_3$ ) and quartz ( $\text{SiO}_2$ ) with some alumina and iron. The availability of aluminous elements in clay accelerates the chemical interaction with cement and WA particles to form a densified composite structure. Such occurrence seems to isolate the moisture available within the particles and restrict weight loss and result in the reduction of volumetric shrinkage. Moreover, Shi and Lothenbach (2019), Lothenbach and Nonat (2015), and Kunther et al. (2015) reported that the addition of WA increases the water demand to ensure internal curing and help to form better bonds in later stages, leading to increased stability of the structure.

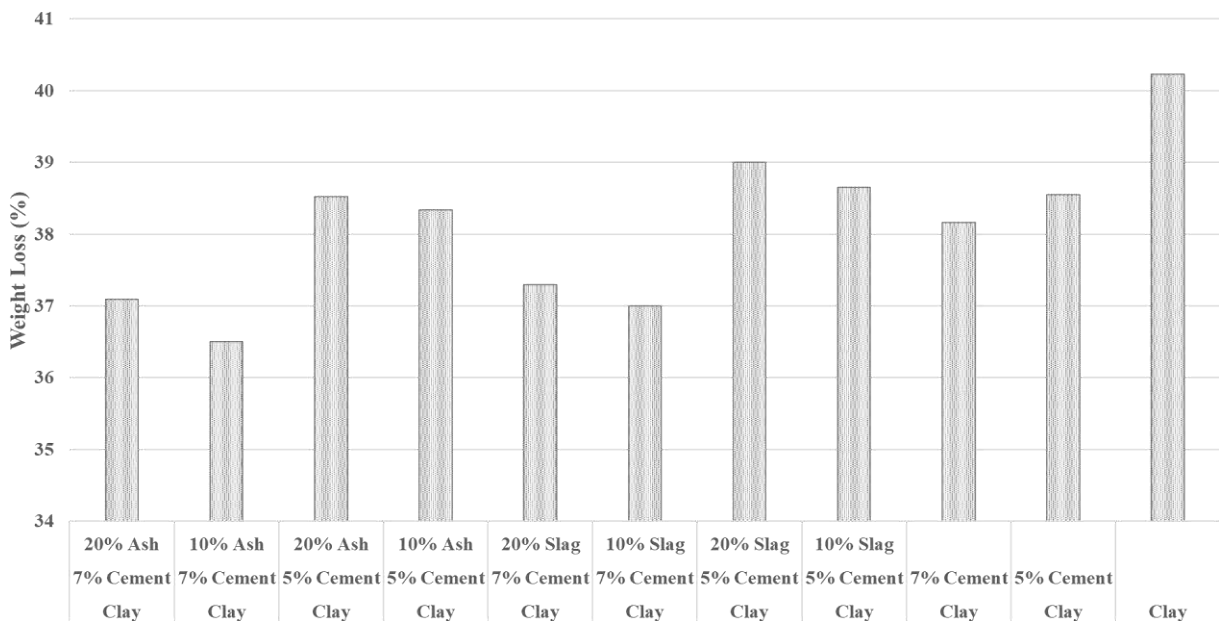


Figure 6. Weight loss percentage of CA, CC, CCCS and CCWA mixes.

### 3.2. Influence of Controllable Factors on the Shrinkage of the Mixes

To statistically assess the shrinkage behavior of each mix, the effect of individual controllable factors are evaluated corresponding to volumetric, radial, and axial shrinkage percentages. Controllable factors analyzed are cement, fiber, ash, and slag content where cement is added in percentage dry weight of clay but fiber, WA, and CS are mixed as replacement of cement. The analysis of variance (ANOVA) performed on each individual controllable factors and two-factor interaction of cement and fiber, were statistically significant at a significance level ( $\alpha$ ) equal to 5% ( $p\text{-value} < \alpha$ ).

Figure 7 shows the individual impact of each controllable factor on the shrinkage. Increased cement content is directly proportional to the reduction in volumetric shrinkage. In contrast, fiber incorporation is as effective as using only cement for the treatment. However, increasing the fiber-only content above 0.5% does not promise further effect. Furthermore, Figure 7 clearly shows that the 10% WA replacement offered a small, noticeable impact on the volumetric shrinkage compared with the cement and fiber only treatments. The incorporation of CS as cement replacement seems to have a null effect up to 20%. Although there was no improvement with 20% WA or 10/20% CS used as a cement replacement, such mixes still present shrinkage reduction, which can have economic and environmental benefits.

The axial and radial shrinkage responses of each controllable factor are parallel with the volumetric shrinkage behaviors. It can be determined from the axial shrinkage that the deviation of the measured values greatly exceeds the radial shrinkage values. This is because shrinkage in the axial direction was uneven compared to radial shrinkage measurements.

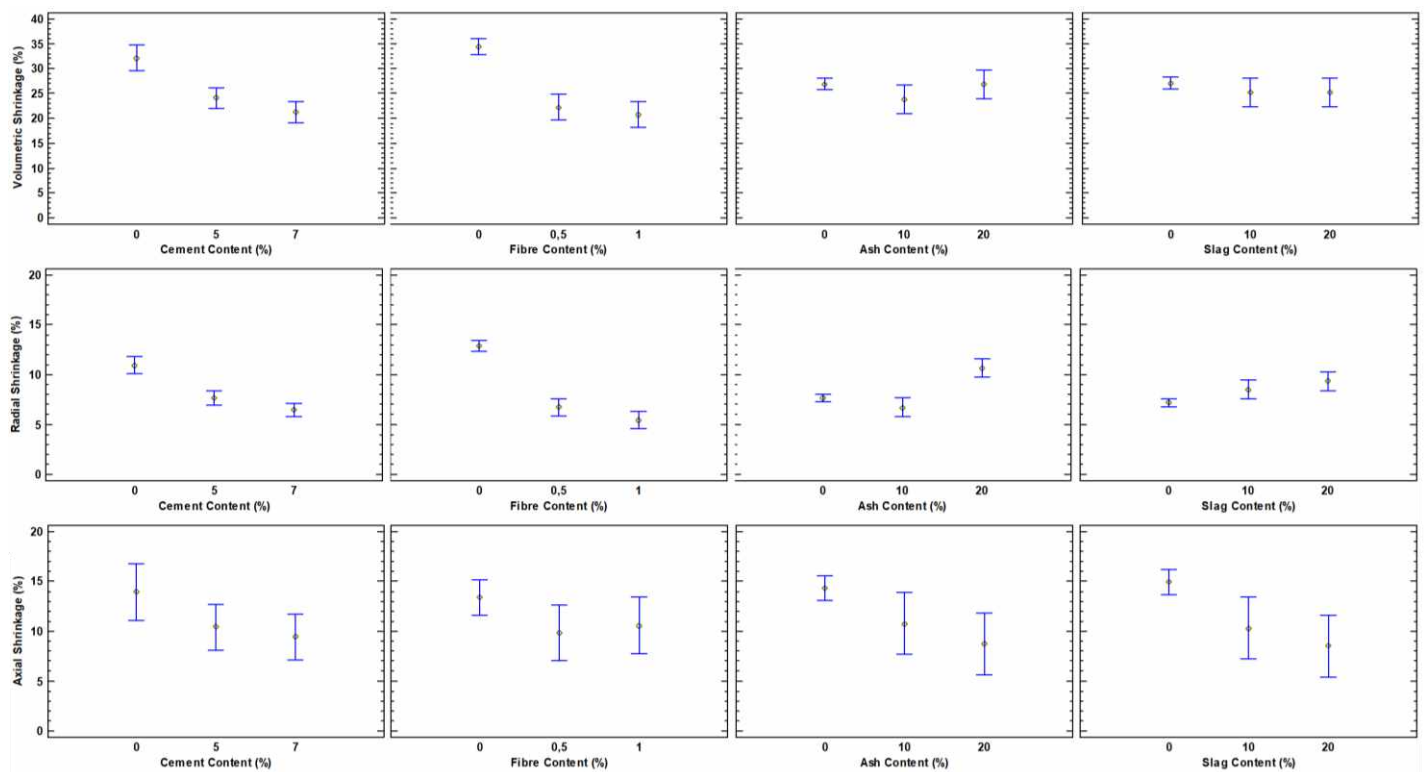


Figure 7. Main effects plot for volumetric, radial, and axial shrinkage percentage of cement, fiber, wood ash, and copper slag.

As previously mentioned, fiber replacement is much more effective for volumetric shrinkage reduction than WA and CS. One may argue that the replacement ratio is much lower in fiber-replaced mixes than in ash and slag. However, fiber incorporation is clearly more effective than any percentage of cement alone. Figure 8 further highlights the effect of fibers through investigating the second-order interaction of CCF mixes. With regard to the volumetric shrinkage response, as soon as fiber is incorporated into cement there is at least a 25% reduction in the shrinkage. Furthermore, it was observed that a 0.5% fiber addition did not result in any further contribution above 5% cement, whereas a 1% fiber addition contributed effectively with a cement content up to 7%. Although fiber inclusion was reported to influence radial shrinkage more than axial shrinkage, the same applies to the observations shown in Figure 8. Further, the increased fiber content resulted in stable reduction of radial shrinkage, whereas in the axial direction, increased cement content combined with fiber incorporation sharply reduced the axial shrinkage, with the exception of the 0.5% fiber, in which the adverse behavior was measured above 5% cement content. This proves that cement content must be increased in parallel with fiber content to obtain the optimum fiber inclusion efficiency.

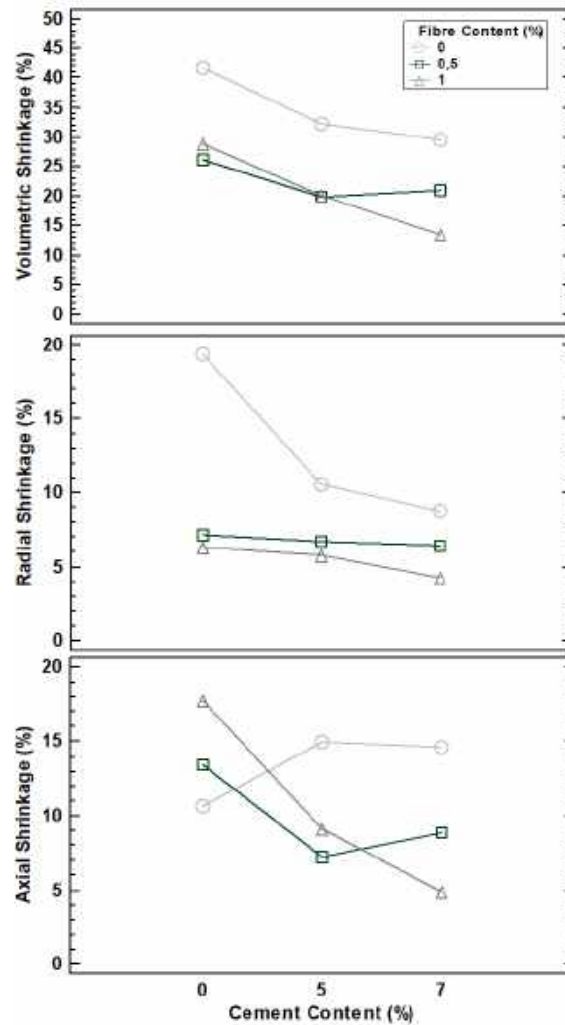


Figure 8. Second-order interaction of CCF mixes.

#### 4. Conclusions and Recommendations

The present study investigated the impacts of polypropylene fiber, WA, and CS replacements on the shrinkage behavior of marine clay. The following conclusions can be drawn from the results of this study:

- 1% fiber with 7% cement mix performed best for reducing the volumetric shrinkage of clay. Cement-coating produces extra bonding strength between fibers and clays. Fibers alone have shiny surfaces that can slide, which degrades the frictional resistance available at the fiber–clay interface.
- The availability of aluminous elements in clay accelerates the chemical interaction with cement and WA particles to form a densified composite structure. Such occurrence seems to isolate the available moisture in the particles and restricts weight loss, resulting in reduced volumetric shrinkage.
- The 10% WA replacement had a noticeable impact on volumetric shrinkage. In turn, using CS as a cement replacement seems to have a null effect up to 20%. Even though there is no improvement of volumetric shrinkage reducing cement by replacing it with 20% wood ash or 10/20% copper slag will result in economical and environmental benefits.
- Even though fiber solely promises shrinkage reduction on problematic soils, the cement–fiber blend is the best alternative. The cement content should be increased along with fiber content to obtain the optimum efficiency of fiber inclusion.
- Reusing of unsuitable soil and hazardous wastes will reduce environmental and financial impacts. Improving soil with additives will facilitate the use of the available soil on site. In addition to the environmental contribution of cement usage reduction, using waste material such as WA and CS will enable safe disposal of those harmful materials.
- Incorporation of such material on site does not require any specific tool; field application is conventional and straightforward. Furthermore, there is no cost of obtaining wood ash, copper slag as they are waste generated from biomass powerplants and copper mines, respectively.
- As earlier studies show that WA and CS activate the pozzolanic reaction at extended curing periods, it is recommended for further study to investigate the behavior of studied mixes at older ages (28 and 60 days of curing). Furthermore, the

microstructure of the tested specimens was studied under scanning electron microscopy to highlight the interactions between clay, cement, fiber, WA, and CS.

## 5. Acknowledgements

The author greatly appreciates the discussions and help from Assoc. Prof. Dr. Ertuğ Aydın from the European University of Lefke. The author also thanks his graduate student, Mr. Doğan Gülaboğlu, for his support in laboratory experiments.

## References

- [1] Abdi, M.R., Parsapajouh, A. & Arjomand, M, A. (2008) Effects of random Finer Inclusion on Consolidation, Hydraulic Conductivity, Swelling, Shrinkage Limit and Desiccation Cracking of Clays. *International Journal of Civil Engineering*, 6, (4) 23-45
- [2] Al-Bared, M. A. M., & Marto, A. (2017). A review on the geotechnical and engineering characteristics of marine clay and the modern methods of improvements. *Malaysian Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 13(4), 825-831.
- [3] Albright, W. H., Benson, C. H., Gee, G. W., Roesler, A. C., Abichou, T., Apiwantragoon, P., Lyles, B. F., and Rock, S. a. (2004) Field water balance of landfill final covers." *Journal of environmental quality*, 33(6), 2317–2332.
- [4] Al-Jabri, K. S., Taha, R. A., Al-Hashmi, A., and Al-Harthy, A. S. (2006). "Effect of copper slag and cement by-pass dust addition on mechanical properties of concrete." *Construction and Building Materials*, 20(5), 322–331.
- [5] Al-Rawas, A. A. (2002). Microfabric and mineralogical studies on the stabilization of an expansive soil using cement by-pass dust and some types of slags. *Canadian geotechnical journal*, 39(5), 1150-1167.
- [6] Al-Rawas, A. A., Taha, R., Nelson, J. D., Al-Shab, B. T., & Al-Siyabi, H. (2002). A comparative evaluation of various additives used in the stabilization of expansive soils. *Geotechnical Testing Journal*, 25(2), 199-209.
- [7] ASTM (2013). "Standard specification for mixing rooms, moist cabinets, moist rooms, and water storage tanks used in the testing of hydraulic cements and concretes." ASTM C511. West Conshohocken, PA: ASTM.
- [8] ASTM (2014). "Standard test methods for specific gravity of soil solids by water pycnometer." ASTM D854. West Conshohocken, PA: ASTM.
- [9] ASTM (2017a). "Standard test methods for liquid limit, plastic limit, and plasticity index of soils." ASTM D4318, West Conshohocken, PA: ASTM.
- [10] ASTM (2017b). "Standard Practice for Classification of Soils for Engineering Purposes (Unified Soil Classification System)." ASTM D2487, West Conshohocken, PA: ASTM.
- [11] ASTM (2018). "Standard specification for Portland cement." ASTM C150, West Conshohocken, PA: ASTM.
- [12] ASTM (2008). "Standard test method for length change of hardened hydraulic-cement mortar and concrete." C157-08, West Conshohocken, PA: ASTM.
- [13] ASTM (2017), "Standard Test Methods for Particle-Size Distribution (Gradation) of Sands Using Sieve Analysis." D6913 / D6913M-17, West Conshohocken, PA: ASTM.
- [14] Bharati, S. K., and Chew, S. H. (2016). "Geotechnical Behavior of Recycled Copper Slag-Cement-Treated Singapore Marine Clay." *Geotechnical and Geological Engineering*, Springer International Publishing, 34(3), 835–845.
- [15] Buhler, R. L., & Cerato, A. B. (2007). Stabilization of Oklahoma expansive soils using lime and class C fly ash. In *Problematic soils and rocks and in situ characterization* (pp. 1-10).
- [16] Burland, J. B. (1990). On the compressibility and shear strength of natural clays. *Géotechnique*, 40(3), 329-378.
- [17] Campbell, A. G. (1990). Recycling and disposing of wood ash. *Tappi Journal*, 73(9), 141-146.
- [18] Chen, F., H. (1988) *Foundation on Expansive Soils*. New York: Elsevier.
- [19] Clayton, C. R., Xu. M., Whiter, J, T., Ham, A., & Rust, M. (2010) Stresses in cast-iron pipes due to seasonal shrink-swell of clay soils. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Water Management* 163(3):157–162.
- [20] Ekinci, A. (2019). Effect of preparation methods on strength and microstructural properties of cemented marine clay. *Construction and Building Materials*, 227, 116690.
- [21] Ekinci, A., Filho, H. C. S., & Consoli, N. C. (2019). Copper Slag-Hydrated Lime-Portland Cement Stabilized Marine Deposited Clay. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Ground Improvement*, 1-30.
- [22] Ekinci, A., Scheuermann Filho, H. C., & Consoli, N. C. (2019). Copper Slag-Hydrated Lime-Portland Cement Stabilized Marine Deposited Clay. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers-Ground Improvement*, 1-30.
- [23] Etiegni, L., & Campbell, A. G. (1991). Physical and chemical characteristics of wood ash. *Bioresource technology*, 37(2), 173-178.
- [24] Fatahi, B., Le, T. M., Fatahi, B., & Khabbaz, H. (2013). Shrinkage properties of soft clay treated with cement and geofibres. *Geotechnical and Geological Engineering*, 31(5), 1421-1435.
- [25] Harianto, T., Hayashi, S., Du, Y. J., & Suetsugu, D. (2008) Effects of Fibre Additives on the Desiccation Crack Behavior of the Compacted Akaboku Soil as A Material for Landfill Cover Barrier. *Water, Air, & Soil Pollution*, 194, (1) 141-149.
- [26] Keskin, S.N., Uzundurukan, S., Goksan, T.S., Korkmaz, A., & M.Ç. (2006). Estimation of Swelling Treatment of Flag Soils by Anfi Analysis. *Soil Mechanics and Foundation Engineering Eleventh National Congress*. Karadeniz Technical University.
- [27] Kunther, W., Lothenbach, B., & Skibsted, J. (2015). Influence of the Ca/Si ratio of the C–S–H phase on the interaction with sulfate ions and its impact on the ettringite crystallization pressure. *Cement and concrete research*, 69, 37-49.



- [28]Lodolini, E. M., Polverigiani, S., Cioccolanti, T., Santinelli, A., & Neri, D. (2019). Preliminary Results about the Influence of Pruning Time and Intensity on Vegetative Growth and Fruit Yield of a Semi-Intensive Olive Orchard. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 21(4), 969-980.
- [29]Lothenbach, B., & Nonat, A. (2015). Calcium silicate hydrates: Solid and liquid phase composition. *Cement and Concrete Research*, 78, 57-70.
- [30]Mehta, P. K., & Monteiro, P. J. (2017). *Concrete microstructure, properties and materials*.
- [31]Miller, Carol, J. & Sami, Rifai. (2004) Fibre reinforcement for waste containment soil liners. *Journal of Environmental Engineering* 130, (8): 891-895.
- [32]Mobasher, B., Devaguptapu, R., and Arino, A. . (1996a). "Effect of copper slag on the hydration of blended cementitious mixtures." ASCE, *Materials Engineering Conference, Materials for the New Millenium*, ed., K. Chong, ed., 1677–86.
- [33]Naik, T. R., & Kraus, R. N. (2003). A new source of pozzolanic material. *Concrete international*, 25(12), 55-62.
- [34]Naik, T. R., Kraus, R. N., & Siddique, R. (2003). Controlled low-strength materials containing mixtures of coal ash and new pozzolanic material. *Materials Journal*, 100(3), 208-215
- [35]Omidi, G, H., Thomas, J, C. & Brown, K, W. (1996) Effect of desiccation cracking on the hydraulic conductivity of a compacted clay liner. *Water, Air, & Soil Pollution*, 89, (1) 91-103.
- [36]Özkul, Z. H., & Baykal, G. (2006). Shear strength of clay with rubber fibre inclusions. *Geosynthetics International*, 13(5), 173-180.
- [37]Pavez, O., Rojas, F., Palacios, J., and Nazer, A. (2004). "Pozzolanic activity of copper slag." VI international conference on clean technologies for the mining industry, University of Concepcion, Chile.
- [38]Puppala, A. J., & Musenda, C. (2000). *Transportation Research Record*. (1736), 134-140.
- [39]Rajasekaran, G., & Rao, S. N. (1997). Lime stabilization technique for the improvement of marine clay. *Journal of Japanese Geotechnical Society: Soils and foundations*, 37(2), 97-104.
- [40]Rao, K. D., Anusha, M., Pranav, P. R. T. & Venkatesh, G. (2012). A laboratory study on the stabilization of marine clay using saw dust and lime. *International Journal Of Engineering Science & Advanced Technology*, 2(4), 851-862.
- [41]REMR Technical Note (1998). Influence of Short Polymeric Fibres ib Crack Development of Clays.
- [42]Rifai, S. & Miller, C. (2004). Fibre Reinforcement for Waste Containment Soil Liners. *Journal of Environmental Engineering*, 130, (8)
- [43]Rodrigues, M. A., Lopes, J. I., Ferreira, I. Q. and Arrobas, M. 2018. Olive Tree Response to the Severity of Pruning. *Turk.J. Agric. For.*, 42: 103-113.
- [44]Rojas, M. I. S., Rivera, J., Frías, M., and Marín, F. (2008). "Use of recycled copper slag for blended cements." *Journal of Chemical Technology & Biotechnology, Wiley-Blackwell*, 83(3), 209–217.
- [45]Shi, C., Meyer, C., and Behnood, A. (2008). "Utilization of copper slag in cement and concrete." *Resources, Conservation and Recycling*, 52(10), 1115–1120.
- [46]Shi, Z., & Lothenbach, B. (2019). The role of calcium on the formation of alkali-silica reaction products. *Cement and Concrete Research*, 126, 105898
- [47]Siddique, R. (2012). Utilization of wood ash in concrete manufacturing. *Resources, conservation and Recycling*, 67, 27-33.
- [48]Steinberg, M. (1998) *Geomembranes and the Control of Expansive Soils in Construction*. New York: McGraw-Hill.
- [49]Stolz, J., Boluk, Y., & Bindiganavile, V. (2019). Wood ash as a supplementary cementing material in foams for thermal and acoustic insulation. *Construction and Building Materials*, 215, 104-113.
- [50]Taha, R., Al-Rawas, A., Al-Jabri, K., Al-Harthy, A., Hassan, H., and Al-Oraimi, S. (2004). "An overview of waste materials recycling in the Sultanate of Oman." *Resources, Conservation and Recycling*, 41(4), 293–306.
- [51]Tang, C., Bin, S., Wei, G., Chen, F., & Cai, Y. (2007). Strength and mechanical behavior of short polypropylene fibre reinforced and cement stabilized clayey soil. *Geotextiles and Geomembranes*, 25, 194-202
- [52]Tombsi A (2013). Advances in harvesting and pruning of olive trees. *La Rivista di Scienza dell'Alimentazione (J Food Sci Nutr)* 1:97-103.
- [53]Venkateswarlu, D., Kumar, M. A., Raju, G. P., & Prasad, D. (2014). A Study On The Lime–Cement Stabilized Marine Clay. *Asian Journal of Microbiology, Biotechnology & Environmental Sciences*, 16(2), 439-444.
- [54]Vipulanandan, C. & Leung, M. (1991) Seepage Control in Contaminated and Permeable Houston Clay: A Laboratory Study. *Hazardous Waste and Hazardous Materials*, 8, (1) 17-32.
- [55]Zain, M. F. M., Islam, M. N., Radin, S. S., and Yap, S. G. (2004). Cement-based solidification for the safe disposal of blasted copper slag. *Cement and Concrete Composites*, 26(7), 845–851.
- [56]Ziegler, S., Leshchinsky, D., Ling, H.I., & Perry, E.B. (1998). Effect of short Polymeric Fibres on Crack Development in Clay. *The Japanese Geotechnical Society*, 38, (1)
- [57]Atiyeh, M., & Aydin, E. (2020). Carbon-Fiber Enriched Cement-Based Composites for Better Sustainability. *Materials*, 13 (8), 1899. <https://doi.org/10.3390/ma13081899>





# Gerçek Zamanlı Yüz Tanıma Tabanlı Personel Kontrol ve Takip Sistemi Tasarımı

Uğur Mamak<sup>1</sup>, Mehmet Zeki Konyar<sup>2\*</sup>, Serdar Solak<sup>3</sup>, Mustafa Hikmet Bilgehan Uçar<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Müh. Bölümü, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3488-0566)

<sup>2</sup> Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Müh. Bölümü, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8914-5553)

<sup>3</sup> Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Müh. Bölümü, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1081-1598)

<sup>4</sup> Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Müh. Bölümü, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9023-0023)

(İlk Geliş Tarihi 27 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 16 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.727768)

**ATIF/REFERENCE:** Mamak, U., Konyar, M. Z., Solak, S. & Uçar, H. B. (2020). Gerçek Zamanlı Yüz Tanıma Tabanlı Personel Kontrol ve Takip Sistemi Tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 497-504.

## Öz

Son yıllarda görüntü işleme ve bilgisayarlı görme çalışmaları hızla yayılmaya başlamıştır. Tarım, tıp, eğitim, sağlık ve güvenlik gibi birçok alanda bilgisayarlı görme çalışmaları yapılmakta ve günlük yaşamımızda kullanılmaktadır. Özellikle yüz ve nesne tanıma işlemi, her geçen gün farklı birçok uygulama ile karşımıza çıkmaktadır. Geliştirilen bu yüz tanıma uygulamaları ile kullanıcılardan yüz bilgileri toplanarak veri ve bilgi tabanları oluşturulmaktadır. Okul, işyeri, site, alışveriş merkezi, stadyum gibi birçok sosyal alanların kontrol ve takip edilmesinde bu uygulamalar ve veritabanları kolaylık sağlamaktadır. Makale kapsamında, işyerlerinin personel giriş ve çıkışlarını hızlı, etkili ve doğru bir şekilde takip etmesi amacıyla, yüz tanıma tabanlı personel kontrol ve takip sistemi tasarımı önerilmektedir. Çeşitli işyerlerinde personel giriş çıkışlarının kontrol edilmesi genellikle kartlı sistem veya el ile kayıt tutularak yapılmaktadır. Bu tarz sistemlerde başkasının yerine kart basma veya eksik isim yazma gibi insan kaynaklı problemler ortaya çıkmaktadır. Ayrıca personel sayısının fazla olduğu firmalarda personel giriş çıkışlarının takip edilmesinde ciddi problemler yaşanmaktadır. Özellikle yakın zamanda ortaya çıkan salgın hastalıklardan sonra herkesin aynı yere kart basması veya parmak izi okutması hijyen ve sağlık koşulları açısından oldukça sıkıntılı bir durum olduğu ortaya çıkmıştır. Geliştirilen sistemde, giriş ve çıkışlara kameralar yerleştirilerek personellerin görüntüleri alınmaktadır. Alınan görüntülerden yüz bölgeleri tespit edildikten sonra, özyüz, fisheryüz ve yerel ikili örüntü histogramı yöntemleriyle yüzün kime ait olduğu bulunmaktadır. Bulunan kişiye ait giriş veya çıkış bilgisi ekranlarda gösterilmekte ve bu bilgi personel veritabanında saklanmaktadır. Yüz tanıma sistemi sayesinde personellerin işe geliş, gidiş saatleri ve fazla mesai bilgileri otomatik olarak kolayca takip edilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Bilgisayarlı görme, Fisheryüz, Özyüz algoritması, Yerel ikili örüntü histogramı, Yüz tanıma.

## Real Time Face Recognition Based Personnel Control and Tracking System Design

### Abstract

Image processing and computer vision have started to spread rapidly in recent years. Computer vision studies are carried out in many fields such as agriculture, medicine, education, health and security and are used in our daily life. Especially face and object recognition process comes up with many different applications day by day. Thanks to these face recognition applications developed, databases are

\*Sorumlu Yazar: Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilişim Sistemleri Müh. Bölümü, Kocaeli, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8914-5553,  
[mzeki.konyar@kocaeli.edu.tr](mailto:mzeki.konyar@kocaeli.edu.tr)

created by collecting facial information from users. These applications and databases will facilitate the control and monitoring of many social areas such as schools, workplaces, sites, shopping centers, stadiums. In this article, it is proposed to design a face recognition based personnel control and tracking system in order to track the personnel entrances and exits quickly, effectively and accurately. Controlling the entrances and exits of employees in various workplaces is generally done by card system or by keeping a manual record. In such systems, human-related problems such as printing cards or typing incomplete names occur instead of someone else. In addition, there are serious problems in tracking the number of personnel entrances and exits in companies. Especially after recent epidemic diseases, it has turned out to be a very troublesome situation in terms of hygiene and health conditions for everyone to scan cards or to have fingerprints in the same place. In this study, face recognition based personnel control and tracking system design was developed. In the developed system, cameras are placed on the entrance and exit and the images of the personnel are taken. After determining the facial regions from the images taken, it is determined to whom the face belongs by using eigenface, fisherface and local binary pattern histogram methods. The entry or exit information of the person found is displayed on the screen and this information is stored in the personnel database. Thanks to the face recognition system, personnel entry-exit times and overtime information are easily tracked automatically.

**Keywords:** Computer vision, Eigenface, Face recognition, Fisherface, Local binary pattern histogram.

## 1. Giriş

Yüz tanıma yöntemleri, ticari kullanım ihtiyacının yanı sıra, artan güvenlik ihtiyaçlarını gidermek için de geliştirilmektedir. Uygulanan yüz tanıma yönteminin, düşük hataya sahip olması, farklı pozlardaki çekimlerde bile yüksek başarı ile yüzü tanıması ve diğer biyometrik yöntemlerden daha hızlı çalışması onu öne çıkarmaktadır. Yüz tanımanın en önemli avantajlarından biri de klasik kimlik tespit yöntemlerine göre daha yüksek güvenlik sağlamasıdır. Yüz tanıma işlemi iki kısımda gerçekleştirilmektedir. İlk olarak görüntüdeki yüzün algılanma aşamasıdır. Bu aşamada şablon eşleştirme, bilgi tabanlı yöntemler gibi metotlar kullanılarak yüz algılanmaktadır. Tespit edilen yüzlerin tanınabilmesi için veritabanında kişiye ait birden fazla poz ve varyasyonda çekilmiş yüz görüntüleri bulunmalıdır.

Yüz algılama, yüz tanıma için ilk ve temel adımdır ve görüntülerdeki yüzleri algılamak için kullanılır. Yüz tespiti ve tespit edilen yüzün konumlandırılması işlemi yüz tanıma uygulamalarında kullanılan en önemli ön işlemlerden birisidir. Yüz tespitini zorlaştıran etmenlere bakıldığında, yaş, yüzün bir kısmının kapanması, poz değişimi, yüzün aydınlanması, karmaşık arka plan, ten rengi ve mesafe öne çıkmaktadır (Lal vd., 2018; Kumar vd., 2019). Yüz tanıma yöntemleri öznitelik tabanlı ve şablon resimlere dayalı yöntemler olarak ikiye ayrılabilir. Resim şablonuna dayalı yöntemler, veritabanlarında tutulan resimlerle karşılaştırma yaparak tespit işlemini gerçekleştirir. Öznitelik tabanlı yöntemler ise gözler, kaşlar, ağız, burun saç hattı gibi yapısal özelliklerin yerleri değişmemesini esas alır. Bu yapısal özellikler arasındaki ilişkiler için istatistiksel modeller çıkartılarak yüz tespiti sağlanır (Kumar vd., 2019).

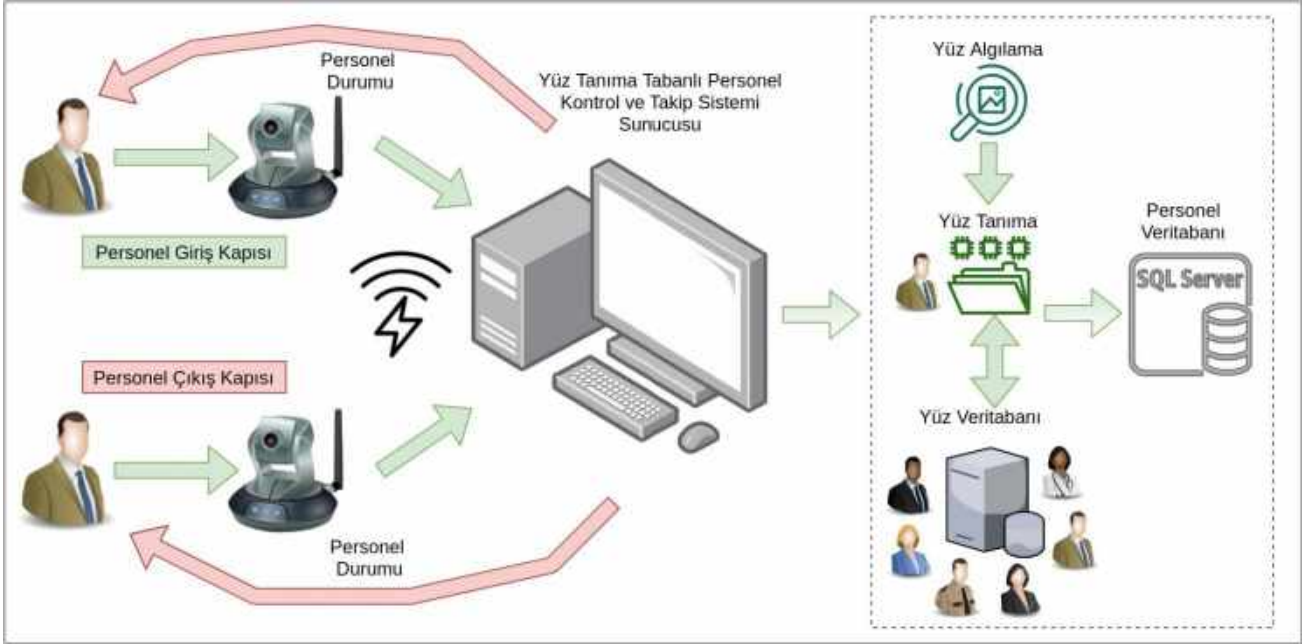
Yüz tanıma uzun zamandır kullanılmasına rağmen günlük hayatta yaygınlaşması yakın zamanlarda olmuştur. Özellikle akıllı telefonların ve tabletlerin yaygınlaşması yüz tanımayı daha da popüler hale getirmiştir. Cinsiyet tespiti, evrak kontrolü, otomatik fotoğraf çekimi, duygu tanıma gibi alanlarda sıklıkla kullanılırken biyometrik tanıma ve takip için de başvurulan bir yöntem olmaya başlamıştır. Selvi vd., (2014) çalışmasında bir üniversitedeki öğrencilerin yoklamasını otomatik almak için bir yöntem önermişlerdir. Oldukça basit ve temel düzeydeki bu yöntemde temel bileşen analizi tabanlı yüz tanıma yapılmıştır. Holat & Kulaç, (2014) çalışması ise hazır bir veritabanı üzerinden yüz tanıma uygulaması yapmıştır. Bu çalışma, yüz tanıma yöntemlerini, histogram eşitleme ve filtreleme işlemlerinin kullanımına göre karşılaştırmıştır. Ayrıca farklı pozlardaki yüzlerin tespit edilme durumlarını incelemiştir. Turan, (2017) çalışmasında yüz tanımayla öğrenci yoklaması yapılırken, öğrencilerin ders süresince duygusal değişimlerini de takip etmek için bir çalışma yapılmıştır. Taşınabilir sistemlerle öğrenci yoklaması yapan yöntemlerden Patel vd., (2018) çalışmasının yazarları raspberry pi kullanarak, Bhattacharya vd., (2018) çalışmasının yazarları da basit bir gömülü sistem kullanarak yüz tanıma tabanlı takip sistemi geliştirmişlerdir. Öğrenci yoklama takibi yapan diğer bir yöntemde ise (Nandhini vd., 2019) derin öğrenme yaklaşımlarıyla sınıftaki mevcut öğrenciler tespit edilmektedir. Avuçlu vd., (2017) çalışmasında Temel bileşen analiz yöntemiyle yüz tanıma yapılarak, işe geç gelen veya işten erken çıkan kişilerin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Kadlag vd., (2018) çalışmasında yüz tanıma, kartlı geçiş sisteminin kontrolü için kullanılmaktadır. Kartı basan kişinin resmi çekilip, kart sahibinin sistemdeki yüzü ile karşılaştırılmaktadır. Kartı basan kişi, kartın sahibi ise geçişine izin verilmektedir.

### 1.1. Çalışmanın Avantajları

Kartlı takip sistemlerinde, kart basma işlemi hem zahmetli hem de zaman kaybına sebep olmaktadır. Kartlı takip sistemlerinde yanlış beyan yani kartın başkası tarafından okutulması da diğer bir problemdir. Parmak izi ve diğer biyometrik takip sistemleri de güvenli yöntemler olmakla beraber zaman kaybını önleyememektedir. Bunun yanında özellikle yakın zamanda ortaya çıkan salgın hastalıklardan sonra herkesin aynı yere kart basması, parmak izi veya iris okutmasının hijyen ve sağlık koşulları açısından oldukça sıkıntılı bir durum olduğu ortaya çıkmıştır. Bunun için bu çalışmada önerilen yüz tanıma tabanlı takip sistemi biyometrik özellikleri kullanması sebebiyle güvenilir bir yöntemdir. Personelin giriş ve çıkışlarda kameraya bakması dışında bir işlem gerektirmediği için hem hızlı hem de sağlık koşullarına uygun bir yöntemdir. Ayrıca, insan faktöründen kaynaklanan sorunların önüne geçerek, işletmelerde yüz tanıma sistemi ile personel giriş çıkış saatlerini dijital ortama kaydederek, fazla mesai bilgilerinin hesaplanmasına destek olurken, devam takibi için raporların elde edilmesini sağlamaktadır. Bu sayede insan faktöründen kaynaklanan hatalar en aza indirgenmektedir. Bunların yanı sıra elde edilen bu raporlar yöneticilere daha doğru bilgiler vererek anlık, günlük veya aylık durumları kolayca görmelerini sağlamaktadır.

## 2. Materyal ve Metot

Yüz tanıma sistemi sayısal bir görüntüden veya bir video karesinden bir kişiyi tanımak ve doğrulamak amacıyla kullanılır. Yüz tanıma sistemlerinde kullanılan çok sayıda yöntem vardır. Bu sistemlerin genel yapısı belirli yüz görüntülerinden elde edilmiş özellikleri içeren dosyalar ile tanımlı yüzlerin karşılaştırılması mantığı vardır. Ayrıca, kişinin yüz dokularına ve şekline dayanan kalıpları analiz ederek bir kişiyi benzersiz şekilde tanımlayabilen biyometrik yapay zekâ tabanlı uygulamalar da geliştirilmektedir. Yüz tanıma sisteminin biyometrik bir teknoloji olarak doğruluğu, iris tanıma ve parmak izi tanıma seviyesinden düşük olsa da, temassız ve invazif olmayan işlemlerinden dolayı yaygın olarak kullanılmaktadır. Yakın zamanlarda, ticari pazarlama ve tanımlama aracı olarak da popüler hale gelmiştir. Bu kapsamda firmaların personellerini etkili ve doğru bir şekilde takip etmesi için yüz tanıma tabanlı personel kontrol ve takip sistemi önerilmektedir. Önerilen bu sistem sayesinde firmada yer alan personeller sisteme hızlı bir şekilde kaydedilmekte ve giriş-çıkışları kayıt altına alınmaktadır. Şekil 1’de bu çalışma kapsamında gerçekleştirilen yüz tanıma tabanlı kontrol ve takip sistemine ait blok şeması sunulmaktadır.



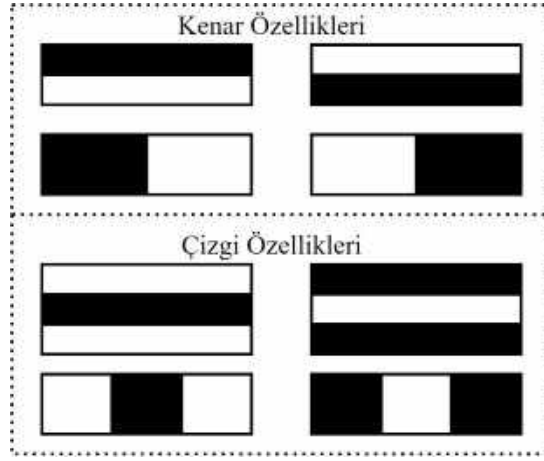
Şekil 1. Önerilen yüz tanıma tabanlı kontrol ve takip sistemi

Önerilen sistemde işyerinin giriş ve çıkışlarına personellerin yüz görüntülerini almak amacıyla kablolu veya kablosuz kameralar yerleştirilmektedir. Bu kameralar sayesinde alınan görüntüler sunucu bilgisayarda görüntü işleme teknikleri kullanılarak işlenmektedir. Alınan görüntülerde ilk olarak, yüz olup olmadığı tespit edilmektedir. Eğer sistem tarafından yüz tespit edildiyse, yüzün kime ait olduğu personel veritabanından kontrol edilmektedir. Giriş veya çıkışta yüzü algılanan kişi yüz veritabanında yer alıyorsa, personel veritabanına ilgili bilgileri yazılmaktadır. Eğer yüz veritabanında yer almayan bir kişi algılandıysa misafir veya yeni personel olarak tanımlanabilir. Gerçekleştirilen sistem ile yöneticiler personellerin durumlarını istedikleri zaman kontrol edebilirler. Önerilen çalışmada özyüz, fisheryüz ve yerel ikili örüntü histogramı (LBPH) olmak üzere üç farklı yöntem ile yüz tanıma işlemi yapılabilmektedir.

Yüz tanıma işleminin ilk adımı, görüntülerde yüz algılama işleminin başarılı ve doğru bir şekilde gerçekleştirilmesidir. Bu amaçla kullanılan yüz algılama yöntemleri, görüntülerin yüzlü (pozitif) görüntüler veya yüz­süz (negatif) görüntüler olup olmadığını belirlemeye çalışırlar (Hatem vd., 2015; Reddy, 2017). Yüz algılamanın en doğru biçimde yapılması için, algoritmaların yüzlü görüntüler ve yüz olmayan görüntüler içeren devasa veri kümeleri ile eğitilmeleri gerekmektedir. Yüz algılama algoritmaları “resimde herhangi bir yüz var mı”, “varsa nerede” olduğunu sorularına cevap aramaktadırlar. Bu makalede yüz algılama işlemi için yaygın kullanılan Viola-Jones algoritmasından faydalanılmıştır. Algoritmanın ilk aşamasında, kayan pencere adı verilen yöntem kullanılarak kameradan alınan görüntü üzerinde soldan sağa ve yukarıdan aşağıya doğru tarama yapılmaktadır. Pencerenin içerisinde iki kaş, iki göz, burun ve ağızı temsil eden Haar benzeri özellikler aranmaktadır. Taramada kullanılan Haar benzeri özellikler Şekil 2’de gösterilmektedir. Örneğin görüntüde kaş arama işleminde kaşın koyu renkten oluşması üst tarafının ise açık renk olmasından dolayı kenar özellik varlığına bakılmaktadır. Benzer şekilde dudak, burun ve gözler için de ilgili özelliklere bakılmaktadır.

Taramada kullanılan pencere boyutları büyütülüp küçültülerek resim tekrar tekrar taranmakta ve kaçırılan yüzler varsa onlar da bulunmaya çalışılmaktadır. Algoritmada kullanılan Haar benzeri özelliklerinin çok hızlı bir şekilde hesaplama yapması için integral resmi kullanılmaktadır. Yüz tanıma algoritmasının hızlı çalışması için renkli görüntüler yerine gri görüntüler üzerinde aramalar yapılmaktadır.

Görüntüdeki yüz algılandıktan sonra, o yüzün kime ait olduğu tespit edilmeye çalışılır. Yüz tanıma olarak adlandırılan bu işlemin gerçekleştirilmesinde çok sayıda algoritma kullanılmaktadır. Bu makaledeki yüz tanıma işlemi için özyüz, fisheryüz ve yerel ikili örüntü histogramı yöntemleri kullanılmıştır.



Şekil 2. Yüz algılama için kullanılan Haar benzeri özellikleri

Makale kapsamında ve yüz tanımda yaygın kullanılan öz yüzler (Eigenfaces) yöntemi, Temel Bileşenler Analizi adı verilen Principal Component Analysis (PCA) tekniği kullanılmaktadır. Yöntem, yüz görüntülerinden elde edilecek yüz veritabanı içerisinde, yüz görüntüsünü temsil edecek en iyi vektörüne ait temel bileşenleri aramakta ve veri kümesini oluşturulmaktadır. Temel bileşenleri temsil eden bu vektör görünüm olarak yüze benzediğinden “özyüz” adını almıştır. Temel bileşenlerin ve vektörün elde edilmesinde, veri kümesi üzerinde çeşitli istatistiksel hesaplamalar kullanılarak boyut indirgemesi ve yorumlaması yapılmaktadır. Yöntemin temel yapısında, boyut indirgemesi gerçekleştirildiği için, veri seti küçülmekte ve yöntem gerek eğitim aşamasında gerek tanıma işleminde hızlı çalışmaktadır (Kekül vd., 2018)

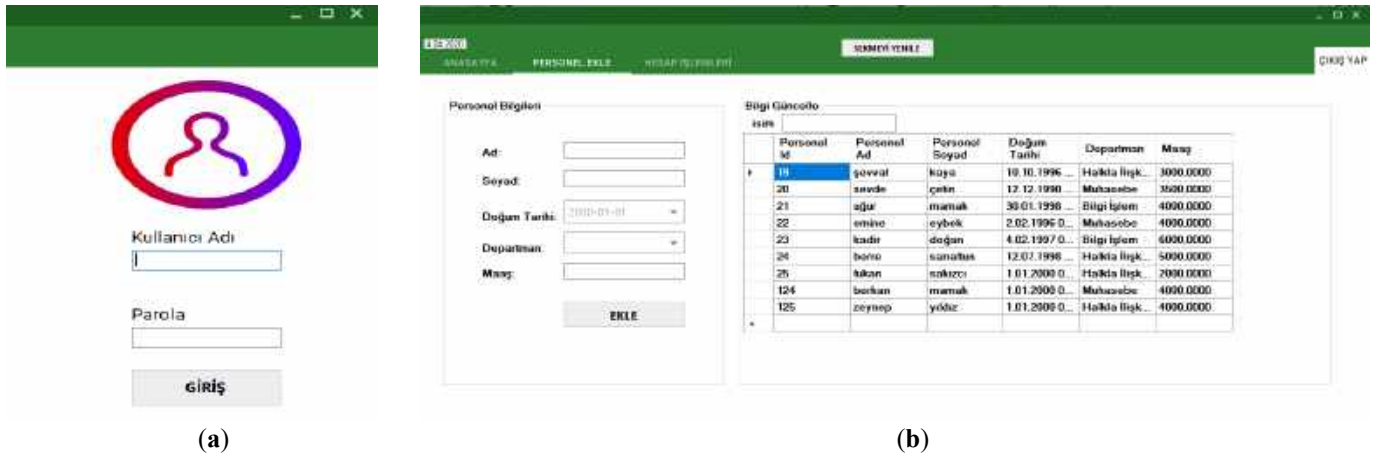
Çalışmada kullanılan Fisheryüz algoritması özyüz algoritmasının geliştirilmesiyle ortaya çıkmıştır. Algoritma boyut indirgeme işleminde, Doğrusal Ayraç Analizi (DAA) yapısını kullanılmaktadır. DDA yaklaşımı kullanılarak geliştirilen bu yüz tanıma algoritmasında, bir kişiye ait çok sayıda farklı yüz görüntüleri, yüz veritabanına eklenmekte ve sınıf içi dağılımı minimuma, sınıflar arası dağılımı ise maksimuma çıkarmayı hedeflemektedir. Bu sayede, benzer özelliklerin kümelenebilmesi sağlanmaktadır. Özellikle, gerçek zamanlı uygulamalarda, Fisheryüz algoritması, görüntü ön işleme adımlarının fazla olmasından dolayı yavaş sonuçlar veren bir yöntemdir (Erdoğan & Ilgın, 2015; Kabasakal, 2018; Holat & Kulaç, 2014).

Yüz tanıma çalışmalarında performans yüksekliğinden dolayı çalışmada kullanılan diğer algoritma ise yerel ikili örüntü histogramı yöntemidir. Hesaplama karmaşıklığının az olması ve sınıflandırmadaki başarılarından dolayı gerçek zamanlı yüz tanıma sistemlerinde yaygın kullanılmaktadır. Yöntemde temel yaklaşım olarak, yerel komşuluk ilişkilerine bakılmakta ve öznitelikler çıkarılmaktadır (Vurgun, 2017)

### 3. Geliştirilen Personel Kontrol Sistemi

Bu çalışmada geliştirilen personel kontrol sistemi için grafik arayüz tasarlanmıştır. Personellerin tüm giriş çıkış işlemleri yüz tanıma sistemiyle otomatik olarak, hızlı ve doğru bir şekilde takip edilmektedir. Bunun için ilgili giriş ve çıkış kapılarına kameralar yerleştirilmiştir. Bu kameralar sayesinde personellere ait yüzler taratılmakta ve işlemek amacıyla sunucu bilgisayara gönderilmektedir. Bu bilgisayardan personel yüzleri algılandıktan sonra, yüzün kime ait olduğunu tespit için yüz veritabanından sorgulama yapılarak giriş çıkış işlemleri gerçekleştirilmektedir.

#### 3.1. Yüz Tanıma Sistemin Eğitilmesi ve Yeni Personel Ekleme



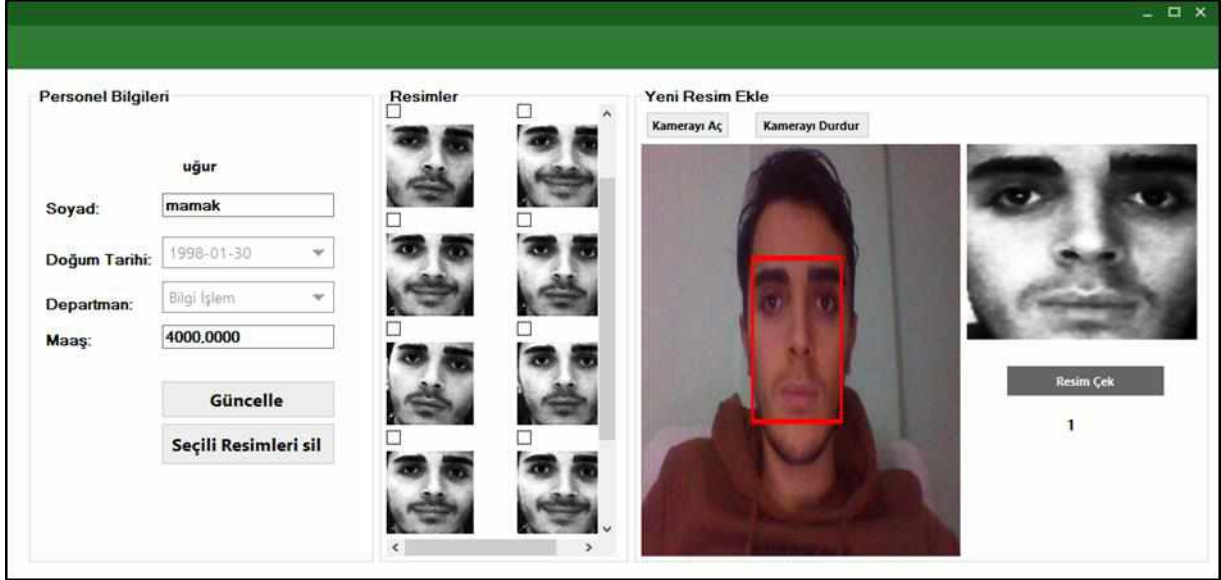
Şekil 3. Geliştirilen arayüz. (a) sisteme giriş (b) personel bilgisi ekleme

Geliştirilen yazılımda yüz tanıma sisteminin ilk defa eğitilmesi için “Labeled Faces in the Wild” (Huang vd., 2007) veritabanındaki yüzler kullanılmıştır. Otomatik olarak tanınması istenen her bir personel için kişisel bilgiler ve farklı pozlardaki yüz görüntüleri, yüz ve



personel veritabanına kaydedilmektedir. Önerilen sistemde giriş çıkış ekranından elde edilen bilgilerin veritabanına kaydedilmesi için arayüzler tasarlanmıştır. Bu arayüzler personel kaydetme, güncelleme, filtreleme, doküman elde etme gibi işlemlerin gerçekleştirilebilmesine imkân sağlamaktadır. Geliştirilen sistemi kullanacak yetkili kişilerin kullanıcı adı ve parolayla erişebildiği giriş ekranı Şekil 3(a)'da gösterilmektedir. Sisteme giriş yapan yetkili kişi, yeni personele ait ilgili bilgileri Şekil 3(b)'de sunulan ekrandan girmektedir.

Bilgileri eklenen personelin yüzünün sisteme tanıtılması işlemi için eğitim verilenin eklendiği yüz paneli açılmaktadır. İlgili personelin resmi çekilir ve yüz algılama işlemi yapılır. Yüz algılandıysa ilgili resim veritabanına eklenir. Değişik pozlarla çekilen resimlerin her birisinden de yüz algılama işlemi yapılarak ilgili yüzler veritabanına eklenir. Hatalı tespit ihtimallerine karşı, yüz algılamanın olmadığı resimler silinir. Şekil 4'te yeni personel resimlerinin eklenmesi gösterilmektedir. Önerilen sistem dinamik yapıda olduğundan herhangi bir personel için farklı zamanlarda yüz bilgilerinde güncelleme yapılabilmektedir. Böylece yüz yapısında ameliyat, kaza veya başka fiziksel değişimler sonucu meydana gelebilecek farklılıklara karşı önlem alınmaktadır.



Şekil 4. Personel yüz ekleme ve güncelleme ekranı

Yüz görüntülerini sisteme eklerken bellekte daha az yer tutmaları gerekmektedir. Bunun yanı sıra görüntü ön işleme işlemlerinin hızlıca yapılması sistem performansı açısından önemlidir. Bu yüzden sisteme tanıtılan her bir yüz, çeşitli ön işlemlerden geçirilerek Şekil 5'teki gibi gri tonda kaydedilmektedir. Aksi durumda her bir personel için yüz tanıma süresi uzayacağı için özellikle mesai başlangıç ve bitiş saatlerinde gecikmelere ve uzun kuyruklar oluşmasına sebep olacaktır.



Şekil 5. Sisteme eklenen gri yüz görüntüleri

### 3.2. Giriş-Çıkışlarda Yüz Tanıma

Önerilen sistemde yüz tanıma işlemi giriş çıkışlarda bulunan kameralar kullanılarak yapılabilmektedir. Kameralara dışarıdan müdahale edilmediği sürece, geliştirilen sistem tüm giriş çıkışlarda yüz tanıma işlemi ve giriş çıkış bilgisini kayıt altına almaktadır. Bunun için her bir personel giriş veya çıkış esnasında kameralara yüzlerini taratmak zorundadır. Kameralardan gelen görüntüde ilk olarak yüz algılama işlemi gerçekleştirilir. Ön işlemler yapıldıktan sonra elde edilen görüntü yüz tanıma sistemine girdi olarak verilerek, yüz veritabanındaki mevcut yüz görüntüleriyle karşılaştırılır. İlgili kişinin yüzü veritabanında bulunan yüzlerden birisiyle eşleştiyse, Şekil 6'da sunulduğu gibi bu kişinin ismi ve giriş-çıkış bilgisi ekrana gösterilmektedir. Ayrıca kişinin giriş-çıkışına ait kimlik ve zaman bilgileri personel veritabanında kayıt altına alınmaktadır.

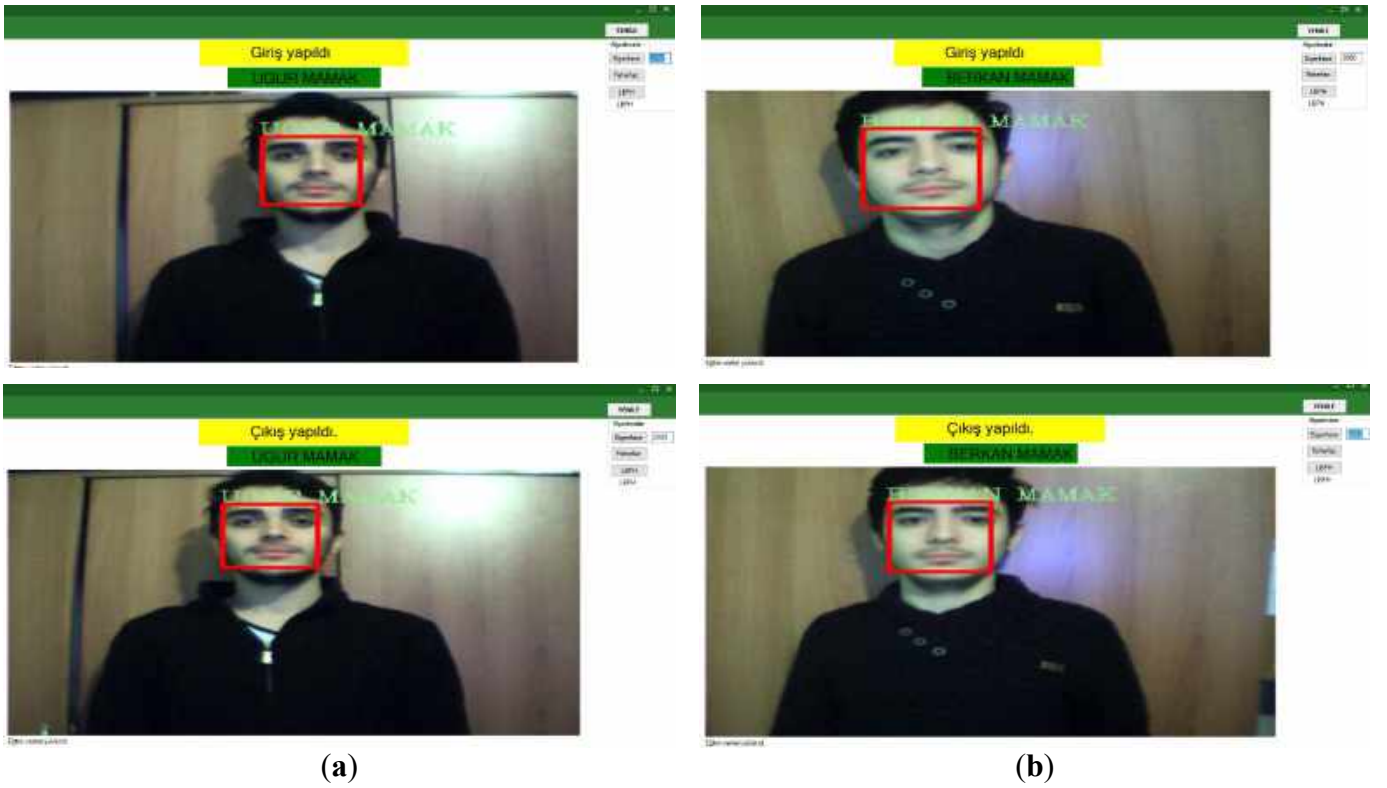
Bu çalışmada geliştirilen yüz tanıma işlemi için literatürde önerilen yöntemlerden özyüz, fisheryüz ve yerel ikili örüntü histogramı yöntemlerinin üçü ile de testler yapılmıştır. Yapılan testlerde her üç yöntemde gerçek zamanlı personel takibi için başarılı sonuçlar verdiği gözlenmiştir. Tablo 1'de bu yöntemler kullanılarak farklı zamanlarda giriş veya çıkış yapan kişilerin gerçek zamanlı yüz tanıma süreleri karşılaştırılmaktadır.



Tablo 1: Yüz tanıma sisteminde kullanılan algoritmaların zaman karşılaştırması

	Yerel İkili Görüntü Histogramı Algoritması	Özyüz Algoritması	Fisheryüz Algoritması
Personel 1	2,12 sn	3,28 sn	4,02 sn
Personel 2	2,50 sn	2,20 sn	2,05 sn
Personel 3	1,58 sn	2,84 sn	1,83 sn
Personel 4	1,69 sn	1,85 sn	2,14 sn
Personel 5	2,51 sn	2,50 sn	1,93 sn
Personel 6	1,55 sn	3,29 sn	3,07 sn
<b>Ortalama</b>	<b>1,99 sn</b>	<b>2,66 sn</b>	<b>2,50 sn</b>

Tablo 1'deki deneysel sonuçlar Casper Excalibur G770, i5-10300H 2.50GHz işlemci, 8GB RAM özelliklerine sahip bilgisayar kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, yerel ikili arama histogramı yöntemi ortalama 1,99 saniyede, özyüz algoritması 2,66 saniyede ve fisheryüz algoritması 2,50 saniyede yüz algılama ve tanıma işlemlerini gerçekleştirmektedir. Personelin giriş veya çıkışta kamera karşısındaki pozisyonuna göre yüz tespit sürelerinde farklılıklar olabilmektedir.



Şekil 6. Yüz tanıma işlemi sonucu. (a) Birinci personel, (b) ikinci personel

### 3.3. Personel Takibi

Geliştirilen sistemde, çalışan bütün personellerin durumları takip edilebilmektedir. Giriş çıkış işlemlerini veritabanına daha hızlı ve güvenilir şekilde kaydetmek ve güncellemek için personel veritabanında çeşitli prosedürler yazılmıştır. Şekil 7'de giriş çıkış işlemlerinin kayıtlarını sağlayan prosedür kodu gösterilmektedir. Giriş çıkış saatleri arasındaki zaman farkı alınarak personelin aldığı maaşa göre günlük ücreti hesaplanmakta ve kaydedilmektedir. Şekil 8'de çalışan kişilerin farklı günlerde çalışma saatleri ve bu çalışma saatlerine göre alacakları ücret bilgisinin olduğu veritabanı tablosu gösterilmektedir.

```

public SqlDataReader prcIslemler(string isim,DateTime tarih,string saat,int persId)
{
    //0 giriş yaptı. 1 çıkış yaptı
    Connection("prcislemYap");
    cmd.Parameters.AddWithValue("@adsoyad", isim);
    cmd.Parameters.AddWithValue("@tarih", tarih);
    cmd.Parameters.AddWithValue("@saat", saat);
    cmd.Parameters.AddWithValue("@persid", persId);
    reader = cmd.ExecuteReader();
    return reader;
}

```

Şekil 7. Giriş çıkışları veritabanına gönderen prosedür fonksiyonu

IslemId	PersId	GirisTarih	GirisSaati	CikisTarih	CikisSaati	GunlukUcret
1	2	2019-12-28 09:00...	09:00:00	2019-12-28 18:20:00	18:20:00	131,2497
2	2	2019-12-29 09:00:00	09:00:00	2019-12-29 18:00:00	18:00:00	131,2497
3	2	2019-12-27 09:00:00	09:05:00	2019-12-27 18:00:00	18:05:00	131,2497
4	2	2019-12-26 10:40:00	10:40:00	2019-12-26 20:30:00	20:30:00	145,8330
5	2	2019-11-26 09:00:00	09:00:00	2019-11-26 21:00:00	21:00:00	174,9996
6	3	2019-12-29 09:10:00	09:10:00	2019-12-29 20:20:00	20:20:00	194,7913
7	3	2019-12-28 10:20:00	10:23:00	2019-12-28 19:40:00	18:40:00	159,3747
8	3	2019-12-27 09:20:00	09:23:00	2019-12-27 17:20:00	17:23:00	141,6664
9	3	2019-11-26 09:00:00	09:23:00	2019-11-26 15:00:00	15:45:00	106,2498
10	3	2019-12-30 09:00:00	09:00:00	2019-12-30 19:00:00	19:00:00	177,0830
11	4	2019-11-28 09:00:00	09:00:00	2019-11-28 18:00:00	18:00:00	168,7500
12	4	2019-12-29 09:00:00	09:00:00	2019-12-29 18:00:00	18:00:00	168,7500
13	7	2019-12-29 09:00:00	09:00:00	2019-12-29 19:00:00	19:00:00	166,6660
14	7	2019-12-30 09:00:00	09:00:00	2019-12-31 06:00:00	06:00:00	349,9986
15	7	2020-01-03 11:30:47	11:13:47	2020-01-03 19:15:48	19:15:48	133,3330
16	7	2020-01-17 09:00:00	09:00:00	2020-01-18 20:36:59	20:36:59	583,3310
17	7	2020-01-16 09:00:00	09:00:00	2020-01-16 18:00:00	18:00:00	133,3330
24	5	2019-01-14 09:00:00	09:00:00	2019-01-14 18:00:00	18:00:00	131,2497
25	5	2019-01-15 09:00:00	09:00:00	2019-01-15 18:00:00	18:00:00	131,2497
26	7	2020-01-18 10:40:16	20:42:16	2020-01-18 21:22:31	21:22:31	183,3326

Şekil 8. Giriş çıkış işlemlerinin tutulduğu veritabanı tablosu

Bu bilgiler personel veritabanında tutulduğu gibi, geliştirilen arayüz ile yetkili kişilerin ekranında da anlık olarak gösterilmektedir. Şekil 9’de işyerinde bulunan mevcut personeller ve işe geliş saatleri yetkili kişilere gösterilmektedir. Sistemde günlük, aylık veya kişiye göre takip işlemleri listelenebilmektedir. Personellerin gün içerisinde saat kaçta giriş çıkış yaptığı, kaç saat çalıştığı, alacağı ücret gibi bilgileri kolayca elde edilmektedir. Doküman oluşturma işlemiyle bütün bilgilerin yazdırılabilir belge formatında arşivlenmesine de olanak sağlanmaktadır.

Personel Ad	Personel Soyad	Departman	Giriş Tarihi	Giriş Saati	Çıkış Tarihi	Çıkış Saati	Çalıştığı Saat	Şuan ki Ücreti
gürval	kaya	Halka İşleri	4.04.2020	11:30	11:30:00		0	47.5000
sevde	çetin	Muhasebe						
şişir	ismail	Bilgi İşlem	4.04.2020	12:30	12:30:00		0	39.3996
emine	yalak	Muhasebe	4.04.2020	13:20	13:20:00		0	83.3330
kadir	doğan	Bilgi İşlem						
berk	canbulut	Halka İşleri	4.04.2020	13:30	13:30:00		0	126.9996
kübra	zakir	Halka İşleri	4.04.2020	11:30	11:30:00		0	58.3330
berkan	ismail	Muhasebe	4.04.2020	13:00	13:00:00		0	83.3330
özner	ylmaz	Halka İşleri						

Şekil 9. Anlık personel takip ekranı

Ayrıca yüz tanıma sistemi sayesinde herhangi bir personelin çalışma bilgileri kolayca takip edilmektedir. Şekil 10’da örnek bir personel üzerinden mevcut çalışma saati, fazla mesai saati, maaş ve mesai ücreti bilgileri de anlık olarak gösterilmektedir. Bu bilgiler firmalar tarafından sisteme kaydedilmiş aylık veya haftalık çalışma saati, maaş katsayısı, maaş bilgisi ve mesai saat ücreti gibi bilgilerle otomatik olarak hesaplanmaktadır.

UGUR MAMAK	
Departman:	Bilgi İşlem
Ay:	Nisan
Maaş:	4000,0000
Günlük Ücreti:	160
Mevcut Çalıştığı Gün Sayısı:	15/25
Çalışmış Olması Gereken Saat(Gün X 8):	120
Toplam Çalıştığı Saat:	125
Fazla Mesai Saati:	5
Fazla Mesai Ücreti:	250
Şuan ki Toplam Ücret:	2650

Şekil 10. Anlık personel çalışma detayları

## 4. Sonuç

Özellikle çalışan sayısının yüksek olduğu yerlerde, personel giriş çıkışlarının etkili, hızlı ve doğru olarak takip edilmesi zordur. Ayrıca günümüzde yaygın olarak kullanılmakta olan kartlı takip sistemleri güvenlik zafiyetleri bulunmaktadır. Makale kapsamında personel giriş ve çıkışlarının kontrol ve takibi amacıyla yüz tanıma tabanlı bir sistem önerilmiştir. Önerilen yüz tanıma tabanlı takip ve kontrol sistemi biyometrik özellikleri kullandığından bu güvenlik zafiyetlerini önlemektedir. İşlemler otomatik yapıldığı için insan faktöründen kaynaklanan hatalar da en aza indirgenmektedir. Bu sistemle, aynı temas yüzeyine birçok kişinin dokunmasının oluşturacağı sağlıksız koşulların önüne de geçilmektedir. Çünkü personelin giriş ve çıkışlarda kameraya bakması yeterli olup, temas gerektiren herhangi bir işlem yoktur. Dolayısıyla önerilen sistem, maliyeti düşük, etkili, hızlı ve hijyen koşullarına uygun durumdadır. Çeşitli raporlamalar sayesinde, yetkili kişiler personellerinin anlık, günlük veya aylık devam takibini, giriş-çıkış zamanlarını ve fazla mesai bilgilerini sisteme ulaşabildiği her yerden kolayca görebilmektedir.

## Kaynakça

- Avuçlu, E., Altun, A. A. & Elen, A. (2017). Real Time PCA Based Face Recognition for Following Staff, *Journal of Selçuk-Technic*, 16(1), 1-11.
- Bhattacharya, S., Nainala, G. S., Das, P. & Routray, A. (2018 July). Smart Attendance Monitoring System (SAMS): A Face Recognition based Attendance System for Classroom Environment, *IEEE 18th International Conference on Advanced Learning Technologies*, Mumbai, 358-360
- Erdoğan, A., & Ilgın, H. (2015). Gürültü içeren insan yüzü görüntülerinde ayırık kosinüs dönüşümü-alt bant tabanlı yüz tanıma. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 3(2), 457-462.
- Hatem, H., Beiji, Zou. & Majeed, R (2015). A Survey of Feature Base Methods for Human Face Detection, *International Journal of Control and Automation*, 8(5), 61-78.
- Holat, R. & Kulaç, S. (2014 April). ID Identification By Using Face Detection And Recognition Systems, *22nd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, Trabzon, 866-869.
- Huang G. B., Ramesh M., Berg T. & Miller E. L. (2007). Labeled Faces in the Wild: A Database for Studying Face Recognition in Unconstrained Environments, University of Massachusetts, Amherst, Technical Report 07-49.
- Kabasakal, B. (2018). Uzaklık ve cinsiyet tabanlı akıllı reklam görüntüleme sistemi, *Yüksek Lisans Tezi*, Başkent Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kadlag, K., Kale, P. & Pagar, K. (2016). Intellegent Employee Authentication using RFID and Face Detection *International Journal on Emerging Trends in Technology*, 3(1), 4083-4085
- Kekül, H., Bircan, H., & Arslan, H. (2018). Yüz tanıma uygulamalarında özyüzler ve yapay sinir ağlarının karşılaştırılması. *Uluslararası Yönetim Bilişim Sistemleri ve Bilgisayar Bilimleri Dergisi*, 2(1), 51-59.
- Kumar, A., Kaur, A. & Kumar M. (2019) M. Face detection techniques: a review. *Artif Intell Rev*, 52, 927-948.
- Lal, M., Kumar, K., Arain, R. H., Maitlo, A., Ruk, S. A. & Shaikh, H. (2018). Study of Face Recognition Techniques: A Survey, *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*, 9(6), 42-49.
- Nandhini, R., Duraimurugan N. & Chokkalingam, S. P. (2019). Face Recognition Based Attendance System *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 8(3), 574-577.
- Patel, S., Kumar, P., Garg, S. & Kumar, R. (2018). Face Recognition based smart attendance system using IOT *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 6(5), 871-877.
- Reddy, K. S. M. (2017). Comparison of Various Face Recognition Algorithms, *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 4(2), 3357-3361.
- Selvi, S. K., Chitrakala, P. & Jenitha, A. A. (2014). Face Recognition Based Attendance Marking System *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 3(2), 337 – 342.
- Turan, S. (2017 Nov.). Bilgisayar Laboratuvarlarında Soket İletişim İle Görüntü İşlemeye Dayalı Yoklama Sistemi Tasarımı, *International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT)*, Tokat, 24-28
- Vurgun, Y. (2017). Biyometrik yüz tanıma dayalı web üzerinden güvenli erişim sistemi tasarımı, *Yüksek Lisans Tezi*, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.



# Derbent İlçesi (Konya) Topraklarının Özellikleri ve Sorunları Üzerine Bir Değerlendirme

Recep Bozyiğit<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Coğrafya Eğitimi, Konya, Türkiye (ORCID:0000-0002-9790-1168).

(İlk Geliş Tarihi 08 Mayıs 2020 ve Kabul Tarihi 17 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.734209)

**ATIF/REFERENCE:** Bozyiğit, R. (2020). Derbent İlçesi (Konya) Topraklarının Özellikleri ve Sorunları Üzerine Bir Değerlendirme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 505-514.

## Öz

Derbent İlçesi Topraklarının Özellikleri ve Sorunları Üzerine Bir Değerlendirme adlı çalışma yöredeki toprak tiplerini, özelliklerini ve toprakların karşı karşıya kaldığı sorunları ortaya çıkarmayı hedeflemektedir. Farklı tarihlerde gerçekleşen arazi çalışmalarında toprak özelliklerine yönelik gözlemlerde bulunulmuş, ilçe topraklarının ilçe tarım müdürlüğü tarafından yapılmış laboratuvar analizleri değerlendirilerek bir takım bulgulara ulaşılmıştır.

Derbent ilçesi toprakları, pedogenetik özelliklerine göre yapılan sınıflamada üst kategori tasnifine tabi tutulmuştur. Buna göre yörede altı büyük toprak grubu yer almaktadır. Bu topraklardan en yaygın olanı, kırmızımsı kestane rengi topraklardır. Bunu kestane rengi, kireçsiz kahverengi orman, kolüvyal, alüvyal ve kırmızımsı kahverengi toprakları takip eder.

İlçe topraklarında ana kaya, iklim ve topoğrafyanın etkileri görülmektedir. Volkanitlerin yaygın olduğu sahalarda kireçsiz kahverengi orman, kireçtaşının yaygın olduğu yerlerde kırmızımsı kestane rengi toprakları, topoğrafyanın düz veya hafif eğimli yerlerinde alüvyal ve kolüvyal topraklar yer alır.

Derbent ilçesinin farklı yerlerinden alınan toprak örneklerinin laboratuvar analizlerinde: saturasyon %31-73.7, toplam tuz 0.00-0.03, pH 7.5-7.8, kireç(CaCO<sub>3</sub>) 1.4-15.2, fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 1.26-22.0, Potasyum(K<sub>2</sub>O),48.60-154.46 organik madde 1.26-2.09 arasında değişmektedir. İlçe topraklarında; tuzluluk ve alkalilik probleminin olmadığı, kireçli, potasyum miktarının yeterli, organik maddenin az olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuçlara göre ilçede yetiştiriciliği yapılan fasulye, patates, çilek tarımı için makro ve mikro besin elementi takviyesi yapılması zorunludur.

Derbent ilçesi topraklarını tehdit eden süreçler arasında; erozyon, sulama, sıgılık, eğitim, taşlılık, yanlış arazi kullanımı dikkati çekmektedir. İlçe toprakların karşı karşıya kaldığı bu problemlerin çözümünde gerekli yatırımların yapılması yanında yöre insanına toprak potansiyeli kavratılmalı, daha sonra da bu değerleri koruyarak kullanma yolu öğretilmelidir.

**Anahtar Kelimeler:** : Derbent, Toprak, Fiziksel, Kimyasal, Özellik.

## An Evaluation on the Properties and Problems of Derbent District(Konya) Soils

### Abstract

This study aims to reveal the types, properties and the problems of the soil in the Derbent District, where studies were conducted on different dates, observations were made regarding the soil properties, and some findings were obtained by evaluating the laboratory analyzes made by the district agriculture directorate of the district lands.

He study utilized upper category classification regarding the pedogenetic features. There were six large soil groups in the region. The most common of these soils are reddish maroon soils. This is followed by chestnut, lime-free brown forest, colluvial, alluvial and reddish brown soils.

The effects of the bedrock, climate and topography can be seen on the territory of the district. The areas where volcanics are widespread include lime-free brown forest, reddish maroon soils where limestone is common, alluvial and colluvial soils in flat or slightly sloping areas of the topography.

\* Sorumlu Yazar: Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Coğrafya Eğitimi, Konya, Türkiye, ORCID:0000-0002-9790-1168, [fethiye.kemer@gmail.com](mailto:fethiye.kemer@gmail.com)



In laboratory analyzes of soil samples taken from different parts of Derbent District: saturation 31-73.7%, total salt 0.00-0.03, pH 7.5-7.8, lime (CaCO<sub>3</sub>) 1.4-15.2, phosphorus (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 1.26-22.0, Potassium (K<sub>2</sub>O), 48.60-154.46 organic matter ranges from 1.26 to 2.09.

It is concluded that there is no salinity and alkalinity problem, calcareous, potassium amount is sufficient and organic matter is low. According to these results, it is compulsory to make macro and micronutrient supplements for the cultivation of beans, potatoes and strawberries cultivated in the district.

Among the processes that threaten the territory of Derbent District, the following are attention taking: erosion, irrigation, shallowness, slope, stoniness, wrong land use. In addition to making the necessary investments in solving these problems faced by the district lands, the local people should be taught the potential of the soil and then they should be taught how to use them by preserving these values.

**Keywords:** Derbent, Soil, Physical, Chemical, Feature.

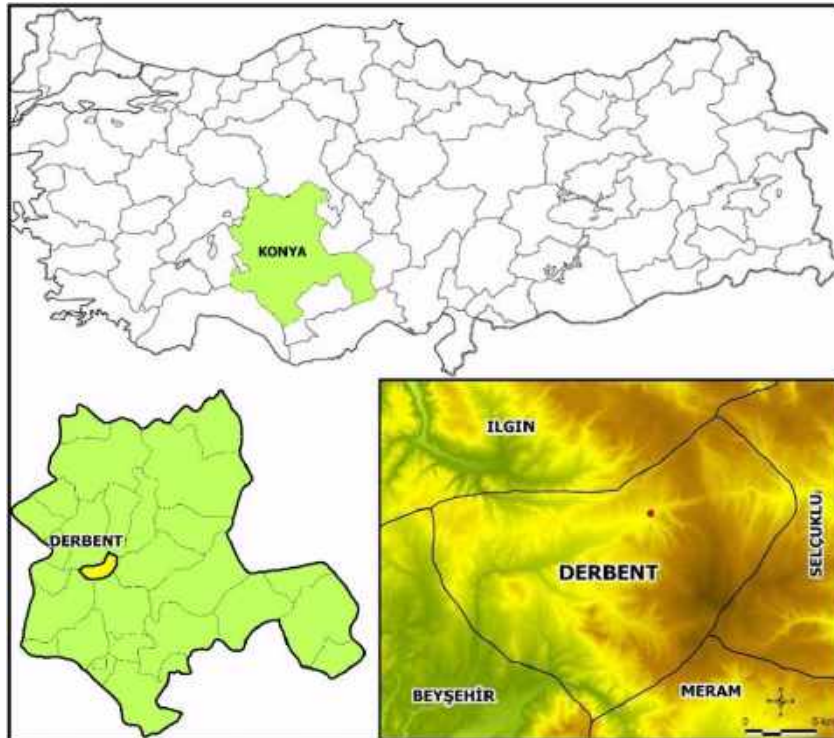
## 1. Giriş

Toprak; oluşumu, özellikleri, kullanım ve korunması ile her zaman insanların dikkatini çekmiştir. Toprak, “üzerinde ve içinde geniş bir canlı âlemini barındıran, bitkilerin durak yeri ve besin kaynağı olan ve belirli oranda katı, sıvı, gaz içeren maddeler topluluğunun genel adıdır” şeklinde tanımlanmaktadır (Akalan, 1983). Toprağı oluşturan faktörler ile ilgili farklı görüşler olmasına karşın (Dokuchaev, 1886; Jeny, 1941; Crocker, 1952; Mückenhausen, 1962) ortak görüş iklim, ana materyal, topoğrafya, canlılar ve zamandır (Mater, 1998: 14-15; Efe, 2010:179). Bunlardan ana materyal, topoğrafya ve zaman pasif; iklim ve canlılar ise aktif faktörlerdir (Efe, 2010:179).

Toprak oluşumundaki etkili olan faktörlerin yeryüzündeki etkileri de farklı olmaktadır. Bu duruma bağlı olarak toprak tipleri ortaya çıkmaktadır. Toprak tiplerini ortaya koyan çeşitli sistemlerin geliştirildiğini görmekteyiz (Dokuchaev, 1882-1900; Marbut, 1927; Baldwin, M-Kellog,C.E.-Thord, J.,1938; FAO ve UNESCO, 1971-1981; Atalay, 2011; Atalay, İ.-Gökçe Gündüzoğlu, A.,2015). Derbent ilçesi toprakları ise pedogenetik ve fiziksel özelliklerini esas alan üst kategoride; büyük toprak grupları düzeyinde adlandırılarak incelenmiştir (T.C. Tarım ve Orman Bk., Topraksu Gn. Müd.1992:2).

Toprak örtüsünün kaldırılması, buradaki bitki örtüsünün de bozulmasına ve dolayısıyla topoğrafik yapının değişmesine neden olmaktadır. Bu da doğal dengenin bozulmasına yol açmaktadır (Özdemir, S.1997:135-136). Toprak değişkenliği farklı zaman ve mekân ölçeğinde etkili olan doğal ve antropolojik süreçlerin bir sonucudur. Topraklardaki bu doğal değişkenlik, jeolojik ve toprak oluşum süreçlerinden kaynaklanmaktadır (Efe, 1999). Antropojenik değişkenlik ise insanların arazi kullanımının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır.

Toprak kaynakları potansiyelinin korunmasında en önemli konu mevcut durumun tespiti ve ileri projeksiyona yönelik tutumların saptanarak alınabilecek önlemlerin ortaya konulmasıdır (Bağdatlı, M.C.-İstanbuluoğlu, A.-Bayar, N.A. 2014: 17). Toprakları koruma ve kullanma, toprağın özelliklerini iyi kavramaktan geçer. Bu açıdan Derbent ilçesi toprakları araştırma konusu olarak seçilmiştir. Derbent ilçesi, Konya il merkezinin batısında yer almaktadır. İlçe merkezi, 38°00'48" kuzey enlemi, 32°00'55"doğu boylamı üzerinde bulunmaktadır. Yüzölçümü 359,0 km<sup>2</sup>'dir. İlçenin kuzeyinde Ilgın, kuzeydoğu ve doğusunda Selçuklu, güneydoğusunda Meram, batı ve güneybatısında Beyşehir ilçesi yer almaktadır (Harita 1). İlçede önceki yıllarda köy, belde, mahalle statüsünde olmak üzere 13 mahalle yerleşmesi bulunmaktadır.



Harita 1. Derbent İlçesinin Lokasyon Haritası



## 2. Materyal ve Metot

Derbent İlçesi Topraklarının Özellikleri ve Sorunları Üzerine Bir Değerlendirme konulu çalışmada esas metot, gezi-gözlem metodu olmuştur. Farklı tarihlerde gerçekleşen arazi çalışmalarında toprak özelliklerine yönelik gözlemler ve Derbent İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü tarafından yaptırılmış toprak analizleri dikkate alınarak bir takım bulgulara ulaşılmıştır. Daha sonra elde edilen bulgular ve Topraksu Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan haritalar ışığında Derbent ilçesinin toprak özellikleri ve sorunlarının tespitine yönelik bu çalışma hazırlanmıştır.

Bu çalışmada: 1/100 000 topoğrafya haritalarının Ilgın L 27, Konya M 27, M 28 ile 1/25 000 ölçekli Ilgın L27 (c<sub>3</sub>, c<sub>4</sub>), Ilgın L28 (d<sub>3</sub>, d<sub>4</sub>), Konya M 27 (b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>), Konya M 28(a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>, b<sub>4</sub>) paftaları; 1/100 000 ölçekli Türkiye Jeoloji Haritasının Konya M 27, M 28 (Şenel-Dalkılıç, 2016; Şenel-Pehlivan, 2016) paftaları ve büyük toprak tiplerinin dağılışını gösteren T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü'nün (1992), 1/100 000 ölçekli haritasının ilgili paftaları kullanılmıştır.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Toprak Özelliklerini Etkileyen Faktörler

Derbent ilçesini oluşturan arazide Üst Permien olarak adlandırılmış kristalize kalker, kalker ve mermerler üzerine Trias yaşlı birimler konkordant olarak gelmiştir. Miosen-Pliosen çökelleri ise birbirleri ile uyumlu olarak alttaki birimleri diskordant olarak örtmüştür (Şenel-Dalkılıç, 2016; Şenel-Pehlivan, 2016). Holosen yaşlı alüvyonlar ise en üstte yer alır. İlçe sahasında karbonatlı kayaçların fazlalığı toprakların kireçli olmasında etkili olmuştur. Derbent ilçesini oluşturan arazi Alp Orojenezi ve devamındaki epirojenik hareketlerden etkilenerek kıvrımlı ve kırıklı bir yapı özelliği kazanmıştır.

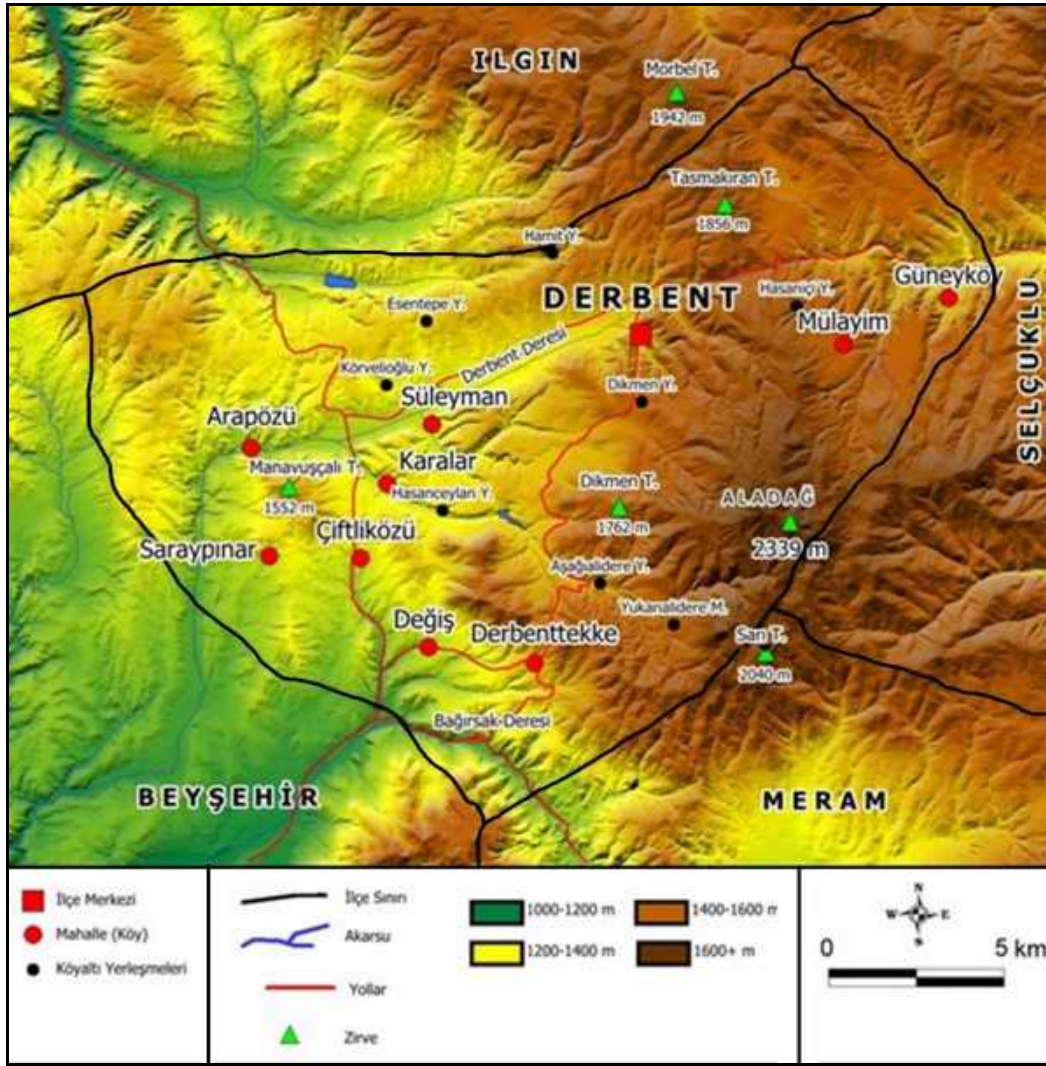
Derbent ilçesinin yer aldığı sahada ana yeryüzü şekilleri arasında dağlık ve platoluk araziler geniş yer kaplamaktadır. Dağlık sahalarda ilçesinin doğu kesiminde yer almaktadır (Harita 2). Dağlık sahalarda içerisinde de kütleli bir özellik gösteren Aladağ en dikkati çeker. Plato sahası, Derbent ilçesinin batı kesiminde kuzeyden güneye doğru daralarak uzanmaktadır. Kuzeyde Derbent Deresi'nin oluşturduğu vadinin kuzeyi ve güneyinde Miosen-Pliosen yaşlı kalker marn, konglomera ve kumtaşları plato sahasının ana yapısını oluşturmaktadır. Platoyu oluşturan birimler yatay konumludur. Bu durum, erozyonu azaltıcı yönde etkili olmaktadır. İlçede diğer yeryüzü şekli vadilerdir. Derbent Deresi Vadisi'nin Akdağ'ın batı kesiminde yer alan kısımları ile Bağirsak Boğazı'nın çevresinde; akarsu ve yüzey erozyonunun etkili olduğu görülmektedir. Bu kesimlerde çıplak kayalıklar ve yer yer peribacası oluşumları dikkati çekmektedir.

Derbent ilçesinin en yüksek kesimleri, doğusunda bulunmaktadır (Harita 2). İlçenin doğu kesiminde kuzeyden güneye doğru Tasmakıran T.(1856 m), Aladağ (2339 m) ve Sarı T.(2040) yer almaktadır. Bu yüksek kesimin batıya doğru uzantısını Dikmen T.(1762 m) oluşturmaktadır. Bu kesimlerde eğim 11° 18' 35" ile 30° 57' 49" arasında değişmektedir. Toprak oluşumunun son derece yavaş olduğu bu kesimlerde, genellikle çıplak kayalık yüzeyler dikkati çeker. İlçenin batı kesimleri, Derbent ve Bağirsak dereleri tarafından yarılmış dalgalı plato özelliği göstermektedir. Yer yer tek tepelerin yer aldığı plato sahasında eğim değerleri 02° 51' 44" ile 05° 42' 38" arasında değişmektedir. Bağirsak Deresi'nin vadi yamaçlarında eğim yer yer 11° 18' 35" dereceyi bulmaktadır. Eğimin en az olduğu sahalarda; Arapözü-Süleyman arasındaki Derbent Deresi Vadi tabanıdır. Eğim buralarda da 00° 00' 00" ile 02° 51' 44" arasında değişmektedir. Eğimin az olduğu kesimlerde alüvyal ve kolüvyal topraklar görülmektedir.

Derbent ilçesinin batı kesiminde karasal iklime geçiş özelliğine sahip iklim görülürken, doğu kesiminde Aladağ ve yüksek rölyefin etkisi ile karasal iklim etkili olmaktadır. Yörede yağışlar alçak sahalarda yağmur, yüksek dağlık alanlar ile iç bölgelerde kar şeklindedir. İlçede yıllık ortalama sıcaklığın 10-10.8 °C, arasında (Beyşehir 10.8 °C, Derbentte 10.0 °C) ve yıllık toplam yağışın 505.0-515.6 mm arasında değiştiği (Beyşehir, 505.0 mm, Derbent 515.6 mm) tespit edilmiştir (D.M.İ.Gn.M.,2016). Rüzgâr yönü mevsimlere göre değişmekle beraber hakim rüzgâr yönü doğu sektördür. İklimin ilçe toprakları üzerindeki en önemli etkisi yağış azlığı bağlı kuraklıktır.

İlçe topraklarının bugünkü özellikleri kazanmasında etkili olan bir diğer unsur da hidrografik faktörlerdir. Hidrografik unsurlar içerisinde Derbent (Saracık), Uluçay ve Bağirsak (Çokasuyu) derelerinin etkileri görülmektedir. Uluçay ve Derbent derelerinin kaynağı Aladağ'ın yüksek kesimleridir. Derbent Deresi ve kollarının, toprakların kum oranının fazlalığında, alüvyal toprakların oluşumu ve su erozyonunda etkili olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Derbent ilçesi ve çevresinde yarı nemli iklim şartlarına uyum sağlamış vejetasyon tipleri görülmektedir. Vejetasyon tipleri: step, çalı ve orman vejetasyonu şeklinde sınıflandırılabilir. Bu vejetasyon tipleri genellikle sekonderdir. Step vejetasyonunda; Pelin (*Artemisia santonicum*), Geven (*Astragalus angustifolius*), Parlak Geven (*Astragalus nitens*), Sipil kekiği (*Thymus sipyleus*), Üzerlik (*Peganum harmala*) dikkati çeken türlerdir. Çalı vejetasyonu da orman formasyonunun kenarlarında ve orman içi açıklıklarda, ağaçlandırma sahalarda ve step sahalarda bazen topluluk bazen de münferit olarak yayılış göstermektedir. Çalı formasyonu içerisinde; Alıç (*Crataegus orientalis*), Yabangülü (*Rosa canina*), Böğürtlen (*Rubus discolor*), Keçi bademi (*Amygdalus orientalis*), Muşmula (*Cotoneaster nummularia*), Ahlat (*Pyrus elaeagnifolia*), yaygın olan türlerdir. Orman vejetasyonu, 1300-2000 metreler arasında step ormanı özelliği taşımaktadır. Meşe-ardıç karma ormanları, Değiş Mahallesi'nin doğu ve batısında özellikle de Aladağ'ın (2339 m) güneydoğu ve güneybatı yamaçlarında yaygındır (Bozyiğit-Kaya, 2017:163).



Harita 2. Derbent İlçesinin Yeryüzü Şekilleri Haritası

Derbent ilçesi topraklarında, 2019 yılı sonunda 13 mahalle yerleşmesinde toplam 4 267 kişi (TÜİK, 2020) yaşamaktadır. Bu nüfusun geçim kaynakları arasında tarım ve hayvancılık önemli yer tutmaktadır. İlçede toplam arazinin %38.04'ü (138 000 da) tarım, % 32.03'ü (116 360 da) orman, % 1.9'u (6 850 da) çayır-mera ve %28.03'ü (362 976 da) diğer arazilerden oluşmaktadır (TÜİK, 2016: T.C. Derbent Kaymakamlığı, Derbent İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2017, 2018). Tarım arazilerinin büyük çoğunluğu Derbent Deresi vadi tabanı ile alçak plato yüzeylerinde yer almaktadır. Ancak vadi yamaçlarında yer alan Mülâyim, Güneyköy, Süleyman, Karalar, Çiftliközü, Arapözü, Değiş, Derbenttekte mahallelerinin tarım faaliyetleri, orman ve çayır-mera arazisi üzerinde baskı oluşturmaktadır.

Günümüzde Derbent ilçesi topraklarının karşı karşıya kaldığı sorunlar arasında erozyon, sığlık, taşlılık ve arazi kullanımındaki yanlışlıklar yer almaktadır.

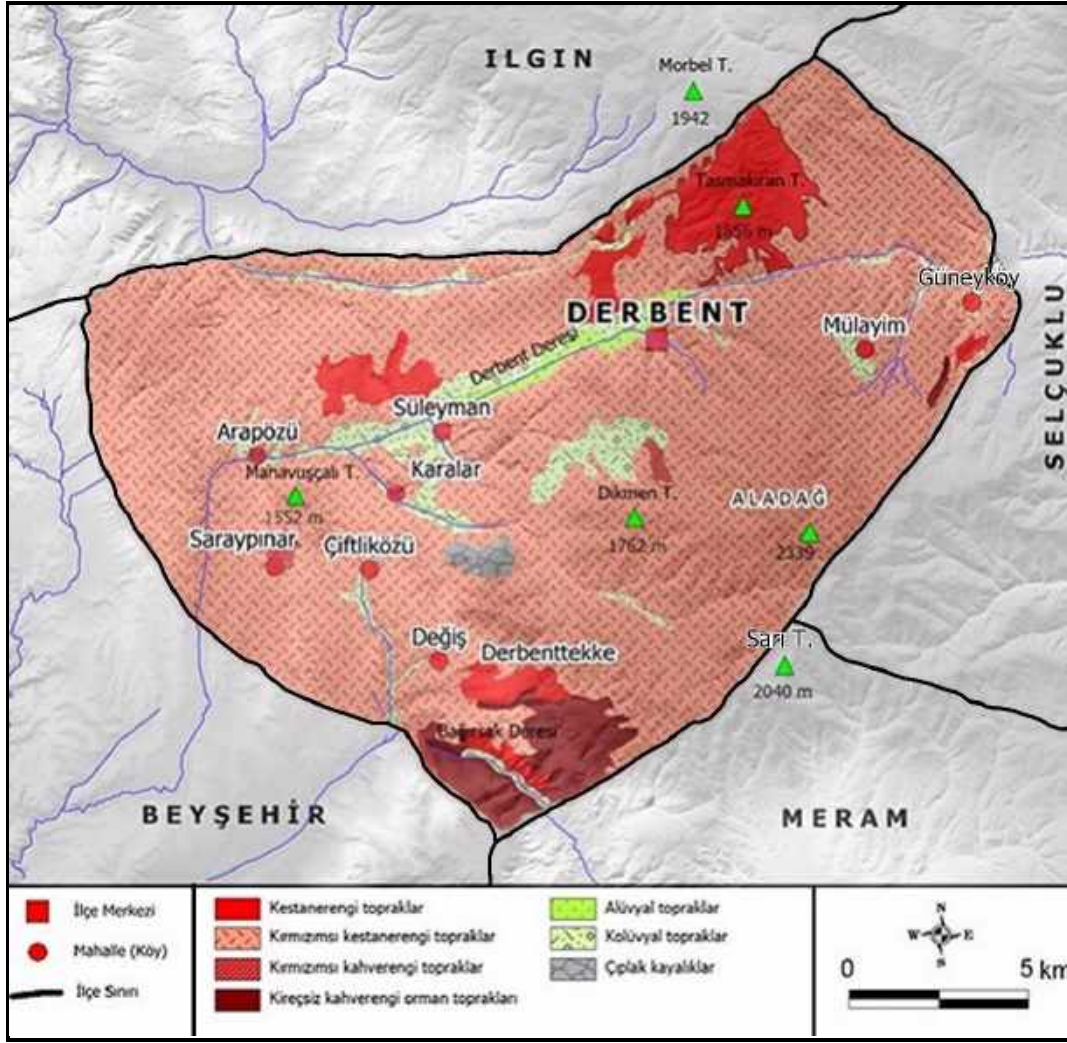
### 3.2. Toprak Tipleri ve Özellikleri

Derbent ilçesindeki topraklar, pedogenetik özelliklere göre yapılan sınıflamada üst kategori tasnifine tabi tutulmuştur. Üst kategori tasnifi büyük toprak grubu seviyesinde olmuştur. Tasnifi yapılan büyük toprak gruplarının fiziksel ve kimyasal analizlerine göre bölge topraklarının genel karakterleri tespit edilmiştir. Buna göre Derbent ilçesindeki toprakların çoğunluğu tortul ve volkanik kütlelerin ayrışması sonucu teşekkül etmişlerdir. Sahada 6 büyük toprak grubu mevcuttur. Bunlar: alüvyal, kolüviyal, kestane rengi, kırmızımsı kestane rengi, kırmızımsı kahverengi ve kireçsiz kahverengi orman topraklarıdır (Harita 3).

#### 3.2.1. Alüvyal Topraklar

Bu topraklar, A ve C horizonuna sahip akarsu ve göl rejimli depozitlerin meydana getirdiği ve farklı zamanlarda meydana gelen, sedimentasyon durumuna göre profilinde çeşitli katlar bulunan genç ve derin topraklardır. Akarsular tarafından teşekkül ettirilen alüvyonlar; Derbent (Saracık) ile Belbaşı derelerinin vadi tabanları ve taraçalarında görülmektedir (Harita 3; Fotoğraf 1). Geçirgenlikleri normal, iyi drenajlı, tuzluluk ve alkalilik problemi olmayan bu topraklarda, sulu tarım yapılmaktadır. Kısım bu topraklarda bahçe bitkileri yetiştirilmektedir.





Harita 3. Derbent İlçesinin Toprak Haritası (Konya İli Arazi Varlığı, 1992'den Değiştirilerek)



Fotoğraf 1. Derbent Deresi Vadi Tabanı ve Yakınındaki Taraçada Kesit Vermiş Alüvyal Topraklar.

Bu toprakları karakterize etmesi açısından Yukarı ve Camiikebir mahallelerinin farklı yerlerinden alınan toprak örneklerine göre: Yukarı Mahalle topraklarının: tınlı, tuzsuz, hafif alkali, kireçli, fosfor ve potasyum miktarları yüksek, organik maddenin az olduğu tespit e-ISSN: 2148-2683

edilmiştir. Camiikebir Mahallesi topraklarında ise kili-tın, tuzsuz, hafif alkali, kireçli, fosfor miktarı çok yüksek, potasyumun yeterli, organik maddenin ise az olduğu sonucuna ulaşılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Derbent İlçe Merkezinde Yer Alan Yukarı ve Camiikebir Mahallesi Mevkilerinden Alınan Toprak Örneklerine Ait Bazı Özellikler\*

Toprak Örneği Alınan Yerler	Saturasyon	Toplam Tuz	pH	Kireç (Ca CO <sub>3</sub> )	Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasyum (K <sub>2</sub> O)	Organik Madde
YUKARI	31.0	0.008	7.8	1.4	12.76	154.46	1.85
CAMİİKEBİR	60.9	0.03	7.7	2.1	22.0	134.98	1.26

\*Derbent İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nden (2020) alınmıştır.

### 3.2.2. Kolüviyal Topraklar

Bu topraklar, yan derelerin kısa mesafelerden taşıyıp getirdiği materyaller üzerinde oluşmuştur. Buralarda toprak katları belirgin olmayıp, alt katlarda bünyenin kaba ve orta olması, çakılların kısmen köşeli, eğimin bulunması ve eğimin materyalin geldiği yöne doğru artış göstermesi, drenajın iyi olması, organik madde azlığı ve herhangi bir tuzluluğa sahip olmaması sahadaki kolüviyal toprakların başlıca karakteristikleridir. Yer yer alüvyonlara geçiş özelliği görülür. Kolüviyal topraklar dik vadi ve tepe yamaçlarında toprak ve taş molozu olarak da görülürler. Bu toprakların ana materyali ekseriye Üst Miosen- Pliosen'e ait kolüviyonlardan ibarettir (Bozyiğit, 2018:86).

Derbent ilçesinde kolüviyal topraklar; Mülayim Mahallesi'ndeki etek düzünde, Dikmen T. (1762 m) kuzeyinde, Derbent (Fotoğraf 2), Uluçay ve Bağrsak Dere vadilerinde görülmektedir. Buralarda yer yer sulu ve kuru tarım yapılmaktadır.

Kolüviyal topraklar, 3. sınıf arazi olup sığ topraklardır. Bu topraklarda da su erozyonu görülmekte olup kuru tarım yapılmaktadır (Konya İli Arazi Varlığı, 1992).



Fotoğraf 2. Derbent Deresi Vadi Tabanı ve Yamaçlarında Alüviyal ve Kolüviyal Topraklar (Süleyman Mahallesi Kuzeyi)

### 3.2.3. Kestane Rengi Topraklar

Bağrsak Boğazı'nın kuzey kesimleri ile Derbenttekk Mahallesi güneyinde, Süleyman Mahallesi'nin kuzeybatısı ile Derbent ilçe merkezinin kuzeydoğusundaki Tasmakıran T.(1856 m) çevresinde görülmektedir. Miosen-Pliosen yaşlı kalker, marn, kumtaşı, kıltaşı ve konglomeralar ile Üst Permien yaşlı kristalize kalker ve mermerler üzerinde gelişme göstermiştir. Profil katlarında kireç birikimleri bulunmaktadır. Genellikle orman ve fundalık olarak kullanılmaktadır.

### 3.2.4. Kırmızımsı Kestane Rengi Topraklar

Derbent ilçesinin hemen her tarafında görülen toprak tipidir (Fotoğraf 3). Farklı jeolojik birimler üzerinde gelişme göstermiştir. Ana kaya kalker, dolomitik kalker, mermer, kıltaşı, konglomera, marn ve bazik volkanik kayalardan oluşmaktadır. Yol yarmalarında A, B ve C profili ile dikkat çeker. Kırmızı kestane rengi topraklar orman, fundalık ve kuru tarım olarak kullanılmaktadır.



Bu toprakları karakterize etmesi açısından Güney ve Çiftliközü mahallelerinin farklı yerlerinden alınan toprak örneklerine göre: Güney 1 topraklarının; tınlı, tuzsuz, hafif alkali, kireçli, fosfor ve organik madde miktarları orta, potasyum miktarının yüksek olduğu anlaşılmıştır. Güney 2 topraklarının; tınlı, tuzsuz, hafif alkali, kireçli, fosfor ve potasyum miktarlarının yüksek, organik maddenin az olduğu tespit edilmiştir (Tablo 2). Çiftliközü 1 topraklarının: killi, tuzsuz, hafif alkali, orta kireçli, fosfor miktarı çok az, potasyumun yeterli, organik maddenin az olduğu; Çiftliközü 2 topraklarının killi-tın, tuzsuz, hafif alkali, fazla kireçli, fosfor ve organik maddenin az, potasyumun yeterli olduğu anlaşılmıştır.

Tablo 2. Derbent İlçesinin, Farklı Yerlerinden Alınan Toprak Örneklerine Ait Bazı Özellikler\*

Toprak Örneği Alınan Yerler	Saturasyon	Toplam Tuz	pH	Kireç (Ca CO <sub>3</sub> )	Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Potasyum (K <sub>2</sub> O)	Organik Madde
GÜNEY 1	60.9	0.03	7.7	2.1	22.0	134.98	1.26
GÜNEY 2	45.0	0.01	7.8	6.4	8.35	48.60	2.09
ÇİFTLİKÖZÜ 1	31.0	0.01	7.5	2.1	11.96	96.21	1.50
ÇİFTLİKÖZÜ 2	73.7	0.02	7.7	14.2	1.26	68.90	1.42

\*Derbent İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü'nden (2020) alınmıştır.



Fotoğraf 3. Değiş Mahallesi Doğusunda Kırmızımsı Kestane Rengi Topraklar

### 3.2.5. Kırmızımsı Kahverengi Topraklar

Kırmızımsı kahverengi topraklar Dikmen Tepe'nin (1762 m) kuzeydoğusu ile Saraypınar Mahallesi kuzeyinde oldukça sınırlı sahalarda görülür. Ana madde çoğunlukla Alt Orta Trias kalker kumtaşı, konglomera ile Üst Trias-Alt Jura kalkerlerden oluşan depozitlerdir. Bu topraklarda yaygın olan topografya hafif dalgalı veya dalgalı plato yüzeyleridir.

Kırmızı kahverengi topraklarda sığlık en önemli problemdir. Toprak derinliğini kısıtlayan temel faktör erozyondur. Bunu ana maddenin sertliği izler. Genellikle mera ve kuru tarımda kullanılan bu toprakların doğal bitki örtüsü bozkırdır (Bozyiğit, 2018:87). Saraypınar ve çevresinde kırmızımsı kahverengi topraklar IV ve VII. sınıf arazi olup orta derinlikteki taşlı topraklardır. Bu topraklar kuru tarım ve mera alanı olarak kullanılmaktadır.

### 3.2.6. Kireçsiz Kahverengi Orman Toprağı

Bu topraklar ABC profilli topraklardır. A horizonu iyi oluşmuş ve gözenekli bir yapısı bulunmaktadır. B horizonunu gözle ayırtmak zordur. B horizonu bazen kil mineralleri zenginleşmiş halde bulunabilir. Bazen toprak profilinde B horizonu hiç bulunmayabilir. A horizonundan C horizonuna geçiş görülmektedir (Konya İli Arazi Varlığı, 1992: 14).

Kireçsiz kahverengi orman toprakları, Derbent ilçesinin güneyinde Bağrsak Deresi ve çevresinde görülmektedir. Genellikle Miosen-Pliosen yaşlı tüf, aglomera, ignimbirit, andezit, dasit ve bazalt ana kaya üzerinde gelişme göstermiştir. Genellikle mera ve kuru tarımda kullanılan bu toprakların doğal bitki örtüsü; meşe, karaçam ve ardıç türlerinden oluşan ormandır.



### 3.3. Derbent İlçesi Topraklarının Sorunları

Derbent ilçesi topraklarının karşı karşıya kaldığı sorunlar arasında erozyon, sulama, toprak sığılığı, eğim, taşlılık ve yanlış arazi kullanımı yer almaktadır.

#### 3.3.1. Erozyon

Derbent ilçesinde su erozyonu en önemli problemlerendir. Yağışlar ile erozyon tipi arasında önemli bir ilişki bulunmaktadır. İlçede özellikle ilkbahar aylarında düşen yağışlar kısa süreli sağanak şeklindeki yağışlar gerek damla erozyonu, gerekse yüzey erozyonu olarak etkili olmaktadır. Güçlü sağanak yağışların başlangıcındaki iri yağmur taneleri damla erozyonunu arttırmaktadır. Ayrıca antropojenik etkilerle bitki örtüsünün tahrip edilmesi su erozyonunu hızlandırmaktadır. Aladağ'ın doğu ve batı yamaçlarında, Bağırsak Dere Vadi yamaçlarında şiddetli su erozyonu görülür.

#### 3.3.2. Sulama

Derbent ilçesi topraklarının en önemli sorunlarından biri de sulamadır. Bunda en büyük faktör, yağış azlığıdır. Çünkü Derbent ilçesinin kuzey, doğu ve güneyi dağlarla çevrili olduğu için nemli hava kütleleri içeriye sokulamamaktadır. Ayrıca yıllık yağış miktarının düşük olması, mevcut akarsuların debileri düşük periyodik özellik göstermesi sulama sorununu doğurmaktadır. İlçede toplam tarım arazilerinin (138 000 dekar), %20.28'i(28.000 dekar) sulanabilir olması problemin boyutunu gözler önüne sermektedir. Bugüne kadar tarımsal üretimde karşılaşılan bu problemin ortadan kaldırılması için Dereağızı Göleti başta olmak üzere Alışar, Çiftliközü ve Süleyman göletleri yapılmış ancak sulama sorununu çözememiştir. Bu durumda yeni göletlerin acilen devreye sokulması gerekmektedir.

#### 3.3.3. Toprak Sığılığı veya Derinlik

Çalışma sahasında derinliği kısıtlayan en önemli faktör erozyon olup, bunu ana kaya sertliği izler. Derbentte yağışın az olması, yazların sıcak ve çok kurak geçmesi toprak oluşumunu fiziksel ve biyolojik yönden kısıtlar. Engbeli ve plato sahalarında yer alan Değiş, Derbenttekke, Saraypınar, Arapözü mahallelerine ait arazilerdeki toprakların derinliklerinin az olduğu dikkati çekmektedir. Bu durum ekimi ve dikimi yapılan bitkilerin gelişme ve büyümelerini önemli derecede engellemektedir.

#### 3.3.4. Eğim ve Taşlılık

Derbent ilçesinin doğu kesiminde kuzeyden güneye doğru Tasmakıran T.(1856 m), Aladağ (2339 m) ve Sarı T.(2040 m) yer almaktadır. Bu yüksek kesimin batıya doğru uzantısını Dikmen T.(1762 m) oluşturmaktadır. Bu kesimlerde eğim 11° 18' 35" ile 30° 57' 49" arasında değişmektedir. Ayrıca Bağırsak Deresi'nin vadi yamaçlarında da eğim yer yer 11° 18' 35" dereceyi bulmaktadır. Yüksek eğimli arazilerdeki toprakların erozyonla kaybedildiği sonucuna ulaşılmıştır.

Eğim şartlarındaki olumsuzluklara ek olarak taşlılık ta, toprak işlenmesine ve bitki gelişmesine zarar vermektedir. Taşlılık problemi Değiş, Derbenttekke, Çiftliközü, Saraypınar (Fotoğraf 4) ve Arapözü mahallesi topraklarında görülmektedir.



Fotoğraf 4. Derbent İlçesi Topraklarında (Saraypınar Mahallesi Doğusu) Taşlılık Önemli Bir Problem Olarak Dikkati Çekmektedir. Taşlılık Toprakların İşlenmesini Zorlaştırmakta ve Ürün Kaybına Neden Olmaktadır.

### 3.3.5. Yanlış Arazi Kullanımı

Derbent ilçesi topraklarını tehdit eden bir diğer sorun insan kaynaklı yanlış arazi kullanımınıdır. Yanlış arazi kullanımında başta doğal bitki örtüsünün farklı nedenlerle tahribi söz konusudur. Mevcut şartlarda orman veya fundalık olarak kullanılması gereken sahalardan, genellikle tarım alanlarına dönüştürüldüğü görülmektedir (Fotoğraf 5). Yanlış arazi kullanımının bir diğer örneği ise nadasa bırakılan sahalardan çokluğudur. Derbent ilçesinde yağış ve sulama yetersizliğinden dolayı tarım topraklarının %33.1'i (41 200 dekar) nadasa bırakılmakta, bir kısmında ise kuru tarım yapılmaktadır. Bu durum toprakların sığ olmasına ve verimli kısmının sürekli taşınmasına neden olmaktadır. İlçe topraklarının özelliklerine göre kullanılmaması, çiftçilerin eğitimsizlikleri ve hasat sonrası tarlada kalan anızların sürülmeyip yakılması gibi yanlış uygulamalar toprak sorunlarını arttırmaktadır.



*Fotoğraf 5. Doğal Bitki Örtüsünün Tahribi Sonucunda Ortaya Çıkmış Sekonder Vejetasyonun Tahrip Edilmesi ile Tarıma Açılmış Eğimli Sahalar(Derbenttekte-Değiş Mahalleleri Arasındaki Alçak Tepelik Sahasının Güney Yamaçları)*

## 4. Sonuç

Derbent ilçesi toprakları, pedogenetik özelliklerine göre yapılan sınıflamada üst kategori tasnifine tabi tutulmuştur. Buna göre yörede altı büyük toprak grubu yer almaktadır. Bu topraklardan en yaygın olanı, kırmızımsı kestane rengi topraklarıdır. Bunu kestane rengi, kireçsiz kahverengi orman, kolüvyal, alüvyal ve kırmızımsı kahverengi toprakları takip eder. Yöre topraklarının oluşumunda ana kaya, iklim ve topoğrafyanın etkileri görülmektedir. Volkanitlerin yaygın olduğu sahalarda kireçsiz kahverengi orman, kireçtaşının yaygın olduğu yerlerde kırmızımsı kestane rengi toprakları, topoğrafyanın düz veya hafif eğimli yerlerinde alüvyal ve kolüvyal topraklar yer alır. Organik madde bakımından fakir olan topraklarda en yüksek değere, Güney Mahallesi topraklarında (2.09) rastlanmaktadır.

Derbent ilçesinin farklı yerlerinden alınan toprak örneklerinin laboratuvar analizlerinde: saturasyon %31-73.7, toplam tuz 0.00-0.03, pH 7.5-7.8, kireç(CaCO<sub>3</sub>) 1.4-15.2, fosfor(P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 1.26-22.0, Potasyum(K<sub>2</sub>O),48.60-154.46 organik madde 1.26-2.09 arasında değişmektedir. Elde edilen veriler ışığında Derbent ilçesi topraklarının: tınlı, killi-tınlı ve killi; tuz oranı az; pH: hafif alkali; kireç: kireçli, orta kireçli; fosfor: çok az, az, orta, yüksek, çok yüksek; potasyum: yeterli, yüksek; organik maddenin ise az olduğu sonucuna ulaşılmıştır(Derbent İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2020). Bölgedeki akarsular tarafından teşekkül ettirilen alüvyal toprakların genelde tınlı ve killi tın bünyeye sahip oldukları, geçirgenlikleri yeterli, su tutma kapasitelerinin iyi, tuzluluk probleminin ise olmadığı anlaşılmaktadır. Ayrıca alüvyal toprakların toprak derinliği çok yıllık bahçe bitkileri ve tarla bitkileri yetiştiriciliğine uygun topraklardır.

İlçe topraklarında tespit edilen organik madde eksikliği, pH yüksekliği ve kireç miktarının fazlalığı mikro besin elementi ve azot eksikliğinin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Yörede yetiştiriciliği yapılan ve yapılması düşünülen bitkilere makro ve mikro besin elementi takviyesi yani gübreleme yapılması zorunludur. Bu konuda amonyum sülfat, üre, potasyum sülfat ve diamonyum sülfat önerilmektedir. Kil oranı yüksek arazilerde drenaj sorunu da görülebileceğinden bahçe kurulumu öncesi drenaj sorununun giderilmesi gerekir.

Derbent ilçesindeki kolüvyal topraklar etkili toprak derinliği genellikle sığ, organik maddece zayıf; fosfor, azot gibi makro besin elementlerince zayıf, kireç miktarı fazla topraklardır. Bu arazilerde bitkisel üretim verimini arttırmak için toprak strüktürünü geliştirici uygulamalar yapılmalı, özellikle organik maddenin artırılması için yanmış ahır gübresi, humik asit vb. organik gübre takviyesi gerekir. Sığ toprak derinliği olan arazilerde ağaç dikimi yapmadan önce derin fidan çukurları açılarak fidan dikimi sonrası bu çukurlar toprakla doldurulmalı; eğimli yamaç arazilerde teraslama uygulaması yapılarak kullanılmalıdır. Analiz sonuçlarına göre bu araziler yüksek kireç oranı içerdiğinden ve pH değerleri bazik karakterde olduğundan söz konusu arazilerde azot eksikliğini gidermek için amonyum sülfat gibi asidik karakterde gübreler kullanılması önerilebilir.



Derbent ilçesi topraklarını tehdit eden süreçler arasında; erozyon, sulama, sığlık, eğim, taşlılık, yanlış arazi kullanımı olduğu anlaşılmıştır. Bu problemlerden sulama suyu, erozyon ve yanlış arazi kullanımı daha ön plana çıkmaktadır.

Derbent ilçesi topraklarının en önemli sorunu, sulama suyu problemidir. Tarım topraklarının ancak %20,28'inin sulu, % 79.72'inin ise kuru tarım olarak kullanıldığı tespit edilmiştir (TÜİK, 2016; T.C.Derbent Kaymakamlığı, Derbent İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, 2017). Bu durum yöre insanının geçim kaynaklarını kısıtlamakta, yaşam alanlarını terk etmelerine neden olmaktadır. Yağış ve yüzeysel suların yetersizliği sebebiyle sulama suyu temini için mevcut sulama göletlerinin artırılması gerekmektedir.

İlçe topraklarını tehdit eden bir diğer faktör ise su erozyonudur. Yörede su erozyonunun farklı türleri görülmekle birlikte yüzey ve akarsu erozyonunun daha etkili olduğu görülür. Derbent ve Bağrsak derelerinin vadi yamaçları ile Akdağ dağlık kütesinin eğimli yamaçları şiddetli su erozyonuna uğramış kesimlerdir. Bu konuda baraj ve ağaçlandırma çalışmaları sürdürülmesi önerilmektedir.

Derbent ilçesinde 13 mahalle, 11 yayla yerleşmesi bulunmaktadır. Mahalle ve yayla yerleşmelerinin bir kısmı orman içi veya orman yakınında yer almaktadır. Bu mahalle ve yaylalarda yaşayan halkın yakacak temini, hayvan otlatmak ve tarım faaliyetlerinden doğal bitki örtüsü zarar görmektedir. Bu durumda mera alanlarının kontrollü otlatılması, ahır hayvancılığının yaygınlaştırılması ve halkın yakacak ihtiyacını başka yollardan karşılanması gerekmektedir.

Sonuç olarak Derbent ilçe halkına, öncelikle yörenin toprak potansiyeli kavratılmalı, daha sonra da bu değerleri koruyarak kullanma yolu öğretilmelidir.

## Kaynakça

- Akalan, İ. (1983), *Toprak Bilgisi*, Ank., Üniv., Ziraat Fak., Yay no:878, Ankara.
- Atalay, İ. (2011), *Toprak Oluşumu, Sınıflandırması ve Coğrafyası*, (5.Baskı), Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.
- Atalay, İ.-Gökçe Gündüzoğlu, A. (2015), *Türkiye'nin Ekolojik Koşullarına Göre Arazi Kabiliyet Sınıflandırması*, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, İzmir.
- Bağdatlı, M.C.-İstanbuluoğlu, A.-Bayar, N.A. (2014), Toprak ve su Kaynakları Potansiyelinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Yardımıyla Belirlenmesi: Tekirdağ-Çerkezköy İlçesi Uygulaması, Afyon Kocatepe Üniversitesi, *Fen ve Mühendislik Dergisi*, Sayı:14, 17-25, Afyon.
- Baldwin, M.-Kellog, C.E.-Thord, J. (1938), *Soil Clasification. Soil and Man*, U.S. Dept. Agric. Ybk 979-1001 pp.illus.
- Bozyiğit, R.-Kaya, B.(2017), Altınapa Barajı Havzası'nda (Konya) Erozyon ve Önlemler, *Marmara Coğrafya Dergisi*, Sayı 36, s.285-303, İstanbul.
- Bozyiğit, R. (2018), Takkeli Dağ, Çizgi Kitabevi Yayın no:834, Konya.
- Crocker, R.L. (1952), *The plant factor in soil formation Australia.*, J.Sci. 21, 180-193.
- D.M.İ.,Gn.M. (2016): Derbent ve Beyşehir Meteorolojik İstasyonlarına Ait:  
\*Yıllık Meteoroloji Bültenleri.  
\*Günlük ve Aylık Meteoroloji Bültenleri.
- Dokuchaev, V. V.,(1883), *Russian Chernozem*. Israel Program for Scientific Translations Ltd. (for USDA-NSF), S. Monson,
- Dokuchaev, V.V. (1886), *The Russian Steppes.*, Dept. Agric. Min. Of Crown Domains fort he World's Columbian Exposition St. Petesburg, Rusia.
- Efe, R. (1999), Güney Marmara Bölümü Batısında Toprak Oluşumunu Etkileyen Coğrafi Faktörler ve Toprak Özellikleri, *Türk Coğrafya Dergisi*, Sayı 34, 193-209, İstanbul.
- Efe, R.(2000), *Biyocoğrafya*, MKM Yayıncılık, Bursa.
- FAO-UNESCO, (1971-1981), *Soil map of the world. 1: 5 000 000*. Volume I. Legend. Prepared by the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Unesco - Paris.
- Jeny, H. (1941), *Factors of Soil Formation A System of Quantitave Pedology*, Dover Publications, Inc., New York.
- Marbut, C.F.(1927), *A Scheme for Soil Classification*, First International Congress. Soil Scien, Protect 4, 1-31
- Mater, B.,(1998): *Toprak Coğrafyası*, Çantay Kitabevi, İstanbul.
- Mückenhausen, E.(1962), *Enstehung, Eigenschaften und Sistematik der Boden der Bundersrepublik Deutschland*. Frankfurt.
- Özdemir, S.(1997), *Temel Ekoloji Bilgisi ve Çevre Sorunları*, Hatiboğlu Yayınevi, Ankara.
- Şenel, M.-Dalkılıç-H.(2016), 1/100 000 Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Konya-M 27 Paftası No:227, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütler Dairesi, Ankara.
- Şenel, M.-Pehlivan, N.(2016), 1/100 000 Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Konya-M 28 Paftası No:228, Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütler Dairesi, Ankara.
- Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Müdürlüğü, (1992), Konya İli Arazi Varlığı, Ankara.
- T.C.Derbent Kaymakamlığı, Derbent İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, (2017), Faaliyet Raporu, Derbent.
- T.C.Derbent Kaymakamlığı, Derbent İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, (2018), Faaliyet Raporu, Derbent.
- T.C.Derbent Kaymakamlığı, Derbent İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, (2020), Toprak Analiz Raporları, Derbent.
- TÜİK (2016): Tarım İstatistikleri, www.tuik.gov.tr/Erişim 19 Nisan 2018.
- TÜİK (2020): Nüfus İstatistikleri, www.tuik.gov.tr/Erişim 07 Mayıs 2020.



# Stability Analysis of Neutral-Type Hopfield Neural Networks with Discrete Delays

Özlem Faydasıçok<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Mathematics, Faculty of Science, Istanbul University, 34134 Fatih, Istanbul, Turkey. (ORCID: 0000-0002-7621-4350)

(First received 9 May 2020 and in final form 17 June 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.734982)

**ATIF/REFERENCE:** Faydasıçok, Ö. (2020). Stability Analysis of Neutral-Type Hopfield Neural Networks with Discrete Delays. *European Journal of Science and Technology*, (19), 515-523.

## Abstract

This research paper deals with the stability problem for a class of neutral-type Hopfield neural networks that involves discrete time delays in the states of neurons and discrete neutral delays in the time derivatives of the states of neurons. By constructing a novel suitable Lyapunov functional, an easily verifiable algebraic condition for global asymptotic stability of this type of Hopfield neural systems is presented. This stability condition is absolutely independent of the discrete time and neutral delays. An instructive example is given to demonstrate the applicability of the proposed condition.

**Keywords:** Neutral Systems, Hopfield Neural Networks, Lyapunov Functionals, Stability Analysis.

## Ayrık Gecikmeli Nötral-Tip Hopfield Yapay Sinir Ağlarının Kararlılık Analizi

### Öz-Türkçe

Bu araştırma makalesi, nöron durumlarının ayrık zaman gecikmeleri ve nöron durumlarının türevlerinin ayrık nötral gecikmeler içerdiği nötral-tip Hopfield yapay sinir ağlarının kararlılık problemi ile ilgilenmektedir. Yeni ve uygun bir Lyapunov fonksiyonu kullanılarak, bu tip Hopfield yapay sinir ağlarının kararlılığı için, yeni ve kolayca doğrulanabilir cebirsel olarak ifade edilen bir koşul sunulmaktadır. Bu kararlılık koşulu kesinlikle hem ayrık zaman gecikmeleri hem de ayrık nötral gecikmelerinden bağımsızdır. Elde edilen kararlılık koşulunun uygulanabilirliğini göstermek için öğretici bir sayısal örnek verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Nötral Sistemler, Hopfield Yapay Sinir Ağları, Lyapunov Fonksiyonları, Kararlılık Analizi.

## 1. Introduction

Recently, the class of Hopfield neural networks has been used in many critical engineering applications associated with image processing, pattern recognitions and optimization related problems [1]-[5]. In these typical engineering applications of this neural network, the main problem is to know the requirement for the desired dynamical behavior of this neural network. For instance, in case of optimization problems, the critical point is that this neural network must converge some unique and globally asymptotically stable equilibrium points. A critical issue is that the dynamics of a neural network can be changed by different external parameters. Specially, the electronically implemented neural networks can show undesired dynamical activities due to the time delays caused by finite switching speed of electronic elements and signal processing times of neurons. Therefore, it would be appropriate to represent these

\* Department of Mathematics, Faculty of Science, Istanbul University, 34134 Fatih, Istanbul, Turkey. ORCID: 0000-0002-7621-4350, [kozlem@istanbul.edu.tr](mailto:kozlem@istanbul.edu.tr)

time delays in the dynamical modelling of these systems. Presently, many research papers have studied the stability of Hopfield neural networks involving discrete time delays [6]-[12]. It is important to mention that the neural networks including time delays may not always reveal the desired dynamics of neuronal reaction process because of some strange complicated dynamical activities of interactions taking place between the neurons. Thus, It is of crucial importance to introduce the meaningful information associated with the time derivatives of states of the neurons when establishing the dynamical representations of these systems for identifying the complete dynamics of these types of complex neuronal interactions. This task is carried out by presenting the additional delays to time derivatives of states of neurons. Neural networks whose mathematical models involve both different time delays in states of neurons and different neutral delays in time derivatives of states of neurons are called neutral-type neural networks. These types of networks have been proved to be effective systems in many applications in the fields of the population ecology, distributed networks involving lossless transmission lines [13]-[15].

This paper will analyze a neutral-type Hopfield neural network which involves different discrete time delays in states of neurons and different discrete neutral delays time derivatives of the states of neurons. Such a neural network possesses a dynamics that is governed by the dynamical equations:

$$\dot{x}_i(t) + \sum_{j=1}^n e_{ij} \dot{x}_j(t - \zeta_j) = -c_i x_i(t) + \sum_{j=1}^n a_{ij} f_j(x_j(t)) + \sum_{j=1}^n b_{ij} f_j(x_j(t - \tau_j)) + u_i, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (1)$$

where  $x_i(t)$  is a state variable representing  $i$ th neuron,  $c_i$  represent some positive constants. The constants  $a_{ij}$  and  $b_{ij}$  are interconnection parameters. Discrete time delays are denoted by  $\tau_j$  and discrete neutral delays are denoted by  $\zeta_j$ ,  $1 \leq j \leq n$ . The  $e_{ij}$  are the constant parameters associated with time derivatives of the states having discrete neutral delays. The  $f_j(x_j(t))$  are the activation functions and  $u_i$  are the inputs. In neutral-type Hopfield neural network given by (1), denote  $\tau = \max\{\tau_j\}$ ,  $\zeta = \max\{\zeta_j\}$ ,  $1 \leq j \leq n$ , and  $\Omega = \max\{\tau, \zeta\}$ . Thus, neural network (1) can be defined by the initial conditions of  $x_i(t) = \varphi_i(t)$  and  $\dot{x}_i(t) = \vartheta_i(t)$  in  $C([-\Omega, 0], R)$ . We also note that  $C([-\Omega, 0], R)$  include the real valued functions which are assumed to be defined from  $[-\Omega, 0]$  to  $R$ .

In dealing with the dynamical analysis associated with investigated stability issues of neutral neural system represented with equation (1), the basic property that is needed to be satisfied by the activation functions  $f_j(x_j(t))$  is an important concept. Therefore, it is first required to determine basic characteristics of these activation functions employed in (1). In the literature, it is customary to assume that there exist positive Lipschitz constants  $\ell_i$  such that

$$|f_i(x_i(t)) - f_i(y_i(t))| \leq \ell_i |x_i(t) - y_i(t)|, \quad \forall x_i(t), \forall y_i(t) \in R, x_i(t) \neq y_i(t), \forall i, \quad (2)$$

The formulation of neural system (1) is of a mathematical nature that allows us to put system (1) in a form of vectors and matrices as shown in the following equation:

$$\dot{x}(t) + E\dot{x}(t - \zeta) = -Cx(t) + Af(x(t)) + Bf(x(t - \tau)) + u \quad (3)$$

where  $C = \text{diag}(c_i > 0)$ ,  $A = (a_{ij})_{n \times n}$ ,  $B = (b_{ij})_{n \times n}$  and  $E = (e_{ij})_{n \times n}$  represent the connection matrices of system (1).  $x(t) = (x_1(t), x_2(t), \dots, x_n(t))^T$ ,  $\dot{x}(t) = (\dot{x}_1(t), \dot{x}_2(t), \dots, \dot{x}_n(t))^T$ ,  $f(x(t)) = (f_1(x_1(t)), f_2(x_2(t)), \dots, f_n(x_n(t)))^T$ ,  $f(x(t - \tau)) = (f_1(x_1(t - \tau)), f_2(x_2(t - \tau)), \dots, f_n(x_n(t - \tau)))^T$ ,  $\dot{x}(t - \zeta) = (\dot{x}_1(t - \zeta), \dot{x}_2(t - \zeta), \dots, \dot{x}_n(t - \zeta))^T$ ,  $u = (u_1, u_2, \dots, u_n)^T$

If neutral-type neural networks possess discrete delays, then the mathematical models of these neural systems can be formulated in the forms of vectors and matrices. Then, we may study the stability of these neural network models by exploiting linear matrix inequality approach combining with the other appropriate mathematical tools and methods. In [16]-[25], the stability of neutral neural-type networks defined by (6) have been studied and by constructing some classes of suitable Lyapunov functionals together with employing some lemmas and new mathematical techniques, different sets of novel stability results on the considered neutral-type neural networks of various forms of linear matrix inequalities have been presented. In [26]-[31], new global stability criteria for system (6) in the forms of different representations of linear matrix inequality formulations have been proposed by employing various proper Lyapunov functionals with the triple or four integral terms. In [32] and [33] various stability problems for neutral-type neural networks defined by (4) have been investigated, in which, by making the use of semi-free weighting matrix techniques and an augmented Lyapunov functional, some less conservative and restrictive global stability conditions via linear matrix inequalities have been presented. In [34], the stability for Hopfield neural networks of neutral-type possessing discrete delays has been suitable conducted, and by utilizing a proper Lyapunov functional that makes a combination of the descriptor model transformation, a novel stability criterion has been formulated in linear matrix inequalities. In [35], stability of neural system defined by (4) has been addressed and by proposing a appropriate Lyapunov functionals utilizing Auxiliary function-type integral inequalities and reciprocally convex method, some sets of stability results via linear matrix inequalities have been obtained. In [36], the Lagrange stability issue of neutral-type neural systems having mixed delays has been analyzed, and by utilizing the proper Lyapunov functionals and applying some appropriate linear matrix inequality techniques, various sufficient criteria have been obtained to assure Lagrange stability of this model of considered neural network system. In [37], the issues associated with stability of neutral type singular neural systems involving different delay parameters have been studied, and by exploiting a novel adequate Lyapunov functional and some rarely integral inequalities, a new global



asymptotic stability condition via linear matrix inequality has been derived. In [38], dynamical issues of neural networks of neutral type possessing some various delay parameters have been analysed, and various stability results have been derived employing linear matrix inequality together with Razumikhin-type approaches.

Note that the results of [17]-[39] employ some various classes of linear matrix inequality tolls to derive different sets of sufficient stability conditions for system (6). However, the global stability results derived via linear matrix inequality method are required to test some negative definite properties of very high dimensional matrices whose elements are established by the system parameters of neural networks. Due to these complex and costly calculation problems, it becomes necessity to obtain different stability conditions for system (6), that are not expressed in linear matrix inequality forms. In this concept, this paper will focus on the dynamical analysis of system (6) to derive some easily verifiable algebraic stability conditions.

## 2. Stability Analysis

The basic contribution of this section will be deriving some stability conditions ensuring the stability of neutral-type Hopfield neural system whose model is given by (1). We now proceed with a first step to simplify the proofs of the stability conditions. This step needs to transform the equilibrium points  $x^* = (x_1^*, x_2^*, \dots, x_n^*)^T$  of Hopfield-type neural network represented by equation (1) to the origin. This will be achieved by utilizing the simple formula  $z_i(t) = x_i(t) - x_i^*$ , which turns neutral-type neural network (1) to an equivalent neutral-type neural network represented by the following differential equations:

$$\dot{z}_i(t) + \sum_{j=1}^n e_{ij} \dot{z}_j(t - \zeta) = -c_i z_i(t) + \sum_{j=1}^n a_{ij} g_j(z_j(t)) + \sum_{j=1}^n b_{ij} g_j(z_j(t - \tau)), i = 1, 2, \dots, n \tag{4}$$

where the new activation functions are determined to be in the form  $g_i(z_i(t)) = f_i(z_i(t) + x_i^*) - f_i(x_i^*)$ ,  $\forall i$ . In the light of (2), the functions  $g_i(z_i(t))$  justify the following conditions :

$$|g_i(z_i(t))| \leq \ell_i |z_i(t)|, \forall z_i(t) \in R, \forall i \tag{5}$$

The formulation of neural system (4) is of a mathematical nature that allows us to put system (1) in a form of vectors and matrices as shown in the following equation:

$$\dot{z}(t) + E\dot{z}(t - \zeta) = -Cz(t) + Ag(z(t)) + Bg(z(t - \tau)) \tag{6}$$

where  $z(t) = (z_1(t), z_2(t), \dots, z_n(t))^T$ ,  $\dot{z}(t) = (\dot{z}_1(t), \dot{z}_2(t), \dots, \dot{z}_n(t))^T$ ,  $g(z(t)) = (g_1(z_1(t)), g_2(z_2(t)), \dots, g_n(z_n(t)))^T$ ,  $g(z(t - \tau)) = (g_1(z_1(t - \tau)), g_2(z_2(t - \tau)), \dots, g_n(z_n(t - \tau)))^T$ ,  $\dot{z}(t - \zeta) = (\dot{z}_1(t - \zeta), \dot{z}_2(t - \zeta), \dots, \dot{z}_n(t - \zeta))^T$ .

We are now in the position to state the contribution of the paper by a theorem stated as follows :

**Theorem 1 :** For neutral-type Hopfield neural system (6), assume that the activation functions  $g_i(z_i(t))$  satisfy (5). Then, the origin of system (6) is globally asymptotically stable, if the following conditions hold:

$$\delta = c_m^2 - (\|A\|_2^2 + 2\|A\|_2\|B\|_2 + \|B\|_2^2)\ell_M^2 - 2c_M^2\|E\|_2 - c_M\|E\|_2(\|A\|_2 + \|B\|_2)\ell_M^2 - c_M\|E\|_2(\|A\|_2 + \|B\|_2) > 0$$

and

$$e_i = 1 - \sum_{j=1}^n |e_{ji}|, \quad i = 1, 2, \dots, n$$

**Proof :** This theorem will be proved by using the state transformation approach. To this end, we define the following:

$$y_i(t) = z_i(t) + \sum_{j=1}^n e_{ij} z_j(t - \zeta_j), \quad i = 1, 2, \dots, n. \tag{7}$$

or equivalently

$$y(t) = z(t) + Ez(t - \zeta) \tag{8}$$

In this case, taking the time derivatives of both sides of equation (7) yields:

$$\dot{y}_i(t) = \dot{z}_i(t) + \sum_{j=1}^n e_{ij} \dot{z}_j(t - \zeta_j), \quad i = 1, 2, \dots, n \tag{9}$$

Equation (7) is equivalent to the following

$$\dot{y}(t) = \dot{z}(t) + E\dot{z}(t - \zeta) \tag{10}$$

Combining (9) with (4) leads to

$$y_i(t) = -c_i z_i(t) + \sum_{j=1}^n a_{ij} g_j(z_j(t)) + \sum_{j=1}^n b_{ij} g_j(z_j(t - \tau)), i = 1, 2, \dots, n. \tag{11}$$

(11) can be written in form of matrices and vectors as stated below

$$\dot{y}(t) = -Cz(t) + Ag(z(t)) + Bg(z(t - \tau)) \tag{12}$$

We can now proceed further to construct a proper Lyapunov functional for the stability analysis of system (6) defined by :

$$V(t) = \sum_{i=1}^n c_i y_i^2(t) + \sum_{i=1}^n \int_{t-\zeta_i}^t y_i^2(s) ds + (\alpha + \beta) \sum_{i=1}^n \int_{t-\tau_i}^t z_i^2(s) ds + (\alpha + \gamma) \sum_{i=1}^n \int_{t-\zeta_i}^t z_i^2(s) ds \tag{13}$$

In (13),  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  represent some positive real constants whose appropriate numerical values will be specified in what follows. The time derivative  $\dot{V}(t)$  of the Lyapunov functional  $V(t)$  along the trajectories of system (6) is calculated to be in the form:

$$\begin{aligned} \dot{V}(t) &= 2 \sum_{i=1}^n c_i y_i(t) \dot{y}_i(t) + \sum_{i=1}^n \dot{y}_i^2(t) - \sum_{i=1}^n \dot{y}_i^2(t - \zeta_i) + (\alpha + \beta) \sum_{i=1}^n z_i^2(t) \\ &\quad - (\alpha + \beta) \sum_{i=1}^n z_i^2(t - \tau_i) + (\alpha + \gamma) \sum_{i=1}^n z_i^2(t) - (\alpha + \gamma) \sum_{i=1}^n z_i^2(t - \zeta_i) \\ &\leq 2 \sum_{i=1}^n c_i y_i(t) \dot{y}_i(t) + \sum_{i=1}^n \dot{y}_i^2(t) + (\alpha + \beta) \sum_{i=1}^n z_i^2(t) \\ &\quad - (\alpha + \beta) \sum_{i=1}^n z_i^2(t - \tau_i) + (\alpha + \gamma) \sum_{i=1}^n z_i^2(t) - (\alpha + \gamma) \sum_{i=1}^n z_i^2(t - \zeta_i) \end{aligned} \tag{14}$$

(14) can be rewritten in matrix and vector form by the following inequality:

$$\begin{aligned} \dot{V}(t) &\leq 2y^T(t)C \dot{y}(t) + \dot{y}^T(t) \dot{y}(t) + (2\alpha + \beta + \gamma)z^T(t)z(t) - (\alpha + \beta)z^T(t - \tau)z(t - \tau) - (\alpha + \gamma)z^T(t - \zeta)z(t - \zeta) \\ &= (2y^T(t)C + \dot{y}^T(t))\dot{y}(t) + (2\alpha + \beta + \gamma)z^T(t)z(t) - (\alpha + \beta)z^T(t - \tau)z(t - \tau) - (\alpha + \gamma)z^T(t - \zeta)z(t - \zeta) \\ &= (2Cy(t) + \dot{y}(t))^T \dot{y}(t) + (2\alpha + \beta + \gamma)z^T(t)z(t) - (\alpha + \beta)z^T(t - \tau)z(t - \tau) - (\alpha + \gamma)z^T(t - \zeta)z(t - \zeta) \end{aligned} \tag{15}$$

Using (8) and (10) in (15) results in

$$\begin{aligned} \dot{V}(t) &\leq (2C(z(t) + Ez(t - \zeta)) - Cz(t) + Ag(z(t)) + Bg(z(t - \tau)))^T (-Cz(t) + Ag(z(t)) + Bg(z(t - \tau))) \\ &\quad + (2\alpha + \beta + \gamma)z^T(t)z(t) - (\alpha + \beta)z^T(t - \tau)z(t - \tau) - (\alpha + \gamma)z^T(t - \zeta)z(t - \zeta) \\ &= (Cz(t) + 2CEz(t - \zeta) + Ag(z(t)) + Bg(z(t - \tau)))^T (-Cz(t) + Ag(z(t)) + Bg(z(t - \tau))) \\ &\quad + (2\alpha + \beta + \gamma)z^T(t)z(t) - (\alpha + \beta)z^T(t - \tau)z(t - \tau) - (\alpha + \gamma)z^T(t - \zeta)z(t - \zeta) \\ &= -z^T(t)C^2z(t) - 2z^T(t - \zeta)E^T C^2z(t) + 2z^T(t - \zeta)E^T CAg(z(t)) + 2z^T(t - \zeta)E^T CBg(z(t - \tau)) \\ &\quad + g^T(z(t))A^T Ag(z(t)) + g^T(z(t - \tau))B^T Bg(z(t - \tau)) + 2g^T(z(t))A^T Bg(z(t - \tau)) \\ &\quad + (2\alpha + \beta + \gamma)z^T(t)z(t) - (\alpha + \beta)z^T(t - \tau)z(t - \tau) - (\alpha + \gamma)z^T(t - \zeta)z(t - \zeta) \end{aligned} \tag{16}$$

First note the inequalities

$$-z^T(t)C^2z(t) \leq -c_m^2 \|z(t)\|_2^2 \tag{17}$$

$$-2z^T(t - \zeta)E^T C^2z(t) \leq 2c_M^2 \|E\|_2 \|z(t)\|_2 \|z(t - \zeta)\|_2 \leq c_M^2 \|E\|_2 \|z(t)\|_2^2 + c_M^2 \|E\|_2 \|z(t - \zeta)\|_2^2 \tag{18}$$

$$2z^T(t - \zeta)E^T CAg(z(t)) \leq 2c_M \|A\|_2 \|E\|_2 \|g(z(t))\|_2 \|z(t - \zeta)\|_2$$

$$\leq c_M \|A\|_2 \|E\|_2 \|g(z(t))\|_2^2 + c_M \|A\|_2 \|E\|_2 \|z(t - \zeta)\|_2^2 \quad (19)$$

$$\begin{aligned} 2z^T(t - \zeta) E^T C B g(z(t - \tau)) &\leq 2c_M \|B\|_2 \|E\|_2 \|g(z(t - \tau))\|_2 \|z(t - \zeta)\|_2 \\ &\leq c_M \|B\|_2 \|E\|_2 \|g(z(t - \tau))\|_2^2 + c_M \|B\|_2 \|E\|_2 \|z(t - \zeta)\|_2^2 \end{aligned} \quad (20)$$

$$g^T(z(t)) A^T A g(z(t)) \leq \|A\|_2^2 \|g(z(t))\|_2^2 \quad (21)$$

$$g^T(z(t - \tau)) B^T B g(z(t - \tau)) \leq \|B\|_2^2 \|g(z(t - \tau))\|_2^2 \quad (22)$$

$$\begin{aligned} 2g^T(z(t)) A^T B g(z(t - \tau)) &\leq 2\|A\|_2 \|B\|_2 \|g(z(t))\|_2 \|g(z(t - \tau))\|_2 \\ &\leq \|A\|_2 \|B\|_2 \|g(z(t))\|_2^2 + \|A\|_2 \|B\|_2 \|g(z(t - \tau))\|_2^2 \end{aligned} \quad (23)$$

where  $c_m = \min\{c_i\}$  and  $c_M = \max\{c_i\}$ . Inserting (17)-(23) into (16) yields:

$$\begin{aligned} \dot{V}(t) &\leq -c_m^2 \|z(t)\|_2^2 + c_M^2 \|E\|_2 \|z(t)\|_2^2 + c_M^2 \|E\|_2 \|z(t - \zeta)\|_2^2 + c_M \|A\|_2 \|E\|_2 \|g(z(t))\|_2^2 + c_M \|A\|_2 \|E\|_2 \|z(t - \zeta)\|_2^2 \\ &\quad + c_M \|B\|_2 \|E\|_2 \|g(z(t - \tau))\|_2^2 + c_M \|B\|_2 \|E\|_2 \|z(t - \zeta)\|_2^2 + \|A\|_2^2 \|g(z(t))\|_2^2 + \|B\|_2^2 \|g(z(t - \tau))\|_2^2 \\ &\quad + \|A\|_2 \|B\|_2 \|g(z(t))\|_2^2 + \|A\|_2 \|B\|_2 \|g(z(t - \tau))\|_2^2 \\ &\quad + (2\alpha + \beta + \gamma) z^T(t) z(t) - (\alpha + \beta) z^T(t - \tau) z(t - \tau) - (\alpha + \gamma) z^T(t - \zeta) z(t - \zeta) \end{aligned} \quad (24)$$

Since  $\|g(z(t))\|_2^2 \leq \ell_M^2 \|z(t)\|_2^2$  and  $\|g(z(t - \tau))\|_2^2 \leq \ell_M^2 \|z(t - \tau)\|_2^2$ , (24) can be written as

$$\begin{aligned} \dot{V}(t) &\leq -c_m^2 \|z(t)\|_2^2 + c_M^2 \|E\|_2 \|z(t)\|_2^2 + c_M^2 \|E\|_2 \|z(t - \zeta)\|_2^2 + c_M \|A\|_2 \|E\|_2 \ell_M^2 \|z(t)\|_2^2 \\ &\quad + c_M \|A\|_2 \|E\|_2 \|z(t - \zeta)\|_2^2 + c_M \|B\|_2 \|E\|_2 \ell_M^2 \|z(t - \tau)\|_2^2 + c_M \|B\|_2 \|E\|_2 \|z(t - \zeta)\|_2^2 \\ &\quad + \|A\|_2^2 \ell_M^2 \|z(t)\|_2^2 + \|B\|_2^2 \ell_M^2 \|z(t - \tau)\|_2^2 + \|A\|_2 \|B\|_2 \ell_M^2 \|z(t)\|_2^2 + \|A\|_2 \|B\|_2 \ell_M^2 \|z(t - \tau)\|_2^2 \\ &\quad + (2\alpha + \beta + \gamma) \|z(t)\|_2^2 - (\alpha + \beta) \|z(t - \tau)\|_2^2 - (\alpha + \gamma) \|z(t - \zeta)\|_2^2 \end{aligned} \quad (25)$$

where  $\ell_M = \max\{\ell_i\}$ . We make the following choices for the values of  $\beta$  and  $\gamma$ :

$$\beta = c_M \|B\|_2 \|E\|_2 \ell_M^2 + \|B\|_2^2 \ell_M^2 + \|A\|_2 \|B\|_2 \ell_M^2 \quad (26)$$

and

$$\gamma = c_M^2 \|E\|_2 + c_M \|A\|_2 \|E\|_2 + c_M \|B\|_2 \|E\|_2 \quad (27)$$

Inserting (26) and (27) into (25) yields

$$\begin{aligned} \dot{V}(t) &\leq (-c_m^2 + c_M^2 \|E\|_2 + c_M \|A\|_2 \|E\|_2 \ell_M^2 + \|A\|_2^2 \ell_M^2 + \|A\|_2 \|B\|_2 \ell_M^2) \|z(t)\|_2^2 \\ &\quad + (c_M \|B\|_2 \|E\|_2 \ell_M^2 + \|B\|_2^2 \ell_M^2 + \|A\|_2 \|B\|_2 \ell_M^2 + c_M^2 \|E\|_2 + c_M \|A\|_2 \|E\|_2 + c_M \|B\|_2 \|E\|_2) \|z(t)\|_2^2 \\ &\quad + 2\alpha \|z(t)\|_2^2 - \alpha \|z(t - \tau)\|_2^2 - \alpha \|z(t - \zeta)\|_2^2 \\ &= -(c_m^2 - (\|A\|_2^2 + 2\|A\|_2 \|B\|_2 + \|B\|_2^2) \ell_M^2 + 2c_M^2 \|E\|_2 + c_M \|E\|_2 (\|A\|_2 + \|B\|_2) (\ell_M^2 + 1)) \|z(t)\|_2^2 \\ &\quad + 2\alpha \|z(t)\|_2^2 - \alpha \|z(t - \tau)\|_2^2 - \alpha \|z(t - \zeta)\|_2^2 \\ &= -\delta \|z(t)\|_2^2 + 2\alpha \|z(t)\|_2^2 - \alpha \|z(t - \tau)\|_2^2 - \alpha \|z(t - \zeta)\|_2^2 \end{aligned} \quad (28)$$

(28) satisfies

$$\dot{V}(t) \leq -\delta \|z(t)\|_2^2 + 2\alpha \|z(t)\|_2^2 = -(\delta - 2\alpha) \|z(t)\|_2^2 \quad (29)$$

In (29), the choice  $2\alpha < \delta$  implies that  $\dot{V}(t)$  will be negative definite for all  $z(t) \neq 0$ .

Let  $z(t) = 0$ . Then, from (28), we state the following inequality

$$\dot{V}(t) \leq -\alpha \|z(t - \tau)\|_2^2 - \alpha \|z(t - \zeta)\|_2^2 \leq -\alpha \|z(t - \tau)\|_2^2 \quad (30)$$

Since  $\alpha > 0$ , it can be directly concluded from (30) that if  $z(t - \tau) \neq 0$ , then  $\dot{V}(t)$  will be negative definite.

Let  $z(t) = 0$  and  $z(t - \tau) = 0$ . Then, from (28), we state the following inequality

$$\dot{V}(t) \leq -\alpha \|z(t - \zeta)\|_2^2 \quad (31)$$

Since  $\alpha > 0$ , it can be directly concluded from (31) that if  $z(t - \zeta) \neq 0$ , then  $\dot{V}(t)$  will be negative definite.

Let  $z(t) = 0$ ,  $z(t - \tau) = 0$  and  $z(t - \zeta) = 0$ . then, from (12), it follows that  $\dot{y}(t) = 0$ . In this case,  $\dot{V}(t)$  given by (14) takes the form:

$$\dot{V}(t) = -\|\dot{y}(t - \zeta)\|_2^2 \tag{32}$$

In (32), it is easy to observe that  $\dot{V}(t) < 0$  if  $\dot{y}(t - \zeta) \neq 0$ , and  $\dot{V}(t) = 0$  if  $\dot{y}(t - \zeta) = 0$ . This leads the fact of  $\dot{V}(t) = 0$  if and only if  $z(t) = 0$ ,  $g(z(t)) = 0$ ,  $z(t - \tau) = 0$ ,  $g(z(t - \tau)) = 0$ ,  $z(t - \zeta) = 0$  and  $\dot{y}(t - \zeta) = 0$ . This directly means that  $\dot{V}(t) < 0$  in all the other cases. This analysis leads us to indicate that the origin of (6) is asymptotically stable. We now need to establish that system (6) is also globally stable. For this purpose, one needs to prove that  $V(t)$  is radially unbounded. This is equivalent to satisfy the condition of  $V(t) \rightarrow \infty$  as  $\|z(t)\| \rightarrow \infty$ .

Since

$$y_i(t) = z_i(t) + \sum_{j=1}^n e_{ij} z_j(t - \zeta_j), \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

We can write

$$|z_i(t)| \leq |y_i(t)| + \sum_{j=1}^n |e_{ij}| |z_j(t - \zeta_j)|, \quad i = 1, 2, \dots, n. \tag{33}$$

Now, choose a positive constant  $T$  such that  $0 \leq t \leq T$ . Then, (33) can be written as

$$|z_i(t)| \leq |y_i(t)| + \sum_{j=1}^n |e_{ij}| \sup_{0 \leq t \leq T} |z_j(t)| + \sum_{j=1}^n |e_{ij}| \sup_{-\Omega \leq t \leq 0} |z_j(t)|, \quad i = 1, 2, \dots, n. \tag{34}$$

(34) can be written as

$$\sup_{0 \leq t \leq T} |z_i(t)| \leq \sup_{0 \leq t \leq T} |y_i(t)| + \sum_{j=1}^n |e_{ij}| \sup_{0 \leq t \leq T} |z_j(t)| + \sum_{j=1}^n |e_{ij}| \sup_{-\Omega \leq t \leq 0} |z_j(t)|, \quad i = 1, 2, \dots, n. \tag{35}$$

From (35), we obtain

$$\sum_{i=1}^n \sup_{0 \leq t \leq T} |z_i(t)| \leq \sum_{i=1}^n \sup_{0 \leq t \leq T} |y_i(t)| + \sum_i \sum_{j=1}^n |e_{ij}| \sup_{0 \leq t \leq T} |z_j(t)| + \sum_i \sum_{j=1}^n |e_{ij}| \sup_{-\Omega \leq t \leq 0} |z_j(t)| \tag{35}$$

(35) implies the following inequality

$$\sum_{i=1}^n (1 - \sum_{j=1}^n |e_{ji}|) \sup_{0 \leq t \leq T} |z_i(t)| \leq \sum_{i=1}^n \sup_{0 \leq t \leq T} |y_i(t)| + \sum_i \sum_{j=1}^n |e_{ij}| \sup_{-\Omega \leq t \leq 0} |z_j(t)| \tag{36}$$

Let  $e_m = \min\{e_i\}$ . Then, (36) takes the form

$$e_m \sum_{i=1}^n \sup_{0 \leq t \leq T} |z_i(t)| \leq \sum_{i=1}^n \sup_{0 \leq t \leq T} |y_i(t)| + \sum_i \sum_{j=1}^n |e_{ij}| \sup_{-\Omega \leq t \leq 0} |z_j(t)| \tag{37}$$

From (37), we obtain

$$e_m \sup_{0 \leq t \leq T} \|z(t)\|_1 \leq \sup_{0 \leq t \leq T} \|y(t)\|_1 + \sum_i \sum_{j=1}^n |e_{ij}| \sup_{-\Omega \leq t \leq 0} |z_j(t)| \tag{38}$$

Since the term

$$\sum_i \sum_{j=1}^n |e_{ij}| \sup_{-\Omega \leq t \leq 0} |z_j(t)|$$

is bounded, it follows from (38) that if  $\|z(t)\|_1 \rightarrow \infty$ , then  $\|y(t)\|_1 \rightarrow \infty$ .  $V(t)$  given by (13) ensures the following

$$V(t) \geq \sum_{i=1}^n c_i y_i^2(t) \geq c_m \|y(t)\|_2^2$$

Since  $\|y(t)\|_2^2 \geq \frac{1}{n} \|y(t)\|_1^2$ , we get that

$$V(t) \geq \frac{c_m}{n} \|y(t)\|_1^2$$

Thus,  $\|z(t)\|_1 \rightarrow \infty$  also implies that  $V(t) \rightarrow \infty$ . Q.E.D.

### 3. An Instructive Example

This section considers an example to demonstrate the applicability of the proposed stability result.

Example: Consider the neutral system given by (1) which have the following matrices:

$$A = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}, \quad B = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & -1 & 1 & -1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & 1 & 1 & -1 \end{bmatrix}, \quad E = \begin{bmatrix} e & e & e & e \\ e & e & e & e \\ e & e & e & e \\ e & e & e & e \end{bmatrix}$$

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad \mathcal{L} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

where  $e$  is a positive constant. From the above matrices, we calculate :  $c_m = 1$ ,  $c_M = 1$ ,  $\ell_M = 1$ ,  $\|A\|_2 = \frac{1}{4}$ ,  $\|B\|_2 = \frac{1}{4}$  and  $\|E\|_2 = 4e$ . Then, the conditions of Theorem 1 are determined to satisfy the conditions:

$$\delta = 1 - \frac{1}{4} - 8e - 4e = \frac{3}{4} - 12e > 0$$

and

$$e_i = 1 - 4e > 0, \quad i = 1, 2, 3, 4.$$

Thus, for this example,  $e < \frac{1}{16}$  is determined to be a sufficient condition for stability of neural system (1).

### 4. Conclusions

This research work has addressed stability problem for neutral-type Hopfield neural networks involving discrete time delays in the states of neurons and discrete neutral delays in the time derivatives of the states of neurons. By utilizing an appropriate Lyapunov functional, an easily verifiable algebraic criterion for global asymptotic stability of the class of Hopfield neural systems of neutral type has been presented. This stability condition proved to be absolutely independent of the discrete time and neutral delays. An instructive example has been given to demonstrate the applicability of the proposed global stability condition.

### References

1. J. Hopfield, Neural networks and physical systems with emergent collective computational abilities, Proceedings of National Academy of Science, 79, 2554-2558, (1982).
2. J. Wang, Y. Cai and J. Yin, Multi-start stochastic competitive Hopfield neural network for frequency assignment problem in satellite communications, Expert Systems with Applications, 38, 131-145, 10.1016/j.eswa.2010.06.027 (2011).
3. S. C. Tong, Y. M. Li and H. G. Zhang, Adaptive neural network decentralized backstepping output-feedback control for nonlinear large-scale systems with time delays, IEEE Transactions on Neural Networks, 22, 1073-1086, 10.1109/TNN.2011.2146274, (2011).
4. M. Galicki, H. Witte, J. Dorschel, M. Eiselt and G. Griessbach, Common optimization of adaptive preprocessing units and a neural network during the learning period. Application in EEG pattern recognition, Neural Networks, 10, 1153-1163, 10.1109/TNN.2011.2146274 (1997).



5. B. Kosko, Bi-directional associative memories, *IEEE Transactins on System, Man and Cybernetics*, 18, 49-60, 10.1109/21.87054, 1988.
6. H. Zhu, R. Rakkiyappan and X. Li, Delayed state-feedback control for stabilization of neural networks with leakage delay, *Neural Networks*, 105, 249-255, doi.org/10.1016/j.neunet.2018.05.013 (2018).
7. J. Wang, H. Jiang, T. Ma and C. Hu, Delay-dependent dynamical analysis of complex-valued memristive neural networks: Continuous time and discrete-time cases, *Neural Networks*, 101, 33-46, 10.1016/j.neunet.2018.01.015, (2018).
8. Q. Zhu and J. Cao, Robust exponential stability of Markovian jump impulsive stochastic Cohen-Grossberg neural networks with mixed time delays, *IEEE Transactions on Neural Networks*, 21, 1314-1325, 10.1109/TNN.2010.2054108, (2010).
9. X. Huang, J. Jia, Y. Fan, Z. Wang and J. Xia, Interval matrix method based synchronization criteria for fractional-order memristive neural networks with multiple time-varying delays, *Journal of the Franklin Institute*, 357, 1707-1733, 10.1016/j.jfranklin.2019.12.014, (2020).
10. S. Arik, New Criteria for Global Robust Stability of Delayed Neural Networks With Norm-Bounded Uncertainties, *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, vol. 25, 1045-1052, 10.1109/TNNLS.2013.2287279, (2014).
11. C. Ge, C. Hua and X. Guan, New Delay-Dependent Stability Criteria for Neural Networks With Time-Varying Delay Using Delay-Decomposition Approach, *IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems*, 25, 1378-1383, 10.1109/TNNLS.2013.2285564, (2014).
12. R. Manivannan, R. Samidurai, J. Cao, A. Alsaedi and F. E. Alsaadi, Global exponential stability and dissipativity of generalized neural networks with time-varying delay signals, *Neural Networks*, 87, 149-159, doi.org/10.1016/j.neunet.2016.12.005 (2017).
13. S. I. Niculescu, *Delay Effects on Stability: A Robust Control Approach*, Springer, Berlin, 2001.
14. V. B. Kolmanovskii and V. R. Nosov, *Stability of Functional Differential Equations*, Academic Press, London, 1986.
15. Y. Kuang, *Delay Differential Equations with Applications in Population Dynamics*, Academic Press, Boston, 1993.
16. M S. Mahmoud and A. Ismail, Improved results on robust exponential stability criteria for neutral-type delayed neural networks, *Applied Mathematics and Computation*, 217, 3011-3019, doi.org/10.1016/j.amc.2010.08.034, (2010).
17. J. H. Park, O.M. Kwon and S.M. Lee, LMI optimization approach on stability for delayed neural networks of neutral-type, *Applied Mathematics and Computation*, 196, 236-244, 10.1016/j.amc.2007.05.047, (2008).
18. R. Rakkiyappan, P. Balasubramaniam, LMI conditions for global asymptotic stability results for neutral-type neural networks with distributed time delays, *Applied Mathematics and Computation*, 204, 317-324, doi.org/10.1016/j.amc.2008.06.049, (2008).
19. S.M. Lee, O.M. Kwon and J. H. Park, A novel delay-dependent criterion for delayed neural networks of neutral type, *Physics Letters A*, 374, 1843-1848, 10.1016/j.physleta.2010.02.043, (2010).
20. S. Xu, J. Lam, W. C. Ho and Y. Zou, Delay-dependent exponential stability for a class of neural networks with time delays, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 183, 16-28, doi.org/10.1016/j.cam.2004.12.025 (2005).
21. R. Rakkiyappan and P. Balasubramaniam, New global exponential stability results for neutral type neural networks with distributed time delay, *Neurocomputing*, 71, 1039-1045, 10.1016/j.neucom.2007.11.002, (2008).
22. Z. Orman, New sufficient conditions for global stability of neutral-type neural networks with time delays, *Neurocomputing*, 97, 141-148, doi.org/10.1016/j.neucom.2012.05.016, (2012)
23. W. Weera and P. Niamsup, Novel delay-dependent exponential stability criteria for neutral-type neural networks with non-differentiable time-varying discrete and neutral delays, *Neurocomputing*, 173, 886-898, doi.org/10.1016/j.neucom.2015.08.044, (2016).
24. M. Zheng, L. Li, H. Peng, J. Xiao, Y. Yang and H. Zhao, Finite-time stability analysis for neutral-type neural networks with hybrid time-varying delays without using Lyapunov method, *Neurocomputing*, 238, 67-75, doi.org/10.1016/j.neucom.2017.01.037, (2017).
25. Y. Dong, L. Guo and J. Hao, Robust exponential stabilization for uncertain neutral neural networks with interval time-varying delays by periodically intermittent control, *Neural Computing and Applications*, 32, 2651-2664, 10.1007/s00521-018-3671-2, (2020).
26. K. Shi, H. Zhu, S. Zhong, Y. Zeng and Y. Zhang, New stability analysis for neutral type neural networks with discrete and distributed delays using a multiple integral approach, *Journal of the Franklin Institute*, 352, 155-176, doi.org/10.1016/j.jfranklin.2014.10.005, (2015).
27. K. Shi, S. Zhong, H. Zhu, X. Liu and Y. Zen, New delay-dependent stability criteria for neutral-type neural networks with mixed random time-varying delays, *Neurocomputing*, 168, 896-907, 10.1016/j.neucom.2015.05.035, (2015).
28. D. Liu and Y. Du, New results of stability analysis for a class of neutral-type neural network with mixed time delays, *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 6, 555-566, doi.org/10.1007/s13042-014-0302-9, (2015).
29. R. Samidurai, S. Rajavel, R. Sriraman, J. Cao, A. Alsaedi, and F. E. Alsaadi, Novel results on stability analysis of neutral-type neural networks with additive time-varying delay components and leakage delay, *International Journal of Control, Automation and Systems*, 15, 1888-1900, 10.1007/s12555-016-9483-1, (2017).
30. K. Shi H. Zhu, S. Zhong, Y. Zeng, Y. Zhang and W. Wang, Stability analysis of neutral type neural networks with mixed time varying delays using triple-integral and delay-partitioning methods, *ISA Transactions*, 58, 85-95, doi.org/10.1016/j.isatra.2015.03.006, (2015).
31. Balasubramaniam, G. Nagamani and R. Rakkiyappan, Global passivity analysis of interval neural networks with discrete and distributed delays of neutral type, *Neural Processing Letters*, 32, 109-130, doi.org/10.1007/s11063-010-9147-8, (2010).
32. H. Mai, X. Liao and C. Li, A semi-free weighting matrices approach for neutral-type delayed neural networks, *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 225, 44-55, doi.org/10.1016/j.cam.2008.06.016, (2009).
33. S. Lakshmanan, C.P. Lim, M. Prakash, S. Nahavandi and P. Balasubramaniam, Neutral-type of delayed inertial neural networks and their stability analysis using the LMI Approach, *Neurocomputing*, 230, 243-250, 10.1016/j.neucom.2016.12.020, (2017).

34. J. Zhu, Q. Zhang and C. Yang, Delay-dependent robust stability for Hopfield neural networks of neutral-type, *Neurocomputing*, 72, 2609–2617, doi.org/10.1016/j.neucom.2008.10.008, (2009).
35. R. Manivannan, R. Samidurai, J. Cao, A. Alsaedi and F. E. Alsaedi, Stability analysis of interval time-varying delayed neural networks including neutral time-delay and leakage delay, *Chaos, Solitons and Fractals*, 114, 433–445, 10.1016/j.chaos.2018.07.041, (2018).
36. Z. Tu and L. Wang, Global Lagrange stability for neutral type neural networks with mixed time-varying delays, *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 9, 599–60, doi.org/10.1007/s13042-016-0547-6, (2018).
37. Y. Ma, N. Ma, L. Chen, Y. Zheng and Y. Han, Exponential stability for the neutral-type singular neural network with time-varying delays, *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 10, 853–858, 10.1007/s13042-017-0764-7, (2019).
38. C.H. Lien, K.W. Yu, Y. F. Lin, Y. J. Chung, and L. Y. Chung, Global exponential stability for uncertain delayed neural networks of neutral type with mixed time delays, *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics—Part B: Cybernetics*, 38, 709–720, 10.1109/TSMCB.2008.918564, (2008).



# Betonda Bazalt Agreganın Kullanımı ve Özellikleri

Ayhan Orhan<sup>1</sup>, Namık Ak<sup>2</sup>, Ahmet Erensoy<sup>3</sup>, Nurettin Çek<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği, Elazığ, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7648-2566)

<sup>2</sup>İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Teknik Bilimler MYO Elektrik ve Enerji Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9119-1567)

<sup>3</sup>Fırat Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Parazitoloji Bölümü, Elazığ, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6300-1105)

<sup>4</sup>Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü mezunu, Elazığ, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6120-9228)

(İlk Geliş Tarihi 10 Mayıs 2020 ve Kabul Tarihi 17 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.735019)

**ATIF/REFERENCE:** Orhan, A., Ak, N., Erensoy, A., & Çek, N. (2020). Betonda Bazalt Agreganın Kullanımı ve Özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 524-532.

## Öz

Beton, tüm dünyada kullanılan en yaygın yapı malzemelerinden biridir. Nüfus artışı ve kentleşme nedeniyle önümüzdeki yıllarda beton üretiminin daha da artması beklenmektedir. Sürdürülebilir inşaat kaideleri, daha iyi yalıtım için daha iyi bir termal kütleye sahip olmak için bir inşaat malzemesi gerektirir. Bu, ısıtma ve soğutma amaçlı enerji talebini azaltabilir ve operasyonel kullanım sırasında karbondioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarını azaltabilir. Bir inşaat malzemesi olarak beton, daha iyi akustik performans sağlayarak ve bina sakinlerinin yaşam kalitesini artırarak inşaatın sağlık ve refah bilgilerini de artırabilir. Betonun sürdürülebilir olması için dayanıklı olması da gerekir. Bu, betonun ömrünü uzatacak ve aynı malzemelerin daha uzun süre hizmet verebilmesini sağlayacaktır. Bu aynı zamanda daha az bakım gerektirir. Geri dönüştürülebilir, betonun ısı iletkenlik katsayısını düşüren ve yanmaz doğal agregalar kullanarak ısı yalıtımı sağlayan beton teknolojisi çevre dostu sistemlerdir. Ekonomik ve teknik değerlendirme ile geri dönüştürülmüş beton üretim teknolojisi üzerine yapılan çalışmalar, çevre koruma ve insanların sürdürülebilir kalkınması üzerindeki bileşimi ve etkisi nedeniyle her ülkede daha fazla ilgi görmüştür. Beton endüstrisi, büyük bir doğal kaynak tüketicisi olarak kabul edilmektedir. Betonun en büyük bileşeni olan doğal agreganın tüketimi, beton üretiminin ve kullanımının artmasıyla sürekli ve hızlı bir şekilde artmaktadır. Bu çalışmada, Elazığ ilinin Maden ilçesinden elde edilen doğal bazalt kaya agrega olarak seçilmiş ve beton üretiminde kullanılmıştır. Üretilen beton numunelerinin; ısı iletkenlik analizleri, dayanım analizleri ve mikroorganizmalara karşı tutumu incelenmiştir. Deney sonuçlarına göre ısı iletkenlik katsayıları 0.2401 ila 0.2529 W/mK arasında ölçülmüş ve ortalama 0.2497 W/mK olarak hesaplanmıştır. İlave olarak, beton mukavemetinin 15.33 MPa olarak ölçüldüğü ve normal mukavemetli beton olduğu anlaşılmıştır. Bu çalışmada doğal bazalt agrega ve betonun anaerobik bir ortamda faaliyet gösteren *Clostridium* bakterilerine karşı dirençli olduğu ve bu bakterilerin hareketinde kısıtlayıcı bir özelliğe sahip olduğu bulunmuştur. Sonuç olarak, dayanıklı, yanıcı olmayan, çevre dostu, toksik olmayan beton yapılmış ve daha sağlıklı ve konforlu bir yaşam ortamı yaratılmasına büyük katkı sağlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kayaç, Beton, Isıl iletkenlik, Dayanıklılık.

## Usage and Properties of Basalt Aggregate in Concrete

### Abstract

Concrete is one of the most prevalent construction material used all over the world. Concrete production is expected to increase upwards in the future years because of the population growth and urbanization. Sustainable construction bases require a construction material to have a better thermal mass for better insulation. This could decrease energy demand for heating and cooling purposes and decrease the carbon dioxide (CO<sub>2</sub>) emissions during the operational use. Concrete as a construction material could also improve health and well-being credentials of construction by providing better acoustic performance and improve the life quality of the occupants. Concrete also needs to be durable to become sustainable. This will increase the lifespan of concrete and lead to longer serviceability of the same materials. This also requires less maintenance. Concrete technology, which can be recycled, reduces the thermal

\* Sorumlu Yazar: Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü mezunu, Elazığ, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6120-9228, [nurettincek001@gmail.com](mailto:nurettincek001@gmail.com)

conductivity coefficient of concrete and provides thermal insulation by using non-combustible natural aggregates, are environmentally friendly systems. The studies on produce technology of recycled concrete with economical and technical valuation has benefited more important interest in each country due to its combination and effect on the environment protection and the sustainable development of people. The concrete industry is accepted as a major consumer of natural resources. Consumption of natural aggregate, which is the biggest component of concrete, increases continuously and rapidly with increasing production and use of concrete. In this study, natural basalt rock obtained from Maden district of Elazig province was chosen as aggregate and used in concrete production. The thermal conductivity analysis, strength analysis and the attitude of the produced concrete samples to microorganisms were examined. According to the experimental results, the thermal conductivity coefficients were measured between 0.2401 to 0.2529 W/mK and the average was calculated as 0.2497 W/mK. In addition, it was understood that concrete strength was measured as 15.33 MPA and it was normal strength concrete. It has been found that in this study, natural basalt aggregate and concrete are resistant to *Clostridium* bacteria operating in an anaerobic environment and have a restrictive feature in the movement of those bacteria. As a result, durable, non-flammable, environmentally friendly, non-toxic concrete was made and great contribution was made to creating a healthier and more comfortable living environment.

**Keywords:** Rock, Concrete, Thermal conductivity, Durability.

## 1. Giriş

Geleneksel bina sistemlerinde düşük enerji tasarrufu ve binalardaki inşaat sürecinin istenilen niteliğe (kaliteye) ulaşmaması ve bir kompozit malzeme olan beton yapıda ortaya çıkan sorunlar nedeniyle insanlar endişelenmektedirler. Bu nedenle, insanlar binalarda; yenilikçi sanatsal yapı, hafif, sismik eğilimli alanlara mükemmel yapısal uyumluluk gösteren, etkin ısı ve ses yalıtımı gösteren daha sağlam beton arzulanmaktadır (Bhatti, (2016); Özcan ve Güngör, (2019)). Beton dayanımını arttırmak amacıyla yapılan bir çalışmada beton atığı (concrete waste-CW) geri dönüşüm işleminden geçirilerek ezilmiş beton (crushed concrete-CC) ve kaba kısımdan meydana gelen geri dönüştürülmüş beton agrega (recycled concrete aggregate-RCA) elde edilmektedir. Geri dönüştürülmüş beton agrega çoğunlukla yol yapımı dolgu malzemesi olarak kullanılmaktadır. Betonda doğal iri agrega (Natural aggregate-NA) yerine RCA kullanılması NA talebini azalttığı ve NA'nın korunmasına katkıda bulunduğu için her geçen gün önemini arttırmaktadır. Ancak, bahse konu uygulamalar yalıtım özelliğini arttırmada (ısıl iletkenlik katsayısını azaltmada) yani enerji verimliliğini üst düzeye çıkarma konusunda yetersiz kalmıştır. Ayrıca, ilgili çalışmalar genel olarak değerlendirildiğinde, RCA üretimi için NA'ya kıyasla % 28 daha yüksek doğrudan enerjiye sebep olduğu görülmüştür (Wijayasundara et al. (2017)).

Ticari binalardaki (veya sitelerdeki) enerji tüketiminin % 29'unu ısıtma-soğutma ve bunlarla ilişkili enerji tüketimidir. Bu nedenle, yalıtım malzemeleri kullanılarak bu faktörlerden kaynaklanan enerji tüketimi ve çevreye olan olumsuz etkiler azaltılmaya çalışılmaktadır (Biswas et al. (2016)). Bunun için yalıtım malzemeleri ve binalarda kullanılan betonun yalıtım özelliğini arttırmaya yönelik çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Binaların enerji verimliliğini arttırmak için yapılan bina dış yalıtımının pahalı olması ve kurulumun uzun zaman alması, araştırmacıları yüksek ısı yalıtımlı beton geliştirilmesi konusunda çalışma yapmaya yöneltmiştir. Yapılan çalışmalara göre, betonların ısıl iletkenliği, beton bileşenlerinin hafif kaba agregalar veya cam kabarcıkları gibi ısı yalıtım malzemeleri ile değiştirilmesiyle azaltılabilir (Yun et al. (2014)). Betonun yalıtım özelliğini arttırmaya yönelik yapılan çalışmalar, betonun ana unsuru olarak bilinen agregaya dikkat çekerek agrega sayesinde yenilikçi ve sürekli gelişen teknolojiyi temsil eden beton üretimi sağlandığını rapor etmişlerdir (Liu et al. (2016); Marie, (2017)). Betonun ısıl iletkenliğinin; beton yoğunluğu, agregaların türü ve yoğunluğu ile ilişkili olup malzemenin agrega hacim yüzdesi (fraksiyonu) ve nem koşuluna bağlı olduğu anlaşılmıştır (Marie, (2017)). Örneğin; betonda doğal agrega olarak kullanılan kayaların ısıl iletkenlik katsayılarının 1 ile 9 W/mK arasında olduğu rapor edilmiştir (Xing et al. (2015)). Doğal agrega kaynaklarının tükenme problemi, iklim değişikliği problemi, vb. nedenler göz önünde bulundurularak geri dönüştürülmüş agrega içeren termal izolasyon betonu (RATIC) malzeme teknolojisi ortaya çıkarılmıştır. Bu malzeme teknolojisi ile kaba agregaların geri dönüşümü ve önemli bir yüzdesi ile yalıtım agregalarının tasarlanarak çevre üzerinde daha olumlu etki bırakmak ve binalarda enerji verimliliğini arttırmak hedeflenmektedir (Liu et al. (2016)).

Tüm bunlarla birlikte doğadaki kaya vb. birçok malzemenin agrega olarak kullanıldığında beton yalıtımı üzerine etkisi konusunda kat edilmesi gereken daha çok yol olduğu aşikardır. İlaveten, en uygun beton malzemesi; düşük ısıl iletkenlik, iyi mekanik dayanım ve mikroorganizmalara karşı dirençli olma özelliklerine sahiptir (Marie, (2017); Cwalina, (2008)). Yapılan çalışmaların büyük çoğunluğunda beton malzemesinin hem ısıl özellikleri hem dayanım özellikleri hem de mikroorganizmalara karşı direnç özellikleri bir arada incelenmemiştir.

Bu çalışmada, biraz daha yol kat edilerek Türkiye'nin Elazığ ilinin Maden ilçesinde bulunan bazalt türü olduğu belirlenen doğal kayalar agrega malzemesi olarak kullanılmış, çimento ve su ilave edilerek beton numuneleri yapılmıştır. Numunelerin ısıl iletkenlik, dayanım özellikleri ve mikroorganizmalara karşı tutumları incelenmiştir. Bu araştırma, mühendislik uygulamaları için önem arz ederek beton yapımında kullanılan agreganın öneminin anlaşılması ve doğal kayaların öneminin anlaşılması konularında gerekli bir bilgi ve belge sağlayacaktır.

## 2. Materyal ve Metot

Deneylelerdeki beton numunelerinin imalatı için 32.5 R tipi Portland çimentosu (Çimentaş, Elazığ) ve doğal bazalt kayacı agregası kullanılmıştır. Doğal kayaç saf su ile yıkayıp temizlendikten sonra agrega olarak kullanılmış, taramalı elektron mikroskopu (SEM), enerji saçılımlı X-ışınları spektrometresi (EDS) kullanılarak mikro yapı ve elementel özellikleri tespit edilmiştir. Bu çalışmada, ince

ve kaba olmak üzere iki tip agregaya kullanılmıştır. Bunların mineral yapıları aynıdır sadece tane büyüklüğü farklıdır (Yun et al. (2014)). İnce agregaya 1-4 mm boyutları arasında, kaba agregaya boyutları ise 4-10 mm aralığındadır. Her iki agregaya tipi düzgün geometrik şekillerdedir. 1 cm<sup>3</sup> şeklinde karot alınan kayalar agregaların ağırlıkları hassas tartı (Kern, Almanya) ile ölçüldü ve yoğunlukları 2.75±0.05 g/cm<sup>3</sup> olarak hesaplandı. Bu çalışmadaki bazalt yoğunluk değeri, daha önceki çalışmalardaki yoğunluk değerine (2.90 g/cm<sup>3</sup>) yakındır (Fredlund et al. (2012)). Bu çalışmada kullanılan agregaya Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Agregaya olarak kullanılan bazalt kayaya

Beton yapmak için kullanılacak çimento ve agregaya karışımının ideal oranlarını tespit etmek için farklı ağırlıkta çimento ve agregaya karıştırılmıştır. Karışımın kütlelerinin ağırlıkça % 20'si kadar su ilave edilerek harç yapılmıştır. Beton vb. malzemelerin ısı iletkenlik ölçümleri yapan Hotdisk TPS 2500 cihazı 30 cmx30 cmx2 cm boyutundaki beton malzemelerin ısı iletkenliklerini ölçebildiğinden yapılan harç 30 cmx30 cm boyutunda, 2 cm kalınlığındaki kalıba dökülmüştür. Aynı yöntem 4 defa tekrarlanarak özdeş ve türdeş toplam 2 adet kalın agregalı, 2 adet ince agregalı beton numuneleri imal edilmiştir. Numuneler, sıcaklık değeri 15°C ile 25°C arasında değişen bir ortamda 28 gün boyunca bekletilmiş ve sonra Hotdisk TPS 2500 cihazı kullanılarak ısı iletkenlik katsayıları ölçülmüştür. Malzemelerden birim zamanda iletimle geçen ısı, denklem (1) kullanılarak hesaplandı.

$$q = -k \frac{dT}{dx} \quad (\text{Callister and Rethwisch, (2014)}) \quad (1)$$

Burada, q birim zamanda iletimle geçen ısı (W/m<sup>2</sup>), k ısı iletkenlik katsayısı (W/mK), dT sıcaklık farkı (K) ve dx tabaka kalınlığıdır (m<sup>2</sup>). Bu çalışmadaki beton numunelere, beton basınç test makinesi (Akkaya, Türkiye) kullanılarak basınç uygulandı ve kırılma yükü ölçüldü. Ölçüm sonuçları ve denklem (2) kullanılarak basınç dayanımı hesaplandı.

$$\text{Dayanım} = \frac{\text{Kırılma yükü (N)}}{\text{Numune yüzey alanı (m}^2\text{)}} \quad (\text{Callister and Rethwisch (2014); Day et al. (2013)}) \quad (2)$$

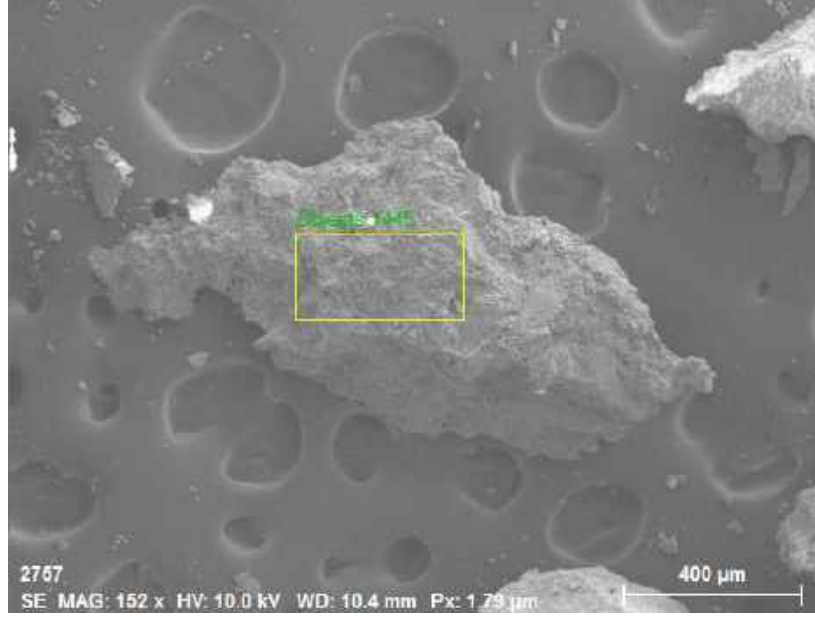
Beton yapıların dayanımını ve ömrünü azaltan mikroorganizmalardan birisi de anaerobik ve hızlı büyüyen bir patojen olan *Clostridium* bakterileridir (Cwalina, (2008); Kiu and Hall (2018)). Bu çalışmada, sulak bir alandaki sediment ortamından alınan çamur, ışık mikroskobu (SOIF BK5000-TR/L) ile incelendi. Mikroskop görüntülerine göre, sediment çamurunda çoğunlukla *Clostridium* bakterilerinin mevcut olduğu anlaşıldı. Bu bakterilerin yaşam alanı olan sediment çamuru, temiz su içerisinde yer alan ince ve kalın agregaya ortamına ve bu agregaya ile yapılan betona 10 mL olarak yerleştirildi. 20 saat kapalı kapta kaldıktan sonra ortamdaki sediment çamuru, agregalar ve beton mikroskop ile incelendi. Böylece bu agregalarla yapılan beton ile *Clostridium* bakterileri arasındaki etkileşim hakkında fikirler ortaya çıkarıldı.

### 3. Bulgular ve Tartışma

#### 3.1. Agreganın SEM, elementel ve ısı iletkenlik analizi

Bu çalışmada agregaya olarak kullanılan doğal kayacın ısı iletkenlik katsayısı 0.325±0.05 W/mK olarak ölçülmüştür. Kayacın, SEM görüntüsü Şekil 2'de gösterilmiştir.





Şekil 2. Doğal kayacın SEM görüntüsü

Şekil 2’de SEM görüntüsü verilen doğal kayacın elementel analiz sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1.** Doğal kayacın elementel analizi

	Unn. C [wt]	Norm. C [wt.%]	Atom. C [wt.%]
Oksijen (O)	28.41	44.88	58.78
Silisyum (Si)	15.05	23.77	17.74
Demir (Fe)	7.00	11.05	4.15
Alüminyum(Al)	4.54	7.18	5.58
Kalsiyum (Ca)	2.32	3.67	1.92
Magnezyum (Mg)	1.78	2.82	2.43
Sodyum (Na)	1.63	2.57	2.35
Karbon (C)	2.56	4.05	7.07
Toplam	63.29	100.00	100.00

Tablo 1’deki elementel analiz sonuçları, bazalt ile ilgili yapılan önceki çalışmalar ile uyumludur (Ural, (2012); Ural, (2014); Ural (2019)). Ayrıca bazalt kayalarda yüksek oranda oksijen içeriği olduğundan mineralojik yapısı çoğunlukla oksitli bileşik formundadır (Ural, et al. (2015); Kürüm et al. (2018); Ural, (2019); Ural et al. (2019)). Tablo 1’deki analizlerde en çok bulunan element oksijendir. Daha önceki çalışmalara bakıldığında, bu çalışmadaki kayacın bir bazalt olduğu anlaşılmaktadır. Şekil 2’deki SEM görüntüsü dikkatli incelendiğinde kayacın gözenekli ve mikro boşluklara sahip olduğu, boşlukların çapının ise 330 mikrometre ( $\mu\text{m}$ ) boyutlarına kadar ulaştığı görülmektedir. Kumar et al. (2017) tarafından yapılan çalışmada bir malzemedeki mikro boşluklu yapının artması o malzemenin ısı iletkenliğini önemli oranda azalttığı rapor edilmiştir. Bu çalışmada agrega olarak kullanılan doğal kayacın mikro boşluklu yapıya sahip olduğu için ısı yalıtım özelliği göstermekte ve bu bakımından büyük bir avantaja sahiptir. Tablo 2’deki temel analiz sonuçlarında görüldüğü gibi oksijen oranının yüksek olması da ısı iletkenlik katsayısının azalması yani ısı yalıtımının artması hususunda bir avantajdır. Oksijen (O) atomu; Si, Fe, Al, Ca, Mg ve C atomlarıyla ayrı ayrı kimyasal bağ kurarak kristal yapı sistemlerinde atomların dizilişlerinde kusurları meydana getirerek ısı ve elektrik iletkenlik değerlerinin azalmasına sebep olmaktadır (Kalpakjian and Schmid, (2010); Callister and Rethwisch, (2014)). Bahse konu sebepler ve sonuçlar Tablo 3’teki veriler ile desteklenmiştir. Bu çalışmada agrega olarak kullanılan kayactaki malzemelerin temel (kristal yapı sisteminde atom dizilişi bozulmamış) ve bileşik (kristal yapıda atom dizilişi bozulmuş) hallerinin ısı iletkenlik katsayıları Tablo 2’de verilmiştir.

**Tablo 2.** Doğal kayactaki element ve bileşik hallerinin ısı iletkenlik katsayıları (Çek, (2016); Fredlund et al. (2012); Kalpakjian and Schmid, (2010); Callister and Rethwisch, (2014))

Element	Isıl iletkenlik katsayısı (W/mK)	Bileşik	Isıl iletkenlik katsayısı (W/mK)
Silisyum (Si)	148	SiO <sub>2</sub>	1.3-1.5
Demir (Fe)	80	Hematit (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	11.28
Alüminyum (Al)	205	Alümina (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	39
Kalsiyum (Ca)	201	CaO	-
Magnezyum (Mg)	154	Magnezya (MgO)	37.7
Sodyum (Na)	140	Na <sub>2</sub> O	-

Kayacın agrega içerisindeki elementlerin oksijen ile bileşik kristal yapı sisteminde atomların dizilişinde kusurları meydana getirmesi ve mikro gözenekli yapıya sahip olması nedeniyle kayacın ısı iletkenlik katsayısı Tablo 3’teki temel bileşiklerin tümünün

ısı iletkenlik katsayılarından daha düşük değerde olmuştur (Kalpakjian and Schmid, (2010); Callister and Rethwisch, (2014)). Literatürde kayaçların ısı iletkenlik katsayılarının 1 ile 9 W/mK arasında olduğu rapor edilmiştir (Xing et al. (2015)). Bu durum göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmada agrega olarak kullanılan kayacın daha düşük ısı iletkenlik katsayısına (0.32-0.33 W/mK) sahip olması büyük bir avantajdır. Isı iletkenlik ölçümleri, SEM, gözenek yapısı, elementel analiz, Tablo 3'teki veriler ve literatür bilgileri göz önünde bulundurulduğunda bu çalışmada tercih edilen doğal kayaç agreganın betonda ısı yalıtımı iyileştirmesi için uygun bir agrega olduğu anlaşılmaktadır.

### 3.2. Çimento-agrega ideal oranı ve beton yapı

Çimento-agrega karışımının ideal oranını tespit etmek için kütlece sabit agrega oranı (1 kg), sabit su oranı yüzdesi (% 20), kütlece farklı oranlarda çimento (0.25-2 kg) katılarak yapılan beton numuneleri 10 gün bekletilmiş ve deneylerde elde edilen bulgular Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3.** Beton-agrega oranlarına bağlı beton durumu

Çimento oranı (kg)	Agrega tipi	Agrega oranı (kg)	Betonun durumu
1/4	Kaba	1	Beton çatladı
1/3	Kaba	1	Beton çatladı
1/2	Kaba	1	Beton çatlamadı
1	Kaba	1	Beton çatladı
1/4	İnce	1	Beton çatladı
1/3	İnce	1	Beton çatlamadı
1/2	İnce	1	Beton çatladı
1	İnce	1	Beton çatladı

Tablo 3'teki bilgilerden anlaşılacağı üzere kaba agrega kullanılarak çatlamayan beton yapmak için ideal karışım oranları 1 birim çimento içerisine 2 birim kaba agrega yerleştirilecek şekilde olması gerekir. İnce agrega kullanılarak çatlamayan beton yapmak için ideal karışım oranları 1 birim çimento içerisine yaklaşık 3 birim ince agrega yerleştirilecek şekilde olmalıdır.

### 3.3. Beton ısı iletkenlik ölçümü

Bu çalışmada ısı iletkenlik ölçümleri yapan cihaz 30 cmx30 cmx2 cm boyutundaki malzemelerin ısı iletkenliklerini ölçtüğünden beton numuneler 30 cmx30 cmx2 cm boyutunda tasarlanmıştır. Bu boyutlardaki beton numunelerinin her biri için 1.5 kg çimento, 3 kg agrega ve 450 g (karışımın ağırlıkça 20%'si oranında) su kullanılmıştır. Yapılan beton numuneleri Şekil 3'te gösterilmiştir.



a) Kalıptan çıkarılmış beton

b) Kalıp içerisindeki beton

**Şekil 3.** Isı iletkenlik ölçümünde kullanılan beton numuneleri

Beton içerisine katılmayan, binalarda dış cepheleri örterek kaplayan karbon yapı (poliüretan, polistren, selülöz ve dahası) yalıtım malzemeleri çok düşük ısı iletkenlik katsayısına sahiptirler. Ancak, onlar çok erken yanabilme, yangınlara karşı dayanıksız olma, toksik duman çıkarma, vb. konularda büyük bir dezavantaja sahiptirler (Schiavoni et al. (2016)). Tüm bu faktörler göz önünde bulundurulduğunda yanmayan ve düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip yalıtım malzemeleri geliştirmek büyük önem arz etmektedir. Ayrıca, binalarda betonu başka bir malzeme ile örterek kaplayıp ısı iletkenlik katsayısını azaltmak yerine yanmayan, yangına dayanıklı toksik dumanı olmayan, düşük ısı iletkenlik katsayısına vb. özelliklere sahip agrega kullanılarak düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip beton geliştirmek daha doğru bir mühendislik stratejisi olacaktır. Beton yapımında kullanılan çeşitli agregalar ve ısı iletkenlik değerleri Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo 4.** Farklı agregalar kullanılarak yapılan betonların ısı iletkenlik katsayıları

Beton Yapılan Malzeme türü	Isıl iletkenlik katsayısı (W/mK)	Kaynak
% 20 RCA+% 10 Geri dönüştürülmüş agrega	0.79	Marie, (2017)
% 20 Kauçuk agregası	0.90	Marie, (2017)
Geri dönüştürülmüş beton agregası (RCA)	0.91	Marie, (2017)
Kauçuk kırıntısı (20 %) agregası	1	Marie, (2017)
Yedek agregalı beton	~1.25	Yun et al. (2014)
Bor nitrür	1.82	Kim et al. (2017)
Normal beton	2.25	Yun et al. (2014)
Bor nitrürün seramikleşme öncesi polisilazan kaplaması	3.9	Kim et al. (2017)

Bu çalışmada agrega olarak kayaç kullanılarak yapılan beton numunelerinin 28 gün sonunda ısı iletkenlik katsayıları ölçülmüş ve elde edilen sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5.** Bu çalışmadaki beton numunelerinin ısı iletkenlik katsayıları

Numune	Isıl iletkenlik katsayısı (W/mK)
Beton numunesi 1 (Kalın agregalı)	0.2401
Beton numunesi 2 (Kalın agregalı)	0.2547
Beton numunesi 3 (İnce agregalı)	0.2514
Beton numunesi 4 (İnce agregalı)	0.2529
Ortalama	0.2497

Tablo 5'teki verilerden anlaşılacağı üzere bu çalışmadaki betonların ısı iletkenlik katsayıları 0.2401 W/mK ile 0.2547 W/mK aralığında ve 4 adet beton numunesinin ısı iletkenlik katsayılarının aritmetik ortalama 0.2497 W/mK olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan kayaç agreganın kalın veya ince olmasının betonun ısı iletkenlik katsayısına önemli bir oranda etkisi olmadığı ortaya çıkmıştır. Ayrıca, Tablo 4 ve Tablo 5 karşılaştırıldığında bu çalışmadaki doğal agrega ile yapılan betonların ısı iletkenlik katsayılarının daha düşük olduğu apaçık ortadadır. Denklem 1, Tablo 5'teki verilere uygulandığında bu çalışmada imal edilen beton ile Tablo 5'teki malzemelere kıyasla % 58.87 ila % 93.60 oranında birim zamanda geçen ısı (q) azaltılır. Böylece, Tablo 5'teki malzemelere kıyasla bu çalışmadaki beton ile % 58.87 ila % 93.60 oranında enerji tasarrufu yapılabilir.

### 3.4. Beton mukavemet analizi

Beton numuneleri (15 cmx15 cmx15cm) 28 günlük bekletdikten sonra onların basınç dayanım testleri yapılmış olup Şekil 4'te gösterilmiştir.



**Şekil 4.** Beton numunelerinin basınç dayanımı testi

Şekil 4'te görüldüğü gibi basınç dayanım testi yapılan beton numunelerinin kırılma yükleri 345±1 kN olarak tespit edilmiştir. Ortalama basınç dayanımı denklem 2 ile hesaplanmıştır. Denklem 2, bu çalışmaya uygulanırsa bu çalışmadaki betonların ortalama basınç dayanımları denklem 3'teki gibi olur.

$$\frac{\text{Kırılma yükü (N)}}{\text{Numune yüzey alanı (m}^2\text{)}} = \frac{345000}{0.0225} = 15333333 \text{ N/m}^2 = 15.33 \text{ MPa} \quad (3)$$

Önceki çalışmalardaki bazı beton çalışmalarının basınç dayanımları Tablo 6'da verilmiştir.

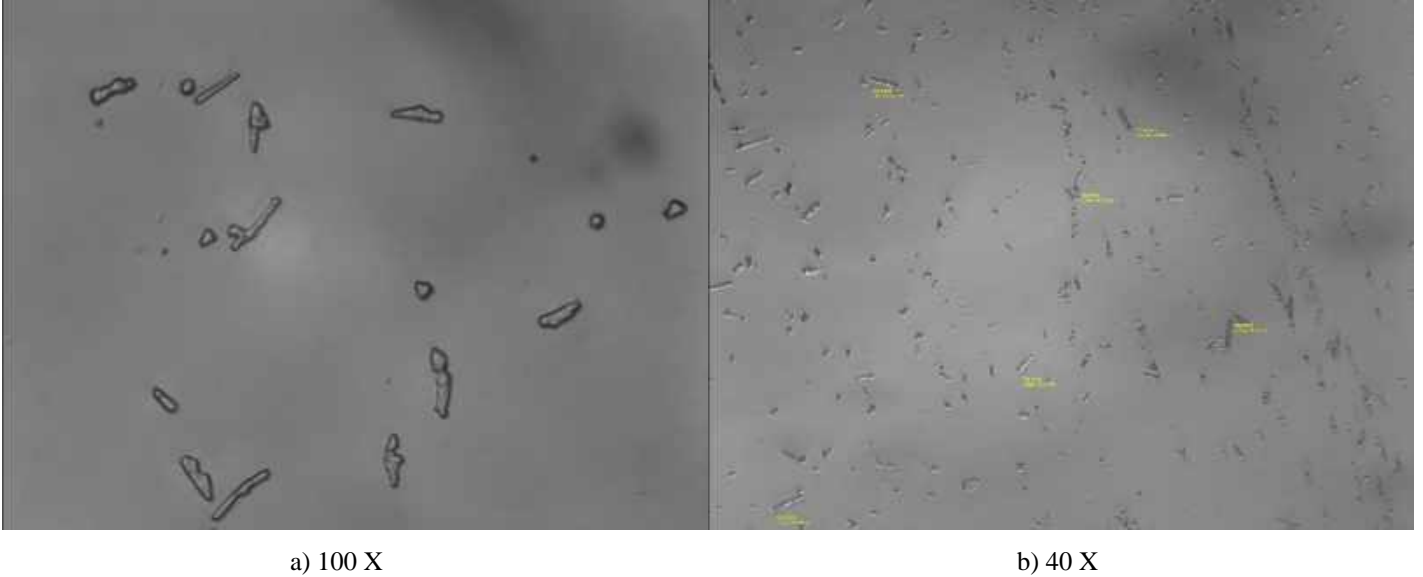
**Tablo 6.** Literatürdeki bazı beton çalışmalarının basınç dayanımı

Beton türü	Basınç dayanımı (MPa)	Kaynak
% 20 RCA+10% RA	19	Marie, (2017)
% 20 Geri dönüştürülmüş agrega (RA)	20	Marie, (2017)
% 20 RCA	22.3	Marie, (2017)

Tablo 6’de görüldüğü gibi bu çalışmadaki betonun basınç dayanım değeri (ortalama 15.33 MPa), literatürdekilerine yakındır. Basınç dayanım değerleri 15 MPa değerinin altında olan betonlar düşük dayanımlı beton, 15-30 MPa arasında olan betonlar normal dayanımlı beton olarak kabul edildiğinden, Tablo 6’daki çalışmalarda olduğu gibi bu çalışmada normal dayanımlı beton imal edilmiştir (Day et al. (2014)). Agreganın düzgün geometrik (prisma, kübik, hegzagonal vb.) şekillerde olması dayanıklılığı arttırdığı literatürde rapor edilmiştir (Gao et al. (2017)). Bu çalışmada kullanılan agregalar kübik, hegzagonal, octogonal vb. düzgün geometrik şekillerde olduğundan beton dayanımını sağlamakta önemli bir katkı sağlamaktadır.

### 3.5. Agreganın ve betonun bakterilere karşı davranışı

Bu çalışmadaki sediment çamurunda büyük çoğulukla *Clostridium* bakterileri mevcuttur. Bu bakteriler, mikroskopta 40X ve 100X büyütme yapılarak gözlemlenmiştir. Mikroskopun özelliği olarak 40X büyütmede bakterilerin boy, genişlik, çap gibi özellikleri ölçülebilmektedir. Yapılan çalışmalarda belirtildiği edildiği gibi bu çalışmadaki *Clostridium* bakterileri 1.6-20 µm uzunluğunda ve 0.5-2 µm genişliğindedir (Rusnak and Smith, (2014)). Ayrıca, *Clostridium* bakterileri anaerobik (oksijensiz) ortamlarda yaşamaktadırlar (Edwards et al. (2013)). Bu nedenle 24 saat kapalı kapta bekletilerek anaerobik ortam oluşturulan sediment çamurunun mikroskop görüntüleri Şekil 5’te verilmiştir.



Şekil 5. Sediment çamurundaki *Clostridium* bakterileri

Şekil 5’teki görüntülerdeki bakteriler hareketlidir. Ancak agrega ortamına katılan ve 20 saat kapalı kapta bekletilen *Clostridium* bakterilerinin hareket etmedikleri yani hareketsiz oldukları görülmüştür. Bu da, agrega ortamının *Clostridium* bakterilerinin hareket kabiliyetlerini yitirmelerine sebep olduğunu göstermektedir. Bunun sebebinin, Tablo 1’de verilen agreganın elementel analizinde görüldüğü gibi, özellikle de oksijen oranının fazla olmasının oksijensiz (anaerobik) ortamda yaşayan bakteri olan *Clostridium* bakterilerinin yaşama ihtimallerini düşürdüğünden ve Na, Mg, Ca gibi elementlerinin oksijen veya diğer malzemelerle tepkimeye girip tuz oluşturarak *Clostridium* bakterilerinin yaşamalarına engel teşkil ettiğinden kaynaklandığını düşünmekteyiz (Shockey and Borger, (1991)). Bu çalışmada kullanılan bazalt agregası *Clostridium* bakterilerinin karşı dirençli bir malzemedir ve onların yaşamalarını, gelişmelerini, hareket etmelerine engel teşkil etmekte olduğu için antibakteriyel bir etki göstermiştir. Bu bazalt agregası kullanılarak yapılan beton ortamına konulan *Clostridium* bakterileri mikroskop ile incelenmiştir. Agregada olduğu gibi betonda da *Clostridium* bakterilerinin hareket etmedikleri görülmüştür. Yani bazalt agregası ile yapılan beton *Clostridium* bakterilerinin yaşamalarına ve gelişmelerine karşı direnç göstermiştir. Bu nedenle, bazalt agregası ile yapılan beton antibakteriyel bir özellik göstermiştir.

## 4. Sonuçlar

Bu çalışmada, agrega olarak kullanılan doğal bazalt malzemesinin ısı iletkenlik katsayısı  $0.325 \pm 0.05$  W/mK olarak ölçülmüştür. Bu agrega kullanılarak yapılan betonlar, ısı iletkenlik testlerine tabii tutulmuş ve test sonuçlarına göre farklı agrega malzemelerinin kullanılmasıyla hazırlanan betonlara göre daha düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip olmuş olup ısı iletkenlik katsayıları 0.2401 ila 0.2547 W/mK aralığındadır. Bazalt agregası ile yapılan betonların özellikle de, geri dönüştürülmüş agregalarla yapılan betonlara kıyasla daha düşük ısı iletkenlik katsayısına sahip olması bazalt agregasının bir üstünlüğü olup bu agrega sayesinde yapılarda daha yüksek enerji verimliliği sağlanacağı görülmüştür. İlaveten, bazalt malzemesinin yanmaması, toksik duman çıkarmaması ve doğal olması da bir başka üstünlükleridir. Böylece bu çalışmada; yanmayan, çevre dostu, toksik etkisi olmayan beton yapılar daha sağlıklı



ve daha konforlu bir yaşam ortamı ortaya çıkarmasına büyük katkı sağlanmıştır. Günümüzde yeşil bina fikrinin önemi anlaşıldığı için ekolojik inşaat malzemelerine olan tercih artmaktadır. Özellikle, endüstrileşmiş ülkelerde toprak yapı malzemeleri tercih edilmekte ve bu tercihin en önemli sebepleri çevre hassasiyeti ve rahat bir iç mekan ambiyansı sağlamak olarak kabul edilmektedir (Emiroğlu et al. (2015)). Kayaçlar da toprak yapı malzemelerinden biri olmakla birlikte bu çalışmada beton agregası olarak kullanılmaları ile betonun ısı iletkenlik katsayısı azaltılarak çevre hassasiyeti konusunda çok büyük hassasiyet gösterilmiş, yanmayan, toksik etsisi olmayan, ekolojik inşaat malzemesi tasarlanmış ve yeni bir agrega tipinin keşfi hususunda önemli bir adım atılmıştır. Bunlarla birlikte, bu çalışmada bazalt agregası kullanılarak imal edilen betonların basınç dayanımları 15.33 MPa seviyelerinde olup normal dayanımlı beton sınıfına girerek yapılarda kullanımı uygundur. Yapılacak daha ileri çalışmalar ile bazalt agrega kullanılan betonların basınç dayanımlarının artırılması ve yüksek dayanımlı beton sınıfına yükselmesi gelecek hedeflerinden biridir. Bazalt agregasının ve bu agra ile yapılan betonların *Clostridium* bakterilerine karşı dirençli malzemeler olması büyük bir üstünlük olup özellikle de anaerobik (oksijensiz) ve sediment ortamlarda kullanılacak uygun bir beton olarak karşımıza çıkmıştır. Ancak özellikle de mikroorganizmalara karşı dirençlilik yönünün daha detaylı araştırılmasına ihtiyaç vardır.

## Kaynakça

- Bhatti, A. Q. (2016). Application of dynamic analysis and modelling of structural concrete insulated panels (SCIP) for energy efficient buildings in seismic prone areas. *Energy and Buildings*, 128 (2016) 164-177.
- Biswas, K., Shrestha, S. S., Bhandari, M. S., Desjarlais, A. O. (2016). Insulation materials for commercial buildings in North America: An assessment of lifetime energy and environmental impacts. *Energy and Buildings*, 112, 256-269.
- Callister, W. D., Rethwisch, D. G. (2014). *Materials Science and Engineering an Introduction*. 9<sup>th</sup> Edition. Wiley, United States of America.
- Cwalina, B. (2008). Biodeterioration of Concrete. *Architecture Civil Engineering Environment*, 4, 133-140.
- Çek, N. (2016). Parçacıklar ve Enerji Kaynakları. Lambert Academic Publishing, Saarbrücken.
- Day, K. W., Aldred, J., Hudson, B. (2013). *Concrete Mix Design, Quality Control and Specification*. 4<sup>th</sup> Edition. CRC Press.
- Edwards, A. N., Suárez, J. M., McBride, S. M. (2013). Culturing and Maintaining *Clostridium difficile* in an Anaerobic Environment. *Journal of Visualized Experiment*, 79, 1-8.
- Emiroğlu, M., Yalama, A., Erdoğan, Y. (2015). Performance of ready-mixed clay plasters produced with different clay/sand ratios. *Applied Clay Science*, 115, 221-229.
- Fredlund, D. G., Rahardjo, H., Fredlund, M. D. (2012). *Unsaturated Soil Mechanics in Engineering Practice*. John Wiley&Sons.
- Gao, D., Zhang, L., Nokken, M. (2017). Compressive behavior of steel fiber reinforced recycled coarse aggregate concrete designed with equivalent cubic compressive strength. *Construction and Building Materials*, 141, 235-244.
- Kalpajian, S., Schmid, S. R. (2010). *Manufacturing Engineering and Technology*. Sixth Edition, Pearson, London.
- Kim, K., Ryu, S., Kim, J. (2017). Melt-processable aggregated boron nitride particle via polysilazane coating for thermal conductive composite. *Ceramics International*, 43, 2441-2447.
- Kiu, R., Hall, L. J. (2018). An update on the human and animal enteric pathogen *Clostridium perfringens*. *Emerging Microbes&Infections*, 7 (141), 1-15.
- Kumar, S., Gupta, R. C., Shrivastava, S. (2017). Effective utilisation of quartz sandstone mining wastes: A technical note on its thermal resistance. *Journal of Cleaner Production*, 140, 1129-1135.
- Kürüm, S., Bölücü, A., Ural, M. (2018). Geochemistry and Petrogenesis of Intracontinental Basaltic Volcanism on the Northwest Arabian Plate, Gaziantep Basin, Southeast Anatolia, Turkey. *ACTA GEOLOGICA SINICA*, 92 (2), 519-535.
- Liu, Y. Wang, W., Chen, Y. F., Ji, H. (2016). Residual stress-strain relationship for thermal insulation concrete with recycled aggregate after high temperature exposure. *Construction and Building Materials*, 129, 37-47.
- Marie, I. (2017). Thermal conductivity of hybrid recycled aggregate–Rubberized concrete. *Construction and Building Materials*, 133, 516-524.
- Özcan, U., Güngör, S. (2019). Sürdürülebilir Bir Yöntem Betonda Puzolan Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 15, 176-182.
- Rusnak, J. M., Smith, L. A. (2014). Botulinum Neurotoxins from *Clostridium botulinum*. In book: *Manual of Security Sensitive Microbes and Toxins*, CRC Press, New York, 451-466.
- Schiavoni, S., D'Alessandro, F., Bianchi, F., Asdrubali, F. (2016). Insulation materials for the building sector: A review and comparative analysis. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 62, 988-1011.
- Shockey, W. L., Borger, D. C. (1991). Effect of Salt on Fermentation of Alfalfa. 2. Treatment with Sodium Chloride, *Clostridium butyricum*, and Lactic Acid Bacteria. *Journal of Dairy Science*, 74 (1), 160-166.
- Ural, M. (2012). Elazığ ve Malatya çevresindeki Yüksekova karmaşığı bazik volkanitlerinin petrokimyası, petrolojisi ve yaşı. Doktora Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ.
- Ural, M. (2014). Morphologic and physical features of pillow basalts of the Yüksekova Complex around Elazığ (Eastern Anatolia, Turkey). *Journal of Tethys*, 2(1), 70-80.
- Ural, M. (2019). Geochemistry of the Volcanic Rocks of the Yüksekova Complex near Güneyköy (SE of Elazığ, E Turkey). *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 1125-1133.
- Ural, M., Arslan, M., Göncüoğlu, M. C., Tekin, U. K., Kürüm, S. (2015). Late Cretaceous arc and back-arc formation within the southern Neotethys: Whole-rock, trace element and Sr-Nd-Pb isotopic data from basaltic rocks of the Yüksekova Complex (Malatya- Elazığ, SE Turkey). *Ofioliti*, 40 (1), 57-72.



- Ural, M., Deniz, K., Sayit, K. (2019). Mafic Volcanic and Subvolcanic Rocks from the Yüksekova Complex in the İçme-Kesikköprü Province (East of Elazığ, Eastern Turkey): Whole-Rock Geochemistry and Confocal Raman Spectroscopy Characterization. *In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 362(1), p.012122.
- Yun, T. S., Jeong, Y. J., Youm, K-S. (2014). Effect of Surrogate Aggregates on the Thermal Conductivity of Concrete at Ambient and Elevated Temperatures. *The Scientific World Journal*, 2014, 1-9.
- Wijayasundara, M., Crawford, M. R., Mendis, P. (2017). Comparative assessment of embodied energy of recycled aggregate concrete. *Journal of Cleaner Production*, 152, 406-419.
- Xing, Z., Beaucour, A-L., Hebert, R., Noumowe, A., Ledesert, A. (2015). Aggregate's influence on thermophysical concrete properties at elevated temperature. *Construction and Building Materials*, 95, 18-28.



# Blokzincir Teknolojisinin Sağlık Bilgi Sistemlerinde Kullanımı

Mehmet Aydar<sup>1\*</sup>, Salih Cemil Çetin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ford Otosan, Kurumsal Mimari ve Teknoloji İnovasyonu Departmanı, İstanbul / Türkiye (ORCID: 0000-0002-5578-758X)

<sup>2</sup> Softect, Araştırma Geliştirme Merkezi, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1356-0798)

(İlk Geliş Tarihi 10 Mayıs 2020 ve Kabul Tarihi 17 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.735052)

**ATIF/REFERENCE:** Aydar, M. & Çetin, S. C. (2020). Blokzincir Teknolojisinin Sağlık Bilgi Sistemlerinde Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 533-538.

## Öz

Blokzincir protokolü, şifrelenmiş bilginin zincir halindeki bloklar içerisinde dağıtık olarak saklanmasını temel alan bir konsepttir. Bu konsept, işlemleri daha güvenli ve takip edilebilir hale getirirken aynı zamanda şeffaflık sağlamaktadır. Protokol üzerinde gerçekleşen işlemler sonradan manipüle edilememekte ve kontrollü şekilde sisteme dâhil olan aktörler tarafından doğrulanabilmektedir. Bu teknolojinin son yıllarda, insanlar ve kuruluşlar arasındaki ilişkileri düzenlediği ve bu alanda yeni fırsatlar sunduğu gözlemlenmektedir. Böylelikle blokzincir protokolleri, birçok sektörde kendisine yer bulabilme potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada, sağlık sisteminde blokzincir teknolojisinden faydalanan mevcut uygulamaları ve blokzincir protokollerinin sağlık bilgi sistemlerindeki potansiyel faydalarını araştırdık.

**Anahtar Kelimeler:** Blokzincir protokolü, Dağıtık defter teknolojisi, Güvenilir ağlar, Sağlık bilgi sistemleri.

## Blockchain for health information systems

### Abstract

The blockchain protocol is a concept of protocols that relies on keeping encrypted information on distributed linked blocks. Blockchain protocols make it possible for transactions to be more efficient and traceable while providing transparency. Transactions on the protocol are immutable, and they can be verified by trusted participants in the system. The advent of blockchain technology has created new opportunities to transform how relationships between people and institutions are established and maintained, and it has proven to have disruptive use in various sectors. In this paper, we research existing studies and applications that utilize blockchain technology in health information systems, along with the potential advantages of Blockchain in health systems.

**Keywords:** Blockchain protocols, Distributed ledger technologies, Trusted networks, Health information systems.

## 1. Giriş

Blokzincir protokolü, bilginin birbirini refere eden bloklar içerisinde saklanmasını temel alan bir dağıtık defter teknolojisidir. Burada, bilgi sahipliği aktif şekilde kontrol edilmekte ve tutulan kayıtların birer kopyası tüm kullanıcılarda dağıtık olarak saklanmaktadır. Merkezi otoriteler yerine ademi merkeziyetçi yapıyı destekleyen bu yaklaşım, peer-to-peer ağlar üzerine konumlandırılmıştır. Peer-to-peer ağlar, geleneksel sunucu-istemci mimarisinin aksine, her istemcinin aynı zamanda bir sunucu olarak çalışması prensibine dayanır. Peer-to-peer ağları kullanan blokzincir teknolojisinde bilgi, kriptografinin de yardımıyla, değiştirilmeye dayanıklı hale getirilerek, sistemde aktif haldeki tüm cihazlara gönderilir ve eş zamanlı olarak saklanır. Burada işlenen bilgi, tüm cihazlara dağıtılacağı için gereksiz ve mükerrer bilgiden kurtulma amacıyla belirli bir hak ediş mekanizmasının çalıştırılması önemlidir. Bunun için Bitcoin (Nakamoto, 2008) blokzincirinde emeğin ispatı (proof-of-work) mekanizması çalıştırılır. Bu

\* Sorumlu Yazar: Ford Otosan, Kurumsal Mimari ve Teknoloji İnovasyonu Departmanı, İstanbul / Türkiye, ORCID: 0000-0002-5578-758X, [mehmetaydar@gmail.com](mailto:mehmetaydar@gmail.com)

mekanizma ile sisteme eklenecek veri, kriptografik olarak güvence altına alınmakla birlikte, sistemi ayakta tutan madencilerin pasif durumdaki dijital paraları aktive etmesi ile sistemin sürdürülebilirliği sağlanır ve aynı zamanda sistemin güvenliği de artırılmış olur.

Bu protokolda tüm işlemler, kullanıcılara ait açık ve gizli asimetrik anahtar çiftleri ile güvence altına alınır (Aydar et al., 2019). Ağ üzerinde işlem yapmak isteyen kullanıcı, kendine ait olan ve sadece kendisi tarafından bilinmesi mümkün olan gizli anahtarı ile bu işlemi imzalar ve ağa yayınlar. Blokzincir protokolünün özgün bir şekilde ortaya koyduğu referanslı blok mekanizması, dağıtık ve kriptografik yapısı, bilgi saklamayı ve saklanan bilginin değiştirilemez hale getirilmesini kolaylaştırmaktadır. Geçmişe yönelik herhangi bir bilginin değiştirilmesinin neredeyse imkânsız hale getirilmesi, blokzincirin en güçlü yanlarından biri olarak kabul edilmektedir. Bunun yanında dağıtık yapısı ile tek merkeze yapılan ve sistemi sekteye uğratmayı amaçlayan saldırılara (single point of failure) karşı da oldukça güçlüdür.

Tüm bu yönleriyle birçok sektör, blokzincir teknolojilerine ilgi duymaktadır. Bu teknoloji hayatımıza finansal servisler ile girmesine rağmen son dönemde farklı endüstri aktörlerinin yoğun şekilde odak noktası olmuştur. Sunmuş olduğu güçlü yönleri sebebiyle bu teknoloji üzerine sayısal kimlik (Aydar and Ayvaz, 2019), sigortacılık, yapay zeka (Krittanawong et al., 2020), büyük veri güvenliği, noterlik işlemleri, emlak endüstrisi, otonom teknolojiler (Ayvaz and Cetin, 2019) gibi bir çok alanda yoğun şekilde çalışılmaktadır. Bu çalışmamızın konusu olan sağlık bilgi sistemlerinde de blokzincir protokollerinin önemli kullanım alanları mevcuttur.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Sağlık Bilgi Sistemlerinde Kullanımı

Sağlık sektörünün mevcut işleyişinde bazı alanlar, blokzincir protokolü aracılığıyla teknolojik dönüşüme oldukça uygundur ve büyük potansiyeller barındırmaktadır. Bu bölümde, blokzincir protokollerinin sağlık alanındaki mevcut kullanımı ve potansiyel kullanım alanları irdelenmiştir. Bunlar, sağlık bilgisi transferi, sağlık araştırmaları bütünlüğü, kişisel sağlık kayıtları, sağlık bilgisinin saklanması, faturalandırma, hasar kayıtları, ilaç tedarik zinciri ve pandemik durumlar şeklinde alt kullanım senaryolarına ayrılarak incelenmektedir.

#### 2.1.1. Sağlık Bilgisi Transferi

Blokzincir teknolojisi, bilgiye güvenli erişim sağlayan yapısı ile özellikle hastalar ve kurumlar arasındaki güvenli veri alışverişinin sağlanması konusunda büyük kolaylıklar sunmaktadır. Aralarında Mayo Clinic (Peterson et al., 2016), MIT (Azaria et al., 2016) ve hasta bilgisi erişimi üzerine çalışan kurumların da bulunduğu topluluklar tarafından, bu konsept üzerine çeşitli ürün makaleleri yayınlanmıştır. Bu modellerde genel olarak hasta bilgisi doğrudan blokzincir üzerine yüklenmez. Bunun yerine veri sahibi kurum veya veri gölleri (Linn and Koo, 2016) gibi harici bir noktadan referans verilir. Çin orijinli bir çalışma grubu, Healthcare Data Gateway isimli bir uygulama (Yue et al., 2016) ile hastaların blokzincir ağına bağlanarak kendi sağlık bilgilerini görüntüleyebilmesine imkan sunmuştur. Bu çalışmalar, genel olarak hasta öz kontrollü sağlık verisi konseptini desteklemektedir.

Healthcare Data Gateway projesi, hastaların kendi sağlık bilgisine kimin erişebileceğini kontrol edebilmesi üzerine kurulmuş bir konsept çalışmasıdır. Bu çalışma üç katmandan oluşmaktadır: (a) bilgi kullanım katmanı EMR (Elektronik Medikal Kayıt) sistemlerini, (b) veri saklama katmanı hasta bilgilerini doğrusal bir şema üzerinde tutan blokzincir bulut sistemini, (c) veri yönetimi katmanı ise akıllı cihazlar üzerinden hastalara kendi bilgilerine ulaşma ve yetkilendirme imkanı sağlayan uygulamayı bulundurmaktadır.

FHIRChain (Zhang et al., 2018), sağlık bilgisi üzerinde ortak çalışma (FHIR) prensibini, akıllı kontrat bazlı sağlık verisi paylaşımı açısından ele alarak geliştirilmiş bir blokzincir uygulamasıdır.

MedRec (Azaria et al., 2016) ise ethereum temelli bir blokzincir protokolü uygulamasıdır. Hastaların değiştirilemez sağlık verisi geçmişini yine hastaların onayları dâhilinde, farklı sağlık kuruluşlarıyla tedavi ve araştırma amaçlı paylaşımını hedeflemektedir. Proje üç ayrı akıllı kontrattan oluşmaktadır. Bunlar hastalar için kimlik doğrulayıcı kontratlar, hasta kaydının saklanması işlemlerinden sorumlu kontratlar ve kayıtlar arası bağlantısal bilgilerden sorumlu kontratlardır.

MedChain (Shen et al., 2019), sağlık bilgisi sahiplerine, tedavi özelinde medikal bilgilerin paylaşılması yetkilerini vermek üzerine özelleşmiş, izne tabi katılımcılara hizmet veren bir uygulamadır.

Gem Health Network (Prisco, 2016) projesi de, ethereum tabanlı bir diğer blokzincir uygulamasıdır. Bu uygulama, paylaşımlı kimlik şemaları, veri saklama ve akıllı kontratlar üzerinden sağlık çalışanı uzmanlara en güncel sağlık verisini ulaştırmayı amaçlamaktadır.

MyPCR (MyP, 2018), yazılım güvenliği üzerine uzmanlaşmış Guardtime şirketi tarafından desteklenen blokzincir destekli bir platformdur. 30 milyona varan hasta bilgisi ile Birleşik Krallık Sağlık Hizmetleri'ne hizmet vermesi planlanan proje, akıllı cihazlar üzerinden sağlık verisine anlık erişim sunmayı vaat etmektedir.

#### 2.1.2. Sağlık Araştırmaları Bütünlüğü

Sağlık sektörü için teknolojik ilerlemenin temelini, fonlama sorunlarına rağmen akademik çalışmalar oluşturmaktadır. ClinicalTrials.gov ve benzeri organizasyonlar, bu alanda araştırma yapan bilim insanlarının problemlerini ortadan kaldırmayı ve çalışmaların önünü açmayı amaçlamaktadır. Blokzincir teknolojisi, sunduğu değiştirilemez, doğrulanabilir kayıtlar ve işlemler mekanizması ile biyomedikal araştırmacıları için dağıtık veri merkezi olarak kullanılabilir. 2014 yılında, İngiltere'de birçok araştırmacı tarafından takip edilen Benjamin Carlisle (Carlisle, 2014), araştırmacıların projelerinde kullanabilmek üzere önceden belirlenmiş yönleri bulunan bilgiye blokzinciri üzerinden erişilebileceğini ileri sürmüştür. Blokzincir, aynı zamanda bilgi bütünlüğü

sağladığı için, potansiyel araştırmaya verisinin kendisi halka açık olmasa dahi, doğruluğunu onaylamak için kullanılabilir. Bu tip geliştirmeler, sağlık alanındaki araştırmalarının önünü açarken aynı zamanda medikal bilgilerin güvenliğini de sağlamaktadır.

Sync 4 Science, hastaların sayısal ortamda kayıtlı bulunan verilerinin bilimsel araştırmalarda kullanılması üzerine odaklanan bir pilot uygulamadır.

Healthbank (Dalianis et al., 2015), İsviçre temelli küresel bir sayısal sağlık girişimidir. Temelinde, hastaların sağlık verilerini blokzincir ağı üzerinde saklamaları ve bu veriyi kendi kontrolleri dahilinde sağlık araştırmacıları ile paylaşabilmeleri konsepti bulunmaktadır. Şirket, blokzincir protokolünden faydalanarak hasta kayıtlarının sağlık araştırmaları kullanımındaki şeffaflığı arttırmayı amaçlamaktadır.

### **2.1.3. Kişisel Sağlık Kayıtları**

Bu konsept, blokzincir teknolojisinden faydalanarak, kişisel sağlık verisinin yüksek güvenlik çerçevesinde kontrol edilmesine odaklanmıştır. Bu alanda akademik ve konsept ispatı çalışmaları mevcuttur. eHealthWallet (Ehe, 2016), hastaların doktorları bilgi erişimi amacıyla yetkilendirebildiği bir konsept geliştirmiştir. Böylelikle hastalar, sağlık bilgilerini kendi kontrolleri dahilinde, tercih ettikleri doktorlarla paylaşabilmektedir.

Estonya merkezli eHealth projesi (Est, 2018), Guardtime firması ile ortak yürütülen, tedavi özelinde veri paylaşımına imkan sunan bir blokzincir projesidir.

Blokzincir bazlı HealthChain (Hylock and Zeng, 2019), hyperledger fabric ürünü üzerinde geliştirilmiş ve sağlık verisinin gizliliği ile Amerikan Sağlık Sigortası Taşınabilirlik ve Sorumluluk Yasası'na (HIPAA) uygunluk sağlamayı amaçlayan bir projedir.

MediBchain (Al Omar et al., 2017), izinli bir blokzincir protokolü kullanan ve veriye erişim için kimlik tanımlanması gerektiren bir mimardır. Protokolde, kullanıcı bilgisinin asimetrik şifrelenmesine ek olarak, şifrelenmiş verinin bulunduğu bloğu ve blok numarasını saklar. Blok numarası, şifrelenmiş verinin blokzincir üzerinden çağırılması için kullanılır. Veri, kullanıcının gizli anahtarı ile deşifre edilir.

ModelChain (Kuo and Ohno-Machado, 2018), izinli bir blokzincir teknolojisi kullanan, her bir sağlık hizmeti sağlayıcısının kendi verilerini saklayabildiği ve gizlilik esaslı, makine öğrenmesiyle güçlendirilmiş bir blokzincir uygulamasıdır. Bu uygulama bilginin ispatı isimli yeni bir mutabakat mekanizmasını kullanmaktadır.

BlockchainHealth uygulaması, kişilerin sağlık verilerini takibi ve araştırmacılar ile paylaşması üzerine tasarlanmış blokzincir tabanlı bir portaldır. Bilgiye erişim ve paylaşım, değiştirilemez geçmiş prensibiyle kayıt altına alınmakta ve resmi yetkililer tarafından aynı anda takip edilebilmektedir.

eHealthWallet (Ehe, 2016) uygulaması, ethereum blokzinciri üzerinde geliştirilmiş, sağlık verisi saklama ve paylaşma platformudur.

2015 yılında konsept ispatı çalışmaları paylaşılan MedVault (Blough et al., 2011) ürünü, hasta verisi bitcoin ağında tutulmaktadır. Hastalar, kendilerine verilen karekod ile ağ üzerinde oturum açabilmekte, doktorlar da hastaların kayıtlarına aynı şekilde erişebilmektedir.

### **2.1.4. Sağlık Bilgisinin Saklanması**

Bu bölüme kadar verilen örneklerin çoğu, blokzincir protokolünü doğrudan veri saklama amacıyla değil güvenli referans gösterim noktası olarak kullanmayı tercih eden uygulamalardır. Philips Blokzincir Labratuarı ortaklarından olan Tierion isimli şirketten bir grup, hasta bilgilerini blokzincir üzerinde saklamayı baz alan, merkle ağacı ve mevcudiyetin ispatı konseptlerini kullanan Chainpoint (Vaughan et al., 2016) isimli bir ürün ortaya koymuşlardır. Benzer şekilde, MedVault (Blough et al., 2011) adlı çalışmada, hasta sağlık bilgisini doğrudan blokzincir üzerinde saklamak için Colu blokzincir protokolü tercih edilmiştir.

### **2.1.5. Faturalandırma ve Hasar Kayıtları**

Blokzincir teknolojisi, akıllı sözleşmeler ile, bilgi bildirim ve ödeme sistemlerinde yönetim maliyetlerini düşürmesinin yanında, zaman tasarrufu sağlamıştır. Bunun sağlık sektöründeki yansımaları, ödemeyi yapacak taraf -bu bir kişi ya da bir kurum olabilir- ile hasta ve sağlık hizmetini verecek kurum arasında, hizmet faydalandırımı gerçekleştiği sonra ödemenin otomatik olarak tamamlanması üzerine düzenlenmiş bir akıllı kontrat olabilir. Burada normal prosedür işleyişinin aksine, sigorta şirketinin belgelerin incelenmesi, tasdiklenmesi, ödeme onayının verilmesi ve ödemenin gerçekleşmesi aşamaları güvenle tamamlanmış ve zaman tasarrufu sağlanmış olur (Srinivasan, 2017).

### **2.1.6. İlaç Tedarik Zinciri ve Reçete Yönetimi**

Özellikle geri kalmış ve gelişmekte olan ülkelerde sahte ilaç oranı neredeyse 1/10'dur ve bu ülkelerde sahte ilaçlar, sağlık sektöründeki büyük problemlerden biridir (WHO, 2017). Hasta güvenliğinin teminatı, sağlık sektörü için kritik ve öncelikli konulardan biridir. Bu yüzden ilaçların üretiminden tüketimine kadar olan sürecin doğruluğu, bütünlüğü, takip edilebilirliği ve güvenliği elzemdir. Bu konuda blokzincir protokolleri ve akıllı kontratlar, ilaçların ve reçetelerin yönetiminde, geçmişinin ve gerçekliğinin takip edilmesinde kullanılabilir (Bocek et al., 2017).

### **2.1.7. Pandemi ile Mücadele**

Pandemik hastalıklar, hızlı yayılmaları durumunda sağlık sistemi üzerindeki yükü oldukça arttırmakta ve sektörü kötü niyetli faaliyetlere karşı savunmasız duruma düşürebilmektedir. Örneğin, Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından 11 mart 2020 tarihinde

pandemi ilan edilen yeni tip coronavirüsü (COVID-19) (WHO, 2020) , oldukça hızlı yayılım göstermesinden dolayı birçok ülkede sağlık sistemini zayıflatmıştır.

Amerikan yayın organı The New York Times 16 mart 2020 tarihli yazısında (Sanger et al., 2020), COVID-19 sebebiyle oluşan panik esnasında kötü niyetli kişilerin sağlık sektöründe hassasiyetle korunması gereken bazı kayıtlara yaptığı saldırıları ele almaktadır. The New York Times siber güvenlik raportörü aynı zamanda twitter üzerinden yaptığı paylaşımlarda, doktorlardan gelen çağrıya değinmiş ve Silikon Vadisi'ndeki teknoloji devlerinin COVID-19 ile mücadeleye yardımcı olmak için geliştirmesi gereken uygulamalara değinmiştir (twi a 2020, twi b 2020). İrdelenen konu özelinde, doktorların COVID-19 ve enfekte olan hastalara ait bilgileri izlenir bir platformda paylaşabileceği ve bilginin güvenilir sağlık personelleri tarafından paylaşıldığına ve değiştirilmediğine emin olacakları bir platform öne çıkmaktadır. İhtiyaç duyulan bu platform, Sovrin (Tobin and Reed, 2016) ve Uport (Lundkvist et al., 2017) gibi blokzincir temelli öz-egemen kimlik sistemleri ile mümkün olabilmektedir. Bu senaryoda, sağlık çalışanlarına blokzincir üzerinden asimetrik anahtarlar kullanılarak kimlik atanır. Çalışanlar paylaşmak istedikleri veriyi, özel anahtarlarıyla imzalayarak verinin doğrulanabilir referansını (Sporny et al., 2019) oluştururlar ve ilgili platform üzerinden paylaşırlar. Platform üzerinden, veriyi paylaşmanın açık anahtarı yardımıyla ilgili verinin orijinalliği ve değiştirilmediği kolaylıkla teyit edilebilir.

MiPasa (mipasa, 2020) adı verilen blokzincir tabanlı proje, COVID-19 taşıyıcılarını erken teşhis etmek amacı ile kişiler, devlet kurumları ve sağlık kuruluşlarının mahremiyetini koruyarak birbirleriyle veri paylaşımına olanak sağlar. Hyperledger Fabric blokzincir teknolojisini kullanan MiPasa üzerinde, teyit edilmiş veri üzerinden analiz yapmak için yapay zeka algoritmaları çalıştırılabilir. MiPasa, aralarında IBM, Microsoft, Dünya Sağlık Örgütü, John Hopkins Üniversitesi ve Çin Milli Sağlık Komisyonu gibi kuruluşlardan oluşan bir konsorsiyum tarafından desteklenmektedir.

Doğrudan pandemi ile ilgili olmasa da, blokzincirin kullanım senaryoları arasında bulunan bağış takibi, sigorta tazminat talebi, medikal ekipman tedarik zincirinin takip edilmesi, salgın durumlarında verinin izlenmesi ve uluslararası ödemeler, pandemik durumlarda birer ihtiyaç olarak ön plana çıkmaktadır.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Blokzincir protokolleri, daha önce de bahsedildiği gibi, üzerinde barındırdığı güçlü kriptografi algoritmaları, konsensüs mekanizması ve dağıtık mimarisi ile güven makinası olarak düşünülebilir. Aynı zamanda hayatımıza girişi itibariyle bir ödeme ve değer transferi aracı olarak da ele alınabilmektedir. Özellikle üzerinde çalışmaya imkan sunduğu akıllı kontratlarla birlikte, işleri otomatize eden bir yapıya dönüştürülebilmektedir.

Sağlık bilgi sistemlerinde blokzincir kullanımının salt faydalarından bahsetmek gerçekçi olmayacaktır. Öncelikle temel faydalarının daha anlaşılabilir olması için, blokzincir teknolojisinin ortaya atılırken amaçladığı sorunların çözümüne bakılması daha doğrudur. Örneğin blokzincir vasıtasıyla, işlemin tarafları arasındaki üçüncü parti kuruluşlar ortadan kaldırılabilir. Bir diğer avantajı, taraflar arasında şeffaf işlem kabiliyeti sağlanması ve bu şeffaflığın yüksek güvenlik ve taraflara ait mahremiyet dahilinde sağlanmasıdır. Aynı zamanda, işlem geçmişinin dağıtık olarak saklanması, veri saklama ve sunucu hizmeti sağlayan kurumların tekelinden kurtulması ve belirli noktalara yapılan ve sistemin çalışmasını sekteye uğratan saldırılara karşı ek güvenlik sunması, blokzincirin avantajları arasında değerlendirilebilir. Ek olarak, blokzincir uygulamaları genellikle açık kaynak kodludur ve hiçbir kurumun tekelinde değildir. Böylelikle çeşitli topluluklar tarafından desteklenmekte ve her geçen gün daha iyiye götürülmeye çalışılmaktadır.

Birden fazla protokolün aynı anda farklı projelerde desteklenmesi ihtiyacı ve bu protokoller arasındaki entegrasyon sorunları, blokzincir teknolojisinin zayıf yönleri arasında gösterilebilir. Ayrıca dağıtık yapısı yüzünden güçlü depolama alanlarına ihtiyaç duyulabilmektedir. Güvenliğin getirdiği kompleks mimarisi, yer yer değişiklik gösterse de kullanılan mutabakat mekanizmasına göre yüksek enerji tüketimi, test edilebilirlik ve son kullanıcıya ulaştırılması konusundaki sorunlar da dezavantajlı yönleri olarak ele alınabilir. Bu bağlamda, blokzincir teknolojisinin güçlü ve zayıf yönleri Tablo 1 de özetlenmiştir.

Tablo 1: Blokzincir teknolojisinin güçlü ve zayıf yönleri

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
Şeffaflık ve geçmişe dönük değişikliğe direnç	Farklı protokollerin senkron çalışmaması
Dağıtık mimari	Son kullanıcıya uzaklık
Hızlı işlem imkanı	Karmaşık mimari, düşük test edilebilirlik
Açık kaynak kodu	Yüksek beceri gerekliliği
Kriptografi sayesinde yüksek güvenlik	Henüz olgunlaşmamış olması
Sorgulanamaz doğruluk kabulü	Yeni teknolojinin kabulü zorlukları



chinemoneynetwork.com sitesinin paylaştığı 2018 mayıs tarihli ve Çin Bilgi ve İletişim Teknolojileri Akademisi'nden (CAICT) bir yetkiliye dayandırdığı haberde, 80.000 blokzincir girişiminden sadece %8 inin hayatına devam edebildiği ve bu girişimlerin ortalama ömrünün 1.22 sene olduğu belirtilmiştir (China Money AI, 2018). Aynı yetkili, blokzincir projelerinin çok hızlı yükselmesine karşılık başarısızlıkla erken tanıştığını belirtmiştir. Forbes'ta yayınlanan 2019 mayıs tarihli makalede ise (Disparte., 2019) blokzincir projelerinin başarısızlığının temel sebebi, girişimlerin temellerinin atıldığı sektörlerin dijital dönüşüme henüz hazır olmaması ve dolayısıyla gerekli fizibilite ve altyapı çalışması eksikliği olarak gösterilmektedir. Fakat sağlık sektöründe, yıllardır süregelen dijitalleşme ve dönüşüme ek olarak blokzincir uygulamaları entegrasyonunun uygunluğu aşıkardır.

Tüm bu bilgiler ışığında blokzincir protokollerinin, dezavantajları bulunmasına rağmen, hassas sağlık verisinin mahremiyet çerçevesinde güvenle korunması, paylaşımı, işlenmesi için oldukça avantajlı olduğu açıkça görülmektedir. Sağlık sektörünün mahremiyet ve güvene dayalı bilgi kaydı ve transferi ihtiyacıyla, blokzincir protokollerinin doğasından gelen güçlü yanları eşleştğinde ortaya somut örnekler çıkmaya başlamıştır. Belirtilen perspektifin efektif sonuçlarından biri, IBM tarafından özellikle COVID-19 pandemisi döneminde hızla hayata geçirilerek sağlık sektörünün hizmetine sunulan IBM Rapid Supplier Connect ürünüdür (Kelley, 2020). Bu ürün sayesinde, ticari kaygılar gütmeyen aracı kuruluşları da içerisine alan alıcı ve tedarikçiler, sağlık sektöründe kullanılan ürünlerin tedarigi için kolaylıkla iletişim kurabilmektedir. Yine IBM, Walmart, Merck ve KPMG'nin ortak yayınladığı Blokzincir Birlikte Çalışılabilirlik Pilot Projesi raporunda, çalışmamızda değindiğimiz konuları da içine alan araştırmaların sonucu olarak blokzincir ürünlerinin sağlık alanındaki bazı uygulamalarının efektif sonuçları test edilmiş ve paylaşılmıştır (FDA, 2020). Birleşik devletler gıda ve ilaç yönetimi örgütü için hazırlanan bu rapora göre, blokzincir teknolojisi ilaç tedarigi ve ilaçların geri çağırılması durumlarında takip edilebilirlik ve hızlı aksiyon amacıyla kullanılabilir. Raporda önerilen iki yaklaşım, ilaç tedarik akışının izlenmesi ve uyarı sistemlerinin aktif ve süratli bir şekilde hayata geçirilmesidir. Yine bu raporda ele alınan sonuçlar incelendiğinde, pilot çalışmaların iki yaklaşımı da başarıyla hayata geçirebileceği görülmektedir.

#### 4. Sonuç

Bu araştırmada, blokzincir teknolojisinin sağlık bilgi sistemleri özelinde, temel teknik çalışma prensipleri, avantajları ve dezavantajları ile genel kullanım alanları irdelenmiştir. Sağlık sistemlerinde blokzincir kullanımında tek bir blokzincir modeli ya da kullanım senaryosundan bahsetmek mümkün değildir. Çalışmamızda aynı zamanda blokzincirin sağlık sektörüne sunabileceği potansiyel faydalar ve hali hazırda geliştirilmiş veya geliştirilmekte olan blokzincir tabanlı ürünler ile kavram ispatları ele alınmıştır. Sağlık alanındaki mevcut blokzincir çalışmaları, sağlık bilgisi değişimi, sağlık araştırmaları bütünlüğü, kişisel sağlık kayıtları, sağlık bilgisinin saklanması, faturalandırma, hasar kayıtları ve ilaç tedarik zinciri ve pandemik durumlarda kullanımı olarak alt kullanım senaryolarında ele alınmıştır. Çalışmamız, blokzincir teknolojisinin sağlık alanında kullanımı ile ilgili araştırmalara ışık tutacaktır.

#### Kaynakça

- [Vaughan et al., 2016] (2016) Vaughan W., Bukowski J., Wilkinson S. Chainpoint: A scalable protocol for anchoring data in the blockchain and generating blockchain receipts.
- [Sanger et al., 2020] (2020) Sanger D. E., Perloth N., Rosenberg M. Hackers attack health and human services computer system. <https://www.nytimes.com/2020/03/16/us/politics/coronavirus-cyber.html>. Accessed: 2020-03-20.
- [Srinivasan, 2017] (2017) Srinivasan P. Healthcare Blockchain: How Smart Contracts Could Revolutionize CareDelivery.
- [mipasa, 2020] (2020) MiPasa. <https://mipasa.org/>.
- [twi, a, 2020] (2020) Nyt cybersecurity reporter's reply. <https://twitter.com/nicoleperloth/status/1239723703706869761?s=20>. Accessed: 2020-03-20.
- [twi, b, 2020] (2020) Nyt cybersecurity reporter's tweet. <https://twitter.com/nicoleperloth/status/1239723379151650821?s=20>. Accessed: 2020-03-20.
- [WHO, 2020] (2020) Who director-general's opening remarks at the media briefing on covid-19. <https://www.who.int/dg/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19-11-march-2020>. Accessed: 2020-03-20.
- [Carlisle, 2014] (2014). Carlisle, B. G. Proof of prespecified endpoints in medical research with the bitcoin blockchain. <http://blog.bgcarlisle.com/2014/08/25/proof-of-prespecified-endpoints-in-medical-research-with-the-bitcoin-blockchain/>. [Online; accessed 20-Jan-2020].
- [Ehe, 2016] (2016). Healthy SELFIE e-Health Wallet. <https://devpost.com/software/ehealthwallet>. [Online; accessed 20-Jan-2020].
- [WHO, 2017] (2017). 1 in 10 medical products in developing countries is substandard or falsified. <https://www.who.int/en/news-room/detail/28-11-2017-1-in-10-medical-products-in-developing-countries-is-substandard-or-falsified>. [Online; accessed 20-Jan-2020].
- [Est, 2018] (2018). Estonian eHealth Authority Partners with Guardtime to Accelerate Transparency and Auditability in Health Care. <https://guardtime.com/blog/estonian-ehealth-partners-guardtime-blockchain-based-transparency>. [Online; accessed 20-Jan-2020].
- [MyP, 2018] (2018). World's first blockchain-supported Personal Care Record Platform launched by Guardtime and partners to up to 30 million NHS patients in the UK. <https://guardtime.com/blog/world-s-first-blockchain-supported-personal-care-record-platform-launched-by-guardtime-and-partners>. [Online; accessed 20-Jan-2020].
- [Al Omar et al., 2017] Al Omar, A., Rahman, M. S., Basu, A., and Kiyomoto, S. (2017). Medibchain: A blockchain based privacy preserving platform for healthcare data. In International conference on security, privacy and anonymity in computation, communication and storage, pages 534–543. Springer.

- [Aydar and Ayvaz, 2019] Aydar, M. and Ayvaz, S. (2019). Towards a blockchain based digital identity verification, record attestation and record sharing system. arXiv preprint arXiv:1906.09791.
- [Aydar et al., 2019] Aydar, M., Cetin, S. C., Ayvaz, S., and Aygun, B. (2019). Private key encryption and recovery in blockchain.
- [Ayvaz and Cetin, 2019] Ayvaz, S. and Cetin, S. C. (2019). Witness of things. *International Journal of Intelligent Unmanned Systems*.
- [Azaria et al., 2016] Azaria, A., Ekblaw, A., Vieira, T., and Lippman, A. (2016). Medrec: Using blockchain for medical data access and permission management. In *2016 2nd International Conference on Open and Big Data (OBD)*, pages 25–30. IEEE.
- [Blough et al., 2011] Blough, D. M., Liu, L., Sainfort, F., and Ahamad, M. (2011). Ct-t: Medvault-ensuring security and privacy for electronic medical records. Technical report, Georgia Institute of Technology.
- [Bocek et al., 2017] Bocek, T., Rodrigues, B. B., Strasser, T., and Stiller, B. (2017). Blockchains everywhere—a use-case of blockchains in the pharma supply-chain. In *2017 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM)*, pages 772–777. IEEE.
- [Dalianis et al., 2015] Dalianis, H., Henriksson, A., Kvist, M., Velupillai, S., and Weegar, R. (2015). Health bank—a workbench for data science applications in healthcare. In *CAiSE Industry Track*, pages 1–18.
- [Hylock and Zeng, 2019] Hylock, R. H. and Zeng, X. (2019). A blockchain framework for patient-centered health records and exchange (healthchain): Evaluation and proof-of-concept study. *Journal of Medical Internet Research*, 21(8):e13592.
- [Krittanawong et al., 2020] Krittanawong, C., Rogers, A. J., Aydar, M., Choi, E., Johnson, K. W., Wang, Z., and Narayan, S. M. (2020). Integrating blockchain technology with artificial intelligence for cardiovascular medicine. *Nature Reviews Cardiology*, 17(1):1–3.8
- [Kuo and Ohno-Machado, 2018] Kuo, T.-T. and Ohno-Machado, L. (2018). Modelchain: Decentralized privacy-preserving healthcare predictive modeling framework on private blockchain networks. arXiv preprint arXiv:1802.01746.
- [Linn and Koo, 2016] Linn, L. A. and Koo, M. B. (2016). Blockchain for health data and its potential use in health IT and health care related research. In *ONC/NIST Use of Blockchain for Healthcare and Research Workshop*. Gaithersburg, Maryland, United States: ONC/NIST, pages 1–10.
- [Lundkvist et al., 2017] Lundkvist, C., Heck, R., Torstensson, J., Mitton, Z., and Sena, M. (2017). Uport: A platform for self-sovereign identity. URL: <https://whitepaper.uport.me/uPortwhitepaperDRAFT20170221.pdf>.
- [Nakamoto, 2008] Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. Technical report, Manubot.
- [Peterson et al., 2016] Peterson, K., Deeduanu, R., Kanjamala, P., and Boles, K. (2016). A blockchain-based approach to health information exchange networks. In *Proc. NIST Workshop Blockchain Healthcare*, volume 1, pages 1–10.
- [Prisco, 2016] Prisco, G. (2016). The blockchain for healthcare: Gem launches gem health network with Philips Blockchain Lab. *Bitcoin Magazine*, 26.
- [Shen et al., 2019] Shen, B., Guo, J., and Yang, Y. (2019). Medchain: efficient healthcare data sharing via blockchain. *Applied Sciences*, 9(6):1207.
- [Sporny et al., 2019] Sporny, M., Longley, D., and Chadwick, D. (2019). Verifiable credentials data model 1.0. W3C, W3C Candidate Recommendation, March.
- [Tobin and Reed, 2016] Tobin, A. and Reed, D. (2016). The inevitable rise of self-sovereign identity. The Sovrin Foundation, 29(2016).
- [Yue et al., 2016] Yue, X., Wang, H., Jin, D., Li, M., and Jiang, W. (2016). Healthcare data gateways: found healthcare intelligence on blockchain with novel privacy risk control. *Journal of Medical Systems*, 40(10):218.
- [Zhang et al., 2018] Zhang, P., White, J., Schmidt, D. C., Lenz, G., and Rosenbloom, S. T. (2018). Fhirchain: applying blockchain to securely and scalably share clinical data. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 16:267–278.
- [China Money AI, 2018] (2018). Chinese Official Says Blockchain Projects Globally Had Average Life Span Of 1.22 Years. <https://www.chinamoneynetwork.com/2018/05/28/chinese-official-says-blockchain-projects-globally-had-average-life-span-of-1-22-years>. [Online; accessed 20-May-2020].
- [Disparte., 2019] Disparte D. A. Why Enterprise Blockchain Projects Fail. *Forbes*.
- [Kelley, 2020] (2020) Kelley J. IBM Rapid Supplier Connect: Getting COVID-19 responders the equipment they need.
- [FDA, 2020] (2020) Blockchain Interoperability Pilot Project Report.



# The Effect Of Online Shopping Services On Customer Satisfaction: The Mediation Role Of Return Management

Resul Öztürk<sup>1\*</sup>, Abdullah Oktay Dündar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan University, Faculty of Applied Sciences, Department of Management Information Systems, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0003-1493-7315)

<sup>2</sup> Necmettin Erbakan University, Faculty of Applied Sciences, Department of Transportation and Logistics, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0002-8508-165X)

(First received 1 May 2020 and in final form 17 June 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.737749)

**ATIF/REFERENCE:** Öztürk, R., & Dündar, A. O. (2020). The effect of online shopping services on customer satisfaction: The mediation role of return management. *European Journal of Science and Technology*, (19), 539-548.

## Abstract

The main strategy of today's businesses is to be customer focused due to the increase in technological developments and the welfare level of the societies. Businesses that want to maintain their existence for a long time develop business policies that will satisfy their customers and establish long-term profitable relationships. It is possible for the customers to shop more comfortably and securely, especially in online shopping, when such policies, confidentiality of parties' responsibilities and customer information are clearly stated by the business. Complaints arise in cases where the product consumers want to buy does not fit the product on the internet, or the product information is inaccurate, and this causes customer dissatisfaction. Customers whose expectations are not met want to return the products they have purchased in such cases. For this reason, although the importance of distribution and logistics activities increases, it is desired to increase customer satisfaction with return management. Due to such issues, the purpose of this study is to determine the mediation role of return management on the effect of online shopping services of businesses on customer satisfaction. An online survey was conducted to 436 consumers in Konya, who performed retail shopping on electronic commerce sites, through simple random sampling, and the data obtained were analyzed through SPSS 23.0 and SPSS AMOS 22.0 package programs. In the study, a positive and statistically significant relationship was determined between online shopping services of businesses and customer satisfaction, online shopping services of businesses and return management, return management and customer satisfaction through correlation analysis. In addition, in order to determine the mediation role of return management in the relationship between the customer satisfaction and the online shopping services of the businesses, a confirmatory factor analysis was performed using a structural equation modeling, and the partial mediation role was identified.

**Keywords:** Online Shopping Service, E-Commerce, Retailing, Return Management, Reverse Logistics, Customer Satisfaction.

## Online Alışveriş Hizmetlerinin Müşteri Memnuniyeti Üzerindeki Etkisi: İade Yönetiminin Aracılık Rolü

### Öz

Teknolojik gelişmelerin ve toplumların refah seviyesinin artması sebebiyle günümüz işletmelerinin temel stratejisi müşteri odaklı olmaktır. Varlığını uzun süre devam ettirmek isteyen işletmeler müşterilerini memnun ederek uzun süreli karlı ilişkiler kurulmasını sağlayacak işletme politikaları geliştirmektedir. Müşterilerin özellikle online alışverişlerde daha rahat ve güvenli bir şekilde alışveriş yapması, bu politikaların, alışverişlerde tarafların sorumluluklarının ve müşteri bilgilerinin gizliliği gibi hususların işletme tarafından

\* Corresponding Author: Resul Öztürk: Necmettin Erbakan University, Faculty of Applied Sciences, Department of Management Information Systems, Konya, Turkey, ORCID: 0000-0003-1493-7315, drslozturk@gmail.com

This study derived from the paper entitled "Online Alışveriş Hizmetlerinin Müşteri Memnuniyetine Etkisinde İade Ve Şikayet Yönetiminin Aracılık Etkisi" which was presented orally online at 1-2 May 2020 Al-Farabi Journal 7th International Social Sciences Congress and published in proceedings book.

açık bir şekilde beyan edilmesi ile mümkün olmaktadır. Tüketicilerin almak istediği ürünün internette yer alan ürüne uymaması, ürün bilgilerinin yanlışlığı gibi nedenlerden dolayı şikayetler ortaya çıkmakta ve bu durum da müşteri memnuniyetsizliğine sebep olmaktadır. Beklentileri karşılanmayan müşteriler bu gibi durumlarda satın almış olduğu ürünleri iade etmek istemektedirler. Bu nedenle dağıtım ve lojistik faaliyetlerinin önemi artmakla birlikte iade yönetimi ile müşteri memnuniyeti artırılmak istenmektedir. Söz konusu hususlar nedeniyle bu çalışmanın amacı işletmelerin online alışveriş hizmetlerinin müşteri memnuniyeti üzerine etkisinde iade yönetiminin aracılık etkisini tespit etmektir. Elektronik ticaret sitelerinde perakende alışveriş işlemi gerçekleştiren Konya ilindeki 436 tüketiciye basit tesadüfi örnekleme yoluyla online ortamda anket uygulaması yapılmış ve elde edilen veriler SPSS 23.0 ve SPSS AMOS 22.0 paket programları aracılığıyla analiz edilmiştir. Araştırmada korelasyon analizi ile işletmelerin online alışveriş hizmetlerinin müşteri memnuniyeti, işletmelerin online alışveriş hizmetlerinin iade yönetimi, iade yönetiminin müşteri memnuniyeti ile aralarında pozitif yönlü ve istatistiksel bakımdan anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca çalışmada işletmelerin online alışveriş hizmetlerinin müşteri memnuniyeti arasındaki ilişkide iade yönetiminin aracılık etkisini tespit etmek amacıyla doğrulayıcı faktör analizi ile yapısal eşitlik modeli kullanılmış ve kısmi aracılık etkisi tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Online Alışveriş Hizmeti, Elektronik Ticaret, Perakendecilik, İade Yönetimi, Tersine Lojistik, Müşteri Memnuniyeti.

## 1. Introduction

Physical merchandising or retailing performs an important function in meeting the needs of consumers. However, with advancement in technology, the development of alternative channels such as online stores, e-markets and social media also cause important changes in the shopping behavior of consumers. These online channels provide significant advantages to both businesses and consumers. Businesses can provide services to customers with lower costs without bearing the costs such as rent, electricity, water, design and labor. Customers can purchase products anywhere in the world by comparing more alternatives and spending less time. This leads to an increase in online stores and shopping every day. On the other hand, the fact that consumers decide to make purchases in online shopping only through the technical information provided by the store and the images on two-dimensional screen brings some risks for the consumer. If the purchased product or service does not fully meet the expectations, customer dissatisfaction will occur and the customer will not be willing to buy again. Businesses provide a return guarantee to eliminate this dissatisfaction with online shopping and to ensure customer satisfaction. The return and complaint policies to be developed by the businesses, and the management of the return process in accordance with these policies are important for ensuring customer satisfaction and continuity of online shopping. Thus, in cases where customer expectations are not met, the return process will be activated, customer complaints will be prevented and customer trust will be ensured.

In this study, whether the return management carried out in online shopping has a mediation role on ensuring customer satisfaction is investigated. For this purpose, a survey was applied to customers who live in Konya and shop online, the findings were shared and the results were evaluated.

## 2. Conceptual Framework

Information and communication technologies, which constitute the most dynamic structures of the developing global economies, contribute to the economic growth and provide businesses with strategic opportunities and powerful tools worldwide. As a result of the rapid development of the internet, the importance of e-commerce and online markets is increasing in societies with high level of knowledge (Kim et al., 2011). One of the biggest factors in increasing this importance is that consumers spend more time in digital environment as a result of the use of digital products and technology (Koçarslan and Kılınç, 2019). The Internet provides consumers with the opportunity to compare alternative products, thereby shortening the time for consumers to access information about products and decide to purchase. Since online shoppers do not physically interact with businesses and products, they decide their purchasing behavior in line with the electronic information available in online stores (Park and Kim, 2003).

Online service is the use of low-cost information technology infrastructures. In addition to providing benefits to businesses in terms of being less costly and reaching more consumers, it may create a risk perception for security reasons when consumers want to perform the first purchase action (Parthasarathy and Bhattacharjee, 1998). Online services should be provided to ensure that virtual and physical stores are perceived by consumers as both reliable and user-friendly. The online shopping process is considered as the exchange process of costs such as labor, time and money to purchase the products and services offered by a virtual store on the internet (Wu, 2013). These issues may affect consumer preferences, as they offer less shopping time, affordable prices and the ability to compare different products in digital media (Koçarslan and Kılınç, 2019). While the content and information on the websites express the features of the services and products, the design is the way the content is presented to the consumers. In addition to the importance of easy browsing of websites, use of multimedia to increase aesthetics and visual appeal, rapid access to information and evaluation of alternatives, websites should also include security measures and businesses should adopt privacy practices to increase consumer confidence (Ranganathan and Ganapathy, 2002). The customer, who carries out purchasing behavior from a certain website, initially evaluates his/her experiences according to the dimensions of the service process and can be satisfied at the end of this process. If this website has difficulties in use and inefficiencies, the customer will be dissatisfied and will not be able to use this website in the future purchasing process (Collier and Bienstock, 2006). Also, understanding consumer behavior related to the use of online shopping becomes important to develop an effective website that will facilitate online transactions and services (Lin, 2007).

Logistics services have an important place in the online shopping process in terms of their complementary role. A process is needed in logistics services in order to measure the perceptions of value created for customers and in this process, the quality of



logistics service is the criterion that will affect the satisfaction levels of the customers. Physical distribution research, such as timely delivery, accuracy and delivery status of the order, is the critical aspect of logistics service quality. Customers who cannot receive their orders under the conditions they expected are not satisfied with the quality of logistics service and can request the correction of the errors regarding the order. In this case, it is necessary to manage a process related to the inconsistencies in the criteria such as the accuracy, status and timely delivery of the order (Mentzer et al., 2001). The consumer, who cannot physically experience the product especially in online shopping, has to make decisions with limited information. This limited information increases the risk perception and makes the customer reluctant to purchase. At this point, the policies developed by the business play an important role in reducing the customer's perception of risk and encouraging the purchase. The product return policy is an important factor that can be used to influence the purchasing behavior of customers on online platforms. Customers see the product return policies as an insurance for limited knowledge and experience and can make easier purchasing decisions (Zhang et al., 2017). On the other hand, the conditions related to the return transactions of online shopping were regulated in the Law No. 6502 on Consumer Protection published in Turkey in 2013. Businesses have to carry out the process by arranging their return policies in accordance with these provisions (Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun, 2013).

Supply chain management includes the flow of products from the supplier to the buyer as well as the flow from the buyer to the supplier (Fuente et al., 2008). Reverse logistics, contrary to traditional logistics, is a whole of logistic activities related to managing the flow from customers or distributors to businesses or manufacturers. Reverse logistics management is defined as the planning, implementation and control process of logistics activities in order to increase or eliminate the use values of the products, while it is the bottom-up logistics management process in cases where some products lose their use values, the outdated products cannot be sold or returned for some reasons (Ji, 2008). It is assumed that the customer needs will be met more quickly thanks to the integration and cooperation between the departments of the businesses, and increasing efficiency in the supply chain will increase the efficiency of the businesses (Baki, 2019). In his study where he examined the complaints about online shopping, Kayabaşı (2010) determined that 38% of the complaints were product related. Complaints about the product include those requiring a return process after shopping such as sending defective products, sending wrong products, sending broken products, sending expired products, sending used products and sending different products. On the other hand, in the study, it was reported that complaints about return were high at 26.2%. For this reason, businesses implement the process of complaint service management to resolve customer complaints that are subject to returns and to effectively manage problems with customers (Ji, 2008). Due to customer complaints and commercial returns, reverse logistics activities and the flow of goods have long existed from customers to manufacturers. Therefore, a comprehensive reverse logistics perspective can contribute to the processing and development of traditional product return management processes (Bloemhof-Ruwaard et al., 1999). Orders, logistics service quality and capacity utilization preferences will also shorten decision making processes thanks to the effective information sharing and communication of the members in the supply chain (Baki, 2019). In this form of management, basic activities are carried out in which complaints are analyzed, product update and development are performed, and information regarding complaints of returned products is managed. With the complaint service management, new added values can be offered for the customers, and the satisfaction level of the customers can be increased by retaining old customers and attracting new customers, thereby creating a way to create customer loyalty (Ji, 2008).

Customer satisfaction is the result of the value a customer perceives in a transaction, product, service or relationship. In other words, it means meeting customer expectations (Hallowell, 1996). The expectation can be expressed as meeting the performance, the customer predetermined, by the product. Businesses should identify customer expectations and align their products or services with these expectations in order to ensure customer satisfaction (Aslan et al., 2008). Continuing the loyalty of customers with companies depends on eliminating customer dissatisfaction by taking the necessary precautions and providing the services in line with the demands of the customers (Bulut, 2019). In parallel, the mismatch between the benefit and expectation of the customers from the product and service they purchased causes differences in customer satisfaction levels. Comparison of these differences is important in terms of ensuring customer satisfaction and increasing the degree of satisfaction. While customers who are satisfied with the products and services improved by the businesses play an important role in gaining new customers, customers who are not satisfied will cause loss of customers (Bozbay et al., 2016). Therefore, customer satisfaction, which is one of the factors that can affect the profitability of the businesses, is used as a criterion for determining the product and service performances (Anderson and Sullivan, 1993). Customer loyalty can arise from customer satisfaction and increase customer retention rates, one of the main behavioral goals of customer satisfaction programs (Lee et al., 2001).

### **3. Literature Review**

The interactions of retailer businesses in electronic commerce are mostly carried out through websites (Park and Kim, 2003). Ho and Wu (1999) investigated the relationship between customer satisfaction and homepage presentation screens, logistics support, technology, information and product features on shopping sites. McKinney et al. (2002) investigated the effect of website quality, separated into information quality and system quality, on web customer satisfaction during the evaluation of alternatives and information search. From the features of internet retailing and online shopping services, Yang et al. (2003) determined that fast response, ease of use, reliability and security were among the results that satisfied the consumer. Liu et al. (2008) found that online shopping services positively affected customer satisfaction with information quality, product and service features, transaction capacity, website design, security and privacy, terms of payment, delivery time and customer service. In their study, Chang et al. (2009) concluded that e-service quality affected customer satisfaction and that they were related to each other. In their study, Alam and Yasin (2010) found that website design, product variety, delivery performances and reliability were the factors that affected consumers' online shopping satisfaction. In his study, Eid (2011) found that customer satisfaction levels were affected by e-commerce services. In their study, Chang and Wang (2011) determined that the quality of online shopping and e-service affected customer



satisfaction. In their study to determine the factors that may affect online shopping satisfaction, Vegiayan et al. (2013) identified that the success of online shopping depended on customer satisfaction. Pappas et al. (2014) found that trust and satisfaction had an impact on purchasing behavior of online shoppers. In their study to determine the factors that would affect the repurchase in online shopping, Hsu et al. (2015) concluded that the quality of the website was an important factor affecting customer satisfaction.

Kim et al. (2003) investigated the importance of managing dissatisfied consumers due to the competition caused by the use of online shopping, and made managerial implications that showed how to manage customer complaints to increase customer satisfaction. He and Liu (2006) suggested that the process of evaluating the reverse logistics complaint service management with computer telephone integration technologies should be supported by smart decision support systems. Patil and Divekar (2014) stated that customer satisfaction levels would increase with better inventory management. In their studies, Boruhan et al. (2015) investigated the managerial effects of private shopping sites that would enable them to improve their logistics capacities to solve customer complaints caused by deficiencies in logistics capabilities. Huang and Yin (2015) stated that 3PL providers should improve their logistics capacity and logistics service features since it is important for business-to-consumer (B2C) e-commerce businesses to evaluate the logistics capacity of third party logistics (3PL) providers. Lysenko-Ryba (2017) investigated the reverse logistics related to B2C, and particularly the relationship between the customer return management and customer satisfaction. Jalil (2018) argued that order accuracy was the most important factor in influencing online shopping behavior and that logistics variables such as order condition, timely delivery, easy access and reverse logistics also affected the online shopping behavior. Ergan and Akyol (2018) reported that sometimes problems were experienced in purchases without seeing physically by consumers due to access, time saving and convenience, and product was returned and exchanged to solve the problems, and they emphasized the importance of reverse logistics for businesses in these cases. In B2C e-commerce, Li and Lu (2019) investigated the effects of factors such as process quality, convenience and empathy to reveal consumer perception in service quality of reverse logistics.

In their study, Cao et al. (2018) stated that return services were effective as well as customer service for online shoppers. Ji (2008) determined that the organizational framework was explained by operational processes and the dynamic resilience of the virtual enterprise to establish the relationship between complaint service management and reverse logistics. Banomyong et al. (2008) found that reverse logistics applications increased customer satisfaction while reducing repair and return time and logistics costs. In their study to investigate the impact of quality dimensions on customer satisfaction and loyalty in third-party logistics services, Tontini et al. (2017) showed that customers continued to work with the business when they trusted their services. Sheikh and Rana (2011) identified the effects of supply chain integration, advanced information technology and third-party logistics suppliers on customer satisfaction. Lin and Zhang (2015) examined the effect of logistics service innovation on online shoppers' intent of repurchasing.

Mollenkopf et al. (2007) proved the effect of structural equation modeling and return management on customer loyalty by dealing with the relationship between internet retailing, service quality, supply chain management and customer satisfaction/loyalty. Subramanian et al. (2014) identified strategic factors such as logistics, quality and customer satisfaction of e-retailers. By testing the structural equation model he developed in his study, Wu (2013) concluded that distributive and interactive justice significantly contributed to customer satisfaction and, consequently, complaint intentions, but that procedural justice was not effective.

## **4. Research Methodology**

This section firstly covers the purpose and hypothesis of the study, then the information about the material and method used in the research.

### **4.1. Hypothesis**

Although there are studies investigating the relationship between customer satisfaction and return management of online shopping services in the literature, there are a limited number of studies in which the mediation role of return management is tried to be determined in the relationship between online shopping services and customer satisfaction. Therefore, by developing the structural equation model, the purpose of the study was determined as follows.

The aim of the study is to determine the mediation effect of return management on the effect of online shopping services on customer satisfaction. In this context, research hypotheses are as follows:

H<sub>1</sub>: There is a positive and statistically significant relationship between online shopping services and customer satisfaction.

H<sub>2</sub>: There is a positive and statistically significant relationship between online shopping services and return management.

H<sub>3</sub>: There is a positive and statistically significant relationship between return management and customer satisfaction.

H<sub>4</sub>: Return management has an mediation role in the relationship between online shopping services and customer satisfaction.

### **4.2. Research Sample and Method**

Quantitative research method was adopted in the study and the target population consisted of consumers in Konya. In cases where the size of the population was not clearly known, it was stated, taking into account the sampling error (+/- 0.05), that a sample of 384 had the ability to represent the population (Sekaran, 2003). The study was carried out in December 2019 by collecting data via applying 500 questionnaires to consumers in Konya province through simple random sampling. Due to the fact that the questionnaire forms were not filled with consumers and they were filled in incorrectly or incompletely, the response rate to the questionnaire forms was 87.2%, and 436 questionnaires were evaluated.

The data collected as a result of the survey method were analyzed with SPSS 23.0 and SPSS AMOS 22.0 package programs. According to the data obtained in the study, it was determined that 52.1% of the respondents were male, 51.8% were married, 44.7% were between 18-25 years old, 63.5% were university graduates and 43% had monthly income of 2,000 TL and more.

In the study, 3 different scales were used: online shopping service (OSS), return management (RM) and customer satisfaction (SAT) dimensions. For the scales used for research variables, Ranganathan and Ganapathy (2002), Mentzer et al. (2001), Collier and Bienstock (2006), Oliver (1980), Parasuraman et al. (1988), Anderson and Sullivan (1993), Hallowell (1996), Özgül et al. (2017) 's studies were used. Online shopping services are discussed in three sub-dimensions with three items on the scale: security (SEC), privacy (PRI) and ease of use (EAS). The survey included 24 items in total, including 9 items on online shopping service with sub-dimensions, 9 items on return management and 6 items on customer satisfaction.

## 5. Results and Discussion

The data collected in the study were analyzed using the SPSS AMOS program for structural equation modeling. In the study, firstly, exploratory factor analysis was performed with the SPSS program and then confirmatory factor analysis was used to test the results. According to the confirmatory factor analysis, items that do not carry good fit values and do not provide construct validity from among the items in the dimensions of the variables included in the scale were excluded. As a result of reliability analysis, the scale was found to have reliable results and finally the structural equation modeling was used to test the research hypotheses (Ozturk and Coban, 2019).

Analyzes were performed by making modifications for confirmatory factor analysis using the AMOS program to achieve best fit values and ensure construct validity (Karagöz, 2016). Accordingly, 2 items on the online shopping services scale, 2 items on the return management scale and 1 item on the customer satisfaction scale were excluded and structure validity was achieved. In line with these findings, the goodness of fit values for the scales were shown in Table 1.

Table 1: Goodness of Fit Values

Variables	X <sup>2</sup>	df	X <sup>2</sup> /df	GFI	CFI	RMSEA
Online Shopping Service	23,259	11	2,114	0,986	0,990	0,051
Return Management	49,329	14	3,524	0,971	0,979	0,076
Customer Satisfaction	15,276	5	3,055	0,987	0,991	0,069
<i>Good Fit Values</i>			≤3	≥0,90	≥0,95	≤0,05
<i>Acceptable Fit Values</i>			≤4-5	≥0,85	≥0,90	≤0,08

As a result of the confirmatory factor analysis made for the statements in the scale according to the remaining statements, goodness of fit values were within acceptable limits and significant (p<0,05). In addition, Hotelling T test was performed in order to test the suitability of the model in the reliability calculations of the scales. As a result of the Hotelling T test, it was determined that there was no difference between the measurements and that the scale was summable (p>0,05).

After the statements were excluded from the scale in line with the findings obtained in the confirmatory factor analysis, factor loads and validity values of the scale and the remaining expressions were shown in Table 2.

Table 2. Factor Loads and Validity Values

	Online Shopping Service	Return Management	Customer Satisfaction
<b>KMO and Barlett's Test</b>	0,691 $\chi^2=1192,211$ (p < 0,001)	0,914 $\chi^2=1686,827$ (p < 0,001)	0,840 $\chi^2=1160,052$ (p < 0,001)
<b>Total Variance Explained</b>	7 items 43,416	7 items 63,475	5 items 63,730

When the exploratory factor analysis results of the scales used in the study were evaluated, the structure validity of the scales was determined to be compatible with the structures in the literature and when the scales of KMO values were analyzed, the online shopping service (0,691), return management (0,914) and customer satisfaction (0,840) scales were found to be highly reliable (0,60> $\alpha$ >0,80).

Descriptive statistics (mean and standard deviation), correlation and reliability analysis results of the variables were given in Table 3.

Table 3. Mean, Standard Deviation, Reliability And Correlation Values Of Variables

Variables	$\bar{X}$	SD	1	2	3
Online Shopping Service (1)	3,29	0,52	(0,609)		
Return Management (2)	3,48	0,70	,465**	(0,903)	
Customer Satisfaction (3)	3,48	0,54	,498**	,670**	(0,726)

Notes: (i) n=436, (ii) \*\*p<.001, \*p<.05.

When the mean and standard deviation values of the research variables were considered, it was concluded that they agreed with the expressions of online shopping service (M.=3,29; S.D.=0,52), return management (M.=3,48; S.D.=0,70), customer satisfaction (M.=3,48; S.D.=0,54). When Pearson correlation analysis results were analyzed, it was determined that there was a moderately positive and significant relationship between online shopping service and return management (r=0,465; p<0,01), and a moderately positive and significant relationship between online shopping service and customer satisfaction (r=0,498; p<0,01). A moderately positive and significant relationship was found between return management and customer satisfaction (r=0,670; p<0,01). Cronbach's Alpha ( $\alpha$ ) values were calculated within the scope of the reliability analysis results of the variables, it was concluded that the online shopping service (0,609), return management (0,903), customer satisfaction (0,726) scales were highly reliable ( $0,60 > \alpha > 0,80$ ).

As a result of the confirmatory factor analysis, the structural equation model was used to test the hypotheses of the research with the items in the scale. The findings were shown in Table 4.

Table 4. Structural Equation Model Goodness of Fit Values

Variables	$\chi^2$	df	$\chi^2/df$	GFI	CFI	RMSEA
Online Shopping Service – Customer Satisfaction	126,914	40	3,173	0,951	0,965	0,071
Return Management – Customer Satisfaction	119,869	34	3,526	0,951	0,965	0,076
Online Shopping Service – Return Management	213,830	73	2,929	0,938	0,954	0,067
Good Fit Values			$\leq 3$	$\geq 0,90$	$\geq 0,95$	$\leq 0,05$
Acceptable Fit Values			$\leq 4-5$	$\geq 0,85$	$\geq 0,90$	$\leq 0,08$

According to the data in Table 4, sufficient evidence was provided that the model's fit values were within acceptable limits and that the model was structurally appropriate. The coefficients for the structural equation model were given in Table 5 and in Figure 1.

Table 5. Structural Equation Model Coefficients

Variables	Standardize $\beta$	Standart Error	p	R <sup>2</sup>
Online Shopping Service – Customer Satisfaction	0,65	0,122	***	0,649
Return Management – Customer Satisfaction	0,72	0,046	***	0,721
Online Shopping Service – Return Management	0,66	0,118	***	0,661

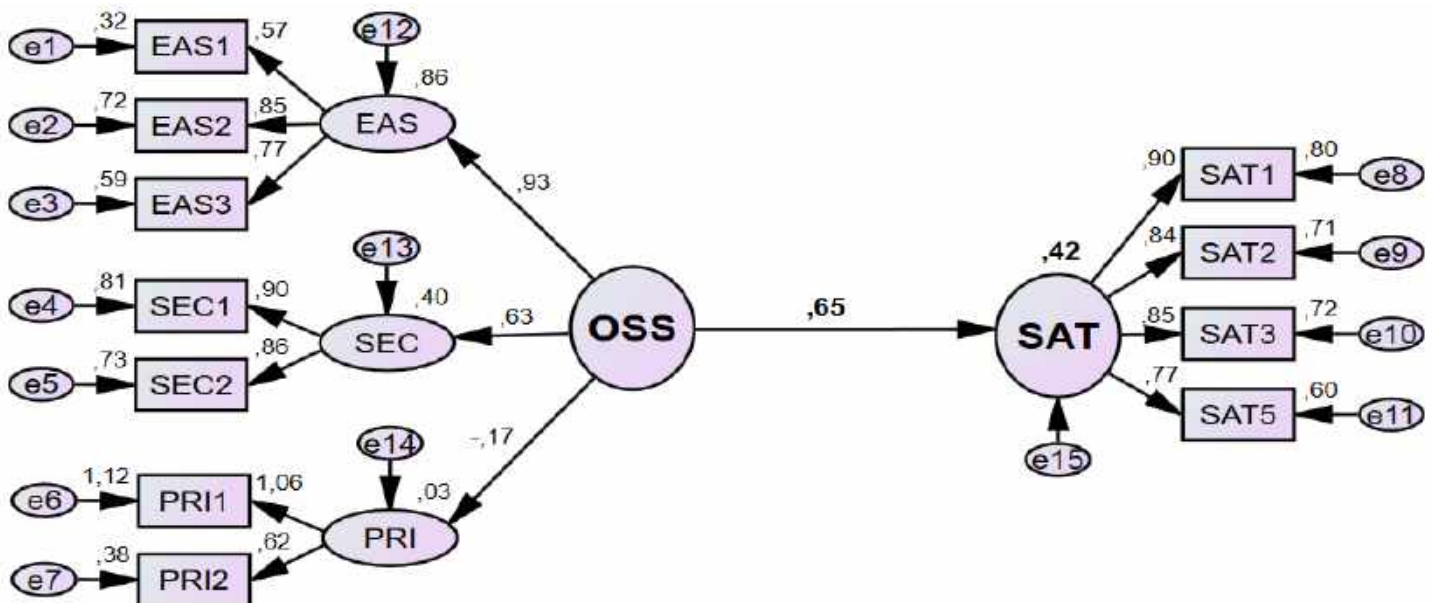


Figure 1. Structural Equation Model Coefficients

According to these findings, it was seen that online shopping services affected customer satisfaction ( $\beta=0,65$ ;  $p<0,05$ ), return management affected customer satisfaction ( $\beta=0,72$ ;  $p<0,05$ ), online shopping services affected return management ( $\beta=0,66$ ;  $p<0,05$ ) and that  $H_1$ ,  $H_2$  and  $H_3$  hypotheses were supported. When the Squared Multiple Correlations ( $R^2$ ) values obtained with the structural equation model were examined, it was seen that 64.9% of customer satisfaction was explained by online shopping services, 72.1% of customer satisfaction was explained by return management and 66.1% of return management was explained by online shopping services.

Finally, in accordance with the purpose of the study, the data of the structural equation model created to test the mediation role in the  $H_4$  hypothesis were given in Table 6.

Table 6. Goodness Of Fit Values Of The Structural Equation Model Created To Measure The Mediation Effect

Variables	X <sup>2</sup>	df	X <sup>2</sup> /df	GFI	CFI	RMSEA
Online Shopping Service – Return Management – Customer Satisfaction	369,218	113	3,267	0,918	0,935	0,072
Good Fit Values			≤3	≥0,90	≥0,95	≤0,05
Acceptable Fit Values			≤4-5	≥0,85	≥0,90	≤0,08

According to the data in Table 6, sufficient evidence was provided that the fit values of the model created to measure the mediation role were within acceptable limits and that the model was structurally appropriate. The coefficients for the structural equation model created to measure the mediation role were given in Table 7 and Figure 2.

Table 7: Structural Equation Model Coefficients Created To Measure Mediation Effect

Variables	Standardize $\beta$	Standart Error	p	R <sup>2</sup>
Online Shopping Service – Customer Satisfaction	0,33	0,113	***	0,58
Return Management – Customer Satisfaction	0,51	0,061	***	
Online Shopping Service – Return Management	0,65	0,133	***	0,42

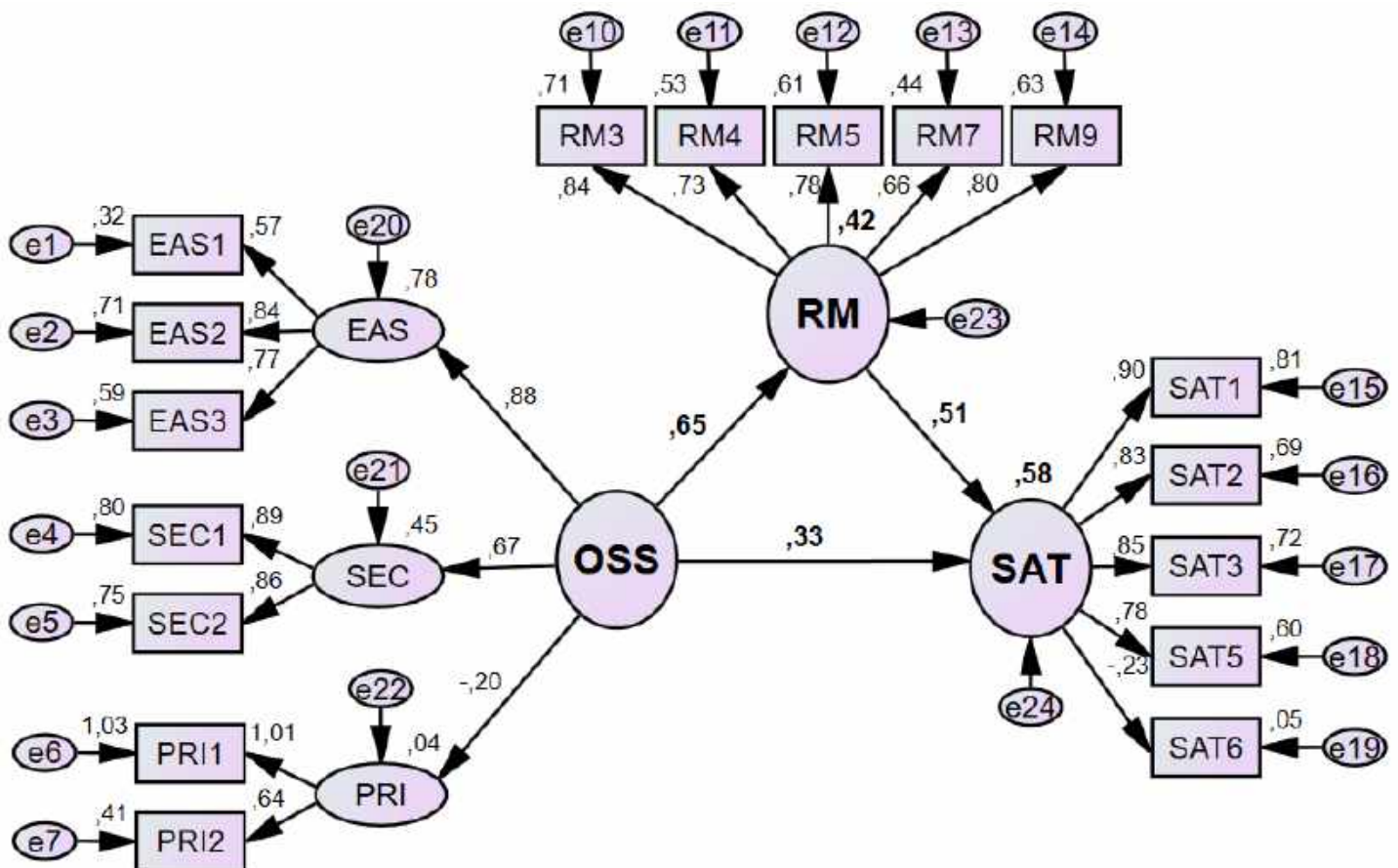


Figure 2. Structural Equation Model Coefficients Created To Measure Mediation Effect



According to the coefficients of structural equation model created to measure the mediation effect, it was seen that online shopping services affected customer satisfaction ( $\beta=0,33$ ;  $p<0,05$ ). Accordingly, the  $H_4$  hypothesis was supported. When Squared Multiple Correlations ( $R^2$ ) values were analyzed, it was seen that 58% of customer satisfaction was explained by online shopping services and return management, and 42% of return management was explained by online shopping services.

Baron and Kenny (1986) stated that the mediation effect could be realized in three stages. In our study, three stages were tested and the relationship between the mediation variable and the dependent variable should be  $p<0,05$  by including the mediation variable in the model. The fact that the  $\beta$  coefficient of the independent variable (online shopping services) on the dependent variable (customer satisfaction) decreased from 0.65 to 0.33 indicated that there may be a partial mediation role.

## **6. Conclusions and Recommendations**

By being affected by the developments in information technologies and competition, businesses operating in the retailing sector offer consumers online shopping services. While providing these services, it becomes important for consumers to find products easily on the internet or mobile applications, and to keep the information of both identity and the tools used in purchasing methods confidential when purchasing products and services. In addition to starting to have the opportunity to easily access the products on the internet or mobile applications, consumers will want the product or service to reach themselves as soon as possible after the purchase. The lack or failure of orders regarding the products or services purchased will reveal customers' requests for change or return. In this case, businesses must meet the expectations of the customers as soon as possible. In this way, businesses that will fulfill the necessary process to meet the expectations of customers will have the chance not to lose customers and increase their sales by enhancing customer satisfaction.

This study was carried out to determine the level of customer satisfaction with online shopping services and their thoughts on the solution of the problems they encountered in case of any dissatisfaction. In line with the findings obtained in the study;

- A positive, moderate and statistically ( $r=0,498$ ;  $p<0,01$ ) significant relationship was found between online shopping services and customer satisfaction. With the findings obtained in their studies, Lee and Lin (2005), Lin and Sun (2009) and Nisar and Prabhakar (2017) supported the  $H_1$  hypothesis that a statistically significant effect of online shopping services on customer satisfaction was tested.
- A positive, moderate and statistically ( $r=0,465$ ;  $p<0,01$ ) significant relationship was found between online shopping services and return management. With the findings obtained in their studies, Lin and Zhang (2015) and Rajendran et al. (2018) supported the  $H_2$  hypothesis that a statistically significant effect of online shopping services on return management was tested.
- A positive, moderate and statistically ( $r=0,670$ ;  $p<0,01$ ) significant relationship was determined between return management and customer satisfaction. With the findings they obtained in their studies, Lin and Zhang (2015) supported the  $H_3$  hypothesis that a statistically significant effect of return management on customer satisfaction was tested.
- It was seen that online shopping services affected customer satisfaction ( $\beta=0,65$ ;  $p<0,05$ ), return management affected customer satisfaction ( $\beta=0,72$ ;  $p<0,05$ ), online shopping services affected return management ( $\beta=0,66$ ;  $p<0,05$ ). When Squared Multiple Correlations ( $R^2$ ) values obtained with the structural equation model were analyzed, it was observed that 64.9% of customer satisfaction could be explained by online shopping services, 72.1% of customer satisfaction by return management and 66.1% of return management by online shopping services.
- It was seen that online shopping services affected customer satisfaction ( $\beta=0,33$ ;  $p<0,05$ ) according to the coefficients of structural equation model created to measure the mediation effect. Accordingly, the  $H_4$  hypothesis was supported in which the mediation role of return management was tested in the relationship between online shopping services and customer satisfaction. When Squared Multiple Correlations ( $R^2$ ) values were analyzed, it was found that 58% of customer satisfaction could be explained by online shopping services and return management, and 42% of return management could be explained by online shopping services.
- Consequently, in line with the data collected for the study and the findings obtained as a result of the analyzes, by testing the purpose and hypotheses of the study with confirmatory factor analysis and structural equation modeling, the decrease in the coefficient  $\beta$  of the independent variable (online shopping services) on the dependent variable (customer satisfaction) from 0.65 to 0.33 indicated that there may be a partial mediation effect.

These results show that even if there is a change in the way marketing activities and product and service presentations are made, the importance of logistics is increasing day by day as a complement to the online shopping service in order to fulfill the products and services purchased by the customers completely and correctly. At this point, while carrying out the marketing activities, businesses should also give the necessary importance to logistics activities. In addition, it is essential to take necessary steps related to return management, which is an important reverse logistics activity, to eliminate the problems and complaints about customers' orders. Customer satisfaction should be ensured and customers should be turned into loyal customers by preventing complaints via customer service. Thus, loyal customers will repurchase and may positively affect the purchases of other customers. In future studies that can be carried out according to different samples and customer types, the effect of customer service effectiveness on customer satisfaction can be addressed.



## References

- Alam, S. S., & Yasin, N. M. (2010). An investigation into the antecedents of customer satisfaction of online shopping. *Journal of Marketing Development and Competitiveness*, 5(1), 71-78.
- Anderson, E. W., & Sullivan, M. W. (1993). The antecedents and consequences of customer satisfaction for firms. *Marketing Science*, 12(2), 125-143.
- Aslan, Ş., Sezgin, M. & Haşiloğlu, S.B. (2008). Özel sağlık kuruluşlarında müşteri memnuniyeti ve memnuniyeti oluşturan unsurların araştırılması. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (20), 23-40.
- Baki, R. (2019). Bilgi teknolojileri ve üst yönetim desteğinin tedarik zinciri performansına etkisi: Türkiye için ampirik bir yaklaşım. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 916-926.
- Banomyong, R., Veerakachen, V., & Supatn, N. (2008). Implementing leagility in reverse logistics channels. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 11(1), 31-47.
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173-1182.
- Bloemhof-Ruwaard, J. M., Fleischmann, M., & Van Nunen, J. A. (1999). Reviewing distribution issues in reverse logistics. In *New Trends in Distribution Logistics* (pp. 23-44). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Boruhan, G., Ersoy, P., & Yumurtacı, I. (2015). What is wrong with private shopping sites?—evidence from turkey. *Journal of Business Economics and Finance*, 401-421.
- Bozbay, Z., Yaman, Y., & Özkan, E. (2016). İnternet perakendeciliğinde hizmet kalitesinin müşteri memnuniyeti üzerindeki rolü: Hazır giyim ve kitap sektörü üzerine karşılaştırmalı bir araştırma. *Journal of Transportation and Logistics*, 1(1), 19-38.
- Bulut, F. (2019). Bankacılık sektöründe yeni özneliklerle ve makine öğrenmesi yöntemleriyle müşteri ilişkileri yönetiminin zenginleştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 382-394.
- Cao, Y., Ajjan, H., & Hong, P. (2018). Post-purchase shipping and customer service experiences in online shopping and their impact on customer satisfaction. *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*.
- Chang, H. H., Wang, Y. H., & Yang, W. Y. (2009). The impact of e-service quality, customer satisfaction and loyalty on e-marketing: Moderating effect of perceived value. *Total Quality Management*, 20(4), 423-443.
- Chang, H. H., & Wang, H. W. (2011). The moderating effect of customer perceived value on online shopping behaviour. *Online Information Review*.
- Collier, J. E., & Bienstock, C. C. (2006). Measuring service quality in e-retailing. *Journal of Service Research*, 8(3), 260-275.
- De la Fuente, M. V., Ros, L., & Cardos, M. (2008). Integrating forward and reverse supply chains: application to a metal-mechanic company. *International Journal of Production Economics*, 111(2), 782-792.
- Eid, M. I. (2011). Determinants of e-commerce customer satisfaction, trust, and loyalty in Saudi Arabia. *Journal of Electronic Commerce Research*, 12(1), 78.
- Ergan, S., & Akyol, A. (2018). *Reverse Logistics in E-Retailing*. In *Handbook of Research on Supply Chain Management for Sustainable Development* (pp. 305-330). IGI Global.
- Hallowell, R. (1996). The relationships of customer satisfaction, customer loyalty, and profitability: an empirical study. *International Journal of Service Industry Management*, 7(4), 27-42.
- He, Y., & Liu, Z. (2006, December). Process Computing of Complaint Service Management in Reverse Logistics. In 2006 IEEE Asia-Pacific Conference on Services Computing (APSCC'06) (pp. 315-322). IEEE.
- Ho, C. F., & Wu, W. H. (1999, January). Antecedents of customer satisfaction on the Internet: an empirical study of online shopping. In *Proceedings of the 32nd Annual Hawaii International Conference on Systems Sciences*. 1999. HICSS-32. Abstracts and CD-ROM of Full Papers (pp. 9-pp). IEEE.
- Hsu, M. H., Chang, C. M., & Chuang, L. W. (2015). Understanding the determinants of online repeat purchase intention and moderating role of habit: The case of online group-buying in Taiwan. *International Journal of Information Management*, 35(1), 45-56.
- Huang, Y., & Yin, K. (2015). Evaluation Indexes of the Third-Party Logistics Providers' Logistics Capability in B2C E-commerce Mode. In *LISS 2013* (pp. 181-189). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Jalil, E. E. (2018). The Importance of Logistical Factors in Online Shopping Behaviour. *Knowledge Management International Conference (KMICe) 2018*, 25–27 July 2018, Miri Sarawak, Malaysia.
- Ji, G. J. (2008). Reverse Logistics Operation Management Based on Virtual Enterprises and Complaint Service Management. *Journal of Service Science and Management*, 1(01), 51.
- Karagöz, Y. (2016). *SPSS ve amos 23 uygulamalı istatistiksel analizler*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kayabaşı, A. (2010). Elektronik (online) Alışverişte Lojistik Faaliyetlere Yönelik Müşteri Şikayetlerinin Analizi ve Bir Alan Araştırması. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, (2), 21-42.
- Kim, C., Kim, S., Im, S. and Shin, C. (2003), "The effect of attitude and perception on consumer complaint intentions", *Journal of Consumer Marketing*, Vol. 20 No. 4, pp. 352-371.
- Kim, M. J., Chung, N., & Lee, C. K. (2011). The effect of perceived trust on electronic commerce: Shopping online for tourism products and services in South Korea. *Tourism Management*, 32(2), 256-265.
- Koçarslan, H. & Kılınç, H. (2019). Dijital pazarlamada tüketici algısı, internette alışveriş üzerine bir araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 1263-1273.
- Lee, J., Lee, J., & Feick, L. (2001). The impact of switching costs on the customer satisfaction-loyalty link: Mobile phone service in France. *Journal of Services Marketing*, 15(1), 35-48.

- Lee, G. G., & Lin, H. F. (2005). Customer perceptions of e-service quality in online shopping. *International Journal of Retail & Distribution Management*.
- Li, Y., & Lu, L. (2019, February). Research on B2C Reverse Logistics Service Quality Evaluation System. In Proceedings of the 2019 5th International Conference on E-Business and Applications (pp. 10-15).
- Lin, D., & Zhang, R. (2015, August). Research on the Impact Mechanism between Logistics Service Innovation and Online Customer Repurchase Intention. In 2015 International Conference on Management Science and Management Innovation (MSMI 2015). Atlantis Press.
- Lin, H. F. (2007). Predicting consumer intentions to shop online: An empirical test of competing theories. *Electronic Commerce Research and Applications*, 6(4), 433-442.
- Lin, G. T., & Sun, C. C. (2009). Factors influencing satisfaction and loyalty in online shopping: an integrated model. *Online Information Review*.
- Liu, X., He, M., Gao, F., & Xie, P. (2008). An empirical study of online shopping customer satisfaction in China: a holistic perspective. *International Journal of Retail & Distribution Management*.
- Lysenko-Ryba, K. (2017). The Impact of Reverse Logistics on Customers Satisfaction. *Przedsiębiorczość i Zarządzanie*, 18(8.2), 137-146.
- McKinney, V., Yoon, K., & Zahedi, F. M. (2002). The measurement of web-customer satisfaction: An expectation and disconfirmation approach. *Information Systems Research*, 13(3), 296-315.
- Mentzer, J. T., Flint, D. J., & Hult, G. T. M. (2001). Logistics service quality as a segment-customized process. *Journal of Marketing*, 65(4), 82-104.
- Mollenkopf, D. A., Rabinovich, E., Laseter, T. M., & Boyer, K. K. (2007). Managing internet product returns: a focus on effective service operations. *Decision Sciences*, 38(2), 215-250.
- Nisar, T. M., & Prabhakar, G. (2017). What factors determine e-satisfaction and consumer spending in e-commerce retailing?. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 39, 135-144.
- Ozturk, R., & Coban, S. (2019). Political Marketing, Word of Mouth Communication and Voter Behaviours Interaction. *Business and Economics Research Journal*, 10(1), 245-258.
- Özgül, E., Börühan, G., & Tek, Ö. B. (2017). Özel alışveriş sitelerinde siparişlerin yerine getirilmesinde lojistik hizmet kalitesinin müşteri memnuniyetine etkisi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 19(4), 629-664.
- Pappas, I. O., Pateli, A. G., Giannakos, M. N., & Chrissikopoulos, V. (2014). Moderating effects of online shopping experience on customer satisfaction and repurchase intentions. *International Journal of Retail & Distribution Management*.
- Park, C. H., & Kim, Y. G. (2003). Identifying key factors affecting consumer purchase behavior in an online shopping context. *International Journal of Retail & Distribution Management*, 31(1), 16-29.
- Parthasarathy, M., & Bhattacharjee, A. (1998). Understanding post-adoption behavior in the context of online services. *Information Systems Research*, 9(4), 362-379.
- Patil, H., & Divekar, B. R. (2014). Inventory management challenges for B2C e-commerce retailers. *Procedia Economics and Finance*, 11, 561-571.
- Rajendran, S. D., Wahab, S. N., Ling, Y. W., & Yun, L. S. (2018). The Impact of Logistics Services On the E-Shoppers' Satisfaction. *International Journal of Supply Chain Management*, 7(5), 461-469.
- Ranganathan, C., & Ganapathy, S. (2002). Key dimensions of business-to-consumer web sites. *Information & Management*, 39(6), 457-465.
- Sekaran, U. (2003). *Research methods for business: A skill building approach*. New Jersey, NJ: John Wiley & Sons Inc.
- Sheikh, Z., & Rana, S. (2011). Role of third party logistics providers with advanced IT to increase customer satisfaction in supply chain integration. In Society of Interdisciplinary Business Research (SIBR) 2011 Conference on Interdisciplinary Business Research.
- Subramanian, N., Gunasekaran, A., Yu, J., Cheng, J., & Ning, K. (2014). Customer satisfaction and competitiveness in the Chinese E-retailing: Structural equation modeling (SEM) approach to identify the role of quality factors. *Expert Systems with Applications*, 41(1), 69-80.
- Tontini, G., Söilen, K.S. and Zanchett, R. (2017), "Nonlinear antecedents of customer satisfaction and loyalty in third-party logistics services (3PL)", *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, Vol. 29 No. 5, pp. 1116-1135.
- Tüketicinin Korunması Hakkında Kanun (2013, 28 Kasım). Resmi Gazete (Sayı:28835).
- Vegiayan, K., Ming, C., & Harun, M. L. (2013). Online shopping and customer satisfaction in Malaysia. *International Journal of Marketing Practices*, 1(1), 43-51.
- Wu, L. (2013). The antecedents of customer satisfaction and its link to complaint intentions in online shopping: An integration of justice, technology, and trust. *International Journal of Information Management*, 33(1), 166-176.
- Yang, Z., Peterson, R. T., & Cai, S. (2003). Services quality dimensions of Internet retailing: an exploratory analysis. *Journal of Services Marketing*.
- Zhang, J., Li, H., Yan, R., & Johnston, C. (2017). Examining the signaling effect of e-tailers' return policies. *Journal of Computer Information Systems*, 57(3), 191-200.



# Design, Modeling and Implementation of Multi-Function Protective Relay with Digital Logic Algorithm

Javad Rahebi<sup>1\*</sup>, Muhanned Mahmood Shakir Al-Shalah<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Electrical & Computer Engineering, Altinbas University, Turkey (ORCID: 0000-0001-5418-9601)

<sup>2</sup> Department of Electrical and Electronics Engineering, University of Turkish Aeronautical Association, Ankara-Turkey

(First received 1 May 2020 and in final form 17 June 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.738337)

**ATIF/REFERENCE:** Rahebi, J. & Al-Shalah, M. M. S. (2020). Design, Modeling and Implementation of Multi-Function Protective Relay with Digital Logic Algorithm. *European Journal of Science and Technology*, (19), 549-565.

## Abstract

In this paper, three phase transmission power system with three different protective schemes such as over current relay, over and under voltage relay and over and under frequency relay is developed using MATLAB/Simulink toolbox. The protective relay is tested for different operating conditions of the transmission power system such as overload, over and under voltage, over and under frequency conditions. Protective relays are explained with simple flowcharts. We used digital logic algorithm for implementation of protective relay. In this paper, a digital multi-function protective relay was designed and implemented on MATLAB/Simulink. In this study we also explore some current techniques ranging from the use of digital logic algorithms to system protection applications. Mother power system protective relays are digital systems based on digital signal processing of power system voltage and current waveforms.

**Keywords:** Multi-Function, Protective Relay, Simulink Model.

## 1. Introduction

Inverse over current relay is implemented using 8 bit 8085 microprocessor. Integrated type and look up table based time-current characteristics is realized using function generator program of microprocessor [1]. Field programmable gate array based on over current relay is developed for 360 km long transmission line. Finite Fourier transform is used for filtering to avoid false tripping in the circuit breaker. The status of the current is also processed and communicated to central control station [2]. FPGA based over current relay, phase loss and locked rotor is simulated and implemented in Xilinx XC4020 FPGA [3]. ARM processor based protective relay has been developed for transmission protection. In addition, DSP based supervised data acquisition for setting and monitoring data is developed [4]. Microprocessor based protective relay has been developed for AC control power. The multifunction protective scheme is designed in the microprocessor system [5]. Multifunction protective relay scheme has been developed for substation protection. Protective scheme uses the microprocessor based monitoring and controlling system [6]. Microprocessor based protective scheme has been developed for low voltage micro grids, also this scheme does not require communication tool for adaptive protection. Transient time simulation was demonstrated for protective scheme using PSCAD/EMTDC software package [7]. COordinate Rotation DIgital Computer (CORDIC) algorithm based protective scheme has been developed for 75 km / 154 kV transmission line. This scheme was tested for four cases such as single-line-to-ground, double-line to ground and three phase faults [8].

In a power system, fault occurs randomly irrespective of time. Due to faulty or abnormal conditions, the performance of the power system will be affected i.e., the device connected to the power system will be damaged. In order to safeguard the device, relay and circuit breaker has been developed. The protective relay is used to detect the abnormal conditions of the power system and send the trip signal to circuit breaker for isolating the system from abnormal conditions. The protective relay plays an important role in the power system protection and protective relay can be classified into four categories, which are:

\* Corresponding Author: Department of Electrical & Computer Engineering, Altinbas University, Turkey, ORCID: 0000-0001-5418-9601, [cevat.rahebi@altinbas.edu.tr](mailto:cevat.rahebi@altinbas.edu.tr)

1. Electromechanical relay
2. Static relay
3. Digital relay
4. Numerical relay

### **1.1. Electromechanical relay**

Electromechanical relay is the oldest type of relay and it has been used for so many years. This type of relay could be classified into two, one of them being electromagnetic attraction type relay and the other one being electromagnetic induction type relay. Such a relay has some limitations,

- a) Speed of operation of relay is very low.
- b) Due to ageing, changes in characteristics of relay occur.
- c) Failure in relay operation due to component damage in the relay.
- d) Size of this relay is normally bulky.
- e) Data relevant to fault is not available in this relay.
- f) Regular replacement of relay is needed for effective protection of power system.

### **1.2. Static relay**

The next generation relay is static relay. There are no moving parts in the static relay and it consists of transistor, capacitor, integrated circuit and small microprocessors. It also has some limitations:

- a) For proper operation of relay, it needs auxiliary voltage.
- b) This relay is sensitive to transient's voltage of the breaker.
- c) Voltage spikes for a small duration will affect the component of the relay.
- d) The characteristics of relay changes with respect to changes in ambient temperature.
- e) Data relevant to fault is not available in this relay.
- f) Proper isolation and filter circuits are needed for relay for electromagnetic interference protection.

### **1.3. Digital relay**

Being an advanced version of static relay, this relay uses the advantages of microprocessors and microcontrollers. Analog signal is processed in the static relay but in this relay analog signal is converted into digital signal using analog to digital converters. It also has some limitations:

- a) Lifetime of this relay is limited due to continuous development of new technologies.
- b) The devices are outdated rapidly.
- c) Due to power system transients there will be a malfunction in relay.
- d) Regular maintenance is required for settings and monitoring of data.

### **1.4. Numerical relay**

The electromechanical and static relays are hard wired relays and setting is changed manually but numerical relay is a programmable relay. The characteristics and settings of these relays could be programmed. The operation of this relay is similar to the digital relay except that the numerical relay uses the advanced digital signal processor as the main part.

### **1.5. Objective of this paper**

- 1) Designing a protective relay for a three phase power system such as over current relay, over voltage relay, under voltage relay, over frequency relay and under frequency relay.
- 2) Simulating above relay using MATLAB / Simulink toolbox.
- 3) HDL code generation and FPGA programming of above relay in the MATLAB Software.

Testing and RTL logic of FPGA code generated from MATLAB using Xilinx ISE 9.2i Software.

## **2. Design model of relay**

### **2.1.Details of Power System**

The details of power system is shown in table 1.

Table 1. Details of power system

Parameter	Value
The operating voltage	415 Volts
The operating frequency	50 Hz
The distance of distribution line	100 km
The resistance per unit length	0.01273 ohms/Km
The inductance per unit length	0.9337e-3 H/Km
The capacitance per unit length	12.74e-9 F/Km
Rated load	3500 Watts

Figure 1 shows the functional block diagram of the protection scheme of three phase distribution power system.

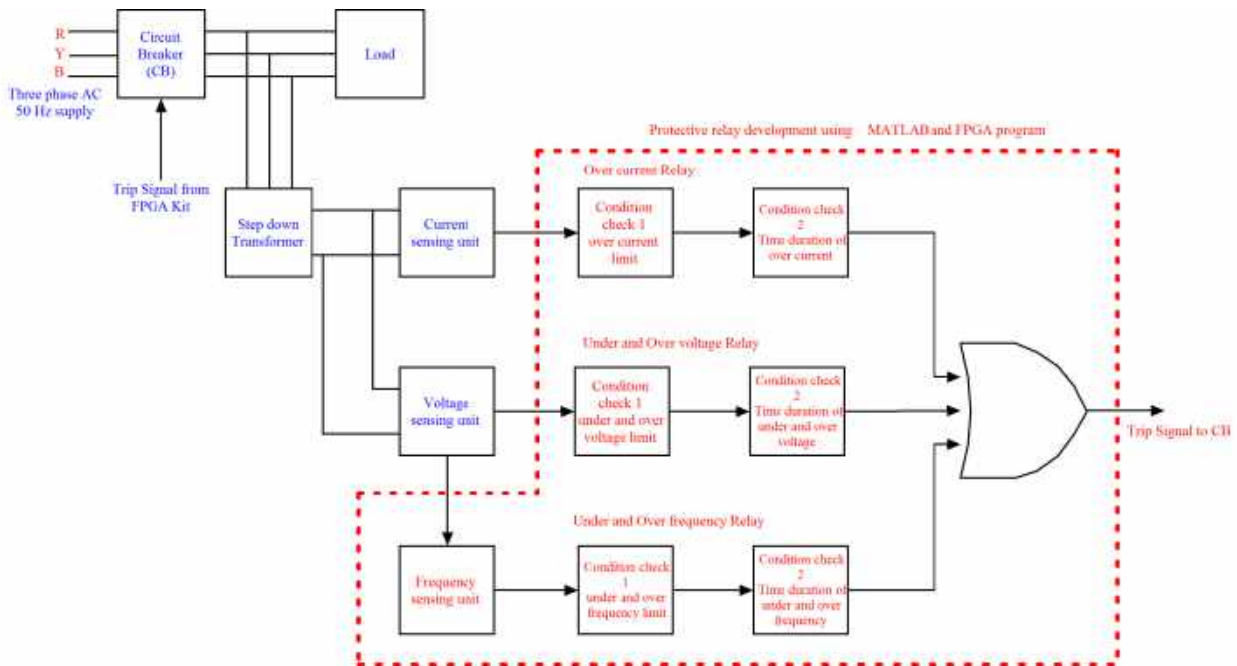


Figure 1. Functional block diagram of the protection scheme of three phase distribution power system

The values of rated voltage and rated current is shown in table 2.

Table 2. Calculation of rated voltage and rated current

Sending End	
Peak voltage of the single phase	338 $V_{peak}$
RMS value of system	$\frac{338}{\sqrt{2}} = 239 \text{ Volt}$
Receiving End	
Peak voltage of the single phase	295 $V_{peak}$
RMS value of system	$\frac{295}{\sqrt{2}} = 206 \text{ Volt}$
Current of the load	4.12 Amps

Settings of maximum and minimum limit of voltage, current and frequency of the relay is shown in table 3.



Table 3. Settings of maximum and minimum limit of voltage, current and frequency of the relay

Sending End Voltage limit	
Maximum Voltage	105 % of the RMS value
	$\frac{105}{100} \times 239 = 250.95 \text{ Volts}$
Minimum Voltage	95 % of the RMS value
	$\frac{95}{100} \times 239 = 227.05 \text{ Volts}$
Sending End Frequency Limit	
Maximum frequency	106 % of the rated value
	$\frac{106}{100} \times 50 = 53 \text{ Hz}$
Minimum Frequency	92 % of the rated value
	$\frac{92}{100} \times 50 = 46 \text{ Hz}$
Receiving End Current Limit	5 Amps
Timer settings	5 Sec

### 2.2.Design of over current relay

Basic idea behind the over current relay is as follows; if actual current exceeds predefined value for a particular time span, then trip signal is given to the circuit breaker for isolation of the system. Figure 2 shows the flowchart for the over current relay.

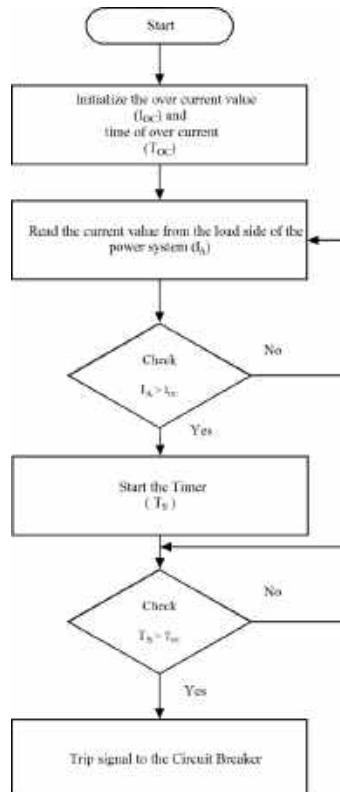


Figure 2. Flowchart for the over current relay.

Algorithm:

- i. Initialize the over current value ( $I_{OC} = 5$  Amps) and time of over current ( $T_{OC} = 5$  sec).
- ii. Read the value of actual current ( $I_A$ ) from load side of the distributed power system.
- iii. Check the current limit: If  $I_A > I_{OC}$  go to next step otherwise go to previous step.
- iv. Start the timer ( $T_S$ ) or counter for counting the seconds.
- v. Check the Time limit: If  $T_S > T_{OC}$  go to next step otherwise continue counting the seconds.
- vi. Send the trip signal to the circuit breaker for isolation of the power system.

### 2.3.Design of over and under voltage relay

Basic idea behind the over and under voltage relay is, if actual voltage exceeds predefined value (maximum and minimum voltage) for a particular time span, then trip signal is given to the circuit breaker for isolation of the system. Figure 3 shows the flowchart for the over and under voltage relay.

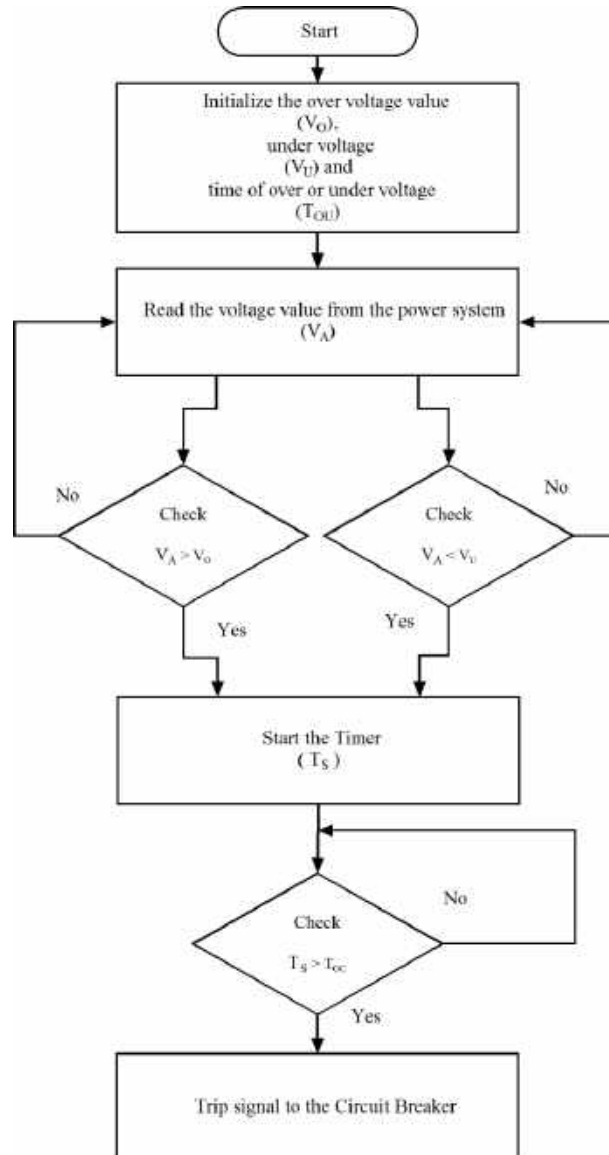


Figure 3. Flowchart for the over and under voltage relay.

Algorithm:

- i. Initialize the over voltage ( $V_O = 250.95$  volts) and under voltage ( $V_U = 227.005$  volts) values and times of over and under voltage ( $T_{OU} = 5$  sec).
- ii. Read the value of actual voltage ( $V_A$ ) from the source of the distributed power system.
- iii. Check the voltage limit: If  $V_U < V_A < V_O$  go to next step otherwise go to previous step.
- iv. Start the timer ( $T_S$ ) or counter for counting the seconds.
- v. Check the Time limit: If  $T_S > T_{OU}$  go to next step otherwise continue counting the seconds.

- vi. Send the trip signal to the circuit breaker for isolation of the power system.

### 2.4.Design of over and under frequency relay

Basic idea behind the over and under frequency relay is, if actual frequency exceeds predefined value (maximum and minimum frequency) for particular time span then trip signal is given to the circuit breaker for isolation of the system. Figure 4 shows the flowchart for the over and under frequency relay.

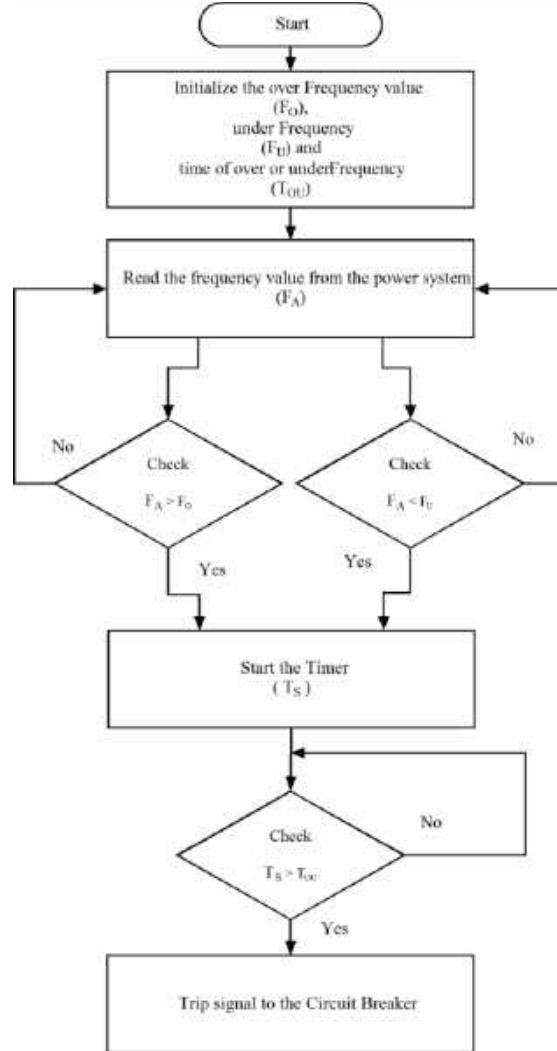


Figure 4. Flowchart for the over and under frequency relay.

Algorithm:

- i. Initialize the over frequency ( $F_O = 53$  Hz) and under frequency ( $F_U = 46$  Hz) values and times of over and under frequency ( $T_{OU} = 5$  sec).
- ii. Read the value of actual frequency ( $F_A$ ) from the source of the distributed power system.
- iii. Check the frequency limit: If  $F_U < F_A < F_O$  go to next step otherwise go to previous step.
- iv. Start the timer ( $T_S$ ) or counter for counting the seconds.
- v. Check the Time limit: If  $T_S > T_{OU}$  go to next step otherwise continue counting the seconds.
- vi. Send the trip signal to the circuit breaker for isolation of the power system.

## 3. Simulink model and result

### 3.1. Simulink Model of Overall Power System with Protective Relay

Figure 5 shows the overall simulink model of the power system with protective relay. Function of each simulink block is explained in the proceeding section.

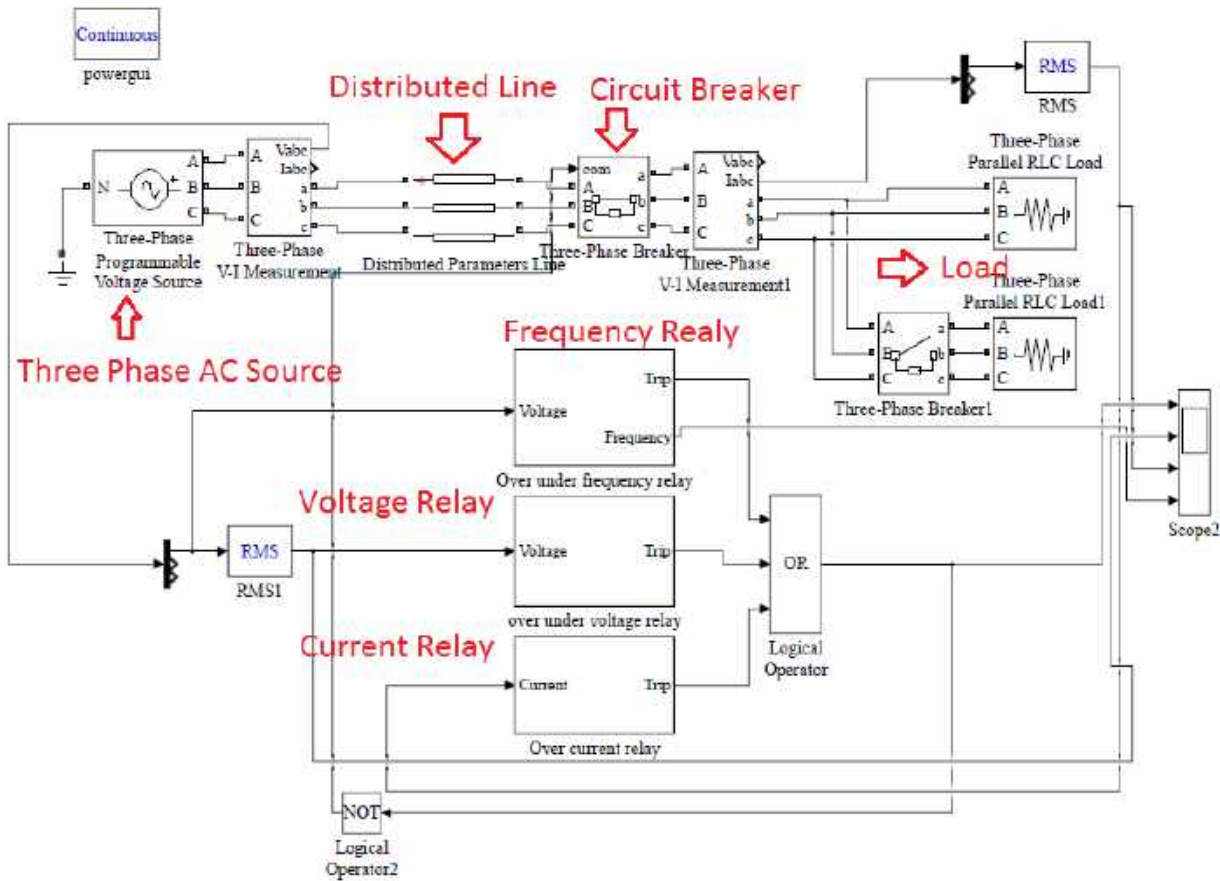


Figure 5. Simulink Model of the Overall Power system with Protective relay.

### 3.1.1. Three Phase AC Source

Figure 6 shows the simulink model and parameters of the three phase AC source. Phase to phase voltage of the system is 415 Volts and frequency of the system is 50 Hz.

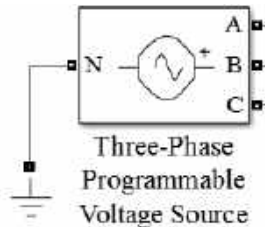


Figure 6. Simulink Model of Three Phase AC source

As shown in Figure 7, the amplitude of the source is 1 pu from 0 to 5 sec., the amplitude of the source is 1.5 pu from 5 to 15 sec, then it is changed to 1 pu. This function is used to create over voltage conditions in the system. The same concept could be applied for under voltage conditions in the system i.e., the amplitude of the source is 1 pu from 0 to 5 sec., the amplitude of the source is 0.5 pu from 5 to 15 sec, then it is changed to 1 pu. The load flow parameter for the Three Phase AC source is shown in figure 8.

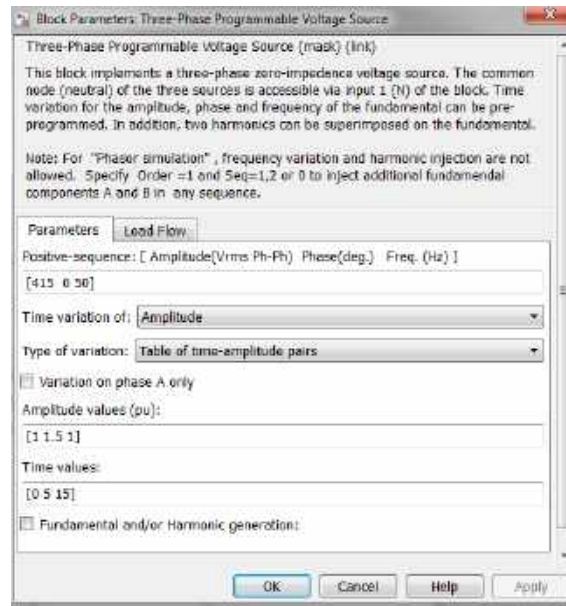


Figure 7. Input Parameter for the Three Phase AC source

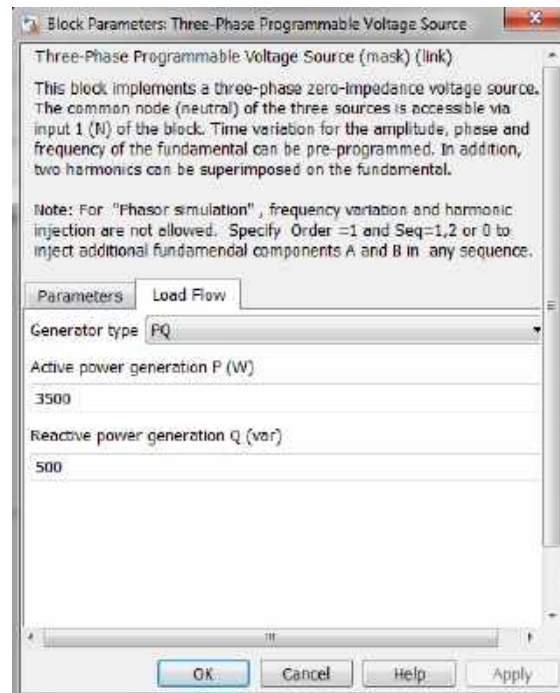


Figure 8. Load flow parameter for the Three Phase AC source

From Figure 9, frequency of the source is varied from 50 Hz to 56 Hz from 5 sec to 15 sec. This function is used for over frequency conditions in the power system. The same concept could be applied for under frequency conditions in the power system i.e., 50 Hz to 44 Hz from 5 sec to 15 sec.



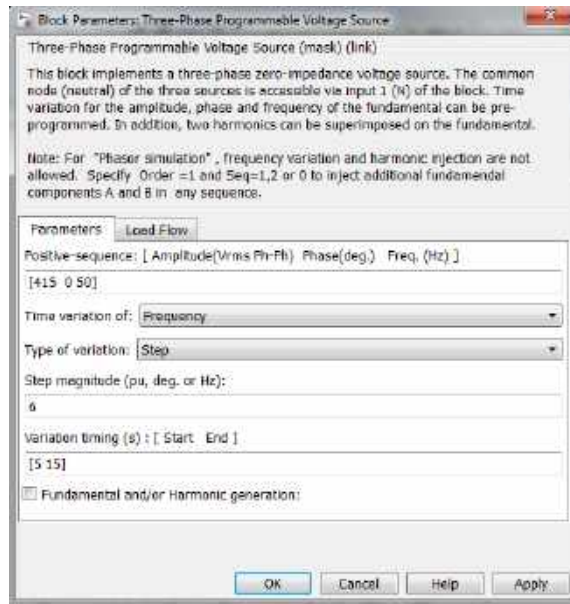
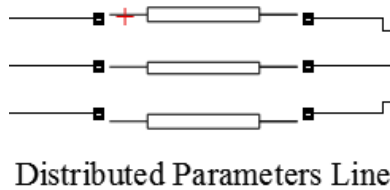


Figure 9 Load flow parameter for the Three Phase AC source

### 3.1.2. Three Distributed line Parameter

Figure 10 shows the simulink model and parameters of the distributed line. Number of phases is equal to three, frequency of the distributed line is 50 Hz, resistance per unit length is 0.01273 ohms/Km, inductance per unit length is  $0.9337 \times 10^{-3}$  H/Km, capacitance per unit length is  $12.74 \times 10^{-9}$  F/Km and length of the line is 100 Km. The Input Parameter for the Distributed Line is shown in figure 11.



Distributed Parameters Line

Figure 10 Simulink Model of Distributed Line

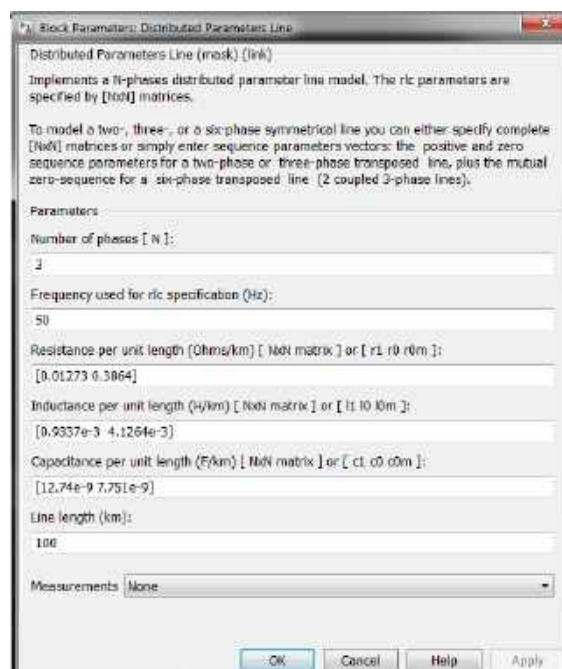


Figure 11 Input Parameter for the Distributed Line

### 3.1.3. Three phase circuit breaker

Figure 12 shows the simulink model of three phase circuit breaker. This circuit breaker can be configured into two operating modes, these are external controlling mode and internal controlling mode. In external controlling mode, circuit breaker can be opened or closed depending upon the external parameter variations. In internal controlling mode, circuit breaker can be opened and closed for any particular time period which can be decided by the users. In our paper, external controlling mode operation is used. Circuit breaker can be opened or closed by the trip signal comes from the protective relay.

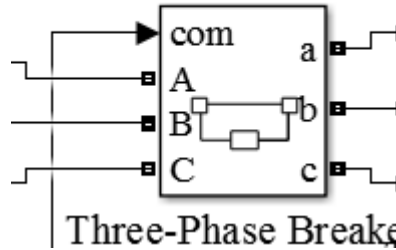


Figure 12. Simulink Model of three phase circuit breaker

The parameters of three phase circuit breaker in external controlling mode and parameters of three phase circuit breaker in internal controlling mode are shown in figure 13 and figure 14 respectively.

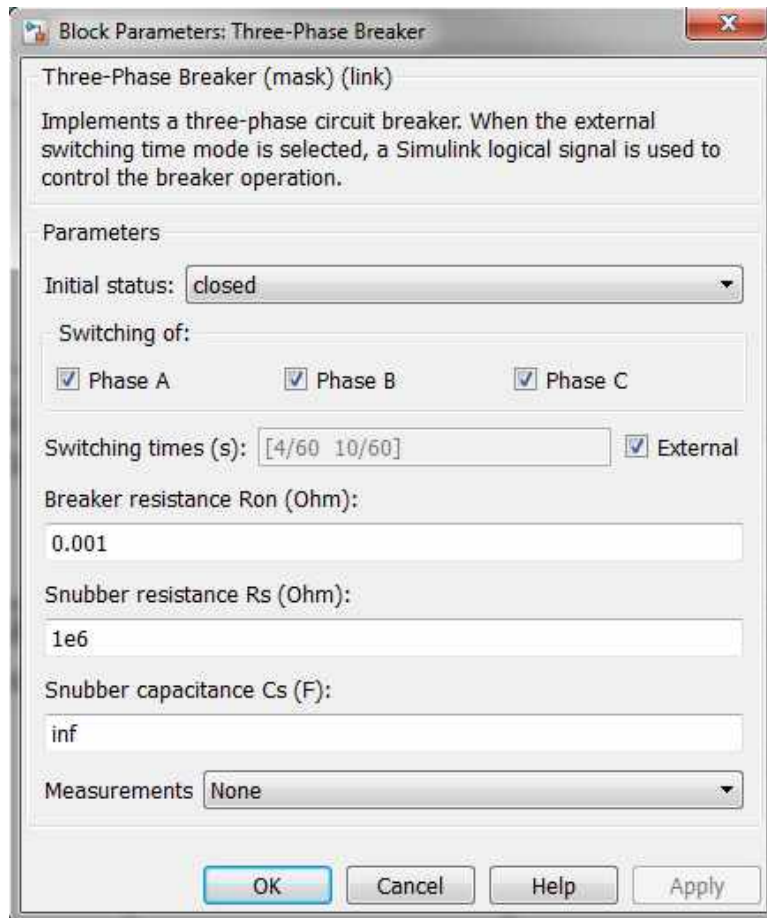


Figure 13. Parameters of three phase circuit breaker in external controlling mode

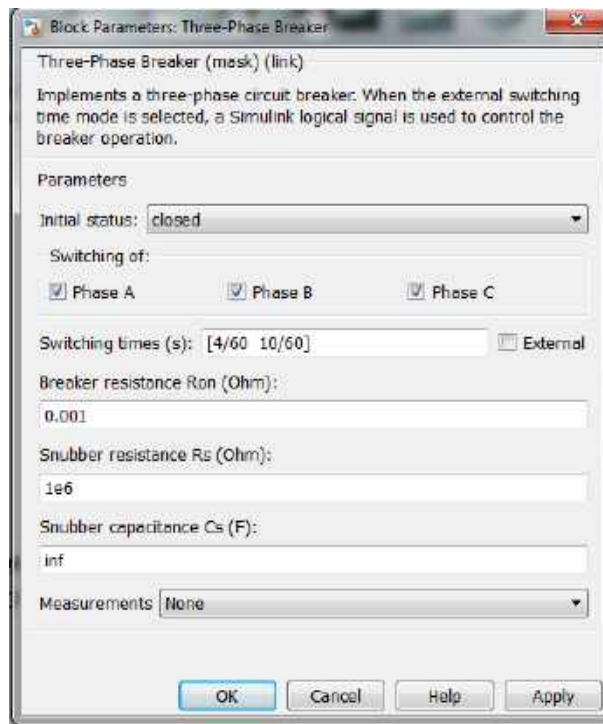


Figure 14. Parameters of three phase circuit breaker in internal controlling mode

### 3.1.4. Three phase Load disturbance model

Figure 15 shows the simulink model and parameters of the three phase load disturbance model. Nominal RMS value of the load is 415 Volts, frequency of the load is 50Hz and rated real power of the load is 3500 watts. Three phase circuit breaker (Figure 16) is used for switching an additional load (2000 watts) for particular time period from 20 sec to 27 sec (in this period, the total load is 5500 watts). This function is used for creation of over current conditions in the power system. The Parameters of the three phase circuit breaker is shown in figure 17.

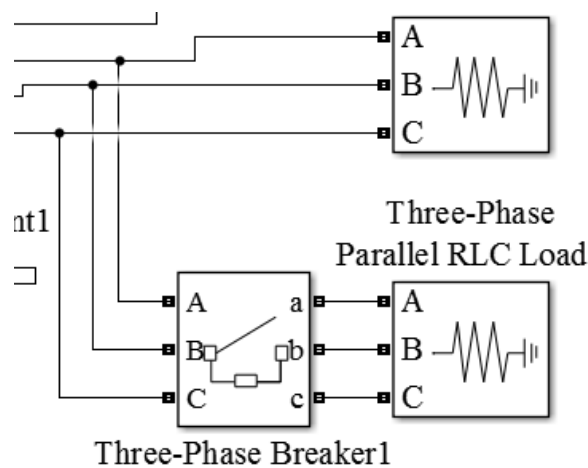


Figure 15. Simulink Model of three phase Load disturbance model

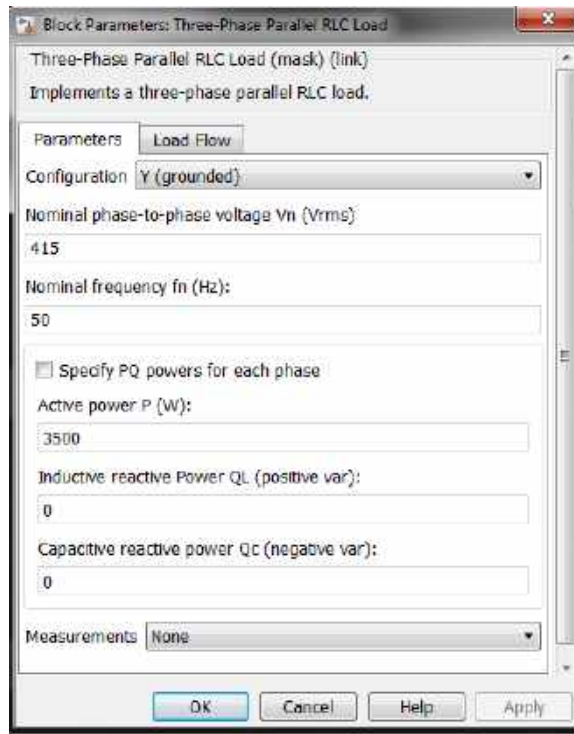


Figure 16. Parameters of the three phase Load

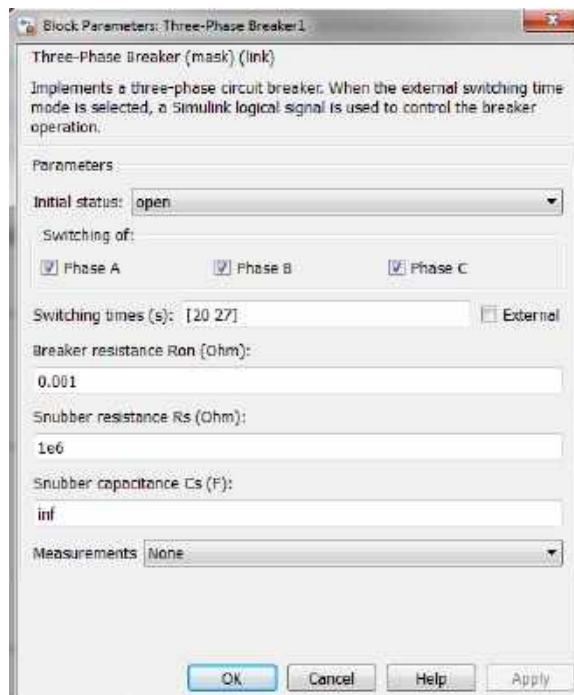


Figure 17. Parameters of the three phase circuit breaker

### 3.1.5. Over current relay

Figure 18 shows the simulink model of the over current relay:

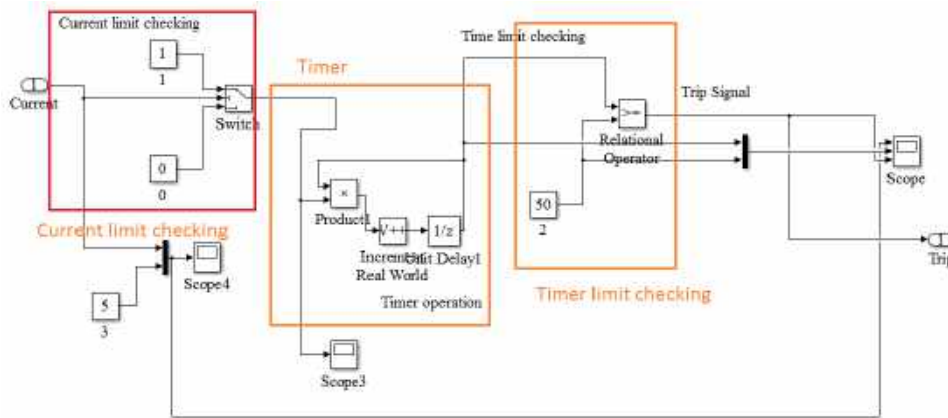


Figure 18. Simulink model of the over current relay

Figure 19 shows the parameters of the switch block of the current limit checker. Switch block has three inputs, first and third inputs are used to denote the over current status of the input current. Second input is used to check the over current status. If  $U_2 > \text{threshold}$  (5) then "1" is allowed to be the output (over current event occurred) otherwise "0" is allowed to the output (Normal operation).

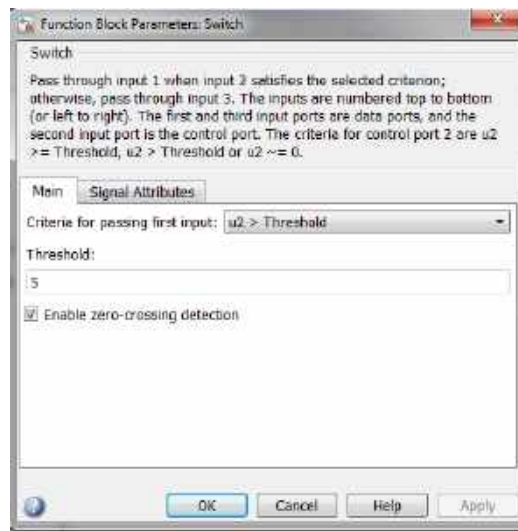


Figure 19. Parameters of the Switch block in the current limit checker

The output of the switch block is multiplied with timer output. If over current event occurs then timer is going to start counting the seconds step by step with 0.1 sec intervals, otherwise the output of the timer is zero. Simultaneously, the output of the timer is compared with predefined time limit (50 means 5 sec in this case). If output reached predefined value then trip signal is sent to the circuit breaker for isolation of the system.

### 3.1.6. Over voltage and under voltage relay

Figure 20 shows the simulink model of the over voltage and under voltage relay:



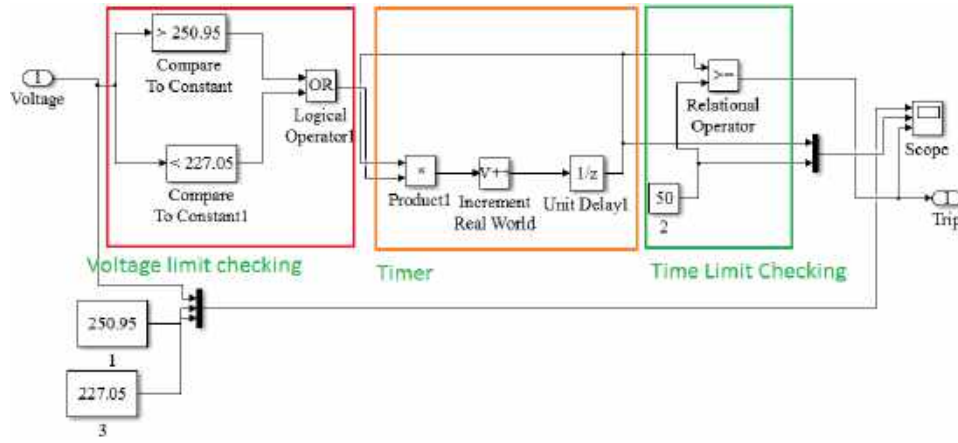


Figure 20. Simulink model of the over voltage and under voltage relay

In this relay, actual voltage of the source is compared with maximum (250.95 volts) and minimum (227.05 volts) predefined values of voltage limit and the output of these two comparators is given to OR gate. If actual voltage is greater than or less than maximum or minimum value then output of the OR gate is "1" otherwise the output is "0". The output of the OR gate is multiplied with timer then timer output is compared with predefined time limit (50 means 5 sec). If timer value reaches predefined time value then trip signal is sent to the circuit breaker for isolation of the power system.

3.1.7. Over frequency and under frequency relay

Figure 21 shows the simulink model of the over frequency and under frequency relay:

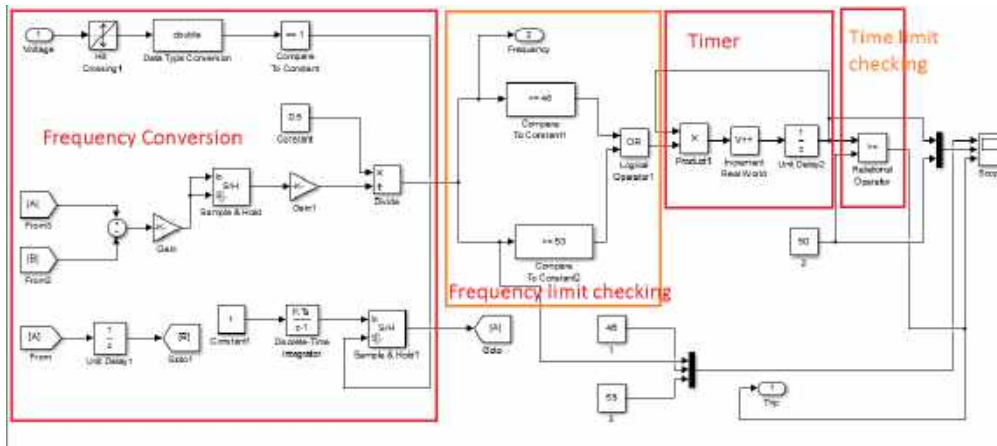


Figure 21. Simulink model of the over frequency and under frequency relay

In this relay, actual frequency of the source is compared with maximum (53 Hz) and minimum (46 Hz) predefined values of frequency limit and the output of these two comparators is given to OR gate. If actual frequency is greater than or less than maximum or minimum value then output of the OR gate is "1" otherwise the output is "0". The output of the OR gate is multiplied with timer signal then timer output is compared with predefined time limit (50 means 5 sec). If timer value reaches predefined time value then trip signal is sent to the circuit breaker for isolation of the power system.

3.2. Simulation result of over current relay

Figure 22 shows the simulation result for over current relay. Initially, load is maintained at 3500 watts and current through the load is 4 Amps. At 5 sec, 2000 watts load is added to the power system and load current is increased to 5.5 Amps. At this instant, load current exceeds the predefined current value (5 Amps) which simultaneously makes the timer start counting the seconds at intervals of 0.1 sec. As the timer output reaches the time limit at 10 sec, relay gives the trip signal to the circuit breaker and load is disconnected from the power system and load current goes to zero at 10 sec.

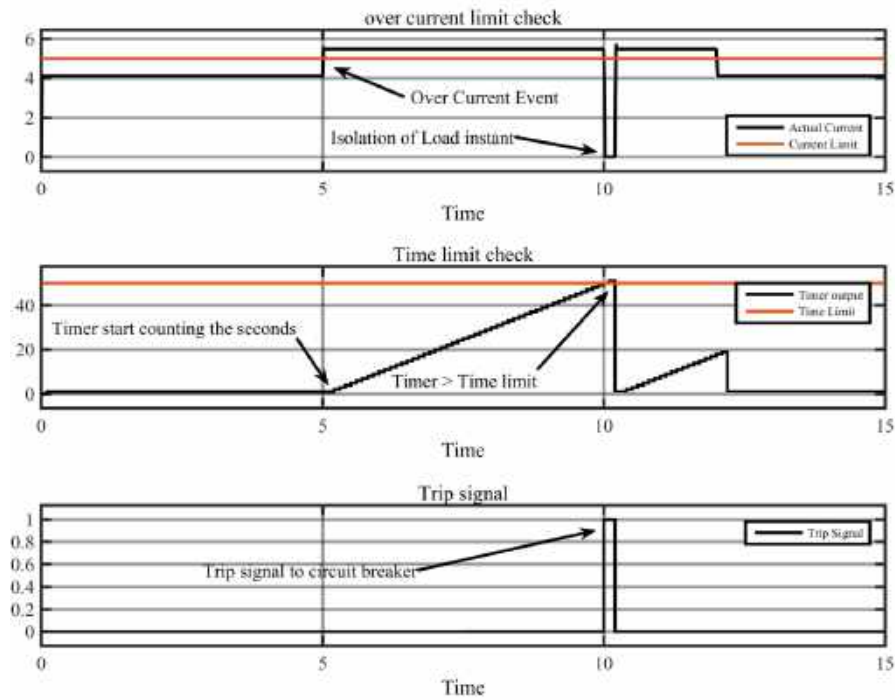


Figure 22. Simulation result of over current relay

### 3.3. Simulation result of over voltage relay

Figure 23 shows the simulation result of over voltage relay. Initially, source voltage is maintained at 239 volts. When the time is 5 sec, source voltage is increased to 280 volts (exceeding the maximum limit- 255 volts) simultaneously timer starts counting the seconds with intervals of 0.1 sec. At 10 sec, timer output exceeds the time limit. At the same instant, relay gives the trip signal to the circuit breaker and load is disconnected from the supply.

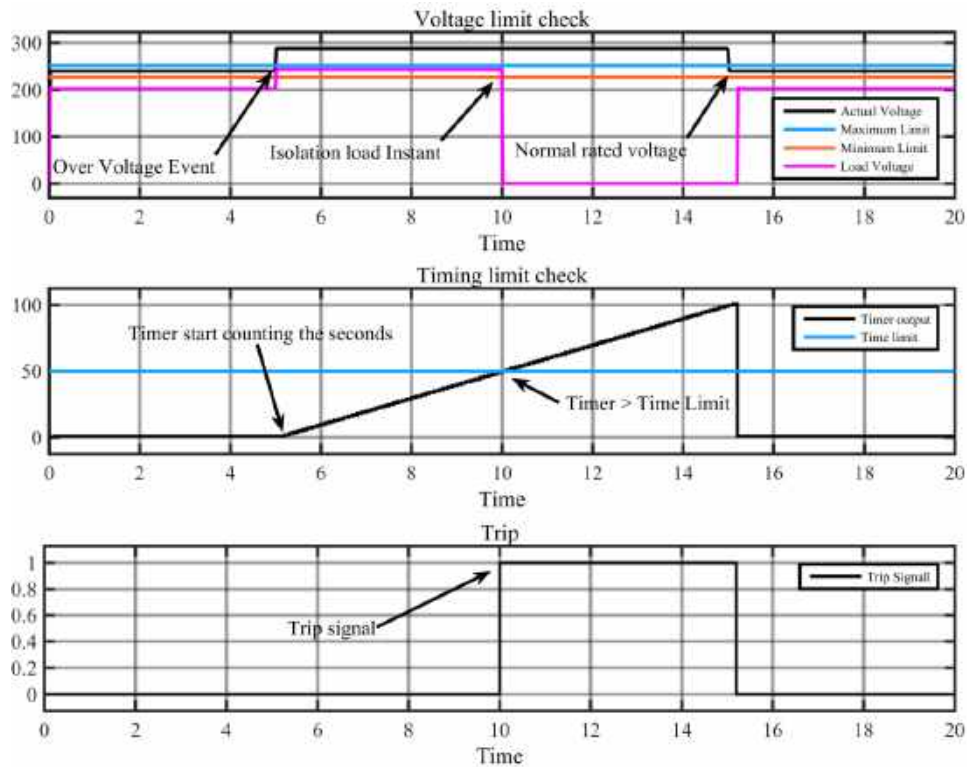


Figure 23. Simulation result of over voltage relay

### 3.4. Simulation result of under voltage relay

Figure 24 shows the simulation result of under voltage relay. Initially, source voltage is maintained at 239 volts. When the time is exactly 5 sec, source voltage is decreased to 200 volts (going below the minimum limit- 227 volts) and simultaneously timer starts counting the seconds with intervals of 0.1 sec. At 10 sec, timer output exceeds the time limit. At the same instant, relay gives the trip signal to the circuit breaker and load is disconnected from the supply.

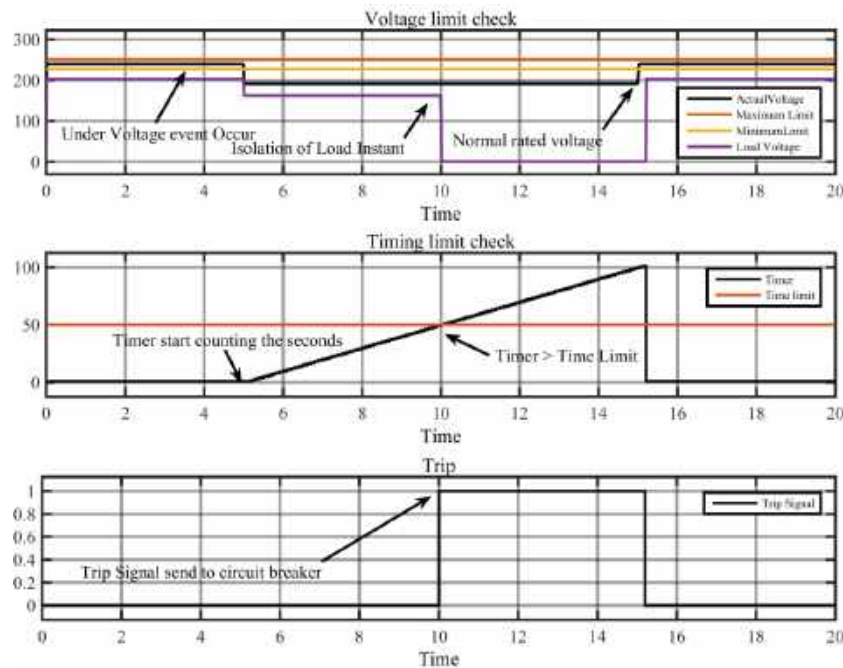


Figure 24. Simulation result of under voltage relay

### 3.5. Simulation result of over frequency relay

Figure 25 shows the simulation result of over frequency relay. Initially, source frequency is maintained at 50 Hz. When time is exactly 5 sec, source frequency is increased to 56 Hz (exceeding the maximum limit- 53 Hz) and simultaneously timer starts counting the seconds with intervals of 0.1 sec. At 10 sec, timer output exceeds the time limit. At the same instant, relay gives the trip signal to the circuit breaker and load is disconnected from the supply.

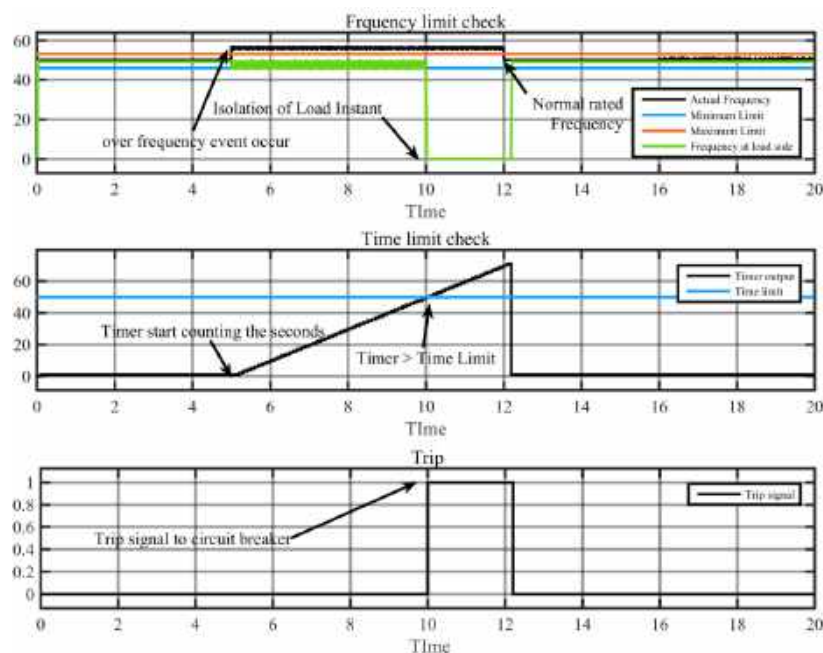


Figure 25. Simulation result of over frequency relay

### 3.6. Simulation result of under frequency relay

Figure 26 shows the simulation result of under frequency relay. Initially, source frequency is maintained at 50 Hz. When the time is exactly 5 sec, source frequency is decreased to 44 Hz (going below the minimum limit- 46 Hz) and simultaneously timer starts counting the seconds with intervals of 0.1 sec. At 10 sec, timer output exceeds the time limit. At the same instant, relay gives the trip signal to the circuit breaker and load is disconnected from the supply.

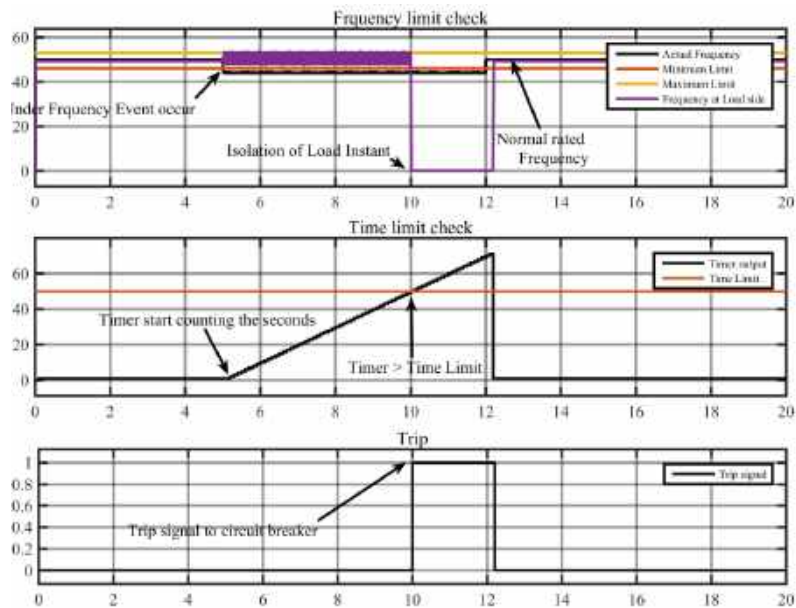


Figure 26. Simulation result of under frequency relay.

## 4. Conclusions and Recommendations

Three phase distributed power system with three different protective schemes such as over current relay, over and under voltage relay and over and under frequency relay are developed using MATLAB / Simulink toolbox. The protective relay are tested for different operating conditions of the distributed power system such as over load condition, over and under voltage condition, over and under frequency condition. At each one of operating conditions, the protective relays are working effectively as seen from the simulation results. Protective relays are explained with simple flowcharts. From the logic of the protective relay it can be easily deployed in the FPGA kit for real time environment. We used digital logic algorithm for implementation of protective relay.

## References

- [1]. M. A. Al-Nema, S. M. Bashi and A. A. Ubaid, "Microprocessor-Based Overcurrent Relays," in *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. IE-33, no. 1, pp. 49-51, Feb. 1986. doi: 10.1109/TIE.1986.351706.
- [2]. Varun Maheshwari, Bhagwan Das Devulapalli, A.K. Saxena, FPGA-based digital overcurrent relay with concurrent sense-process-communicate cycles, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, Volume 55, February 2014, Pages 66-73, ISSN 0142-0615, <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijepes.2013.08.032>.
- [3]. K. Shehata, A. Bahaa and A. Hashad, "Design and implementation of an FPGA based protection relay," *Radio Science Conference, 2004. NRSC 2004. Proceedings of the Twenty-First National, 2004*, pp. D4-1-6. doi: 10.1109/NRSC.2004.1321856
- [4]. Yang Tingfang and Yang Xin, "Algorithm for microprocessor-based relay protection," *Industrial Mechatronics and Automation (ICIMA), 2010 2nd International Conference on, Wuhan, China, 2010*, pp. 56-59. doi: 10.1109/ICINDMA.2010.5538099
- [5]. G. H. Fox, "Applying microprocessor-based protective relays in switchgear with AC control power," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 41, no. 6, pp. 1436-1443, Nov.-Dec. 2005. doi: 10.1109/TIA.2005.858280
- [6]. J. J. Novak and R. D. Kirby, "Better, Faster, and More Economical Integrated Protective Relaying and Control Using Digital Bits and Logic," in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 46, no. 4, pp. 1281-1294, July-Aug. 2010. doi: 10.1109/TIA.2010.2050986
- [7]. M. A. Zamani, T. S. Sidhu and A. Yazdani, "A Protection Strategy and Microprocessor-Based Relay for Low-Voltage Microgrids," in *IEEE Transactions on Power Delivery*, vol. 26, no. 3, pp. 1873-1883, July 2011. doi: 10.1109/TPWRD.2011.2120628
- [8]. Jong Kang Park, Jong Tae Kim, Myong-Chul Shin, A CORDIC-based digital protective relay and its architecture, *Microelectronics Reliability*, Volume 49, Issue 4, April 2009, Pages 438-447, ISSN 0026-2714, <http://dx.doi.org/10.1016/j.microrel.2008.12.008>.



# Improving the Quality of Camel Milk Soft Cheese Using Milky Component (BMR) and Sweet Potato Powder

Amal Megahed Elnemr<sup>1\*</sup>, Mohamed Ali Ahmed<sup>1</sup>, Hatem Helmy Omar Arafat<sup>1</sup>, Sherif Osman<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dairy Technology Department, Animal Production Research Institute, Egypt

(First received 15 April 2020 and in final form 5 June 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.738337)

**ATIF/REFERENCE:** Elnemr, A. M., Ahmed, M. A., Arafat, H. H. O. & Osman, S. (2020). Improving the Quality of Camel Milk Soft Cheese Using Milky Component (BMR) and Sweet Potato Powder. *European Journal of Science and Technology*, (19), 566-577.

## Abstract

The present study was designed to evaluate the effect of replacing 20 or 30% of camel milk with a milky component, had (BMR) secret code, in a trial to overcome the problem arising when soft white cheese was making. Supplementation with 1,2 and 3% sweet potato powder SPP was, also, done to improve the quality and the nutritive value of the resultant cheese. Results indicated that fortifying camel milk with BMR and SPP improved the physico-chemical properties of cheese by reducing the pepsin coagulation time, whey syneresis and pH value compared with control cheese. Yield, titratable acidity and curd tension were increased with increasing the levels of additives used. These additives, also, increased the total solids, fat, protein, ash, salt contents as well as, values of cheese ripening indices and total volatile fatty acids in treated cheeses, after 30 days of storage period. There were clear differences in the microstructure among control cheese and the treated ones, in the shape, homogenization, compact or open body & texture of the casein micelles network. Variations were, also, noticed in the size and numbers of voids or vacuoles and fat globules, owing to the variations in the chemical composition, manufacturing conditions and to the supplemented agents used. These observations were reflected on the body and texture of control cheese which became weak, loose and open. Moreover, addition of BMR and SPP improved greatly the texture profile of cheese and their technological aspects.

## Introduction

Milk is considered the most important product obtained from camel (Dromedary), being a complete food, helps to provide a nutritious and balanced diet to nomadic desert people under harsh conditions. It is a major source of protein, fat, lactose, vitamins and minerals. Protein of camel milk contains all essential amino acids while, fat contains unsaturated aliphatic fatty acids. Camel milk contains, also, more whey protein, lower  $\alpha$ 1-casein content and a very low ratio of kappa-Casein to beta-Casein than in cow milk (Kappeler et al., 1998). All these parameters influence the technological aspects of the acidic or enzymatic coagulation process of that milk, so the resultant curd is almost being weak, fragile and had open body & texture. Recently, camel milk was, also, reported to have other potential therapeutic properties, such as anti-carcinogenic and anti-diabetic (Agrawal et al., 2007), anti-hypertensive (Quan et al., 2008) and has been recommended to be consumed by children who are allergic to bovine milk (El-Agamy et al., 2007). Camel milk is consumed, usually, in a raw form by the people living in remote areas where camels are reared. In some occasions, to extend its shelf-life, this milk is consumed in a fermented form, as in Central Asia, such as fermented milk products (Konuspayeva et al., 2003). Other camel dairy products such as yoghurt (Hashim et al., 2009), butter (Tefamariam et al., 2013) or cheese (Jones Abeid-errhamane, 2013) are not common on the national markets. In the other cattle milks, coagulation is faster than camel milk, since the casein micelles of the former milks are very smaller in size and coagulated within a short period of time (Bintsis and Papademas, 2017). However, the processing of camel milk into cheese is technically more difficult than the milk of the other domestic dairy animals under the same conditions. This is mainly due to the lower contents of total solids content,  $\alpha$  s1- casein and k-casein as well as the large casein micelles which may relate to the poor rennet ability of camel milk (Hailu et al., 2018 and konuspayeva, et al., 2017). But success can be achieved when pH of milk is lowered, calcium chloride is added and raising the renneting temperature

\* Corresponding Author: Dairy Technology Department, Animal Production Research Institute, Egypt, ORCID: 0000-0003-0441-7586, [amal\\_elnimr@yahoo.com](mailto:amal_elnimr@yahoo.com), [hatemhelmy1412@gmail.com](mailto:hatemhelmy1412@gmail.com)  
<http://dergipark.gov.tr/ejosat>



prior to coagulation process (Shahein, et al., 2014). (Mehaia, 1993) added that camel milk failed to form gel- like structure after 18 h of incubation with lactic acid culture, owing to the presence of antibacterial substances such as lysozymes, lactoferrin and immunoglobulin compounds (El -Agamy, 2009). Therefore, several studies have advised to use milk ultrafiltrated (UF) retentate for standardization the camel milk prior to cheese-making, this supplementation had several potential benefits e.g. increasing the total solids and subsequently increasing the yield, facilitating the coagulation process, improving the organoleptic & the rheological properties as well as the nutritional value of the resultant cheese (Green, et al., 1981). The use of ultrafiltration technique for standardized the total solids of camel milk to produce soft white cheese has been reported by (Mehaia, 2006). Milk concentrated by UF has been shown to produce good quality cheese (smooth and creamy body), improves both the curd firmness and the nutritional value owing to the higher protein, fat, calcium and phosphorus contents in the final product. Whereas, fresh soft white cheese produced from camel milk without using retentate was reported to have weak body & texture, due to the lower contents of total solids as well as  $\alpha$ 1-casein and K-casein in camel milk (Green, et al., 1981).

Sweet potato is a good functional food for people involved in heavy muscular work, since it contains high levels of carbohydrates which make up 90 % of dry matter (the major carbohydrate components is starch, being 60-70% amylopectin and 20-30 % amylose), protein, beta-carotene, vitamins (A, B6, C and E) and minerals (Potassium, phosphorus, manganese and zinc) which have several health benefits (Onabanjo and Ighere, 2014). Sweet potato powder is an important ingredient from the technological and nutrition aspects because it is a good source of starch which is used as a functional component either in industrial applications or in food processing. Starch has the ability to work as a thickener agent (Sameen, et al., 2017), improving the body and texture as well as reducing cracks in the surface of the curd (Januario, et al., 2017). Sweet potato contains, also, powerful antioxidants, which remove the free radicals from the body (these free radicals are harm chemicals that damage cells), fiber and pectin which are useful in preventing digestive disorders Such as hemorrhoids, constipation and fighting colon cancer (Surayia-Zakit, et al., 2008). Little studies were found about the use of UF buffalo milk retentate in the manufacture of white soft cheese from dromedary camel's milk. Therefore, the present work is focused on the production of camel milk cheese from whole camel milk after partially replacement a part of that milk with BMR as well as supplementation with sweet potato powder (a nutritive and healthy functional ingredient) in a trial to overcome the problems arising during manufacturing of this type of cheese. Physic-chemical, rheological, textural, microstructure and sensory properties of the resultant cheese, when fresh and during storage at  $5\pm 1^{\circ}\text{C}$ , were done.

## **Materials and Methods**

### **Materials**

Cooled fresh whole camel milk was obtained from the herd of Camel Research Center, Marsa- Matrouh Government, Egypt. The milky component (BMR) was obtained from the Dairy Processing Unit, Animal Production Research Institute. Yoghurt starter (*Streptococcus thermophilus* and *Lactobacillus delbrueckii* sp. *bulgaricus*) and pepsin bovine powder (5N) were obtained from Chr. Hansen Laboratories, Copenhagen, Denmark. Sweet potato roots and table salt were bought from the local market. Calcium chloride is a product of Merck (Denmark).

### **Rheological Tests:**

Pepsin Coagulation Time of Milk (PCT): was determined using 0.1 ml of 5 % (V/V) bovine Pepsin enzyme in distilled water per 10 ml of milk in a thermostatically controlled water-bath, at  $37^{\circ}\text{C}$  and the time taken to the first signs of coagulation was measured for all samples as described in the Berridge method (1952).

Curd tension & syneresis: were determined using the method of (Shalabi, 1987) for curd tension, and (Marshall, 1982) for curd syneresis (whey separation)..

### **Methods**

#### **Preparation of sweet potato powder**

Cheese was manufactured according to the method applied by (Fahmi and Sharara, 1950) and modified by (El-Safty et al., 1983). Using Pepsin bovina instead of rennet calves, Seven treatments were done using camel milk, (BMR) and sweet potato powder (SPP) as follows:

- Camel milk without any additives..... Control (C)
- 80% camel milk + 20% BMR, + 1.0% SPP..... (T1)
- 80% camel milk + 20% BMR, + 2.0% SPP.....(T2)
- 80% camel milk + 20% BMR, + 3.0% SPP..... (T3)
- 70% camel milk + 30% BMR, + 1.0% SPP..... (T4)
- 70% camel milk + 30% BMR, +2.0% SPP..... (T5)
- 70% camel milk + 30% BMR, + 3.0% SPP..... (T6)

Milk of all treatments were heat-treated at  $65^{\circ}\text{C}$  for 30 min., cooled to  $42^{\circ}\text{C}$ , 0.04% calcium chloride, 3% sodium chloride, and 1% yoghurt culture were added. All treatments were incubated at  $42^{\circ}\text{C}$  for 30 min. to pre-ripening the milk and Pepsin enzyme powder at a rate of 4 gm. /100 Kg was added to all treatment. After coagulation, draining was done in 24 hours and the resultant cheeses were

packed in plastic containers, pickled in 5% brine solution for 4 weeks, kept in a refrigerator at (5C± 1) and analyzed when fresh and after 10, 20 and 30 days of storage for physic-chemical, textural profile, rheological, microstructure and sensory properties.

**Cheese yield:**

The quantities of cheese of all treatments were weighted on an electric scale balance (Akinloye and Adewumi, 2014). Cheese yields were calculated as a weight of cheese divided by weight of milk and expressed as a percentage.

**Methods of analysis**

**Physic-chemical Methods**

Camel milk, BMR, sweet potato powder and cheese samples were analyzed for total solids, titratable acidity ,fat, ash and salt, according to the methods described by (AOAC, 2007).Total nitrogen, soluble nitrogen and Non protein nitrogen were determined by semi micro kjeldahyl method (IDF, 1993). pH values were measured in triplicates using an electric pH meter with combined glass electrodes (Jenway 3305, England).Total volatile fatty acids (Kosikowski, 1978). Carbohydrate contents (Ceirwyn, 1995), using the following formula:

$$\text{Total carbohydrates \%} = 100 - (\% \text{fat} + \% \text{protein} + \% \text{ash} + \% \text{moisture}).$$

**Cheese textural profiles**

Carried out using universal testing machine, Provides with software 35 mm diameter compression disc. Two cycles were applied, at a constant crosshead velocity of 1 mm/s, to 40 % of sample depth and then returned. From the resulting force- time curve, the value for texture attributes i.e. Firmness, Gumminess, Chewiness and Adhesiveness. Cohesiveness and springiness were calculated from the Texture profile analysis (TPA) graphic (Bourne, 2003).

**Microstructure examination**

The electron microscopic analysis was performed in the Egyptian Mineral Resources Authority Central Laboratories Sector. The Scanning Electron Microscope (SEM) for fresh camel's milk cheese samples was carried out using SEM (FEL Company, Nether lands). Model Quanta 250 FEG (Field Emission Gun) attached with EDX unit (Emerge Dispersive Ray Analysis), with accelerating Voltage 10 KV. During SEM Analysis, samples were freezer fractured in liquid nitrogen to approximately 1-mm pieces and the pieces were then mounted on aluminum stubs with silver paint, dried to critical point and coated with gold for 300 cm sputter coater (SCD 005 Sputter Coater) and scanned under low vacuum conditions with pressure chambers 60 Pa. (Karami et al., (2009).

**Sensory evaluation:**

Camel milk cheeses were judged by 10 panelists from the staff members of Dairy Science and Technology Department, Animal Production Research Institute using Scale points of, 15 for appearance and color, 35 for body and texture and 50 for flavor (Nelson and Tourut, 1965). All cheese samples were evaluated when fresh and after 10, 20 and 30 days of storage.

**Results and Discussion**

**Chemical composition of camel milk, BMR and potato**

Table (1a) indicates the chemical composition of whole camel milk (CM),(BMR) and sweet potato powder (SPP). Data revealed that CM had low contents of total solids (TS) and protein, while BMR had high levels of TS, protein and fat contents. SPP contained high amount of carbohydrates (82.26 %) and low levels of fat (0.69%). (Ramet, 2001) reported that the most important factor affecting the composition of camel milk is water content. Chemical composition of camel milk was found approximately near from that mentioned by Zahida (2017).

**Table 1a.** Chemical composition of fresh camel milk, BMR and sweet potato powder

Component %	Camel milk	BMR	Sweet potato powder
<b>Total Solids</b>	11.58	35.67	89.64
<b>Protein</b>	2.92	12.44	3.48
<b>Fat</b>	3.30	16.76	0.69
<b>Ash</b>	0.89	1.98	3.21
<b>Total Carbohydrate</b>	4.47	4.50	82.26
<b>pH</b>	6.62	-	-
<b>Acidity %</b>	0.17	-	-

Table (1b) shows the distribution of protein fractions in camel milk compared with cow, and buffalo milk. Camel milk had the lowest values of αS1-casein (22%), K-casein (3.5%) compared to the other animals .Contrarily, B-casein (65%) was found the highest fraction in camel milk than that in the other milks ( Zahida, 2015).These findings were correlated greatly with the quality and properties of the resultant camel milk cheese.

**Table 1b.** Casein fractions of cow, buffalo, and camel milk

Animals	$\alpha$ S1-casein %	$\alpha$ S2-casein %	B- casein	K- casein
cow	38	10	39	13
buffalo	38	16	36	13
camel	22	9.5	65	3.5

Source: (EL-Agamy et.al 2009; Park 2009; Brezoveckia et al. 2015)

**Physical properties of soft camel cheese**

It was clear that, replacing part of camel milk with (BMR) and sweet potato powder(SPP) resulted in increasing the titratable acidity (TA), curd tension (CT) and yield while, the pH value, pepsin coagulation time (PCT) and syneresis were decreased, compared to control cheese. This was more noticed with increasing the level of the former additives used (Table, 2). Yield, CT and TA for fresh control cheese were 13.22%, 7.0g and 0.64 %, respectively, whereas the corresponding values for fresh cheeses contained 20% BMR and SPP (T1,T2 and T3) were ranged between 27.4 – 29.6 % , 13.1 -16.2 g and 0.79-0.98 % , and those contained 30 % BMR & SPP ( T4 ,T5 and T6 ) were 32.2 – 34.6% , 17.6-19.6 g and 0.88-0.95 % , in order. Concerning the syneresis and PCT, it were highest in control cheese ( 39.40 ml/50 g and 240 min.) Than in the other treatments, owing to the low total solids content and to the weak body & texture of the resultant cheese. Are verse relationship was found between syneresis & PCT and the rate of additives used. These observations were in agreement with that found by Shahein, et al. (2014) who said that camel milk has more large casein micelles than that does in cow milk, which may relate to poor rennet ability of camel milk. Table (2) shows, also, that addition of BMR and SPP reduced greatly the rate of syneresis and PCT in the treated cheeses, because it contains high levels of TS, fat, protein and minerals especially calcium ions which improved and strengthen the body & texture of the resultant cheeses. Furthermore, SPP act as a thickening agent (because of its high level of starch, 82 %). Farah & Bachmann (1987) added, moreover, that the coagulation time of camel milk was reduced with decreasing pH, with increasing temperature and added calcium chloride, but the differences in the coagulation time between camel and cow milk still remain ( two to three times longer than that in cow milk). It is known that factors affecting the yield of cheese were TS, TA, and the rate of recovery (Ramet, 1994b), as well as smaller casein micelles which contain high proportion of k-casein ( MC Gann et al. ,1988).

TA of all treatments were increased gradually along the storage period and cheese contained the highest percent of the additives recorded the highest values, after 30 days of cold storage. Results, also, indicated that pH values of all treatments behaved reverse trend to TA during storage.

**Table 2.** Changes in Physical properties of soft camel milk cheese supplemented with BMR and sweet potato powder, during cold storage.

Treatments	Storage period (days)	PH va;ues	Titratable Acidity (TA)	Rennet Coagulation Time (min)	Curd tension(g)	Curd Syneresis (ml/50ml)	Yield%
C	Fresh	5.18	0.64	240	7.00	39.40	13.22
	10	5.12	0.67	-----	-----	-----	-----
	20	5.10	0.69	-----	-----	-----	-----
	30	4.99	0.72	-----	-----	-----	-----
T <sub>1</sub>	Fresh	5.14	0.79	212	13.1	28.70	27.4
	10	5.11	0.83	-----	-----	-----	-----
	20	5.01	0.87	-----	-----	-----	-----
	30	4.81	0.94	-----	-----	-----	-----
T <sub>2</sub>	Fresh	5.09	0.82	206	14.8	26.10	28.5
	10	5.03	0.88	-----	-----	-----	-----
	20	4.87	0.92	-----	-----	-----	-----
	30	4.73	0.98	-----	-----	-----	-----
T <sub>3</sub>	Fresh	5.05	0.86	195	16.2	25.20	29.2
	10	4.87	0.90	-----	-----	-----	-----
	20	4.83	0.96	-----	-----	-----	-----
	30	4.74	1.00	-----	-----	-----	-----
T <sub>4</sub>	Fresh	5.00	0.88	182	16.7	25.3	32.3
	10	4.83	0.91	-----	-----	-----	-----
	20	4.87	0.93	-----	-----	-----	-----
	30	4.74	0.97	-----	-----	-----	-----
T <sub>5</sub>	Fresh	4.92	0.92	174	18.1	22.20	33.7
	10	4.87	0.94	-----	-----	-----	-----
	20	4.78	0.97	-----	-----	-----	-----
	30	4.68	1.02	-----	-----	-----	-----
T <sub>6</sub>	Fresh	4.86	0.95	160	19.6	20.12	34.6
	10	4.73	0.98	-----	-----	-----	-----
	20	4.67	1.03	-----	-----	-----	-----
	30	4.61	1.06	-----	-----	-----	-----

- C: Control (C) cheese made from 100 % camel milk.
- T<sub>1</sub>: Cheese made from 80% camel milk + 20% BMR + 1.0% sweet potato powder.
- T<sub>2</sub>: Cheese made from 80% camel milk + 20% BMR + 2.0% sweet potato powder.
- T<sub>3</sub>: Cheese made from 80% camel milk + 20% BMR + 3.0% sweet potato powder.
- T<sub>4</sub>: Cheese made from 70% camel milk +30% BMR + 1.0% sweet potato powder.
- T<sub>5</sub>: Cheese made from 70% camel milk +30% BMR + 2.0% sweet potato powder.
- T<sub>6</sub>: Cheese made from 70% camel milk + 30% BMR + 3.0% sweet potato powder.

**Chemical composition of fresh soft white camel cheese:**

It was noticed that control cheese had the lowest values of TS, protein, fat, ash and salt than the other treatments, along the storage period (Table, 3). Mehaia (1993) stated that the recovery of protein, fat and TS in camel milk cheese were 60, 74 and 41 %, respectively. Farah (1996) added that about half of the fat in camel milk cheese is lost in the whey during draining. A direct relationship was found between the chemical composition of cheese and the rate of additives used (BMR & SPP). This was apparent in cheeses contained the highest levels of these additives. The highest values of TS , fat and protein were noticed in fresh cheese (T<sub>6</sub>), contained 30% BMR & 3 & SPP, being 52.78 , 22.88 and 18.62 %, in order, while the corresponding values of control cheese were 34.39, 13.20, and 12.67 %, respectively. Table (3) shows, also, that value of ash and salt were found approximately near or similar in cheese of all treatments, during the storage period. Whereas values of protein in all cheeses were decreased through the storage period, owing to the proteolysis occurred by the microorganisms. Abdel- Salam et al. (1994) mentioned that the significant reduction in the protein content at 21 day of storage might probably due to the hydrolysis of proteins to water soluble nitrogenous compounds and to the diffusion of these products into the brine. On the other hand, Data in Table (3) cleared that TS, Fat, ash and salt contents were increased during storage as a result of increasing the TA and decreasing the moisture content (Mohamed et al., 2019). The fat contents of control camel milk cheese were low than the corresponding values of treated cheeses because of the fat globules of camel milk is very small and most of it retain in the whey liquid (Mohamed & Larsson-Raznikiridis, 1990). Moreover, Ramet (2001) attributed that to the fragility of the casein micelles network of control cheese.

Table 3. Changes in the chemical composition of camel milk soft cheese as affected by BMR and sweet potato powder, during storage

Treatments *	Storage period (days)			
	Fresh	10	20	30
<b>Total Solid%</b>				
Control(C)	35.39	35.71	35.90	36.68
T <sub>1</sub>	46.75	46.85	46.92	47.50
T <sub>2</sub>	47.73	47.85	48.21	48.62
T <sub>3</sub>	48.31	48.60	48.92	49.31
T <sub>4</sub>	51.66	51.33	51.97	52.65
T <sub>5</sub>	52.03	52.68	52.91	53.21
T <sub>6</sub>	52.78	52.92	53.52	53.88
<b>Total Protein%</b>				
Control(C)	14.44	13.92	13.77	12.67
T <sub>1</sub>	18.23	17.83	17.65	17.49
T <sub>2</sub>	18.81	17.93	17.74	17.55
T <sub>3</sub>	18.89	18.31	17.96	17.85
T <sub>4</sub>	19.22	18.87	18.51	18.39
T <sub>5</sub>	19.40	18.92	18.71	18.51
T <sub>6</sub>	19.76	19.71	19.57	18.62
<b>Total Fat%</b>				
Control(C)	13.20	13.41	13.62	14.25
T <sub>1</sub>	19.46	19.59	19.92	20.13
T <sub>2</sub>	20.32	20.55	20.81	21.40
T <sub>3</sub>	20.51	20.82	20.92	21.62
T <sub>4</sub>	22.21	22.46	22.71	22.91
T <sub>5</sub>	22.61	22.82	22.96	23.25
T <sub>6</sub>	22.88	22.96	23.22	23.75
<b>Ash%</b>				
Control(C)	2.91	3.03	3.11	3.17
T <sub>1</sub>	3.16	3.22	3.28	3.35
T <sub>2</sub>	3.20	3.24	3.33	3.38
T <sub>3</sub>	3.26	3.29	3.36	3.42
T <sub>4</sub>	3.35	3.34	3.41	3.45
T <sub>5</sub>	3.42	3.45	3.56	3.60
T <sub>6</sub>	3.49	3.55	3.59	3,67

Salt%				
Control(C)	2.61	2.64	2.69	2.71
T <sub>1</sub>	2.64	2.67	2.74	2.77
T <sub>2</sub>	2.66	2.70	2.75	2.79
T <sub>3</sub>	2.69	2.74	2.77	2.82
T <sub>4</sub>	2.71	2.76	2.79	2.83
T <sub>5</sub>	2.74	2.77	2.80	2.86
T <sub>6</sub>	2.79	2.81	2.84	2.88

\*See Foot note Table 2.

### Cheese ripening indices:

Data in (Table, 4) illustrated the development in ripening indices in control and treated cheeses contained BMR and fortified with SPP, during ripening. It is clear that, SN/TN, NPN, NPN/TN% values in control cheese were obviously lower than that in the corresponding values of the other treatments (T1-T6). The main reasons for that was the reduction of moisture, protein and TS in control cheese. Cheeses contained the highest level of BMR (30%) recorded the highest values of SN/TN and NPN/TN being 27.75-28.9 % for SN/TN and 3.22-3.35 % for NPN/TN, after 30 days of storage, respectively. It could, also, be observed that these values of all treatments including the control sample were increased gradually, as the storage period progressed (30 days) or as the percentage of BMR and SPP increased.

Concerning the total volatile fatty acids (TVFA), it was noticed that it behaved the former trend of the ripening indices during storage, and the highest value was found in T6 (30% BMR & 3% SPP) being 21.81 compared to control one which was 15.2.

**Table 4.** Changes in ripening indices and total volatile fatty acids\*\* (TVFA) of soft white camel milk cheese as affected by BMR and SPP, when fresh and after 30 days of cold storage .

Property	Treatments*													
	C		T <sub>1</sub>		T <sub>2</sub>		T <sub>3</sub>		T <sub>4</sub>		T <sub>5</sub>		T <sub>6</sub>	
Storage period (days)	Fresh	30 days	Fresh	30 days	Fresh	30 days	Fresh	30 days	Fresh	30 days	Fresh	30 days	Fresh	30 days
SN%	0.211	0.572	0.331	0.686	0.343	0.695	0.349	0.721	0.440	0.794	0.545	0.811	0.556	830
SN/TN%	9.178	23.64	12.83	25.41	13.21	26.45	14.10	26.24	16.15	27.75	19.96	28.76	20.31	28.91
NPN%	0.023	0.071	0.029	0.084	0.032	0.089	0.036	0.095	0.038	0.092	0.043	0.094	0.046	0.097
NPN/TN %	1.000	2.934	1.124	3.111	1.236	3.278	1.387	3.481	1.394	3.216	1.575	3.279	1.680	3.520
TVFA	6.8	15.2	8.04	19.75	8.16	19.83	8.19	20.41	9.48	20.79	9.85	21.31	10.41	21.81

\*See Foot note of Table 2.

\*\* ml/0.1 N Naoh/100 g cheese.

### Textural profiles of camel milk cheese:

Rheology of materials e.g., cheese, may be defined simply as the study of their deformation and flow when subjected to a stress or strain .The textural property is one of the important parameter used to evaluate the quality of cheese. Owing to the variations in manufacturing conditions and composition, different cheese varieties exhibit a wide range of rheological behavior, ranging from the viscous behavior of soft cheese to the elastic behavior of hard cheeses at low strain .Data in (Table, 5) clear that, the changes in the texture characteristics of all cheese treatments during ripening period. It was observed that these values of texture profiles were increased in treated cheeses in a higher rate, during 30 days of ripening, compared with control cheese. This may be due to the decreasing of moisture content and increasing of acidity, which resulted in firmer texture as a result of the alterations, occurred in the case in matrix (Fredrick and Dulley, 1984). Also, it was noticed that the minimum values of texture profiles were present in fresh cheeses and these values were gradually increased, in all treatments, reaching the maximum values, at the end of the storing period.

Addition of BMR and SPP improved greatly the texture profile of the resultant treated cheeses compared with control. Our results showed, moreover, that the higher values of hardness, cohesiveness, springiness, gumminess and chewiness, among the treated cheeses, were noticed in T6, while the lowest one was found in T1.This may be due to the variations in the chemical composition and the percentages of the additives used. (Akalın et al., 2012) observed that the addition of BMR to milk increased the total solids content, which resulted in an increase in the density, and reduced the pore sizes in the protein matrix of the yoghurt gel, and leading to a reduction in the syneresis by improving its water holding capacity .Furthermore, Van Hekken, et al. (2007) found that



increasing the firmness of soft cheese during storage was probably due to the decrease in moisture content, because water molecules within the three dimensional protein matrix weaken the network structure, and consistency of protein matrix increases, resulting in firm products. Farah & Bachmann (2007) added that the size distribution of casein micelles in camel milk is significantly broader than that of cow milk with a greater number of large micelles of 350 to 500 nm. Smaller diameter micelles, which contain high proportion of k-casein, give firmer curd and more compact body than large micelles at the same total casein, by raising the amount of positively charged hydrophobic para-k-casein on the surface of micelles. The former information's supported our results concerning the supplementation of camel milk with BMR, which increased the amount of small casein micelles and k-casein in the treated cheeses and consequently improved its firmness. In addition, enrichment in calcium ions (by adding BMR) generates additional links, which strengthen the cohesion of the casein micelles network (FAO, 2011). Finally, it is worth to note that the differences noticed among the cheese of all treatments may be linked to cheese pH, degree of proteolysis and the polar characteristics of fat and protein fractions. Increasing the water binding capacity of the curd, leads to decrease in adhesiveness of cheese Mohamed et al., (2019).

**Table 5.** Changes in rheological characteristics of different treatments of soft white cheese made from Camel milk as affected by supplementing with BMR and SPP, when fresh and after 30 days of cold storage

Parameter	Storage period (days)	Treatments*						
		C	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Hardness (kg)	1	2.136	4.040	4.38	4.450	4.463	4.614	4.709
	30	4.342	6.524	6.75	6.811	6.840	6.895	6.973
Cohesiveness	1	0.207	0.312	0.413	0.565	0.578	0.646	0.711
	30	0.334	0.730	0.873	0.987	0.993	1.072	1.145
Springiness (mm)	1	0.275	0.459	0.545	0.744	0.763	0.771	0.794
	30	0.298	0.778	1.082	1.302	1.309	1.318	1.336
Gumminess (kg)	1	0.637	0.949	1.378	1.383	1.396	1.405	1.417
	30	0.758	1.240	1.671	1.672	1.688	1.715	1.726
Chewiness	1	0.216	0.436	0.761	1.029	1.078	1.159	1.277
	30	0.326	0.886	1.211	1.479	1.552	1.606	1.721

\*See Foot note Table 2.

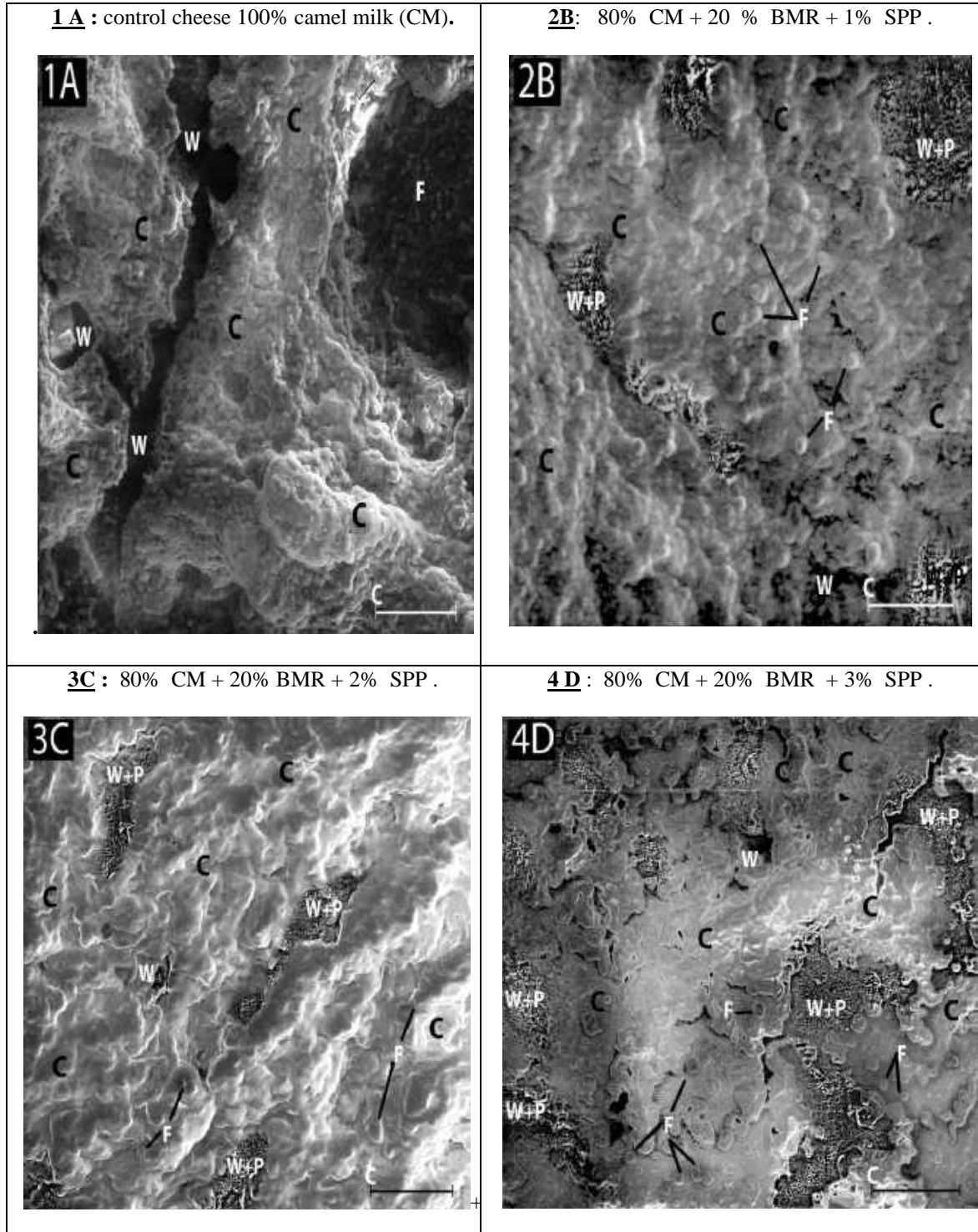
**Cheese Microstructure:**

The cheese matrix was, generally, made up of protein network in which fat globules are embedded and voids (black area) occupied by the water phase in the cheese. As it is known, cheese consists primarily of fat, protein, minerals, lactic acid and water. Protein form the major structural network of the cheese (appeared in the micrograph as a grey area) and entrap the fat. Protein, mainly casein, contributes to hardness, and fat and water contribute to smoothness. Calcium and its interactions with proteins, also, influence body and texture (Lawrence, et al., 1984). Scanning electron micrographs of control and treated fresh cheeses in our study contained BMR and SPP are shown in (Fig. 1&2). It was noticed that control cheese (picture, 1A) was characterized by granularly casein micelles network, not homogenous well, had low numbers of fat globules, and contained large whey voids or vacuoles. The number and size of voids were found much than that in the other treated cheeses. These observations resulted in weak, loose and open body and texture of that cheese, which noticed previously during the evaluation of the organoleptic properties.

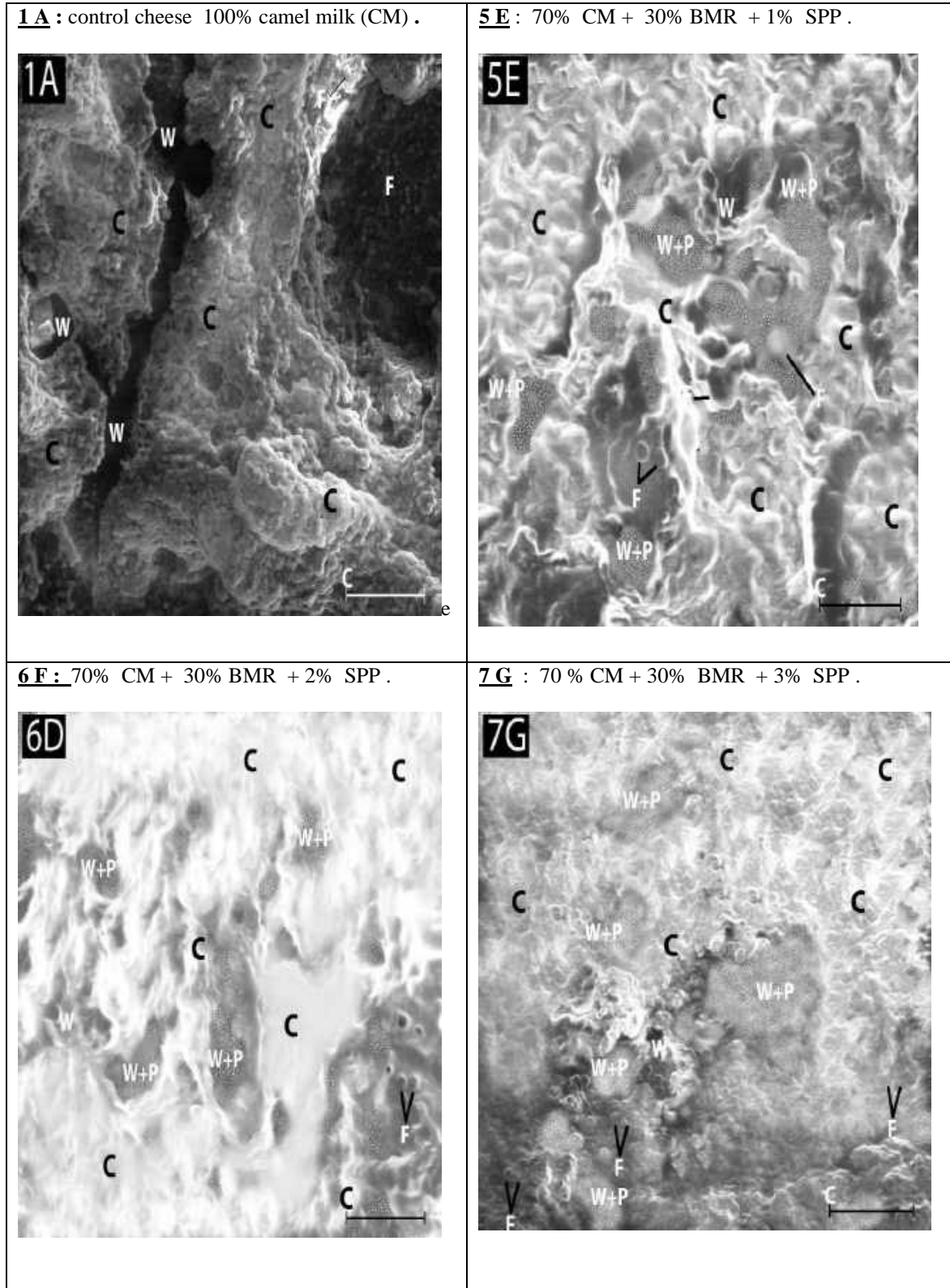
The use of BMR (20 or 30 %) in the manufacture of camel milk cheese improved greatly the microstructure of the resultant cheeses, to be homogenous and had large stretched of continuous protein matrix interspersed with serum channels (Pictures. 2-7).The granular shape of casein micelles noticed in control cheese was approximately disappeared .Micrographs revealed, also, that the protein matrix networks were of compact body & texture, had much accounts of fat globules, and as the percent of BMR increased the improvement of the resultant cheese was increased.

The utilize of SPP either in 20 or 30 % BMR cheeses, resulting in voids full of complex like-gel with whey (W+P), owing to the higher levels of starch (44-78 %) in the SPP, which had high water-binding ability (Pictures.2-7). As the level of SPP increased, the number and size of W+P voids increased. Casein micelles of cheese containing the highest percent of SPP were linked strongly with the improvement of the organoleptic properties of cheese, especially hardness of firmness.

From the previous observations, it was noticed, generally, that there were clear differences in the microstructure among all treatments, and this may be due to the variations in its chemical composition, manufacturing conditions and to the supplemented agents used.



**Fig. 1.** Micrographs of fresh camel milk cheese made using BMR and sweet potato powder. C: casein, W: Whey, F: fat globule, C-J: curd junction, W+P: whey+ sweet potato powder



**Fig. 2.** Micrographs of fresh camel milk cheese made using BMR and sweet potato powder. C: casein, W: Whey, F: fat globule, C-J: curd junction, W+P: whey+ sweet potato powder

**Sensory evaluation:**

Sensory evaluation revealed that color & appearance, body & texture and flavor of treated cheeses were affected, generally, by the different levels of supplementation and the storage period. Results, also, showed that the use of BMR, and SPP and calcium chloride increased greatly the sensory attributes of the resultant cheese, especially its flavor and body & texture as compared with the control cheese. These results confirmed the report which pointed out that curd firmness, measured either by empirical or instrumental methods were multiplicative after adding milk protein concentrated to camel milk (Shamas, et al., 2003).



After 30 days of storage, improvement has been happened in the flavor and body & texture of cheese of all treatments. Our results revealed, moreover, that a positive relationship was found between the sensory properties of the cheese and the rates of additives used. The highest degree of flavor, body & texture and appearance were found in samples contained the highest levels of BMR and SPP (T4–T6), all over the storage period. Whereas, the lowest ones were found in control cheese, which characterized by less compact body & texture and loose network. The main reasons for that were probably due to the low TS content of camel milk and to the differences in the fractions of camel milk protein than in cow milk. Camel milk had lower percent of  $\alpha$  s1-casein and k-casein and higher percent of  $\beta$ -casein (Table, 1b). Farah & Bachmann (1987) noticed, also, the former observations and stated that the total casein content in camel milk varies between 1.9 -2.3 % and is lower than that of cow milk (2.8-3.2 %). A difference between camel and cow milk regarding the size dimensions of the casein micelles were noticed also. The previous results were agreed with that found by (El-Zubeir and Jabreel, 2008) who reported that the general sensory features of camel milk cheese are light soft coagulum with a higher moisture content.

## Conclusion

This study demonstrated that the manufacture of fresh soft white cheese from camel milk fortified with (BMR) was most acceptable and improved the processing parameters such as (clotting time, curd firmness, syneresis, yield and shelf life). Cheese made from camel milk without the use of BMR had weak body & texture and inferior flavor along the storage period. Supplementation of camel milk with sweet potato powder (SPP) resulting in an increase in the amylose content (which leads to increase the starch retro gradation) and consequently, producing firmer gel, because starch act as a thickening agent.

Addition of BMR and SPP together improved greatly the quality and the sensory properties, especially curd firmness and consistency, of the resultant cheese.

## References

- Abd El-Salam MH, Alichanidis E, Zerfiridis GK (1994). Cheese: chemistry, physics Microbiology: Domiati and Feta-type cheeses. (2nd edn), Springer-Verlag, USA. .
- Agrawal, R.P., Budania, Sharma, R. Gupta and D.K. Kochar, (2007). Zero prevalence of diabetes in camel milk consuming Racia community of North-West Rajasthan. India. Diabetes Research and Chemical practice, Make references like this style, 76: 290 - 296.
- Ahmed, N.A.A., and el-Zubeir I.E.M. (2011). Effect of salt level on some physical and chemical properties and acceptability of camel milk cheese. Journal of Camelid Science 4: 40 -48.
- Akalin, A.S.; Unal, G.; Dinkci, N. and Hayaloglu, A.A. (2012). Microstructure, textural and sensory characteristics of probiotic yoghurt fortified with sodium calcium caseinate or whey protein concentrate. J.Dairy Sci. 95 (7), 3617-3628.
- Akinloye, A.M. and O.O. Adewumi.(2014) .Effects of local coagulants on the yield of cheese using cow and sheep milk. Int. J. Develop. Sustain. 3 (1): 150-161.
- A.O.A.C (2007). Association of Official Analytical Chemical Chemists, Official Methods of Analysis, Vol. 118<sup>th</sup> ed. Washington, D.C.
- Berridge, N.J. (1952). Some observations on the determination of the activity of rennet. Analyst, 77: 57.
- Bintsis, T. and P. Papademas.( 2017) .An overview of the cheese making process.In: P. papademas and T. Bintsis (eds). Global cheese making Technology. P. 120-156.
- Bourne, M.C., (2003). Food texture and viscosity: Concept and measurement. Elsevier Press, New/London.
- Brezovecki ,A M. Cagalj , Z.F. Dermit , N. Mikulec, D.B. Ljolic and N. Antunac (2015). Camel milk. Mljekarstvo 65 (2): 81-90.
- Ceirwyn S.J., (1995). Analytical chemistry of foods. Part 1 Pub. Bluckie Academic a professional P. 135.
- Collado, L, S., and Corke, H. (1996).Use of wheat sweet potato composite flour in yellow alkaline and white salitednodles.Ceal Chem. 73, 439 - 444.
- EL-Agmy, E.L. (2007).The challenge of cow milk protein allergy. Department of Dairy Science, Faculty of Agriculture, Small Ruminant Research , Egypt. PP: 64-72.
- El-Agamy, El, M. Nawar, S.M. Shamsia, S. Awad and G.F. W. Haenlem, (2009) .Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children Small R Rummant Research, 82: 1-6
- El-Safy, M.S., A.A. Nofa l and A. Hekmat, (1983) . The effect of acidic and basic amino acids mixtures on quality and ripening of Domiati cheese made from reconstituted milk. Egyptian J. Food Sci.11: 115 – 122.
- El-Zubeir, IEM.Jabreel, MSO. (2008) .Fresh cheese from camel milk coagulated with camifloc. International Journal of Dairy Technology 61: 90-95.
- El-Zubir, IEM.andSamah. O.J. (2008). Fresh cheese from camel's milk coagulated with Camilfloc. International Journal of Dairy Technology, 60: 90-95.
- Fahmi, A.H. and H.A. Sharara, 1950. Studies of Egyptian Domiati cheese. J. Dairy Res., 17: 312 – 328.
- FAO (2011). Animal production and health. Paper 113-Ways of improving cheese made from camel milk .Rome 2011.
- Farah, Z., (1993). Composition and characteristics of camel's milk. Journal of Dairy Research, 60: 603-620.
- Farah, Z. (1996). Camel milk properties and products. St. Gallen, Switzerland: SKA. Swiss Centre for Developments Cooperation in Technology and Management.
- Farah, Z., and M.R. Bachmann (1987). Rennet coagulation properties of camel milk. Milchwissenschaft, 42, 689-692.
- Fredrick, L.A. and Dullely, J.R.(1984).The effect of elevated storage temperature on the rheology of Cheddar cheese. N.Z.J. Dairy Technol., 68 (suppl. 1).

- Govindasamy Lucey, S.; Jaeggim J.J.; martinelli, C.; Johnson, M.E.; Lucey, J.A. 2011. Standardization of milk using cold ultrafiltration retentates for the manufacture of Swiss cheese: Effect pH altering coagulation conditions on yield and cheese quality. *J. Dairy Sci.* 94: 2719-2730.
- Gnan, S.O. and Sheriha, A.M. (1986). Composition of Libyan camel's milk. *Austr. J. of Dairy Techn.* 41 (1), 33-35
- Green, M.L.; Glover, F.A.; Scurlock, E.M.W.; Marshall, R.J.; Hatfield, D.S. (1981). Effect of use of milk concentrated by ultrafiltration on the manufacture and ripening of cheddar cheese. *J. Dairy Res.* 48: 333-341.
- Hailu, Y., E.B. Hansen, E. Seifu, M. Eshetu, M.A. Petersen, R Lametsch, F. Rattray and R. Ipsen. (2018). Rheological and sensory properties and aroma compounds formed during ripening of soft brined cheese made from camel milk. *Int. Dairy J.* 81: 122- 130.
- Hashim, I.B., Khalil, A.H. and Habib, H., (2009). Quality and acceptability of a set- type yoghurt made from camel milk. *Journal of Dairy Science*, 92: 857-862.
- IDF (1993). International Dairy Federation. Nitrogen content of milk and milk products. Annual Sessions Tokyo, Japan.
- Januario, J.G.B.; da Silva, I.C.F.; de Oliveira, A.S.; Oliveira, J.F.; Dionisio, J.N.; Klososki, S.J.; Pimentel, T.C. (2017). Probiotic yoghurt flavored with organic beet with carrot, cassava sweet potato or corn juice: Physicochemical and texture evaluation, viability and acceptance. *Int. Food Res. J.*, 24, 359 – 366.
- Jones-Abaiderrhamane N., (2013). Camel cheese: seemed like a good idea. *publnancy Jones Abeiderrhamane, Nouakchott Mauritania* 387 p.
- Kailasapathy, K. 2006. Survival of free and encapsulated probiotic bacteria and their effect on the sensory properties of yoghurt. *LWT* 39 (10): 1221 – 1227.
- Kappeler, S., Farah, Z. and Puhan, (1998). Sequence analysis of camelus dromedaries milk caseins. *J. Dairy Res.*, 65, 209 – 222.
- Karami, M., Ehsani, U.R. Mousavi, S.M., Rezaei, K. and Safari, M. (2009). Changes in the rheological properties of Iranian UF-Feta cheese during ripening. *Food chem.*, 112: 539.
- Konuspayeva, G., Faye B., Serikbaeva A., (2003). Les produits laitiers traditionnels à base de lait de chamelle en Asie ventral. *Atelier Int. sur le lait de chamelle en Afrique* FAO-CIRAD- KARKARA, Niamey, Niger. 5-8/ 11/03, 71-82.
- Konuspayeva, G., B. Camier, N. Aleilawi, M. Al-Shumeimri, K. Al-Hammad, K. Algruin, F. Alshammari, E. Beaucher and B. Faye. (2017). Manufacture of dry- and brine-salted soft camel cheeses for the camel dairy industry. *Int. J. Dairy Technol.* 70: 92-101.
- Lawrence, R.C.; H.A. Hepa and Gilles (1984): "A controlled approach to cheese technology". *J. Dairy Sci.*, 67: 1632.
- Kosikowski, F.V. (1978). *Cheese and Fermented Milk Foods*. Published by the Author. Camel, Univ. Ithaca, New York, USA.
- Marshall, R.G. (1982). An Improved method for measurement of the syneresis of curd formed by rennet action on milk. *J. Dairy Res.* 49: 329 – 336.
- Mehaia, A.M. (1993). Fresh soft white cheese (domiati type) from camel's milk: composition, yield and sensory evaluation. *Journal of Dairy Science*, 76: 2845-2855.
- Mehaia, M.A. (2006). Manufacture of Fresh Soft White Cheese (Dommiati Type) from Dromedary camel milk using ultra filtration process. *Journal of Food Technology* 4: 206-212.
- Mohammed S., Eshetu M., Tadesse Y. and Hailu Y., (2019). Rheological Properties and Shelf Life of Soft Cheese Made from Camel Milk Using Camel Chymosin. *Journal of Dairy & Veterinary Sciences*, ISSN: 2573-2196, volume 10 Issue 4, Research Article.
- Mohamed, M. A., M. Larsson-Raznikiewicz, and M. A. Mohamed (1990). Hard cheese making from camel milk. *Milchwissenschaft*, 45:716.
- Nelsonn, J.A. and G. M. Trout, (1965). *Judging Dairy Produces*, 4<sup>th</sup> Ed Olsen publishing Co. Milwaukee, WI, and PP. 533-12.
- Onabanjo, O.O. and Ighere, D.A., (2014). Nutritional, functional and sensory properties of Biscuit produced from wheat sweet potato compost. *Journal of Food Technology Research*, 1(3): 111 -121.
- Quan, S., H. Tsuda and T.M. Iyomoto, (2008). Angiotensin converting enzyme inhibitory peptides in skim milk fermented with *Lactobacillus Helveticus* 130B4 from camel milk Inner Mongolia China- *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88: 2688 – 2692.
- Park, Y.W. (2009). *Bioactive Components in Milk and Dairy Products*. Chapter 6. John Wiley and Sons Publishers.
- Ramet, J.P. (1994b). *Production de fromages à partir de lait de dromadaire en Mauritanie* Mission report. Rome, FAO. 60 pp.
- Ramet, J.P. (2001). The Technology of Making cheese from camel's milk (*Camelus dromedary*). *Animal production and Health paper*, No. 113, FAO, Rome, Italy.
- Sameen, A.; Mailzoor, M.F.; Huma, N.; Sahar, A.; (2017). Quality evaluation of ice cream Prepared with Sagudana (*Meteroxylon Sagu*) and Sweet Potato (*Ipomoea batatas*) starch as stabilizing agent. *Pak. J. Food Sci.*, 27, 1-6.
- Sandhu, K.S., Kaur, M. and Mukesh. (2010). Studies on noodle quality of potato and rice starches and their blends in relation to their physicochemical, pasting and gel textural properties. *LWT-Food Science and Technology* 43 (8): 1289 -1293.
- Shahein M.R., A. M. Hassanein and Abeer F. Zayan (2014). Evaluation of Soft Cheese Manufactured from Camel and Buffalo Milk. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 9 (2) : 213- 219.
- Shalabi S.I. (1987). Milk clotting activity of commercial rennet substitutes. A comparative study MENA, *J. Agric. Res. Dev.* 9: 441 – 460.
- Shamas, A.A., A.A. Al-Neshawy; M.S. Al-Wesali and S.H. Hamad, (2003). Utilization of camel milk in the manufacture of feta cheese. *Egypt. J. Appl. Sci.*, 18: 189 – 208.
- Surayia Zakir, Mohammed, S., Allen, J., Butt, M.S., Mehr, U.N., Umair, A., Islam. U.D. and A Asif Javaid (2008). Impact of sweet Potato Cultivars on blood glucose level in diabetic and healthy participants. *International J. Of Agriculture and Biology* 2008, 10 (3): 316 - 320.



- Tesfamariam B., eyassu S., Kurtu M.Y.,(2013). Physicochemical properties of butter made from camel milk. *Inti.Dairy J.*, 31 (2), 51-54.
- Van Hekken D.L., Tunick, M.H., Tomasula P.M., Corral, F.J.M., Gardea, A.A., (2007). Mexican Queso Chihuahua: Rheology of fresh cheese. *International Journal of Dairy Technology*, 60(1): 5-12.
- Zahida, Q, Huzhathuma, Sameen, A. and Iqbal, T. (2015). Camel milk cheese: Optimization of processing condition. *Journal of Camiled Science*, 8: 18-25.
- Zahida, Q. (2017). Optimization for processing parameters for camel milk cheese production. PH.D thesis in Food Technology, Pakistan.

## الملخص العربي

### تحسين جودة الجبن الأبيض الطرى الطازج المصنع من لبن الأبل باستخدام مكون لبني معين ومسحوق البطاطا

أمل مجاهد محمد النمر , حاتم حلمي عمر , محمد على أحمد , شريف عبدالخالق عثمان  
قسم بحوث تكنولوجيا الألبان بمعهد بحوث الإنتاج الحيواني

تهدف هذه الدراسة الى تحسين جودة الجبن الطرى الطازج المصنع من لبن الأبل وذلك باستبدال 20 , 30% من لبن الأبل بالمادة اللبنية الخاصة .... وتدعيم مخلوط اللبن الناتج بمسحوق البطاطا الحلوة بنسبة 1 , 2 , 3% .... فى محاولة للتغلب على مشاكل انتاج هذا النوع من الجبن ..... والأسراع من وقت التجبن وتحسين القوام .... ودراسة تأثير ذلك على الخواص الفيزيوكيميائية والريولوجية والكميائية والتركييب المجهرى (باستخدام الميكروسكوب الألكترونى للعينات الطازجة فقط) والخواص الحسية فى الجبن الناتج وهو طازج وخلال التخزين فى التلاجة لمدة 30 يوم مقارنة بالكنترول المصنع من لبن الأبل فقط , ولقد أظهرت النتائج مايلى:-

- \* تدعيم لبن الأبل بالمادة اللبنية ومسحوق البطاطا الحلوة أدى الى زيادة كل من الحموضة ؛ الجذب الخثرى . وكلما زادت نسبة التدعيم زادت هذه القيم فى الجبن.... بينما انخفض وقت التجبن ومعدل التشريش وقيم الpH مقارنة بالكنترول.
- \* أوضحت النتائج أن زيادة نسبة التدعيم بالمادة اللبنية ومسحوق البطاطا الحلوة أدى لزيادة كل من تصافى الجبن والجوامد الكلية والبروتين الكلى والدهن والملح والرماد والنتروجين الذائب والنتروجين الغير بروتينى والأحماض الدهنية الكلية الطيارة مقارنة بالكنترول... خلال مدة التخزين. وبتقدم مدة التخزين زادت جميع القيم السابقة تدريجيا ماعدا البروتين الذى انخفض بسبب عملية التحلل المائى بالانزيمات .
- \* اظهر الفحص بالميكروسكوب الألكترونى وجود اختلافات واضحة فى التركيب الدقيق بين جبن المقارنة وباقي معاملات الجبن الطازجة من حيث شكل ودرجة تماسك او اندماج وتجانس كتلة جسيمات الكازين ... وكذلك عدد وحجم فجوات الشرش وعدد حبيبات الدهن .. ويرجع ذلك الى الاختلاف فى التركيب الكيماوى ؛ ظروف التصنيع ؛ المواد المستخدمة فى التدعيم . ترتبط هذه الاختلافات بخصائص الجبن الفيزيوكيميائية ؛ الريولوجية ؛ الحسية .
- تميز التركيب الدقيق لجبن المقارنة (control) بكتلة من جسيمات الكازين حبيبية الشكل يتخللها فجوات كبيرة الحجم مملوءة بالشرش... ومنتشر بها عدد قليل من حبيبات الدهن . ادى اسخدام المادة اللبنية & مسحوق البطاطا الى تحسن كبير فى التركيب الدقيق للجبن الناتج... الذى تميز بقوام وتركيب مندمج compact ؛ متجانس ؛ بة عدد قليل من الفجوات المملوءة بالشرش ؛ ونسبة اكبر من حبيبات الدهن .
- عموما يوجد علاقة طردية بين نسبة اضافة كل من المادة اللبنية الخاصة ومسحوق البطاطا وبين درجة التجانس فى التركيب الدقيق للجبن الناتج .
- \* أشارت النتائج ايضا الى تحسن الخصائص الريولوجية للجبن المدعم بالمادة اللبنية الخاصة ومسحوق البطاطا الحلوة تحسنا كبيرا خصوصا درجة الصلابة وتماسك الخثرة .
- \* اظهرت الاختبارات الحسة جودة الجبن المضاف الية الاضافات السابقة من حيث النكهة والقوام والتركيب مقارنة بجبن الكونترول ذو القوام الضعيف والمفكك.
- لذا يمكن التوصية باستخدام لبن الأبل (النوق) المدعم بالمادة اللبنية الخاصة ومسحوق البطاطا الحلوة فى انتاج جبن طرى ذو جودة حسية عالية و فوائد غذائية وصحية عديدة .



# Difference of Simultaneous Integrated Boost Technique after Breast Conserving Surgery

Yonca Yahşi Çelen<sup>1\*</sup>, Hazım Orhan Kızılkaya<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Afyonkarahisar Health Sciences University, Department of Radiation Oncology, Afyonkarahisar-Turkey (ORCID:0000-0002-2869-664X)

<sup>2</sup> Sisli Hamidiye Etfal Training and Research Hospital, Department of Radiation Oncology, İstanbul-Turkey (ORCID: 0000-0001-6946-7539)

(First received 13 April 2020 and in final form 26 June 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.719046)

**ATIF/REFERENCE:** Yahşi Çelen, Y. & Kızılkaya, H. O. (2020). Difference of Simultaneous Integrated Boost Technique after Breast Conserving Surgery. *European Journal of Science and Technology*, (19), 578-587.

## Abstract

Whole breast irradiation after breast conserving surgery (BCS) is the standard treatment for early stage breast cancer. For early-stage breast cancer, breast-conserving surgery and subsequent postoperative radiotherapy are as effective as mastectomy. An early stage 10 breast cancer patient admitted to the Radiation Oncology Clinic of Sisli Hamidiye Etfal Training and Research Hospital was included in the study. The study is a retrospective study and patients were not treated with the plans and techniques used in the studies. In the study, the planning target volume (PTV) and the organs at risk (OAR) planned with Sequential Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) and Simultaneous Integrated Supplement (Boost) Intensity Modulated Radiotherapy (SIB IMRT) techniques in patients who have undergone breast conserving surgery due to breast cancer. It is aimed to be compared dosimetrically. For the study, patients with consecutive IMRT were given 50 Gy / 25 fraction to the whole breast and 10 Gy / 5 fraction to the boost area, while patients with SIB IMRT were given a total of 50.4 Gy / 28 fractions to the entire breast, while additional dose to the boost volume was given 60 Gy / 28 fraction dose. Ipsilateral lung, heart, the minimum and maximum doses of the PTV breast and PTV boost areas and the homogeneity index (HI), conformity index (CI) values were matched with the help of the t - test minitab program.

SIB IMRT technique and Sequential IMRT technique the ipsilateral lung; When the average doses of V5 value for 10 patients are compared, the results are not statistically significant, while the V20 value is statistically significant when the average dose values for 10 patients are compared, it has been demonstrated that SIB IMRT technique can be performed with a lower dose in the ipsilateral lung V20. When the heart average and heart V20 values are compared for the two techniques, the SIB IMRT technique was not statistically significant, and it has no superiority over the Sequential IMRT technique. While dose homogeneity was better with SIB IMRT in whole breasts, there was no difference in boost area homogeneity and whole breast conformity index SIB IMRT technique for decreasing excess normal tissue volumes irradiated, shortening the treatment process, dose reduction in organs at risk, reducing the dose per fraction for the breast and increasing the dose per fraction to the boost area due to the low incidence of acute skin toxicity, standard use in breast protector RT it can be recommended for.

**Keywords:** Breast cancer, Simultaneous integrated boost, Intensity modulated radiotherapy (IMRT), Breast conserving surgery.

## Meme Koruyucu Cerrahi Sonrası (MKC) Simultane İntegre Boost (SIB) Tekniğinin Farklılığı

### Öz

Meme koruyucu cerrahi (MKC) sonrası tüm meme ışınlanması erken evre meme kanseri için standart tedavidir. Erken evre meme kanseri için meme koruyucu cerrahi ve ardından postoperatif radyoterapi mastektomi kadar etkilidir. Şişli Hamidiye Etfal Eğitim ve Araştırma Hastanesi Radyasyon Onkoloji kliniğine başvurmuş erken evre 10 meme kanserli hasta çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışma retrospektif bir çalışma olup, hastalar çalışmalarda geçen plan ve tekniklerle tedavi edilmemiştir. Yapılan çalışmada meme kanseri nedeniyle meme

\* Corresponding Author: Afyonkarahisar Health Sciences University, Department of Radiation Oncology, Afyonkarahisar-Turkey, ORCID:0000-0002-2869-664X, [yoncayahsi@gmail.com](mailto:yoncayahsi@gmail.com)

koruyucu cerrahi uygulanmış hastalarda tüm meme ve boost alanına Sekansiyel Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART) ve Simultane İntegre ek (Boost) Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (SIB YART) teknikleri ile planlanan hedef alanı (PTV) ve risk altındaki organların (OAR) dozimetrik olarak karşılaştırılması amaçlanmaktadır. Çalışma için ardışık YART kullanılan hastalara tüm memeye 50 Gy/25 fraksiyon ve boost alanına 10 Gy/ 5 fraksiyon, SIB YART kullanılan hastalara da tüm memeye toplam 50,4 Gy/ 28 fraksiyon verilirken aynı zamanda boost hacmine ek doz 60 Gy/ 28 fraksiyon doz verilir. Aynı taraf akciğer, kalp, PTV meme ve PTV boost alanlarının minimum ve maksimum dozları ile Homojenite indeks (HI), konformite indeks (CI) değerleri eşleşmiş veriler için t – testi minitab programı yardımı ile alınan sonuçlar istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

SIB YART tekniği ile Ardışık YART tekniği aynı taraf akciğer; V5 değerinin 10 hasta için ortalama dozları karşılaştırıldığında sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı değilken, V20 değeri 10 hasta için ortalama doz değerleri karşılaştırıldığında istatistiksel olarak anlamlı olup SIB YART tekniği ile aynı taraf akciğer V20’de daha düşük doz ile tedavi gerçekleştirilebileceği ortaya konulmuştur. Kalp ortalama ve kalp V20 değerleri iki teknik için karşılaştırıldığında SIB YART tekniği istatistiksel olarak anlamlı bulunmamış olup, Ardışık YART tekniğine göre herhangi bir üstünlüğü yoktur. Tüm memede doz homojenitesi SIB YART ile daha iyi iken boost alanı homojenitesi ve tüm meme konformite indeksinde fark izlenmedi. Işınlanan fazla normal doku hacimlerini azaltmak, tedavi sürecini kısaltmak, risk altındaki organlarda doz azaltımı, meme için fraksiyon başına düşen dozu azaltmak ve akut cilt toksitesisi insidansının düşük olması nedeniyle boost alanına fraksiyon başına dozu arttırmak için SIB YART tekniği, meme koruyucu RT’de standart kullanım için önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Meme Kanseri, Simultane İntegre Boost, Yoğunluk Ayarlı Radyoterapi (YART), Meme Koruyucu Cerrahi.

## 1. Introduction

Cancer is of great interest in the scientific world, as it is among the highest causes of death worldwide. According to the report published by the World Health Organization in 2017, there were 8.8 million deaths from cancer worldwide only in 2015 (World Health Organization, 2016). Breast cancer is the second most common type of cancer after lung cancer worldwide (Kozan & Tokgöz 2016). One out of every 4 women diagnosed is breast cancer. It is seen that 44.5% of women diagnosed with breast cancer in our country are between the ages of 50-69 and 40.6% are between the ages of 25-49. The median age of diagnosis was found to be 53 which has the highest incidence of breast cancer compared to 23% of cancers in women in Turkey in cancer-related cause of death in women it is due to the great importance of the first order (Haydaroglu, 2015). In a year, 17,183 women were diagnosed with breast cancer.

On the other hand, despite the increase in the frequency of breast cancer in women in the last 15 years, it is known that there is a decrease in the mortality rate due to this disease (Kanyılmaz et al, 2017). As shown in (Fig. 1.), only 11.5% of breast cancer consists of remote-stage cancer cases.

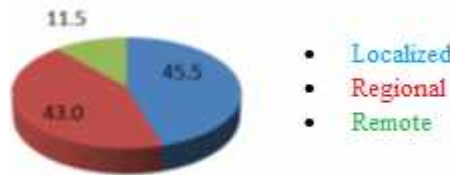


Fig. 1. Percentage distribution of breast cancer stage (Turkey United Database, 2015).

One of the most important risk factors in female cancers such as breast, uterine corpus and ovary is obesity. Cancers caused by obesity mostly affect women. For this reason, when the pattern of obesity related cancers is examined, it is seen that the speed in women is higher than that of men. Half of the diagnosed cases are ductal carcinoma insitu at diagnosis or early stage breast cancer. While treatment was mastectomy for whole breast cancer cases until about 50 years ago, breast conserving surgery and radiotherapy are accepted as standard treatment in early and selected advanced stage cases. The aim of breast-conserving surgery and radiotherapy is to achieve cosmetic success, low local recurrence and accompanying survival equivalent to mastectomy.

Radiotherapy has an important role in multidisciplinary treatment of breast cancer as primary or adjuvant therapy. Radiotherapy is a method used in the treatment of cancer and some benign diseases by using ionizing radiation. The primary goal of radiotherapy is to give the desired dose to the target area by giving the minimum dose to the environmentally critical organs (Chao et al, 2004).

In radiotherapy of breast cancer, prevention of hot and cold dose regions between adjacent areas, establishing adequate dose distribution in perifaric lymphatics, minimum lung, heart and risky organ irradiation, maximum protection of mediastinal tissues, obtaining cosmetically acceptable results can be easily applied and reproducible set. It is aimed to provide up conditions. It has been demonstrated by metaanalysis that radiotherapy (RT) in breast cancer cases has positive effects on disease-free and overall survival when appropriate indications and modern methods are used. The aim of radiotherapy is to maintain the homogeneous target volume and

intact tissues for tumor control, while maintaining the dose distribution required for target volume homogeneous and tumor control. Radiotherapy techniques in cases with breast cancer show differences due to the formation of target volumes at different depths and geometries depending on the anatomical structure of the region to be irradiated. The modern radiotherapy process, which started with the use of mega-voltage therapy equipment, reached a new point with the use of computer technologies in treatment planning and the use of Magnetic Resonance Imaging (MRI) and Positron Emission Tomography (PET) in determining target volumes (Khan, 2003). In modern radiotherapy planning, 3D-dimensional images created in computer environment are created by creating target and critical organ-tissue volumes on the images taken from Computerized Tomography (CT) simulator. An optimal plan is created by reviewing many techniques with planning computers. These are techniques that provide a perfect field combination with linear accelerators and concentric simulation. For this, it has become more important to ensure the stability of the same position in the simulation and treatment of the patient and breast. Radiotherapy treatment techniques can be selected from the most easily applicable technique, and more complex techniques can be selected. For this purpose, Three Dimensional Conformal Radiotherapy 3- DCRT, respiratory controlled RT, static IMRT (field in field) (Hijal et al, 2010, Bantema et al, 2011), dynamic IMRT (Guerrero et al, 2004, Cendales et al, 2012) or volumetrically modulated arc therapy (VMAT) (Nicolini et al, 2009, Scorsetti et al, 2012) can be used.

Intensity modulated radiotherapy (IMRT) is an advanced version of 3D-CRT. By adjusting the dose density in IMRT areas, the target volume can get the most suitable dose, while critical structures can receive less doses than 3D-CRT. The reverse planning technique uses an optimization algorithm that defines the beam parameters required to achieve the best possible solution (Mundt & Roeske 2005). With this algorithm, maximum and minimum dose criteria for target volume and tolerance dose values for risky structures are defined to the system. Therefore, in this method, it is expected that the optimization algorithm will obtain the values entered into the system by entering the desired dose distribution into the system in advance. To achieve this result, the optimization algorithm calculates the ideal bundle weights. With such computer-based radiotherapy techniques, it is possible to achieve near-ideal results in terms of tumor control probability (Tumor Control Probability - TCP) and normal tissue complication probability (Normal Tissue Complication Probability - NTCP) (Webb, 2003). The main purpose of inverse planning is to minimize the total dose received by normal tissues while achieving dose homogeneity at the target. The disadvantage of intensity modulated radiotherapy treatment techniques in breast irradiation is that the scattered dose received by the whole body is higher than 3D-CRT; the main advantage is that V30 doses for the heart and V20 for the lungs are significantly low (ICRU Report 62, 1999).

During optimization, dose-volume lenses are created as a result of the entered criteria. Graphic curves that are desired or close to desired are obtained in terms of target volume and critical structures. After optimization, the dose distribution is calculated with the dose calculation algorithm to convert the plan into true flux by taking the dose calculation parameters such as the yield factor depending on the irradiated area. In other words, the dose distribution desired to be achieved is determined primarily by optimization. This is called "reverse planning" (Mundt & Roeske 2005).

One point to note is that the calculation algorithm can sometimes calculate skin doses lower than their actual value, and this miscalculation may cause skin side effects due to the skin taking high doses. Therefore, the skin contour should be excluded from PTV. IMRT is based on the contour definitions drawn on CT images. Treatment planning system (TPS); By accepting targets and risky organs as fixed structures, it creates a sharp dose gradient around the target and protects the risky organs as much as possible. However, the structures and locations of organs may change because the patient's respiratory movement during treatment changes their target and organ positions. This should be taken into consideration before treatment and "breath hold technique" should be an option for IMRT. If the positions of the target and organ contours in the planning do not match during the treatment, sharp dose gradients originating from IMRT can be a disadvantage. Therefore, patient set-up and immobilization is critical for IMRT. In order to prevent unwanted patient movements, the comfort of the patient in the treatment position is mandatory. In addition, working in harmony with the patient is a key factor for IMRT.

Increasing dose to tumor bed with sequential IMRT reduces local recurrence (Bartelink et al, 2007, Alford et al, 2013) but significantly increases the risk of moderate to severe breast fibrosis by prolonging the treatment (Collette et al, 2008, Van Parijs et al, 2014). Alternatively, using a higher dose per fraction into the tumor bed, SIB IMRT has been shown to be dosimetrically advantageous and very well tolerated in the medium term, particularly for better dose compliance due to shorter treatment time (Bantema Joppe et al, 2012, Van Parijs et al, 2012, Bantema Joppe et al, 2013).

In selected cases who receive radiotherapy after breast conserving surgery, additional dose irradiation and breast irradiation are performed simultaneous (simultaneous integrated boost - SIB) (Moamen et al, 2015, Bantema Joppe et al, 2011, Thomas & Fitzgerald 2004). In this technique, the treatment time is shortened. In addition, CTV enables repetitive optimizations to create the limits of homogeneity in the breast. In external dose irradiation after external irradiation of the breast, there is no possibility to obtain the homogeneity created in SIB with the additional dose of electron, photon, IMRT. However, additional dose radiotherapy with brachytherapy can provide SIB-like dose homogeneity. In practice, a total of 5040 cGy from 180 cGy is given in 28 fractions, while the entire breast is given an additional dose to the boost volume and a total of 6000 cGy is given. IMRT + SIB dose definition was made by using the linear quadratic model by calculating the radiobiological equivalent dose of the fraction dose and total dose used in radiotherapy in breast. Normal tissue ( $\alpha / \beta$ ): 3 Gy and tumor ( $\alpha / \beta$ ): 10 Gy are considered to be comparable to BED values if biological equivalent dose is calculated using IMRT + SIB fractionation and conventional addition (boost) planned LQ model (Fowler, 1989).

## **2. Material and Method**

Sisli Hamidiye Etfal Training and Research Hospital applied to the Radiation Oncology Clinic, retrospectively from the treatment planning system of the early stage 10 breast cancer patient. Using the Computed Tomography (CT) images taken for the treatment

planning of these patients, virtual treatment plans were created by using sequential and SIB Intensity Modulated Radiotherapy technique (IMRT) with 6 MV photon energy in the Eclipse treatment planning system. In the study conducted to investigate the dosimetric difference in tumor and critical organ doses when using IMRT Sequential boost technique and IMRT Simultaneous integrated boost technique, our aim was not to be treated with the plans and techniques used in the studies. is to find the superiority of each other. For the study, patients using consecutive IMRT were given 50 Gy / 25 fraction to the entire breast and 10 Gy / 5 fraction to the boost area, and patients using SIB IMRT were given a total of 50.4 Gy / 28 fractions to the entire breast, while the additional volume was given 60 Gy / 28 fraction dose.

Ipsilateral lung, heart, the minimum and maximum doses of the PTV breast and PTV boost areas and the homogeneity index (HI), conformity index (CI) values were matched with the help of the t - test minitab program.

In the immobilization of the patient whose breast cancer radiotherapy is planned; The anatomical structure of the patient, the anatomical structure of the breast, the position of the arm and body, breathing, weight, RT time length and number of areas play a role. Correct set up is very important in IMRT technique. Patients are placed in the supine position in the midline. The sternum is angled as parallel to the ground as possible. The head is turned in the opposite direction with the appropriate under-head support and, if necessary, a stabilizer is placed under the knee under the hip. The arm on the side to be treated is fixed as high as possible with the arm stabilizers and laid on the CT table. Reference signs are determined on the patient. In this treatment position, 3mm section thickness CT images are taken. The CT images taken are transferred to the treatment planning system (TPS). In the treatment planning system, radiotherapy plan is made on CT images.

However, in some cases it may be necessary to display the tumor more clearly. In such cases, the location of the tumor is determined precisely by evaluating the CT together with the appropriate imaging method, but the radiotherapy plan is again made on CT.

Target volumes, sensitive structures and risky organs are contoured. CTV and PTV are drawn in from 0,5 cm patient contour to protect the skin from high doses. In addition to the standard tangential fields, areas with different gantry angles are used. Dose calculation algorithm is selected, the dose value desired to be given to the target volume is entered into the system, dose calculation is made. The maximum, minimum and average doses, limit volumes, and the priorities of the tissues in planning are introduced to the computerized planning system that will be valid for the target volume and normal tissues. TPS offers the most optimal dose distribution according to the prescribed dose limits. If the optimum dose distribution offered by TPS after the optimization process is not close to the desired dose distribution, the solution of the problem is sought. The beam angles are replaced if necessary. After optimization, dose-volume curves and isodose comparisons are made and the plan is modified if necessary. If the optimum dose distribution offered by TPS is close to the desired dose distribution, the dose is calculated.

Together with the radiation oncologist, the doses taken by the target volume and risky organs are evaluated, the plan is approved after it is found to be suitable for the desired dose distribution. Plan data is transferred to the treatment device and control system and saved. The quality assurance (QA) of the plans is the stage after the plan is approved. Treatment quality controls including MU account are performed. The approved plan is sent to the treatment device, the patient is positioned for treatment. Just before the treatment, kV image is taken to check the accuracy of the set-up position.

### **3. Results and Discussion**

In the study, patients undergoing breast conserving surgery with the diagnosis of breast cancer, target area (PTV) and the organs at risk (PTV) planned with Sequential Intensity Modulated Radiotherapy (IMRT) and Simultaneous Integrated Supplement (Boost) Intensity Modulated Radiotherapy (SIB IMRT) techniques OAR) was dosimetrically compared.

SIB IMRT technique and Sequential IMRT technique the ipsilateral lung; The doses of V5 value for 10 patients were compared using the minitab program and the paired t test. In order to perform Paired T - test on 10 patients included in the study, the normality test was applied to see if the data fit the normal distribution is shown in (Fig. 2.) As the result of the test ( $p > 0.05$ ), 10 patient data are suitable for normal distribution (*Table 1.*).



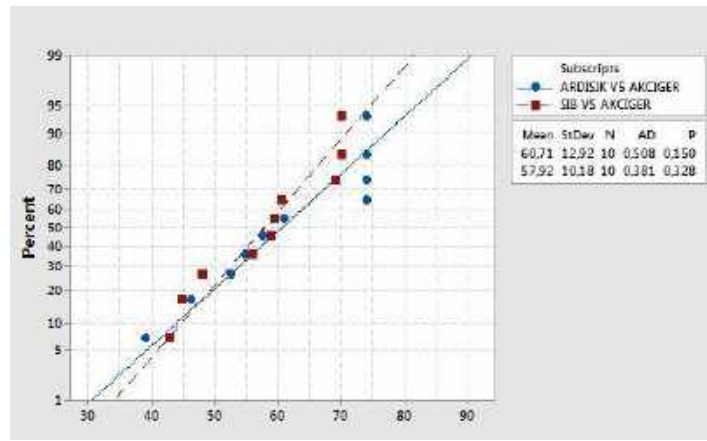


Fig. 2. Normality test results.

Table 1. Minitab V5 ipsilateral lung test result paired T-test and CI: SIB V5 Lung; Sequential V5 Lung descriptive statistics.

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
SIB V5 Lung	10	57,92	10,18	3,22
Sequential V5 Lung	10	60,71	12,92	4,08

Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound for $\mu$ difference
-2,79	5,50	1,74	0,40

T-Value	P-Value
-1,60	0,072

$\mu$  difference: mean of (SIB V5 Lung- Sequential V5 Lung)

Since Table 1 is the result of the test ( $p > 0.05$ ), the SIB IMRT technique was not found statistically significant and has no superiority over the Sequential IMRT technique.

SIB IMRT technique and Sequential IMRT technique ipsilateral lung; Doses of V20 values for 10 patients were compared using the minitab program and the paired t test. In order to perform Paired T - test to 10 patients included in the study, the normality test was applied to see if the data fit the normal distribution is shown in (Fig. 3.) Since the test result ( $p > 0.05$ ), the data of 10 patients are suitable for normal distribution (Table 2.).

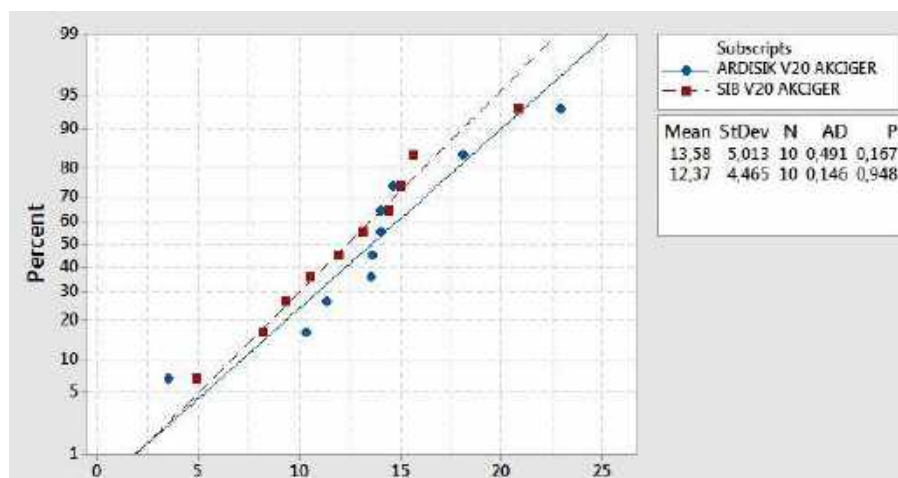


Fig. 3. Normality test result.

Table 2. Minitab V20 ipsilateral lung test result paired T-Test and CI: SIB V20 SIB V20 Lung; Sequential V20 Lung descriptive statistics.

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
SIB V20 Lung	10	12,37	4,46	1,41
Sequential V20 Lung	10	13,58	5,01	1,59

Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound for $\mu_{\text{difference}}$
-1,209	1,955	0,618	-0,076

T-Value	P-Value
-1,96	0,041

$\mu_{\text{difference}}$ : mean of (SIB V20 Lung- Sequential V20 Lung)

As a result of Table 2 test ( $p < 0.05$ ), it was revealed that the ipsilateral lung V20 value was statistically significant when comparing the average dose values for 10 patients, and with the SIB IMRT technique, a lower dose treatment could be performed in the ipsilateral lung V20. SIB IMRT technique and Sequential IMRT technique were compared for 10 patients with heart average and heart V20 values using the minitab program and paired t test. In order to perform Paired T - test on 10 patients included in the study, the normality test was applied to see if the data fit the normal distribution and shown in (Fig. 4.) Since the result of the test ( $p > 0.05$ ), the data of 10 patients are suitable for normal distribution (Table 3.).

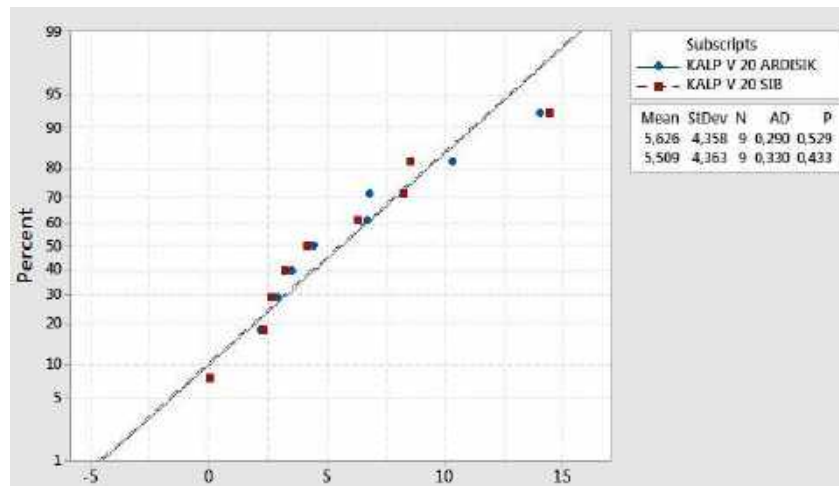


Fig. 4. Normality test result.

Table 3. Minitab V20 heart test result paired T-test and CI: Heart V20 SIB; Heart V20 Sequential descriptive statistics.

Sample	N	Mean	StDev	SE Mean
Heart V20 SIB	10	5,51	4,11	1,30
Heart V 20 Sequential	10	5,80	4,15	1,31

Mean	StDev	SE Mean	95% Upper Bound for $\mu_{\text{difference}}$
-0,295	1,110	0,351	0,348

T-Value	P-Value
-0,84	0,211

$\mu_{\text{difference}}$ : mean of (Heart V 20 SIB - HeartV 20 Sequential)

As a result of Table 3 test ( $p > 0.05$ ), when the mean and heart V20 values were compared for the two techniques, the SIB IMRT technique was not statistically significant, and it did not have any superiority over the Sequential IMRT technique.

The target volume (PTV) planned with both planning techniques received the desired dose as shown in (Fig. 5.) Dose homogeneity of the whole breast is better with the SIB IMRT technique. No statistically significant difference was observed in dose-volume comparisons and conformity index values of other risk organs.

It is aimed to compare the target volume and risk organs with the successive IMRT (Intensity Modulated Radiation Therapy) in (Fig. 6.) and SIB (Simultaneous Integrated Boost) techniques in (Fig. 7.) IMRT SIB technique can be recommended as adjuvant radiotherapy method in early breast cancer due to the shortening of the general treatment period, dose reduction in the organs at risk and high homogeneity and conformational advantages (Cuzick et al, 1994).

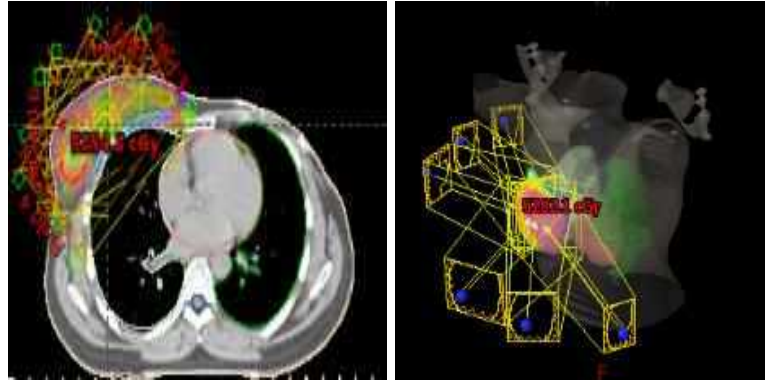


Fig. 5. Treatment areas of breast cancer patients planned with Imrt technique.

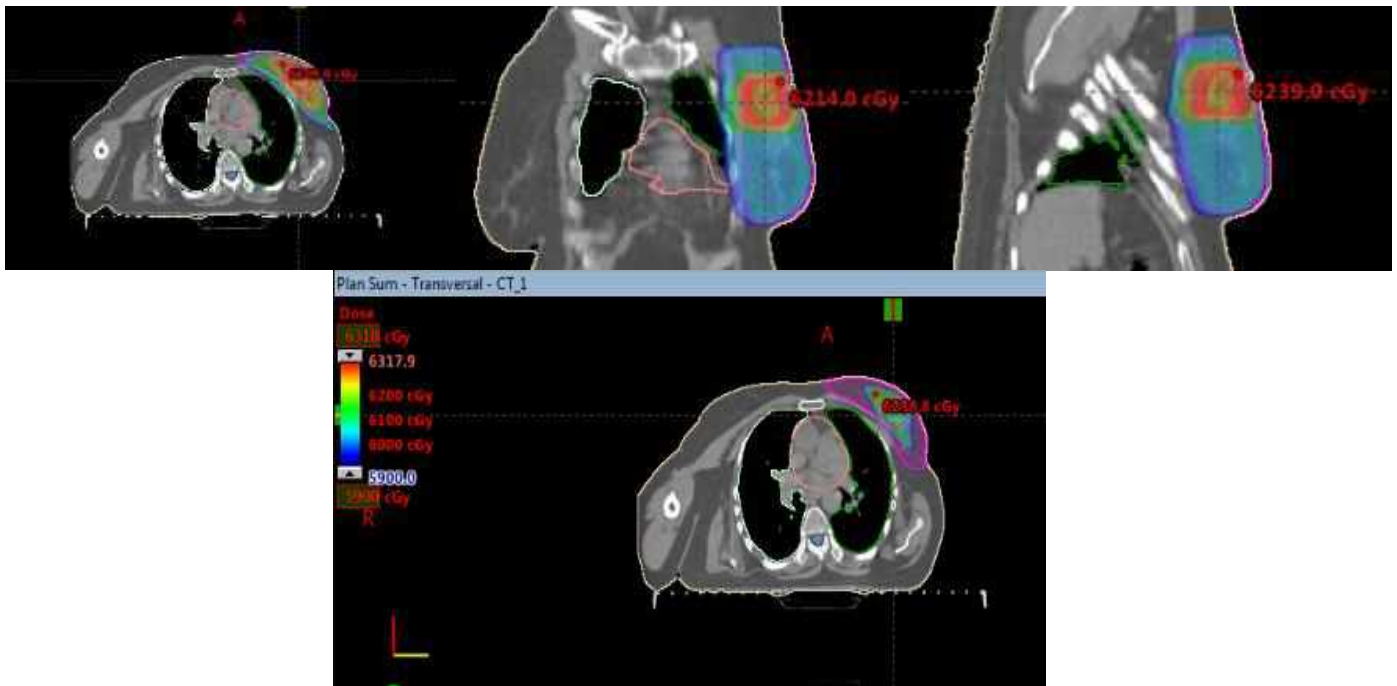


Fig. 6. IMRT with Sequential Boost.

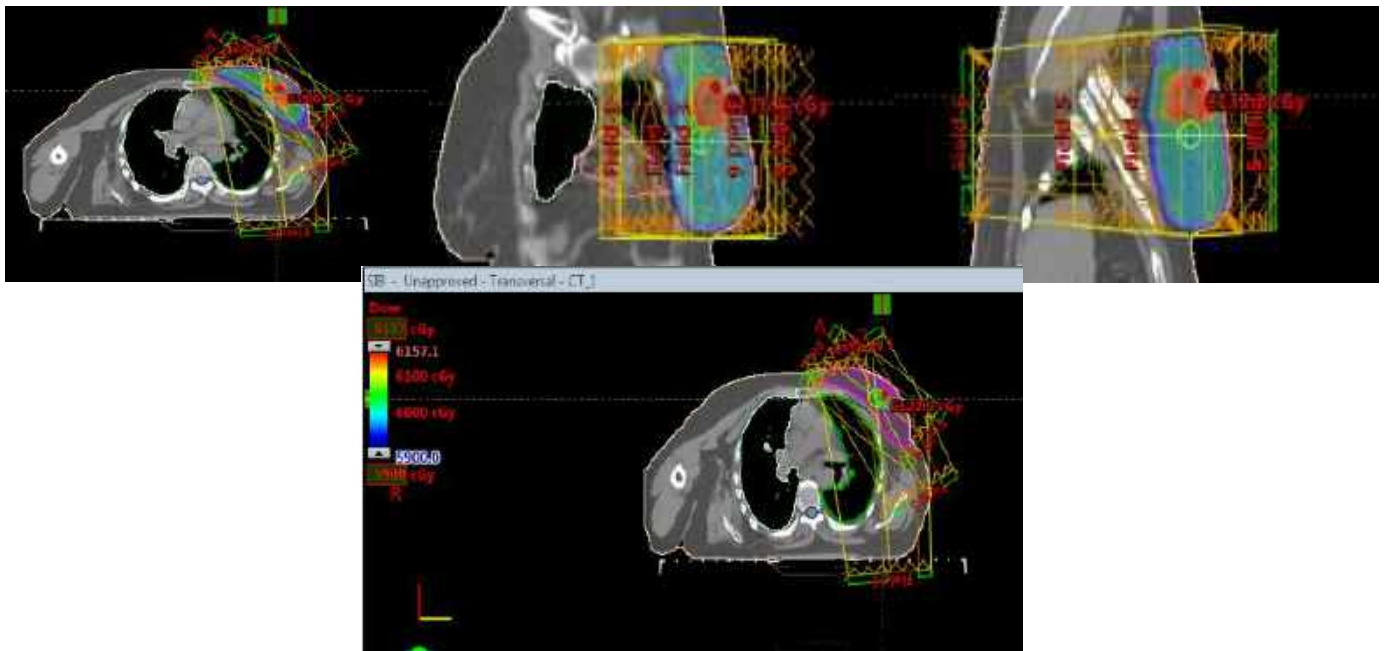


Fig. 7. IMRT with SIB.

It is evaluated by looking at the maximum and minimum doses of PTV, whether the defined dose covers the target, as well as the dose (D5) taken by 5% of the PTV (D95) and the doses taken by 95% (D5). D5 here represents the maximum dose and D95 represents the minimum dose. When the formula below is evaluated, it is seen that lower homogeneity index (HI) values provide a more homogeneous dose distribution on the target. Ideally, the value of HI is 0. The D50 in the formula is the dose taken by 50% of the target (Claus et al, 2002).

$$HI = ((D5-D95) / D50)$$

According to ICRU 62, the conformity index is found by dividing the treated volume by the entire PTV volume (ICRU Report 62, 1999).

$$CI = \text{Treated volume} / \text{PTV}$$

According to ICRU 83, the conformity index is found by dividing the PTV volume, which is surrounded by the determined reference dose, by the entire PTV volume. Ideally, the conformity index (CI) value is 1. Because the reference dose is expected to surround the entire PTV [31].

$$CI = \text{PTV volume} / \text{PTV that takes 95\% of the defined dose}$$

Dose homogeneity in the whole breast was better with SIB IMRT planning, but there was no difference in the boost area homogeneity and the whole breast conformity index. SIB IMRT technique was found to be statistically significant and lower in the ipsilateral lung V20 value. While dose homogeneity was better with SIB IMRT in whole breast, there was no difference in boost area homogeneity and whole breast conformity index. IMRT SIB technique for decreasing excess normal tissue volumes irradiated, shortening the treatment process, dose reduction in organs at risk, reducing the dose per fraction for the breast and increasing the dose per fraction to the boost area due to the low incidence of acute skin toxicity, standard use in breast protector RT it can be recommended for.

#### 4. Conclusions and Recommendations

The IMRT SIB technique is recommended as adjuvant radiotherapy in early-stage breast cancer due to shortened overall treatment time, target coverage and dose reduction in organs at risk, and high homogeneity and fitness benefits. Van der Laan et al. in their work, SIB techniques outperform the sequential technique. Dose analysis shows greater compliance spillage into the ipsilateral breast tissue other than the support volume. Although the PTV chest is also lower than the PTV increase, it has to take a dose. In the sequential reinforcement technique, the dose to the surrounding breast tissue is undesirable and SIB dose to the surrounding breast tissue is required when required. For the SIB technique, no extra margin around the PTV supplement is required to achieve target coverage. The better homogeneity index of the IMRT SIB technique and low lung doses is advantageous due to the decrease in the total fraction number. In the selection of patient treatment method, we recommend the selection by considering these advantages. (Moamen et al, 2016, Sedlmayer et al, 1994, Wan Der Laan et al, 2007).

The results of the sequential IMRT and SIB IMRT comparisons are consistent with the literature information.

## 5. Acknowledge

Our work has been done within the framework of academic ethical principles and the ethics committee permission has been obtained under the number 1322.

## References

- Alford, S. L., Prassas, G. N., Vogelesang, C. R., Leggett, H. J. & Hamilton, C. S. (2013). Adjuvant breast radiotherapy using a simultaneous integrated boost: clinical and dosimetric perspectives. *J Med Imaging Radiation Oncology*, 57(2), 222–9. <https://doi.org/10.1111/j.1754-9485.2012.02473>.
- Bantema-Joppe, E. J., van der Laan, H. P., de Bock G. H., Wijsman, R., Dolsma, W. V. & Busz, D. M. (2011). Three-dimensional conformal hypofractionated simultaneous integrated boost in breast conserving therapy: results on local control and survival. *Radiother Oncology*, 100(2), 215–20. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2011.05.027>.
- Bantema-Joppe, E. J., Schilstra, C., de Bock, G. H., Dolsma, W. V., Busz, D. M. & Langendijk, J. A. (2012). Simultaneous integrated boost irradiation after breast-conserving surgery: physician-rated toxicity and cosmetic outcome at 30 months' followup. *Int J Radiat Oncol, Biol, Phys.*, 83(e), 471–7. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2012.01.050>.
- Bantema-Joppe, E. J., Vredevelde, E. J., de Bock, G. H., Busz, D. M., Woltman-van Iersel, M. & Dolsma, W. V. (2013). Five year outcomes of hypofractionated simultaneous integrated boost irradiation in breast conserving therapy; patterns of recurrence. *Radiotherapy Oncology*, 108(2), 269–72. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2013.08.037>.
- Bantema-Joppe, E. J., van der Laan, H. P. & Bock, G. H. (2011) Three-dimensional conformal hypofractionated simultaneous integrated boost in breast conserving therapy: Results on local control and survival. *Radiotherapy and Oncology*, 100(2), 215–220. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2011.05.027>.
- Bartelink, H., Horiot, J. C., Poortmans, P. M., Struikmans, H., Van den Bogaert, W. & Fourquet, A. (2007). Impact of a higher radiation dose on local control and survival in breast-conserving therapy of early breast cancer: 10-year results of the randomized boost versus no boost EORTC 22881–10882 trial. *J Clin Oncology*, 25(22), 3259–65.
- Cendales, R., Vasquez, J., Arbelaez, J. C., Bobadilla, I., Espanol, R. & Torres, F. (2012). Intensity modulated radiotherapy (IMRT) with simultaneous integrated boost (SIB) in a patient with left breast cancer and pectus excavatum. *Clin Transl Oncology*, 14(10), 747–54. <https://doi.org/10.1007/s12094-012-0862-7>.
- Chao, K. S, Perez C. A. & Brady L. W. (2004). Radyasyon Onkolojisi Tedavi Kararları. Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul, Turkey.
- Claus, F., Mijneer, B., Rasch, C. & Bortfeld, T. (2002) Report of a study on IMRT planning strategies for ethmoid sinus cancer. *Strahlenther Onkol* 178, 572- 576.
- Collette, S., Collette, L., Budiharto, T., Horiot, J. C., Poortmans, P. M. & Struikmans, H. (2008). Predictors of the risk of fibrosis at 10 years after breast conserving therapy for early breast cancer: a study based on the EORTC Trial 22881–10882 ‘boost versus no boost’. *Eur J Cancer*, 44(17), 2587–99. <https://doi.org/10.1016/j.ejca.2008.07.032>.
- Cuzick, J., Stewart, H., Peto, R. & Houghton, J. (1994). Cause Specific Mortality in Long Term Survivors of Breast Cancer Who Participated in Trials of Radiotherapy. *J Clin Oncol*, 12, 447-53.
- Fowler, J. F. (1989). The linear-quadratic formula and progress in fractionated radiotherapy. *BrJ Radiol*, 62, 679-694.
- Guerrero, M., Li X. A., Earl, M. A., Sarfaraz, M. & Kiggundu, E. (2004). Simultaneous integrated boost for breast cancer using IMRT: a radiobiological and treatment planning study. *Int J Radiat Oncol, Biol, Phys.*, 59(5), 1513–22.
- Haydaroglu, A. (2015) Meme Kanseri Epidemiyoloji, Sınıflama Ve Evreleme. Epidemiology, Classification and Staging of Breast Cancer. *Türkiye Klinikleri J Radiat Oncol-Special Topics*. 1(2), 1-6.
- Haydaroglu, A., (2014). Meme Kanserinde Modern Radyoterapi Uygulamaları, Ege Üniversitesi Yayınları, İzmir, Turkey.
- Hijal, T., Fournier-Bidoz, N., Castro-Pena, P., Kirova, Y. M., Zefkili, S. & Bollet, M. A. (2010). Simultaneous integrated boost in breast conserving treatment of breast cancer: a dosimetric comparison of helical tomotherapy and threedimensional conformal radiotherapy. *Radiother Oncol.*;94(3), 300-6. <https://doi.org/10.1016/j.radonc.2009.12.043>.
- International Commission on Radiation Units and Measurements (1999) Report 62 Prescribing, Recording and Reporting Photon Beam Therapy (Supplement to ICRU Report 50).
- International Commission of Radiation Units and Measurements, (1999) Report 62. Prescribing, recording, and reporting photon beam therapy (supplement to ICRU Report 50).
- International Commission of Radiation Units and Measurements, (2010) Report 83. Prescribing, recording, and reporting intensity-modulated photon-beam therapy (IMRT).
- Kanyılmaz, G., Aktan, M., Benli Yavuz, B. & Koç, M. (2017) Meme Kanserinde 5 Yıllık Tedavi Sonuçlarımız ve Prognostik Faktörler. *Tek Merkez Deneyimi. Selçuk Tıp Dergisi*, 33(1), 5-9.



- Khan, F. M. (2003). *The Physics of Radiation Therapy*, 3rd Edition, Baltimore: Lippincott Williams and Wilkins.
- Kozan, R. & Tokgoz, V. (2016) Türkiye'de Meme Kanseri Farkındalığı ve Tarama Programı. *Acıbadem Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 7 (4), 185-188.
- Moamen M. O .M., Gerhard G., Lennart J., Frederik W., & Yasser A. (2015). M.Comparison of breast simultaneous integrated boost (SIB) radiotherapy techniques. *Radiation Oncology*, 10-139.
- Moamen M. O., Yasser, A. M., Lennart, J., Frederik, W. & Gerhard, G. (2016). Comparison of breast sequential and simultaneous integrated boost using the biologically effective dose volume histogram Aly. *Radiation Oncology*, 11-16.
- Mundt, A. J. & Roeske, J. C. (2005) *Intensity Modulated Radiation Therapy: A Clinical Perspective*, BC Decker Inc.
- Nicolini, G., Clivio, A., Fogliata, A., Vanetti, E. & Cozzi L. (2009). Simultaneous integrated boost radiotherapy for bilateral breast: a treatment planning and dosimetric comparison for volumetric modulated arc and fixed field intensity modulated therapy. *Radiat Oncology*, 4-27. <https://doi.org/10.1186/1748-717X-4-27>.
- Sedlmayer, F., Sautter-Bihl, M. L., Budach, W., Dunst, J., Feyer, P., Fietkau, R., Haase, W., Harms, W., Rödel, C., Souchon, R., Wenz, F. & Sauer R, (1994). Is the simultaneously integrated boost (SIB) technique for early breast cancer ready to be adopted for routine adjuvant radiotherapy. *Strahlentherapie und Onkologie*, 189, 193-196.
- Scorsetti, M., Alongi, F., Fogliata, A., Pentimalli, S., Navarria, P. & Lobefalo, F. (2012). Phase I-II study of hypofractionated simultaneous integrated boost using volumetric modulated arc therapy for adjuvant radiation therapy in breast cancer patients: a report of feasibility and early toxicity results in the first 50 treatments. *Radiation Oncology*, 7 -145. <https://doi.org/10.1186/1748-717X-7-145>.
- [Thomas, J. & Fitzgerald](#), M. D. (2004). [Marcia Urie](#), Forward-planned, multiple-segment, tangential fields with concomitant boost in the treatment of breast cancer. *Med.Dosim*, 29(4), 265–270.
- Van Der Laan, H. P., Dolsma, W., Maduro, J. H., Korevaar, E. W., Hollander, M. & Langendijk, J. A. (2007). Three-dimensional conformal simultaneously integrated boost technique for breastconserving radiotherapy. *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, 68(4), 1018–1023.
- Van Parijs, H., Miedema, G., Vinh-Hung, V., Verbanck, S., Adriaenssens, N. & Kerkhove, D. (2012). Short course radiotherapy with simultaneous integrated boost for stage I-II breast cancer, early toxicities of a randomized clinical trial. *Radiation Oncology*, 1, 7-80. <https://doi.org/10.1186/1748-717X-7-80>.
- Van Parijs, H., Reynders, T., Heuninckx, K., Verellen, D., Storme, G. & De Ridder, M. (2014). Breast conserving treatment for breast cancer: dosimetric comparison of different non-invasive techniques for additional boost delivery. *Radiation Oncology*, 9:36. <https://doi.org/10.1155/2014/827475>.
- Webb, S. (2003). The physical basis of IMRT and inverse planning. *Br J Radiology*, 76(910): 678-689.
- World Health Organization. (2016). What Is Breast Cancer, <https://www.cancer.org/cancer/breast-cancer/about/what-is-breast-cancer.html>, Erişim tarihi: 03.07.2017.



# Bilişsel Radyolarda Beklenti Maksimizasyonu ile Gauss Karışım Modelleri Kestirimi

Fatih Yavuz Ilgın<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7449-4811)

(İlk Geliş Tarihi 23 Nisan 2020 ve 21 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.726040)

**ATIF/REFERENCE:** Ilgın F. Y. (2020). Bilişsel Radyolarda Beklenti Maksimizasyonu Algoritması ile Gauss Karışım Modelleri Kestirimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 588-595.

## Öz

Günümüzde radyo frekans spektrumuna sürekli artan bir talep olduğu bilinmektedir. Bu durumun en büyük sebebi kablosuz haberleşme sistemlerinde iletilen veri boyutlarının sürekli artmasıdır. Bu nedenle Bilişsel Radyo (BR) sistemleri gelecekte yaşanacak spektrum kıtlığı problemlerine çözüm olabilecek potansiyel teknolojilerdir. BR sistemlerinde spektrum algılamanın temelinde algılanacak işaretin olasılık dağılım fonksiyonundan faydalanılmaktadır. Kablosuz haberleşme sistemlerinde spektrum algılama işlemini gerçekleştirecek olan BR kullanıcılarının uzaysal konumuna göre algıladığı işaretlerin olasılık dağılım fonksiyonları değişiklik göstermektedir. Bu çalışmanın amacı beklenti maksimizasyonu algoritması kullanarak farklı BR kullanıcıları tarafından algılanan işaretlerin, ortak Gauss karışım modelinin tahmin edilmesidir. Yapılan çalışmada benzetim sonuçları farklı BR kullanıcılarının uzaysal farklılıklarını içermesi açısından farklı gürültü seviyeleri ve farklı sayıda Bilişsel Radyo kullanıcı sayısına göre gerçekleştirilmiştir. Böylece tahmin edilen Gauss karışım modelleri kestirimi farklı spektrum algılama modellerine temel oluşturmak için kullanılabilir.

**Anahtar Kelimeler:** Bilişsel Radyo, Beklenti Maksimizasyonu, Spektrum Verimliliği, Spektrum Algılama, Optimizasyon

## Estimation of Gauss Mixing Models with Expectation Maximum in Cognitive Radios

### Abstract

Nowadays, it is known that there is a constantly increasing demand for the radio frequency spectrum. The biggest reason for this situation is the constantly increasing data sizes in wireless communication systems. Therefore, Cognitive Radio (BR) systems are potential technologies that can be a solution to future spectrum shortage problems. In the BR systems, the probability distribution function of the signal to be detected is utilized at the basis of spectrum detection. The probability distribution functions of the signals perceived by BR users according to their spatial location, which will perform spectrum detection in wireless communication systems, vary. The purpose of this study is to predict the common Gaussian mix model of signals perceived by different BR users using the expectation maximization algorithm. In the study, simulation results were performed according to different noise levels and different number of cognitive radio users in terms of spatial differences of different BR users. Thus, the estimated Gaussian mix models can be used to predict different spectrum sensing models.

**Keywords:** Cognitive Radio, Expectation Maximization, Spectrum Efficiency, Spectrum Sensing, Optimization.

\* Sorumlu Yazar: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Müh. Bölümü, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7449-4811) [fyilgin@erzincan.edu.tr](mailto:fyilgin@erzincan.edu.tr)

## 1. Giriş

Günümüz kablosuz haberleşme sistemlerinde band genişliği gereksinimlerinin, iletilen veri boyutlarındaki artış sebebi ile oldukça fazla olduğu bilinmektedir. Veri boyutlarında yaşanan bu artış miktarı, önümüzdeki yıllarda da hızlı şekilde gerçekleşeceği düşünülmektedir (Kortun vd., 2014). Artan band genişliği ihtiyacı ise daha fazla spektrum talebini de beraberinde getirmektedir. Fakat spektrumun kablosuz haberleşme sistemleri için kıt kaynak durumunda olduğu da bilinmektedir (Liang vd., 2008). O halde mevcut radyo frekans spektrumunun verimli kullanılması zorunluluğu kaçınılmaz bir gerçektir (Çiflikli ve Ilgin, 2018). Spektrumun verimli kullanımının önündeki en büyük engel spektrum paylaşımında kullanılan sabit spektrum atama yöntemleridir. Bu yöntemlerde Lisanslı Kullanıcıya (LK) atanan spektrum bölgesi, bu kullanıcı atanan frekansta aktif olmasa bile başka kullanıcıya açılmamakta ve bu frekans bölgesi atıl duruma geçmektedir. Bu problemi önlemek için dinamik spektrum atama yöntemleri kullanılarak boş spektrum bölgeleri belirlenmeli ve lisanssız kullanıcıların erişimine açılmalıdır. Lisanssız kullanıcı belirli bir spektrum bölgesini yasal olarak kullanma hakkı olmayan ve sadece bulunduğu spektrum boşluklarında haberleşme yapabilen kullanıcılarıdır. Lisanslı kullanıcı ise spektrum bölgesini yasal olarak kendisine tahsis edilmiş kullanıcıyı temsil etmektedir. Bu nedenle spektrum boşluklarının bulunması veya başka bir tanımla spektrum algılama, spektrum verimliliği açısından oldukça önemlidir.

Spektrum boşluklarının belirlenmesi için literatürde farklı yöntemler önerilmektedir. Bu yöntemlerden Enerji Algılama (EA) tabanlı yöntem, hesaplama maliyeti bakımından en avantajlı yöntem konumdadır (Shi-Qi vd., 2012). Fakat EA yöntemi ile başarılı bir algılama gerçekleştirmek için ortamdaki gürültü seviyesinin bilinmesi gerekmektedir (Li ve Lu, 2016). Gürültü seviyesi genellikle bilinen bir değer olmayıp kestirim yöntemleri kullanılarak belirlenmelidir. Dolayısıyla yapılacak kestirim hataları algılama performansını da olumsuz etkilemektedir (Lavanya ve Bhagyaveni, 2019). Ayrıca EA tabanlı algılamanın en büyük dezavantajı gürültü belirsizliği faktörüne karşı olan kırılabilirliğidir. Özdeğer tabanlı ve kovaryans tabanlı algılama yöntemleri de spektrum algılama için yaygın olarak kullanılmaktadır (Soltanmohammadi vd., 2013). Bu yöntemlerin en büyük avantajı spektrum algılama işlemini kör olarak yapabilmeleridir. Algılama işlemi için alınan işaret örnekleri yeterli olmaktadır (Bao vd., 2012). Fakat bu yöntemler işlem maliyeti bakımından EA yöntemine göre dezavantajlı konumdadırlar. Spektrum algılama için literatürde özellik algılama, eşleştirilmiş filtre gibi farklı yöntemlerde bulunmaktadır (Aparna ve Jayasheela, 2012). Bu yöntemler belirli dezavantajlarından dolayı uygulamada fazla yer bulamamaktadırlar. Özellikler son yıllarda çok kullanıcı spektrum algılama yöntemleri için çok sayıda çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar içinde gruplama yöntemleri kullanılarak en başarılı algılama için ikincil kullanıcılar arasında işbirliği yapan yöntemler önerilmektedir (Bazerque ve Giannakis, 2010). Çok kullanıcı BR sistemlerinde en başarılı algılama yapmak için farklı BR kullanıcılarını bir araya getirmektedir (Souid vd., 2017). Bazı yöntemlerde ise algılama sınırını belirleyecek eşik değerini, optimizasyon yöntemleri ile en iyi seviyede tutmaktır (Akyildiz vd., 2011).

Veri gruplama yöntemlerinde Gauss karışım modelleri oldukça fazla kullanılmaktadır. Gauss karışım modellerinin kestirimi için literatürde farklı yöntemler önerilmekle beraber, bu yöntemlerin başında Beklenti Maksimizasyonu (BM) algoritması gelmektedir (Mahmoud ve Xia, 2014). BM algoritması kişilerin davranış özelliklerinin sınıflandırılmasından, mühendislik alanında birçok problemin çözümü için kullanılmıştır (Cappé ve Moulines, 2009; Greff vd., 2017). BM algoritması Gauss karışım modelleri için görüntü ve ses uygulamalarında da kullanılmıştır. Bu çalışmalar içinde karışmış ses işaretlerin ayrıştırılması veya gürültü süzleştirme (denoising) çalışmaları yer almaktadır (Bailey ve Elkan, 1994). Görüntü işaretlerinde ise eksik verilerin tamamlanması veya veri madenciliği uygulamalarında kullanılmaktadır. Aynı zamanda biyomedikal işaretlerin tanımlanma ve sınıflandırılması gibi uygulamalarda da kullanılmaktadır (Garriga vd., 2016).

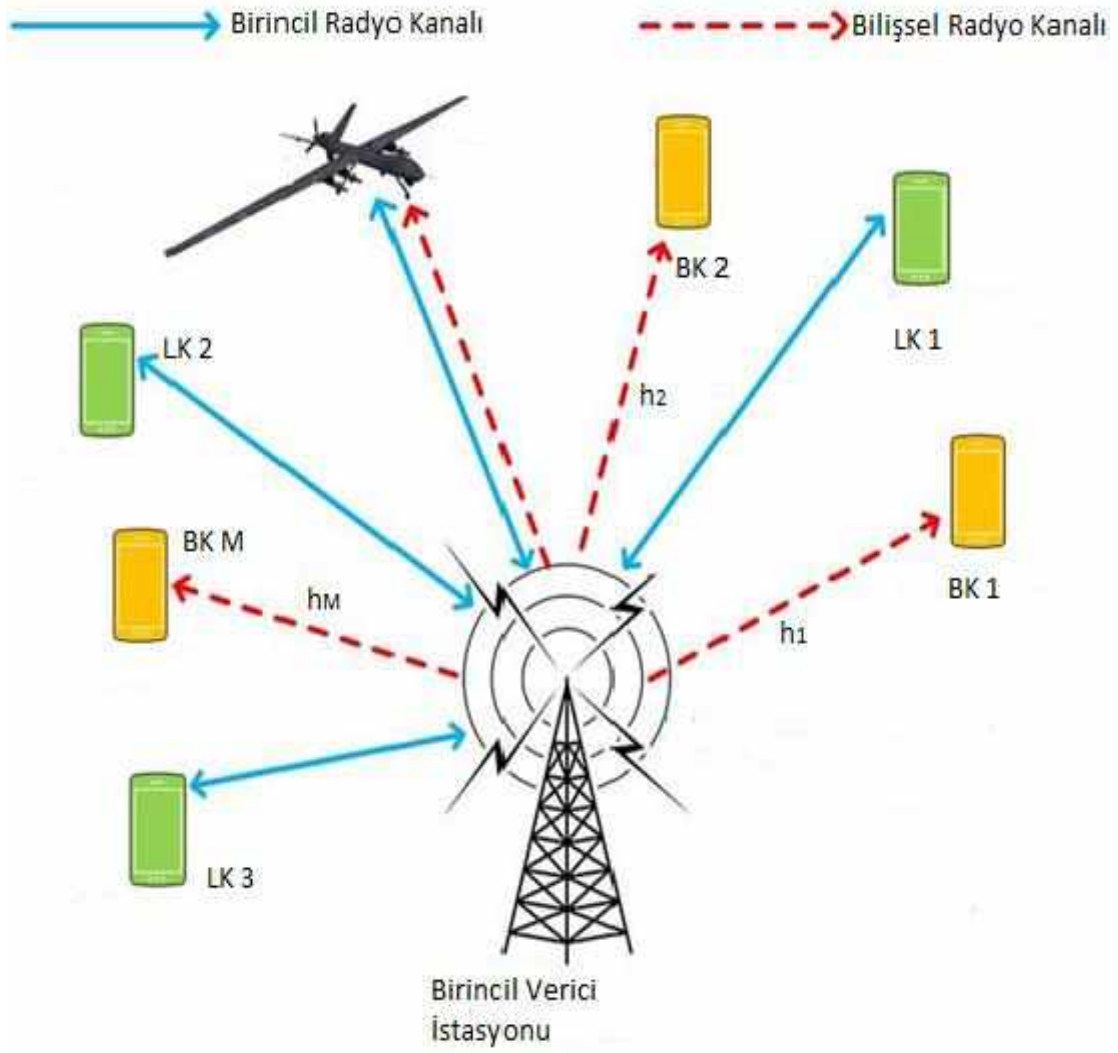
Bu çalışmada ise BR sistemleri için işbirlikli algılama modellerinde, beklenti maksimizasyonu yöntemi ile Gauss karışım modelleri kestirimi yapılmaktadır. Böylece tahmin edilen karışım modeli spektrum algılama uygulamalarında kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada belirlenen bir algılama modeli üzerinde, BR kullanıcılarının uzaysal farklılıklarını kullanarak BM algoritması ile olasılık dağılım fonksiyonu (Probability Density Function - PDF) kestirimi yapılmaktadır. Önerilen yöntemin performansını değerlendirmek için BR kullanıcıları farklı ortalama ve standart sapmalarda seçilmiştir. Ayrıca BM algoritması için farklı adım boyutlarının hesaplama süreleri de verilmektedir.

## 2. Bilişsel Radyo ve Karışım Modelleri için Temel Bilgiler

BR sistemlerinde karışım modeli için Şekil 1 ile verilen algılama modeli örnek gösterilebilir. Verilen şekilde Birincil Verici İstasyonu (BVİ), kendi iletim frekansı ve kapsama alanı içindeki lisanlı kullanıcılar ile haberleşme sağlamaktadır. BVİ'nin kapsama alanı içinde bulunan Bilişsel Kullanıcıların (BK) görevi ise BVİ'nin aktif/pasif olduğunu belirlemektir. Böylece BVİ pasif olduğunda bu frekans bölgesi BK'ların kendi aralarında haberleşmesi için kullanılmaktadır. Algılama teorisine göre BVİ'nin aktif yada pasif olması ikili hipotez ile belirlenmektedir. İkili hipotez aşağıda verilmektedir (Liang vd., 2008).

$$H_0 : x_i(n) = \eta_i(n), \quad i = 1, 2, \dots, P \quad (1)$$

$$H_1 : x_i(n) = s_i(n) + \eta_i(n), \quad n = 1, 2, \dots, N \quad (2)$$

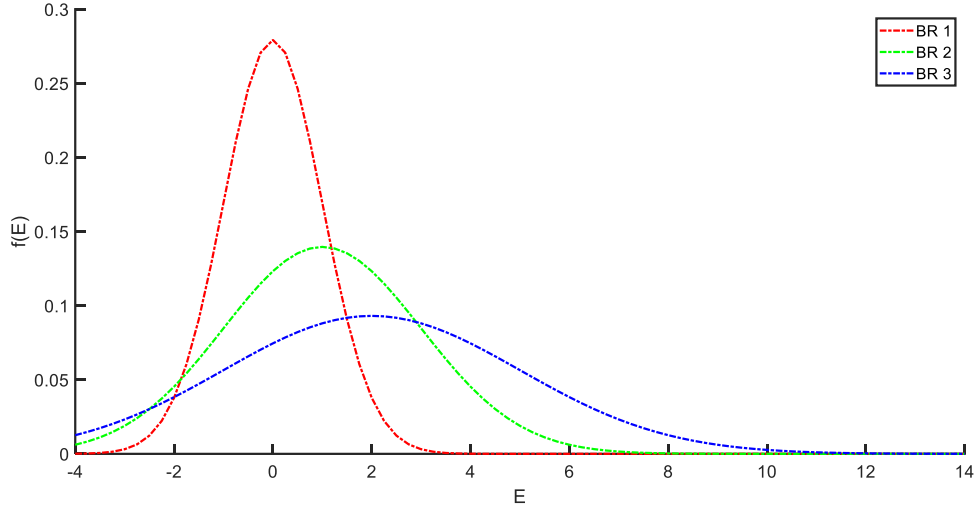


Şekil 1. BR sistemleri için temel algılama modeli

Burada  $x_i$  ve  $s_i$  sırasıyla,  $i$ . BR kullanıcılarından alınan işaret vektörünü ve BVİ vericisinin işaretini temsil etmektedir.  $H_0$  ve  $H_1$  ise BVİ'nin pasif ve aktif olduğu durumları belirtmektedir. Ek olarak  $P$  algılama modelinde bulunan BR kullanıcı sayısını,  $N$  ise bu BR kullanıcılarının algıladığı örnek sysını temsil etmektedir. Enerji Algılama (EA) tabanlı spektrum algılama yönteminde bir test istatistiği ile belirli bir eşik değeri karşılaştırılarak karar verilmektedir. Bu karar mekanizması matematiksel olarak aşağıdaki gibi ifade edilmektedir(Lorincz vd., 2019).

$$E = \sum_{n=1}^N |x_i(n)|^2 \underset{H_0}{\overset{H_1}{\geq}} \gamma_{EA} \quad H_0 \text{ veya } H_1 \quad (3)$$

Burada  $|x_i(n)|^2$  BR kullanıcıları tarafından alınan işaretin enerjisini temsil etmektedir.  $\gamma_{EA}$  ise EA tabanlı yöntemi için eşik değeri olarak tanımlanmaktadır. Şekil 1'de verilen algılama modelinde BR kullanıcılarının BVİ'ye olan uzaklık ve içinde bulunduğu konumundaki gürültü miktarına göre değişmektedir. Şekil 1'de verilen algılama modeli için  $P = 3$  varsayımı ve rastgele oluşturulmuş kanal katsayıları kullanıldığında, BR kullanıcıları tarafından alınan işaretin enerjisinin olasılık dağılımı aşağıda verilmektedir.



Şekil 2. Rastgele oluşturulmuş BR kullanıcıları için algılanan enerjinin olasılık dağılım fonksiyonları

BR sistemlerinde temel olarak işbirlikli ve işbirliksiz olmak üzere iki tip algılama modeli bulunmaktadır (Bazerque ve Giannakis, 2010). İşbirliksiz algılama modelinde her bir BR kullanıcısı spektrum kararını tek başına kendisi verebilirken, işbirlikli algılamada spektrum kararı sistemde bulunan bütün BR kullanıcılarının ortak kararıdır.

### 3. Beklenti Maksimizasyonu ile Gauss Karışım Modelleri Kestirimi

Gauss Karışım Modeli (GKM) (Gaussian Mixture Model - GMM) Gauss dağılımlı çoklu değişkenlerin modellenmesinde yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. GKM, her biri birer Gauss olasılık dağılımıyla ifade edilen bileşenlerin ağırlıklandırılmış toplamından oluşmaktadır. Gauss karışım modeli ise Eşitlik 4 ile verilmektedir (Rasmussen, 2000).

$$p(\tilde{x}|\Theta) = \sum_{p=1}^P h_p p(\tilde{x}|\Theta_p) \quad (4)$$

Burada  $\tilde{x}$  ve  $\Theta_p$  sırasıyla seçilen öznitelik vektörünü ve modeldeki her bir bileşeni temsil etmektedir.  $P$  ise modelde bulunan bileşen sayısını yani BR kullanıcı sayısını göstermektedir. Bu durumda aşağıda verilen eşitlikler yazılabilir (Mahmoud ve Xia, 2014).

$$p(\tilde{x}|\Theta_p) \sim N(\mu_p, \Sigma_p) \text{ ve } \sum_{p=1}^P h_p = 1 \quad (5)$$

Gauss karışım modelleri için BM algoritmasını temel olarak iteratif bir optimizasyon yöntemi olarak bilinmektedir. Algoritma, ilk olarak  $\Theta_p$  tahmininden başlayan ve ardından yakınsama algılanana kadar yinelemeli olarak güncelleştirilir. Her yineleme bir E-adımı ve bir M-adımından oluşmaktadır. E-adımı ve M-adımı sırasıyla beklenti ve maksimizasyon adımları olarak tanımlanmaktadır. E-adımında öncelikle rastgele bir olasılık dağılım fonksiyonu oluşturulmaktadır. Oluşturulan bu fonksiyonun logaritması alınarak logaritmik olasılık dağılım fonksiyonu elde edilmektedir. BM algoritmasında her bir BR kullanıcılarından alınana işaretlerin enerjisi  $E = \{e_1, \dots, e_M\}$  olduğunu varsayalım. Bilinmeyen parametreleri  $\Theta_p$  ile tanımladığımız varsayılırsa, BM algoritması ile bulmak istediğimiz kestirimleri  $\hat{\Theta}_p$  ile tanımlanırsa;  $\hat{\Theta}_p$  kestirimi aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Mahmoud ve Xia, 2014).

$$\hat{\Theta}^{BM} = \underset{\Theta}{\operatorname{argmax}} p_{\Theta}(e_1, \dots, e_M) \quad (6)$$

BM algoritması ile temel amacımız BR kullanıcılarından alınan işaretlere en çok ‘uyan’ maksimum olasılıklı parametreleri kestirmektir. Pek çok matematiksel modelde, gözlenebilen ölçümler, gözlemlenemeyen değişkenler ile olan ilişkileriyle beraber modellenir. Bu gizli değişkenleri  $X = \{x_1, \dots, x_M\}$  tanımladığımızı varsayalım. Bu parametreler, gözlemlenemeyen verileri ve bu verilerin ölçümlerle olan korelasyonunu açıklar. Aslında burada temel amaç  $p_{\Theta}(Y)$  fonksiyonu maksimize edilmesidir. BM algoritması



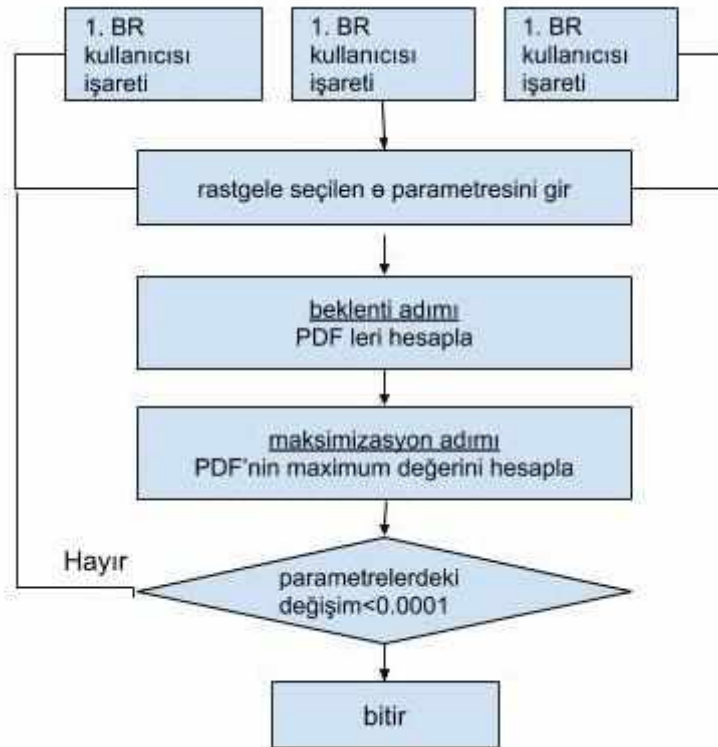
verilen bu ortak olasılık yoğunluk fonksiyonundan faydalanarak bilinmeyen parametrenin maksimum olabilirlik kestirimini iterasyonlarla bulmaya çalışmaktadır. Algoritmanın  $m$ . İterasyonunda beklenti bölümü için Eşitlik 7 ile verilen işlemler yapılır.

$$Q(\Theta_m|\Theta_{m-1}) = E_{P_{\Theta_{m-1}}}(X|E) [\log P_{\Theta}(X;E)] \quad (7)$$

Beklenti adımında tüm verinin logolabilirliğinin  $\log p^{\theta}(X, Y)$ , gizli değişkenlerin koşullu olasılık yoğunluk fonksiyonuna göre  $P_{\Theta_{m-1}}$  beklentisi hesaplanmaktadır. Bunun için koşullu olasılık fonksiyonu parametrelerin son tahmin değeri kullanılmaktadır. Maksimizasyon bölümü ise matematiksel olarak Eşitlik 8 ile tanımlanmaktadır.

$$\Theta_m = \underset{\Theta}{\operatorname{argmax}} Q(\Theta_m|\Theta_{m-1}) \quad (8)$$

Maksimizasyon adımında ise, Beklenti adımında hesaplanan beklenti fonksiyonu  $\Theta_m$ 'e göre maksimize edilmektedir. Beklenti ve maksimizasyon adımları, BM algoritmasının temelini oluşturmaktadır. İteratif olarak beklenti ve maksimizasyon adımlarını tekrar edilerek, belirli bir süre sonunda marjinal olabilirlik fonksiyonunun ekstremum noktalarından birine yakınsamaktadır. Bu yakınsama adımlarının sayısı, başta seçilen rassal değerlere göre değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada kullanılan yöntem aşağıdaki akış diyagramı ile verilmektedir.

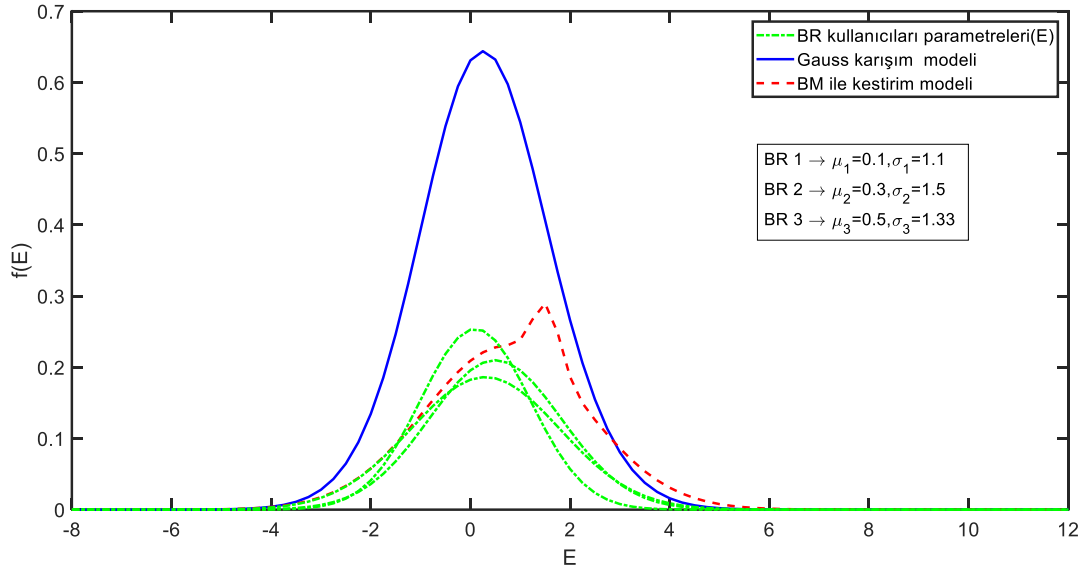


Şekil 3. Önerilen kestirim modeli için akış diyagramı

#### 4. Deneysel Sonuçlar

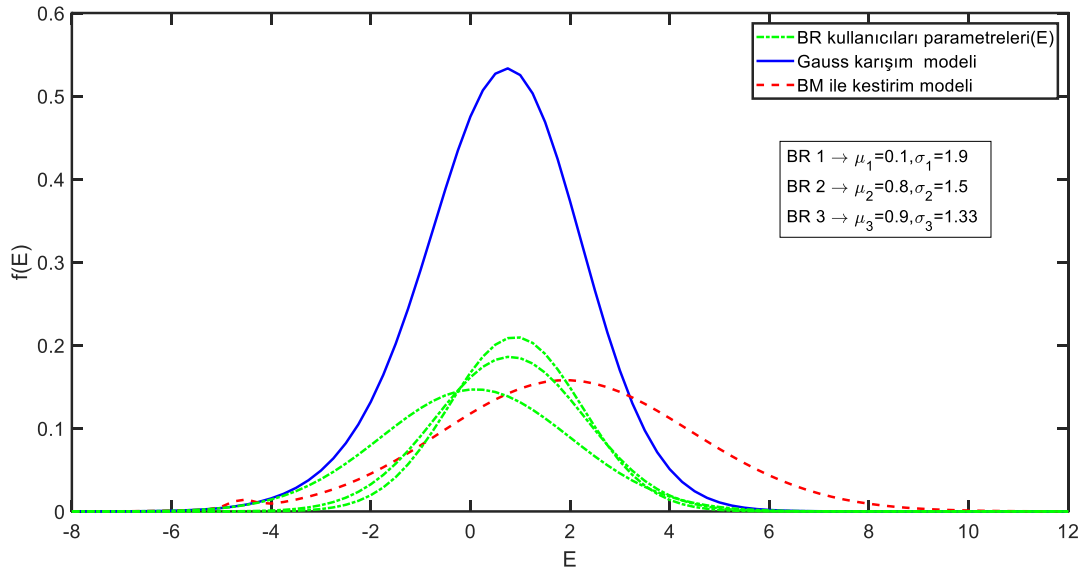
Bu çalışmada deneysel sonuçlar için Şekil 1 ile verilen spektrum algılama modeli kullanılmaktadır. Kanal katsayı vektörü  $\{h_1, \dots, h_M\}$  rassal olarak üretilmiştir. Haberleşme kanalı olarak Rayleigh sönümlü kanalı kullanılmıştır. Böylelikle her bir BR kullanıcısının anteni vasıtasıyla algıladığı işaretin enerjisi (E) farklı olasılık dağılımına sahip olmaktadır. Benzetim çalışmaları için

verilen grafiklerde  $\mu_1$  ve  $\sigma_1$ , 1. BR kullanıcısı tarafından alınan işaretin enerjisinin ortalamasını ve standart sapmasını belirtmektedir. Ayrıca grafiklerde mavi çizgi ile belirtilen Gauss karışım modelini temsil etmektedir. Gauss karışım modeli teorik olarak Eşiklik 4 ile ifade edilmektedir. Algılama modeline göre sistemde 3 adet BR kullanıcısı olduğunda, her bir kullanıcının algıladıkları işaret enerjilerinin olasılık dağılım fonksiyonları, Gauss karışım modeli ve BM algoritması ile kestirim sonuçları Şekil 3 ile verilmektedir. Şekilden görüldüğü üzere 3 BR kullanıcısı için hem ortalama ( $\mu$ ) ve standart sapma ( $\sigma$ ) değerleri verilmektedir. Bu değerler önceden de bahsedildiği gibi rassal olarak üretilmiştir. BM algoritması ile bulunan kestirim sonucuna bakıldığında, 3 farklı BR kullanıcı işaretine yakın olduğu görülmektedir.



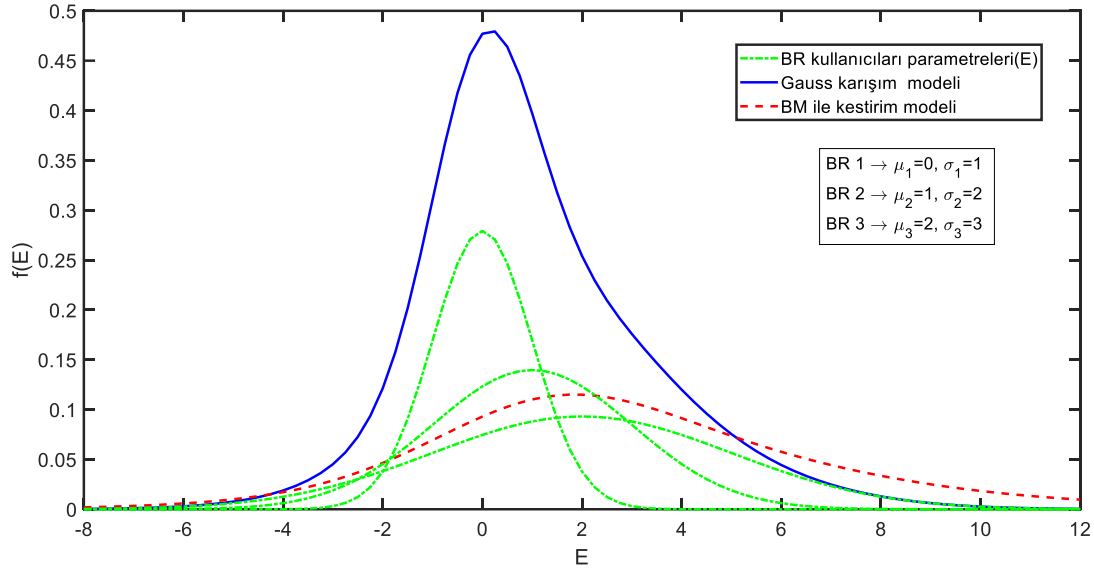
Şekil 4. Rassal üretilmiş  $\mu = [0.1, 0.3, 0.5]$  ve  $\sigma = [1.1, 1.5, 1.33]$  değerleri için BM algoritması kestirim sonucu ve Gauss karışım modeli

Sistemde  $\mu = [0.1, 0.8, 0.9]$  ve  $\sigma = [1.91, 1.5, 1.33]$  sahip veri içeren 3 adet BR kullanıcısı olduğunda kestirim işareti Şekil 5 ile verilmektedir. Burada BM algoritmasının oluşturduğu kestirim işaretinin ortalamasının yaklaşık 1.9 olduğu görülmektedir. Fakat kestirim işaretinin ortalamasının 1 seviyelerinde olması beklenmektedir. Çünkü 3 farklı BR kullanıcısının ortalaması 1 dedir. Bu nedenle BM algoritmasının başarılı bir kestirim yaptığı söylenemez.



Şekil 5. Rassal üretilmiş  $\mu = [0.1, 0.8, 0.9]$  ve  $\sigma = [1.91, 1.5, 1.33]$  değerleri için BM algoritması kestirim sonucu ve Gauss karışım modeli

Farklı standart sapma ve ortalamalara sahip veri içeren  $\mu = [0, 1, 2]$  ve  $\sigma = [1, 2, 3]$  3 adet BR kullanıcısı olduğunda kestirim işareti Şekil 6 ile verilmektedir. Burada BM algoritmasının oluşturduğu kestirim işaretinin ortalamasının yaklaşık 1.8 olduğu görülmektedir. Görüldüğü üzere BM algoritması Gauss karışım modelleri kestiriminde, işaret ortalamaları birbirinden farklı olması hata payını artırmaktadır. Gauss karışım modeline teorisi gereğince, 3 farklı işaretin altında kalan alanların toplamına eşit olduğu görülmektedir.



Şekil 6. Rassal üretilmiş  $\mu = [0, 1, 2]$  ve  $\sigma = [1, 2, 3]$  değerleri için BM algoritması kestirim sonucu ve Gauss karışım modeli

Tablo 1 ise farklı BR kullanıcı sayısı ve seçilen adım aralığına göre BM algoritmasının işlem sürelerini göstermektedir. Tablodan görüldüğü üzere BR kullanıcı sayısının azalması işlem süresini de kısaltmaktadır. Aynı zamanda adım aralığının artması işlem süresini de artırdığı söylenebilir. Fakat BM algoritması için verilen akış diyagramından da görüleceği üzere, BM algoritması iteratif bir yöntem olduğundan eski ve yeni parametrelerde değişim olmadığı zaman algoritma işlemi sonlandırmaktadır. Bu sonlandırma parametrelerdeki değişim miktarı ile olabileceği gibi iterasyon sayısı ile de olabilir. Bu çalışmada BM algoritması 25000 iterasyon ve değişim miktarı ile sınırlandırılmıştır. Süre ölçümleri için kullanılan bilgisayar i5 işlemci ve 6 GB ram belleğe sahiptir. Ayrıca kullanılan MATLAB sürümü 2019b' dir.

Tablo 1. BM için adım aralığı ve işlem süresi

Adım aralığı	BR kullanıcı sayısı	Süre(sn)
0.1	3	1.59
0.1	2	1.31
0.01	3	0.92
0.01	2	0.78
0.001	3	1.37
0.001	2	1.26
0.00001	3	1.22
0.00001	2	1.12

## 5. Sonuç

Bu çalışmada çok kullanıcıli BR sistemlerinde EA tabanlı algılama modelleri için, algılanan işaretlerin enerjilerinin kestirim çalışmaları yapılmıştır. BR sistemleri için EA tabanlı algılama yöntemlerinde, BR kullanıcıları tarafından alınan işaretlerin enerjisinin olasılık dağılım fonksiyonları, BR kullanıcılarının uzaysal konumuna göre değişmektedir. Çünkü haberleşme işaretinde bulunan gürültü miktarı ve böylece alınan işaretin olasılık dağılım fonksiyonu da değişmektedir. Bu çalışmada algılama modelinde farklı BR kullanıcılarından alınan olasılık dağılım fonksiyonlarının, tek bir fonksiyona indirgenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla farklı BR kullanıcılarının uzaysal farklılıklarını modellemek için rassal işaretler üretilmiş ve bu işaretlerin karışım modelleri BM algoritması ile

kestirimi yapılmıştır. Benzetim çalışmaları farklı kullanıcı sayısı, farklı adım aralığı için yapılmıştır. Böylelikle bu çalışmada elde edilen sonuçlar ile çok kullanıcı BR sistemlerinde, yeni algılama modelleri kullanılabilir. Kullanılacak bu algılama modelleri ile kullanıcı sayısı azaltımı ve işlem maliyeti bakımından olumlu sonuçlar elde edilebilir.

## **Kaynakça**

- Akyildiz, I. F., Lo, B. F., ve Balakrishnan, R. 2011. Cooperative spectrum sensing in cognitive radio networks: A survey. In *Physical Communication*. <https://doi.org/10.1016/j.phycom.2010.12.003>
- Bailey, T. L., ve Elkan, C. 1994. Fitting a mixture model by expectation maximization to discover motifs in biopolymers. *Proceedings / ... International Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology ; ISMB. International Conference on Intelligent Systems for Molecular Biology*.
- Bao, Z., Pan, G., ve Zhou, W. 2012. Tracy-Widom law for the extreme eigenvalues of sample correlation matrices. *Electronic Journal of Probability*, 17, 1–32. <https://doi.org/10.1214/EJP.v17-1962>
- Bazerque, J. A., ve Giannakis, G. B. 2010. Distributed spectrum sensing for cognitive radio networks by exploiting sparsity. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 58(3), 1847–1862. <https://doi.org/10.1109/TSP.2009.2038417>
- Cappé, O., ve Moulines, E. 2009. On-line expectation-maximization algorithm for latent data models. *Journal of the Royal Statistical Society. Series B: Statistical Methodology*. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9868.2009.00698.x>
- Çiflikli, C., ve Ilgin, F. Y. 2018. Covariance Based Spectrum Sensing with Studentized Extreme Eigenvalue. *Technical Gazette*, 25(6), 100–106.
- Garriga, J., Palmer, J. R. B., Oltra, A., ve Bartumeus, F. 2016. Expectation-maximization binary clustering for behavioural annotation. *PLoS ONE*. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0151984>
- Greff, K., Van Steenkiste, S., ve Schmidhuber, J. 2017. Neural expectation maximization. *Advances in Neural Information Processing Systems*.
- Kortun, A., Ratnarajah, T., Sellathurai, M., Liang, Y. C., ve Zeng, Y. 2014. On the eigenvalue-based spectrum sensing and secondary user throughput. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 63(3), 1480–1486. <https://doi.org/10.1109/TVT.2013.2282344>
- Lavanya, S., ve Bhagyaveni, M. A. 2019. EVM based rate maximized relay selection for cooperative cognitive radio networks. *AEU - International Journal of Electronics and Communications*, 104, 86–90. <https://doi.org/10.1016/j.aeu.2018.12.018>
- Li, C. M., ve Lu, S. H. 2016. Energy-Based Maximum Likelihood Spectrum Sensing Method for the Cognitive Radio. *Wireless Personal Communications*, 89(1), 289–302. <https://doi.org/10.1007/s11277-016-3266-0>
- Lorincz, J., Ramljak, I., ve Begušić, D. 2019. A review of the noise uncertainty impact on energy detection with different OFDM system designs. *Computer Communications*, 148, 185–207. <https://doi.org/10.1016/J.COMCOM.2019.09.013>
- Mahmoud, M., ve Xia, Y. 2014. Expectation Maximization. In *Networked Filtering and Fusion in Wireless Sensor Networks*. <https://doi.org/10.1201/b17667-6>
- Rasmussen, C. E. 2000. The infinite Gaussian mixture model. *Advances in Neural Information Processing Systems*.
- Aparna, P., ve Jayasheela, M. 2012. Cyclostationary feature detection in cognitive radio using different modulation schemes. *International Journal of Computer Applications*, 47(21), 975–8887. <https://doi.org/10.7763/IJFCC.2013.V2.249>
- Shi-Qi, L., Bin-Jie, H., ve Xian-Yi, W. 2012. Hierarchical cooperative spectrum sensing based on double thresholds energy detection. *Communications Letters, IEEE*, 16(7), 1096–1099. <https://doi.org/10.1109/LCOMM.2012.050112.120765>
- Soltanmohammadi, E., Orooji, M., ve Naraghi-Pour, M. 2013. Spectrum sensing over MIMO channels using generalized likelihood ratio tests. *IEEE Signal Processing Letters*, 20(5), 439–442. <https://doi.org/10.1109/LSP.2013.2250499>
- Souid, I., Ben Chikha, H., Dayoub, I., ve Attia, R. 2017. MIMO relaying networks for cooperative spectrum sensing: False alarm and detection probabilities. *Physical Communication*, 25, 194–200. <https://doi.org/10.1016/j.phycom.2017.07.006>
- Ying-Chang Liang, Yonghong Zeng, Peh, E. C. Y., ve Anh Tuan Hoang. 2008. Sensing-Throughput Tradeoff for Cognitive Radio Networks. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 7(4), 1326–1337. <https://doi.org/10.1109/TWC.2008.060869>



# Tunceli Uzunçayır Barajı Mansap Tarafında Su Kalitesinin Araştırılması ve İzlenmesi

Emine Işıl Arslan Topal\*

Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0309-7787)

(İlk Geliş Tarihi 1 Mayıs 2020 ve Kabul Tarihi 26 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.740012)

**ATIF/REFERENCE:** Arslan Topal, E. I. (2020). Tunceli Uzunçayır Barajı Mansap Tarafında Su Kalitesinin Araştırılması ve İzlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 596-605.

## Öz

Bu çalışmada, Tunceli Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının su kalitesi belirlendi. Su kalitesinin belirlenmesinin amacı, barajlardan mansaplanan su kütesinin hangi amaçla kullanılıp kullanılamayacağını değerlendirmesidir. Bu çerçevede, yüksek kaliteli sular olarak da ifade edilen “çok iyi” su durumunu gösteren sular Sınıf-1 kalitesindeki sular olarak belirtilmektedir. Bu sular içme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları, yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir suları, alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte suları ve hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikteki suları kapsamaktadır. Az kirlenmiş su olarak da ifade edilen “iyi su” durumunu gösteren sular Sınıf-2 kalitesindeki sular olarak ifade edilmektedir. Bu sular içme suyu olma potansiyeli olan yerüstü sularını, rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikteki suları, alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikteki suları ve Mer-i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak kullanılacak suları kapsamaktadır. Bu çalışmada, yerüstü su örnekleri 2019 yılı Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında alındı ve elde edilen veriler Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği’nde (YSKY) verilen su kalite değerleriyle mukayese edildi. Analiz sonuçlarına göre pH değerleri 7,92-8,01 arasında değerler aldı ve su kalite sınıfı Sınıf-1 olarak belirlendi. Sıcaklık değerleri 17,2-23,1 °C arasında değişkenlik gösterdi. Elektriksel iletkenlik (Eİ) değerleri 322-384 µS/cm arasında değerler aldı ve su kalite sınıfı Sınıf-1 olarak belirlendi. Nitrat azotu (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) konsantrasyonları 0,91-1,26 mg/L arasında tespit edildi ve buna göre su kalite sınıfı Sınıf-1 olarak belirlendi. Biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>) konsantrasyonları 2,1-3,5 mg/L arasında iken kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) konsantrasyonları ise 17,3-25,1 mg/L arasında değerler aldığı belirlendi. Sonuç olarak, Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının pH, sıcaklık, Eİ, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N, BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonları açısından Sınıf-1 kalitesinde, KOİ açısından ise Sınıf-2 kalitesinde olduğu tespit edildi.

**Anahtar Kelimeler:** Baraj, Su kalitesi, Tunceli, Uzunçayır, Yerüstü suları.

## Investigation and Monitoring of The Water Quality at Downstream Side of Tunceli Uzuncayir Dam

### Abstract

In this study, water quality of surface waters of downstream from Tunceli Uzuncayir Dam was determined. The purpose of determining the water quality is to evaluate for what purpose the water mass downstream from the dams can or can not be used. In this context, waters that show “very good” water status, also referred to as high quality waters, are specified as Class-1 waters. These waters include surface waters with high potential for drinking water, water that can be used for recreational purposes, including those that require body contact, such as swimming, water that can be used for trout production, and water that can be used for animal production and farm needs. The waters showing the status of “good water”, which is also referred to as less polluted water, are referred to as Class-2 quality waters. These waters include surface waters with the potential to be drinking water, waters that can be used for recreational purposes, waters that can be used for fish production other than trout, and waters that can be used as irrigation

\* Sorumlu Yazar: Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye, ORCID: 0000-0003-0309-7787, [eiarslan@firat.edu.tr](mailto:eiarslan@firat.edu.tr)



water provided that they meet the irrigation water quality criteria determined by the regulation. In this study, surface water samples were taken in June, July, and August (Summer) in 2019 and the data obtained were compared with the water quality values given in the Surface Water Quality Regulation (SWQR). According to the results of the analysis, pH values were between 7.92-8.01 and the water quality class was determined as Class-1. Temperature values were show changes between 17.2-23.1°C. The electrical conductivity (EC) values took values between 322-384  $\mu\text{S}/\text{cm}$  and the water quality class was determined as Class-1. Nitrate nitrogen ( $\text{NO}_3^-$ -N) concentrations determined between 0.91-1.26 mg/L and according to these results, water quality class was determined as Class-1. Biochemical oxygen demand ( $\text{BOD}_5$ ) concentrations were between 2.1-3.5 mg/L while chemical oxygen demand (COD) concentrations ranged between 17.3-25.1 mg/L. As a result, it was determined that surface waters of downstream from Uzunçayır Dam are Class-1 quality in terms of pH, temperature, EC,  $\text{NO}_3^-$ -N,  $\text{BOD}_5$  concentrations and Class-2 quality in terms of COD.

**Keywords:** Dam, Water quality, Tunceli, Uzunçayır, Surface waters.

## 1. Giriş

Dünya nüfusunun artışına paralel olarak her geçen gün su ihtiyacı da artmaktadır. Hızlı kentleşme ve endüstrileşmeye bağlı olarak artan su tüketimi atıksu miktarının artmasına ve temiz su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır. Bu nedenle, su kaynaklarının iyi yönetilmesi ve sürdürülebilir su kullanımının sağlanması gerekmektedir. Sürdürülebilir su kullanımı yönetim stratejilerini uygulamak için su kalitesi ve kirlilik kaynakları hakkında bilgi sahibi olmak önemlidir (Crosa ve ark., 2006; Sarkar ve ark., 2007; Zhou ve ark., 2007; Huang ve ark., 2014; Korkaç ve ark., 2017; Cıkcıoğlu ve ark., 2018). Nüfus artışı, düzensiz kentleşme ve sanayileşme, tarımda kimyasalların aşırı kullanımı (gübreler ve böcek ilaçları gibi), evsel atıksuların boşaltılması ve vadilere vahşi katı atık depolanması sular üzerinde ciddi baskı oluşturmaktadır (Ustaoglu ve Tepe, 2019). Bu durum nehir sistemlerinin doğal yapısını bozmakta ve su kalitesinin günden güne bozulmasına neden olmakta ve dünyadaki temel çevre sorunlarından biri haline gelmektedir (Ustaoglu ve ark., 2020).

Göller ve rezervuarlar, vazgeçilmez ekolojik değerlere sahip olan ve insan tüketimine kolayca erişilebilen en büyük yüzey tatlısu envanterini sağlayan hidrosferin hayati derecede önemli bileşenleridir (Herdendorf, 1982, Herdendorf, 1990, Lehner ve Döll, 2004; Wang ve ark., 2014). Bu nedenle hem doğal göllerin hem de yapay göllerin su kalitesini belirlemek oldukça önemlidir. Çünkü, su kalitesinin belirlenmesi suyun kullanım amacını belirler. Tüm su kullanımları arasında, tarım baskın kullanıcıdır ve sulu tarım dünyadaki su kaynaklarının yaklaşık %70'ini tüketmektedir (Galán-Martín ve ark., 2017; Li ve ark., 2020a). Bununla birlikte, tarımsal su kıtlığı, endüstriyel, evsel, ekolojik ve çevresel kullanımlar gibi tarım dışı sektörlerle yönelik su talebinin hızla artması nedeniyle artan baskıya maruz kalmaktadır (Levidow ve ark., 2014, Jiang ve ark., 2016; Li ve ark., 2020a). Su kalitesinin bozulması, küresel düzeyde halk sağlığı için birincil tehdittir (Rahman ve ark., 2020). Atıksuların iyi arıtılmaması, sanayi atıksuları ve kimyasalların tarımda sistematik olmayan kullanımı gibi antropojenik etkiler, su kalitesinin kötüleşmesinde hayati öneme sahiptir (Azizullah ve ark., 2011; Shirani ve ark., 2018; Subedi ve ark., 2019; Iqbal ve ark., 2020; Li ve ark., 2020b; Bashir ve ark., 2020). Bu nedenle, içme suyu (halk sağlığı) ve ham su (sucul yaşam ve sulama) kalitesi hakkında artan farkındalık ile yüzey suyu özelliklerinin değerlendirilmesi önemlidir (Ouyang, 2005; Paca ve ark., 2019).

Büyük nehir havzaları, özellikle tek tek ülkelerin yasama çerçevelerinde ve su kaynakları yönetimi önceliklerinde farklılık gösterebildikleri çok uluslu havzalarda, su kalitesi izleme ve yönetimi konusunda birçok zorluk oluşturmaktadır (Sommerwerk ve ark., 2010; Bloesch ve ark., 2012). Bu nedenle, su kalitesinin izlenmesi, insan faaliyetlerinin etkilerini, suyun insan kullanımına uygunluğunu ve tortu ve kirlenmelerin göllere ve kıyı bölgelerine akılarını (konsantrasyonlar ve deşarj ölçümleri yoluyla) belirlemede önemlidir (Chapman ve ark., 2016; Bayhan ve ark., 2017).

Bu çalışmada Yukarı Fırat Karasu Çayı Alt Havzasında yer alan Tunceli ilinin önemli su yapılarından biri olan ve Munzur Nehri üzerine kurulu olan Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının kalitesi bazı parametrelerle belirlendi. Bu çalışmanın literatürdeki diğer çalışmalardan farkı hem Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının kalitesinin belirlendiği bir çalışma olmaması hem de parametreler arasındaki ilişkiyi inceleyen bir istatistiksel çalışma yapılmamasıdır.

## 2. Materyal ve Metot

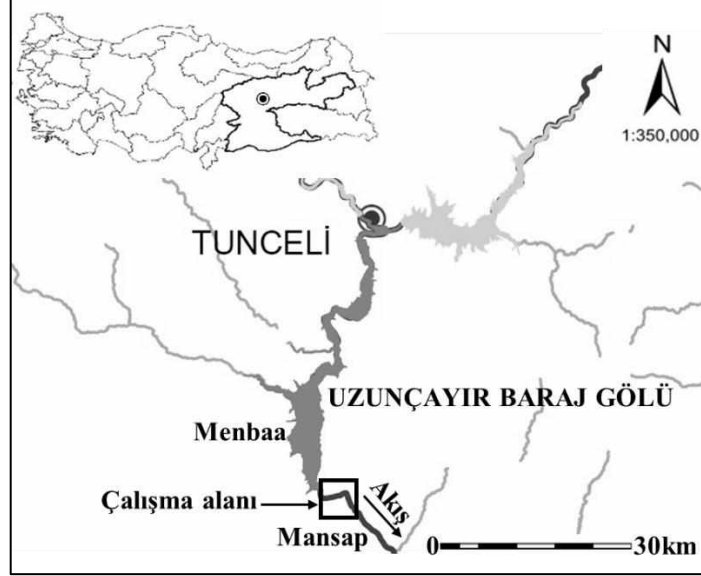
### 2.1. Materyal

Çalışma alanı olarak Tunceli ilinin önemli su kaynaklarından olan Munzur nehrinin üzerine kurulu Uzunçayır Barajının mansap alanı seçildi. Uzunçayır Barajı, Yukarı Fırat Karasu Çayı Alt Havzasında bulunan bir barajdır ve hidroelektrik enerji üretimi gerçekleştirilir. Uzunçayır Baraj Gölü farklı şekillerde kirlenmeye maruz kalmaktadır. Bu nedenle, Uzunçayır Barajından mansaplanan suların su kalitesinin belirlenmesi ve sürekli izlenmesi gerekmektedir. Çalışma alanı Şekil 1'de gösterilmiştir. Çalışmada Uzunçayır Barajından mansaplanan suların su kalitesini belirlemek amacıyla yerüstü su numuneleri Mazgirt köprüsü mevkiinden alındı. Uzunçayır Barajının mansap tarafının çalışma alanı olarak seçilme nedeni mansaplanan suların sulama suyu olarak tarım arazilerinde kullanılmasıdır. Bu amaçla, Tunceli Uzunçayır Barajı mansap tarafından yerüstü su numuneleri 2019 yılı Haziran, Temmuz ve Ağustos (yaz mevsimi) aylarında 10., 20. ve 30. günde kompozit numune olacak şekilde 5 farklı örnekleme noktasından alındı. Örnekleme noktalarına (ÖN) ait ED50 6 derecelik koordinatlar Tablo 1'de verilmiştir. Alınan yerüstü su numuneleri numune kaplarına aktarıldı. Numunelerde pH, sıcaklık, elektriksel iletkenlik, Kimyasal Oksijen İhtiyacı (KOİ), nitrat azotu ( $\text{NO}_3^-$ -N), Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı ( $\text{BOİ}_5$ ) parametreleri analiz edildi. Bu çalışmada, yaz mevsiminin seçilme nedeni tarımsal faaliyetlerin yoğun olması nedeniyle Uzunçayır Barajından mansaplanan suların sulama suyu ve kullanma suyu olarak tercih edilmesidir.

Tablo 1. Örnekleme noktalarına ait koordinatlar

Noktalar	Koordinatlar*	
	X	Y
ÖN-1	547182	4312164
ÖN-2	547159	4312185
ÖN-3	547157	4312160
ÖN-4	547132	4312150
ÖN-5	547116	4312168

\*Koordinatlar Magellan eXplorist 510 (Santa Clara, USA) cihazı kullanılarak elde edilmiştir.



Şekil 1. Çalışma alanı

## 2.2. Metot

Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularında fizikokimyasal parametrelerden pH, sıcaklık ve Eİ değerleri ile kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>), nitrat azotu (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N) konsantrasyonları belirlendi. Yerüstü su numunelerinin pH, sıcaklık ve Eİ değerleri Hach Lange 40d pH, elektriksel iletkenlik ve çözünmüş oksijen ölçer cihazı kullanılarak, BOİ<sub>5</sub> ve KOİ konsantrasyonları (BOİ tespiti için hazır kit: LCK554, Hach Lange ve KOİ tespiti için hazır kit: LCI500, Hach Lange) Hach Lange DR3800 model spektrofotometre ile spektrofotometrik yöntem kullanılarak belirlendi. NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N konsantrasyonları ise Nova60 model spektrofotometre ile spektrofotometrik yöntem (hazır kit: Nova60-14987, Merck) kullanılarak belirlendi.

## 2.3. İstatistiksel Analizler

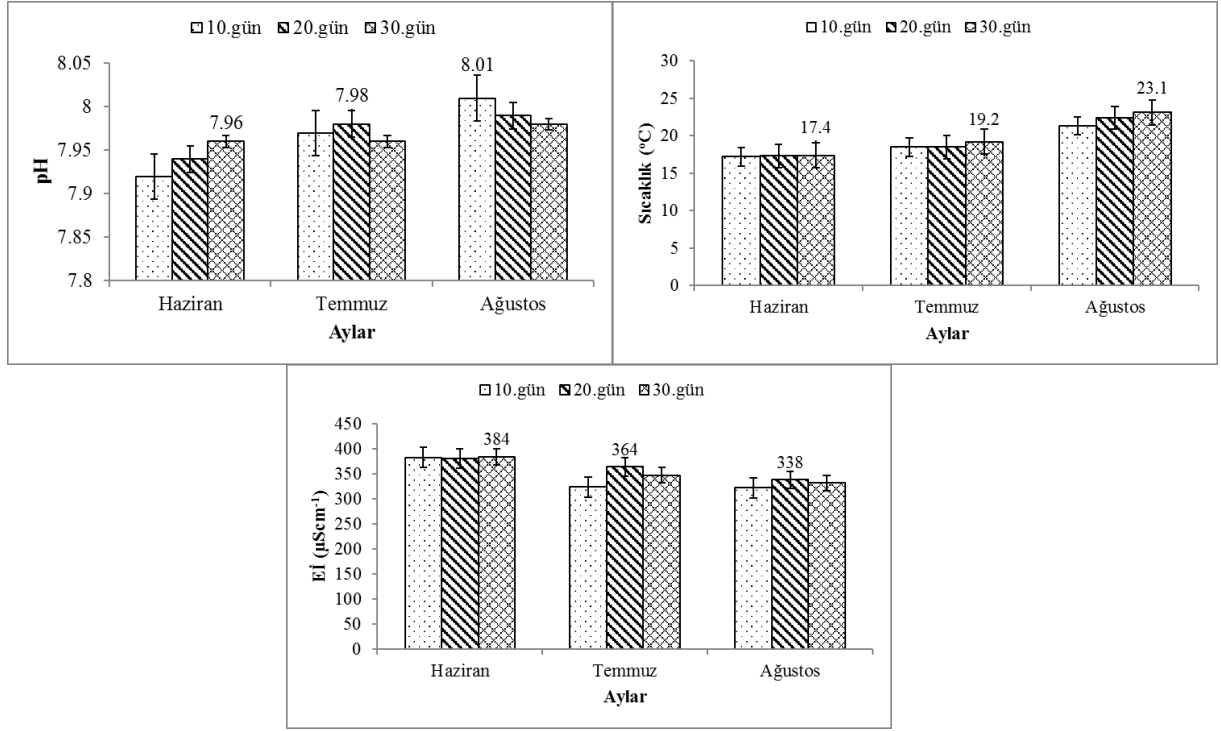
Bu çalışmada elde edilen verilerin istatistiksel analizi, IBM SPSS Statistics 21 programı (ABD) kullanılarak gerçekleştirildi. Çalışmada alınan yerüstü su örneklerinin her biri için analizler 3 paralel olacak şekilde gerçekleştirildi. Çalışmada elde edilen verilerin ortalaması alındı ve standart hata değerleri hesaplandı. Standart hata değerleri grafiklerde ayrıca gösterildi. IBM SPSS İstatistik 21 program yazılımı kullanılarak, Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları için her bir parametre arasındaki ilişki iki yönlü Pearson korelasyon testi kullanılarak belirlendi.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışma kapsamında Tunceli ili Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının su kalitesinin belirlenmesi amacıyla pH, sıcaklık ve Eİ parametreleri ile BOİ<sub>5</sub>, KOİ ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N parametreleri yaz sezonu boyunca analiz edildi. Analiz sonuçları 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanarak yürürlüğe giren Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği (YSKY) ile mukayese edildi. Ayrıca, aylara göre her bir parametre arasındaki ilişki istatistiksel olarak değerlendirildi. Yönetmeliğin ana amacı; yerüstü sular ile kıyı ve geçiş sularının biyolojik, kimyasal, fiziko-kimyasal ve hidromorfolojik kalitelerinin belirlenmesi, sınıflandırılması, su kalitesinin ve miktarının izlenmesi, bu suların kullanım maksatlarının sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde koruma kullanma dengesi de gözetilerek ortaya konulması, korunması ve iyi su durumuna ulaşılması için alınacak tedbirlere yönelik usul ve esasların belirlenmesidir (YSKY, 2012). YSKY’nde yerüstü su kütlelerinde bazı parametreler için çevresel kalite standartları ve kullanım maksatları ayrıntılı bir şekilde açıklanmış ve Ek-5 Tablo 2’de su kalite kriterleri verilmiştir. Yönetmelik incelendiğinde su kalite sınıfları dört kısma ayrıştırılmış ve çok iyi, iyi, orta ve zayıf olarak su kalite sınıfları belirlenmiştir. Bu kapsamda elde edilen veriler değerlendirilmiş ve aşağıda ayrıntılı bir şekilde tartışılmıştır.

### 3.1. pH, Sıcaklık ve Eİ

Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularından Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında alınan su örneklerinde tespit edilen pH, sıcaklık ve Eİ değerleri Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Uzunçayır Barajından Mansaplanan yerüstü sularının pH, sıcaklık ve Eİ değerleri

Şekil 2’de gösterilen pH değerleri her bir aya göre değerlendirildiğinde en yüksek pH değerinin Ağustos ayında 10. gün 8,01 olarak, en düşük pH değerinin ise Haziran ayında 10. gün 7,92 olarak tespit edildi. Haziran ayında yerüstü sularında en yüksek pH değeri 30. gün 7,96 olarak belirlenirken 20. gün ise 7,94 olarak belirlendi. Haziran ayının ortalama pH değerinin 7,94 olduğu tespit edildi. Haziran ayında pH değerlerinin çok fazla değişiklik göstermediği belirlendi. Yerüstü sularının Temmuz ayı pH değerleri incelendiğinde en yüksek pH değeri 20. gün 7,98 olarak, en düşük pH değeri 30. gün 7,96 olarak belirlenirken 10. gün pH değeri 7,97 olarak tespit edildi. Temmuz ayında ortalama pH değeri 7,97 olarak belirlendi ve Haziran ayında olduğu gibi farklı günlere göre tespit edilen pH değerleri çok değişiklik göstermedi. Ağustos ayı pH değerleri değerlendirildiğinde Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının pH değerlerinin 7,98-8,01 arasında olduğu ve en yüksek pH değerinin (pH=8,01) Ağustos ayının 10. gününde, en düşük pH değerinin (pH=7,98) ise Ağustos ayının 30. gününde olduğu belirlendi. Ağustos ayının 20. gününde alınan yerüstü su örneklerinde pH değeri 7,99 olarak tespit edildi. Ağustos ayının ortalama pH değeri 7,99 olarak hesaplandı. Yüzeysel sularının normal pH aralığı 6,5 ve 8,5 aralığındadır (Zhao ve ark., 2020). YSKY’nde pH için kalite kriterleri incelendiğinde her bir sınıf için pH değerlerinin 6-9 arasında olması gerektiği belirtilmiştir. Bu çalışmada pH değerleri 7,92-8,01 arasında değiştiğinden Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının su kalite sınıfı Sınıf 1 olarak (çok iyi) belirlendi. Ho ve ark. (2019) Klang Nehri’nde (Malezya) yaptıkları çalışmada nehir suyunun pH, değerinin nehirlerin su kalitesi standardında (Malezya su kalite indeksi sınıflaması) belirtilen Sınıf 2 ve Sınıf 3 için kabul edilebilir aralık dahilinde 5,5 ve 8 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Köse ve ark. (2016) Porsuk Çayı’nda yaptıkları çalışmada pH aralıklarını 7,19-8,69 aralığında tespit etmişlerdir. Güneş ve ark. (2008) Ergene Nehri havzasında yaptıkları çalışmada pH aralıklarını 7,2-9,5 olarak bildirmişlerdir.

Çalışmada izlenen parametrelerden biri sıcaklık parametresiydi. Sıcaklık değerleri incelendiğinde en yüksek sıcaklık değeri Haziran ayı için 30. gün 17,4 °C olarak, en düşük sıcaklık 10. gün 17,2 °C olarak belirlendi. Haziran ayında 20. gün için sıcaklık değeri 17,3 °C’di. Haziran ayının ortalama sıcaklık değeri 17,3 °C olarak hesaplandı. Haziran ayında sıcaklık değeri değişiklik göstermedi. Temmuz ayında tespit edilen en yüksek sıcaklık değeri 30. gün 19,2 °C, en düşük sıcaklık değeri 10. ve 20. gün 18,5 °C idi. Temmuz ayında Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının ortalama sıcaklık değeri 18,7 °C olarak belirlendi. Temmuz ayında sıcaklık değerleri Haziran ayında olduğu gibi çok değişiklik göstermedi. Ancak, Temmuz ayı sıcaklık değerleri Haziran ayında tespit edilen sıcaklık değerlerinden yüksekti. Ağustos ayı sıcaklık değerleri incelendiğinde en yüksek sıcaklık değeri 30. gün 23,1 °C olarak en düşük sıcaklık değeri 10. gün 21,3 °C olarak belirlendi. Ağustos ayında mansaplanan yerüstü sularının ortalama sıcaklık değeri 22,3 °C olarak tespit edildi. Ağustos ayı sıcaklık değerleri Haziran ve Temmuz ayında tespit edilen sıcaklık değerlerine göre daha yüksekti. Aylara göre sıcaklık değerleri büyükten küçüğe doğru Ağustos>Temmuz>Haziran şeklinde sıralandı. Su sıcaklığının artmasının nedeni yaz mevsiminde hava sıcaklığının artmasıdır.

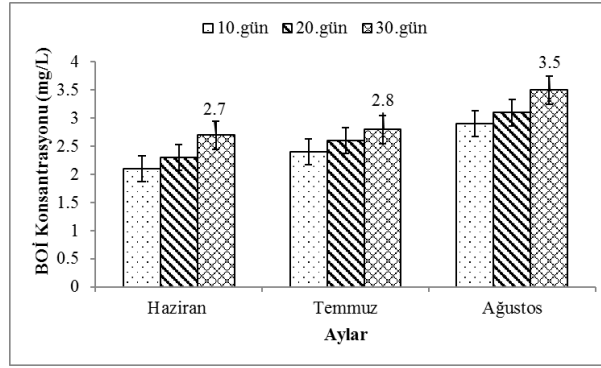
Çalışma kapsamında incelenen diğer bir parametre elektriksel iletkenlikti. Şekil 2’de verilen Eİ değerleri incelendiğinde Haziran ayında en yüksek Eİ değeri 30. gün 384 µS/cm olarak, en düşük Eİ değeri ise 20. gün 381 µS/cm olarak gerçekleşti. Haziran ayında 10. gün Eİ değeri 383 µS/cm olarak belirlendi. Haziran ayında tespit edilen ortalama Eİ değeri 383 µS/cm olarak hesaplandı. Haziran

ayında Eİ değerleri günlere göre fazla değişiklik göstermedi. Temmuz ayında tespit edilen en yüksek Eİ değeri 20. gün 364  $\mu\text{S/cm}$ , en düşük Eİ değeri 10. gün 324  $\mu\text{S/cm}$  olarak belirlendi. Temmuz ayı ortalama Eİ değeri 345  $\mu\text{S/cm}$  olarak hesaplandı. Temmuz ayında Eİ değerleri Haziran ayından Temmuz ayına kadar geçen sürede arttı, Temmuz ayından Ağustos ayına kadar geçen sürede ise azaldı. Ağustos ayında tespit edilen en yüksek Eİ değeri 20. gün 338  $\mu\text{S/cm}$  olarak, en düşük Eİ değeri ise 10. gün 322  $\mu\text{S/cm}$  olarak belirlendi. Ağustos ayında 30. gün Eİ değeri 332  $\mu\text{S/cm}$  olarak belirlendi. Ağustos ayında Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının ortalama Eİ değeri 331  $\mu\text{S/cm}$  olarak hesaplandı. Köse ve ark. (2016) Porsuk Çayı'nda yaptıkları çalışmada Eİ değerlerini 346-1261  $\mu\text{S/cm}$  aralığında tespit etmişlerdir.

YSKY'nde Eİ için kalite kriterleri incelendiğinde her bir sınıf için Eİ değerinin verildiği görülmektedir. Buna göre; Sınıf-1 kalitesindeki sular  $<400 \mu\text{S/cm}$ , Sınıf-2 kalitesindeki sular 400-1000  $\mu\text{S/cm}$ , Sınıf-3 kalitesindeki sular 1000-3000  $\mu\text{S/cm}$ , Sınıf-4 kalitesindeki sular  $>3000 \mu\text{S/cm}$  olarak sınıflandırılır. Çalışmamızda da Yaz mevsimi boyunca Eİ değerleri 322-384  $\mu\text{S/cm}$  arasında değerler aldığından su kalite sınıfı Sınıf-1 olarak belirlendi. Turan ve Ülkü (2003) tarafından Denizli ili Gökpinar ve Çürüksu Çaylarında yapılan çalışmada bildirilen ortalama Eİ değerleri (633-3312  $\mu\text{S/cm}$ ) bu çalışmada tespit edilenlerden (322-384  $\mu\text{S/cm}$ ) oldukça yüksektir.

### 3.2. Biyokimyasal Oksijen İhtiyacı

Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularında tespit edilen BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü su örneklerine ait BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonları

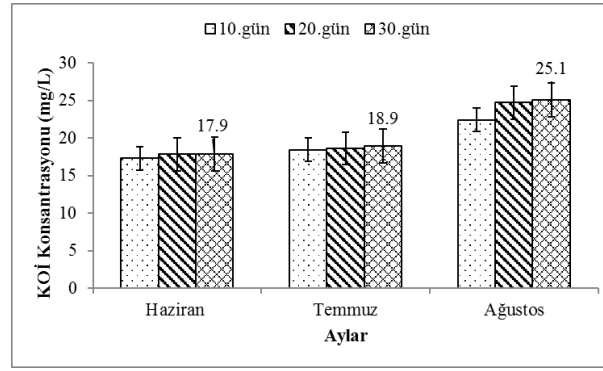
Şekil 3'e göre Haziran ayında 10. günden 30. güne kadar geçen süre içerisinde BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonları artış gösterdi. Haziran ayında tespit edilen en yüksek BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu 30. gün 2,7 mg/L olarak, en düşük BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu ise 10. gün 2,1 mg/L olarak tespit edildi. 20. günde tespit edilen BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu 2,3 mg/L olarak belirlendi. Haziran ayında Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının ortalama BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu 2,37 mg/L olarak hesaplandı. Temmuz ayı BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonları incelendiğinde Haziran ayında olduğu gibi günlere göre artış gösterdi. En yüksek BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu 30. gün 2,8 mg/L olarak tespit edilirken en düşük BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu 10. gün 2,4 mg/L olarak tespit edildi. 20. gün BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu 2,6 mg/L olarak belirlendi. Temmuz ayı ortalama BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu 2,6 mg/L olarak hesaplandı. Ağustos ayında tespit edilen en yüksek BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu 30. gün 3,5 mg/L en düşük BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu ise 10. gün 2,9 mg/L olarak belirlendi. Ağustos ayında belirlenen BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonları Haziran ve Temmuz ayına benzer bir şekilde günlere göre artış gösterdi. Yaz mevsiminde Haziran ayından Ağustos ayına geçen sürede BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonları arttı ve BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonları açısından büyükten küçüğe doğru Ağustos>Temmuz>Haziran şeklinde sıralandı. Ağustos ayında ortalama BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu 3,17 mg/L olarak hesaplandı. Bunun nedeni insan faaliyetleri sonucu göle giren kirleticilerin zamanla artmasından dolayıdır. Literatürde farklı nehirler için çeşitli BOİ konsantrasyonları bildirilmiştir. Zhao ve ark. (2020)'nin Yellow Nehri (Çin) kollarında yaptıkları çalışmada BOİ değerleri yaklaşık 1.5 - 8 mg/L arasında değişmiştir. Sözkonusu çalışmada BOİ için ulusal standart değer 4 mg/L olarak bildirilmiştir. Arman ve ark. (2019) Malezya' da Sg Berasau ve Sg Mengkibol Nehrinde yaptıkları çalışmada BOİ konsantrasyonlarını sırasıyla 4,07 ve 11,95 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Bu sonuçlara göre Sg Berasau Sınıf 3, Sg Mengkibol ise Sınıf 4 olarak bildirilmiştir. Güneş ve ark. (2008) Ergene Nehri havzasında yaptıkları çalışmada tekstil endüstrileri organize sanayi bölgesi, deri endüstrileri organize sanayi bölgesi ve Çerkezköy ile Çorlu' daki diğer endüstrilerin atıksularını alan nehir suyunda BOİ konsantrasyonunu 534 mg/L olarak bildirmişlerdir. Turan ve Ülkü (2003) Denizli ili Gökpinar ve Çürüksu Çaylarında yaptıkları çalışmada ortalama BOİ değerlerini 18-100 mg/L olarak bildirmişlerdir. Köse ve ark. (2016) Porsuk Çayı'nda yaptıkları çalışmada BOİ konsantrasyonlarını 0,15-14,91 mg/L aralığında tespit etmişlerdir.

YSKY'nde BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonu  $<4 \text{ mg/L}$  olan sular Sınıf-1 olarak; 4-8 mg/L arasında olan sular Sınıf-2 olarak; 8-20 mg/L arasında olan sular Sınıf-3 olarak ve  $>20 \text{ mg/L}$  olan sular Sınıf-4 olarak ifade edilmiştir. Çalışmamızda da Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonları 4 mg/L'den düşük değerlere sahip olduğundan BOİ<sub>5</sub> açısından Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının su kalite sınıfı Sınıf-1 olarak belirlendi. Ho ve ark. (2019) Klang Nehri'nde (Malezya) yaptıkları çalışmada nehir suyunun Malezya su kalite indeksi sınıflamasına göre Sınıf 4 (6-12 mg/L) olduğunu gösteren 7 mg/L BOİ konsantrasyonu bildirmişlerdir.

### 3.3. Kimyasal Oksijen İhtiyacı

Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularında tespit edilen KOİ konsantrasyonları Şekil 4'te verilmiştir.





Şekil 4. Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularına ait KOİ konsantrasyonları

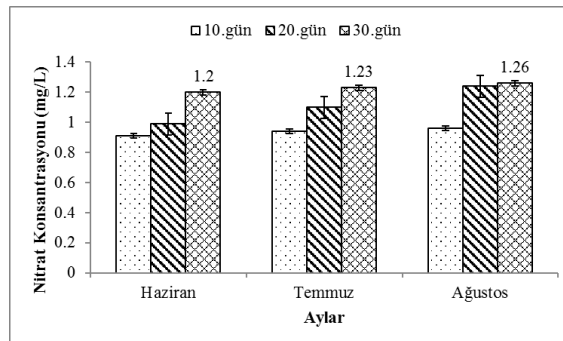
Şekil 4 değerlendirildiğinde Haziran ayında 10.günden 30. güne kadar geçen sürede KOİ konsantrasyonları artış gösterdi. Haziran ayında tespit edilen en yüksek KOİ konsantrasyonu 30. gün 17,9 mg/L, en düşük KOİ konsantrasyonu ise 10. gün 17,3 mg/L olarak tespit edildi. Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının Haziran ayında ortalama KOİ konsantrasyonu 17,7 mg/L olarak belirlendi. Temmuz ayında KOİ konsantrasyonları Haziran ayında olduğu gibi günlere göre artış gösterdi ve en yüksek KOİ konsantrasyonu 30. gün 17,9 mg/L, en düşük KOİ konsantrasyonu ise 10. gün 18,4 mg/L olarak tespit edildi. Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının Temmuz ayında ortalama KOİ konsantrasyonu 18,6 mg/L olarak hesaplandı. Temmuz ayında tespit edilen KOİ konsantrasyonları Haziran ayında tespit edilen KOİ konsantrasyonlarından daha yüksekti. Ağustos ayı KOİ konsantrasyonları incelendiğinde en yüksek KOİ konsantrasyonu 30. gün 25,1 mg/L olarak en düşük KOİ konsantrasyonu 10. gün 22,4 mg/L olarak belirlendi. 20. gün tespit edilen KOİ konsantrasyonu ise 24,7 mg/L olarak tespit edildi. Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının Ağustos ayı ortalama KOİ konsantrasyonu 24,07 mg/L olarak hesaplandı. Ağustos ayında tespit edilen KOİ konsantrasyonları Temmuz ayında tespit edilen KOİ konsantrasyonlarından daha yüksekti. Aylara göre KOİ konsantrasyonları büyükten küçüğe doğru Ağustos>Temmuz>Haziran şeklinde sıralandı.

Yaz mevsiminde KOİ konsantrasyonları BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonlarında olduğu gibi Haziran ayından Ağustos ayına kadar geçen sürede artmıştır. Bunun nedeni BOİ<sub>5</sub> parametresinde olduğu gibi insan faaliyetleri sonucu göle giren kirleticilerin zamanla artmasından dolayıdır.

Çalışmada elde edilen KOİ verileri YSKY'nde belirlenen KOİ konsantrasyonları ile karşılaştırıldı. Buna göre; KOİ konsantrasyonu 25 mg/L'den küçük olan sular Sınıf-1 kalitesinde sular olarak; 25 ila 50 mg/L arasında olan sular Sınıf-2 kalitesinde sular olarak; 50 ila 70 mg/L arasında olan sular Sınıf-3 kalitesinde sular olarak ve 70 mg/L'den büyük olan sular Sınıf-4 kalitesinde sular olarak ifade edilmiştir. Bu çalışmada Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında tespit edilen KOİ konsantrasyonları 25-50 mg/L arasında olduğundan Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının KOİ açısından su kalite sınıfı Sınıf-2 olarak belirlendi. Literatürde farklı nehirler için çeşitli KOİ konsantrasyonları bildirilmiştir. Ho ve ark. (2019) Klang Nehri'nde (Malezya) yaptıkları çalışmada nehir suyunun Malezya su kalite indeksi sınıflamasına göre Sınıf 3 (25-50 mg/L) olduğunu gösteren 45 mg/L KOİ konsantrasyonu bildirmişlerdir. Zhao ve ark. (2020)'nin Yellow Nehri (Çin) kollarında yaptıkları çalışmada KOİ değerleri yaklaşık 5 - 40 mg/L arasında değişmiştir. Sözkonusu çalışmada KOİ için ulusal standart değer 20 mg/L olarak bildirilmiştir. Arman ve ark. (2019) Malezya'da Sg Mengkibol Nehrinde yaptıkları çalışmada KOİ konsantrasyonunu 32,57 mg/L olarak tespit etmişlerdir. Bu sonuca göre Sg Mengkibol Sınıf 3 olarak bildirilmiştir. Güneş ve ark. (2008) Ergene Nehri havzasında yaptıkları çalışmada tekstil endüstrileri organize sanayi bölgesi, deri endüstrileri organize sanayi bölgesi ve Çerkezköy ile Çorlu'daki diğer endüstrilerin atıksularını alan nehir suyunda KOİ konsantrasyonunu 1316 mg/L olarak, endüstriyel veya evsel atıksu deşarjını almayan nehir suyunda KOİ konsantrasyonunu 29 mg/L olarak bildirmişlerdir. Turan ve Ülkü (2003) Denizli ili Gökpınar ve Çürüksu Çaylarında yaptıkları çalışmada ortalama KOİ değerlerini 43-315 mg/L olarak bildirmişlerdir. Köse ve ark. (2016) Porsuk Çayı'nda yaptıkları çalışmada KOİ konsantrasyonlarını 0,779-25,01 mg/L aralığında tespit etmişlerdir.

### 3.4. Nitrat azotu (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N)

Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularında tespit edilen NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N konsantrasyonları Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularına ait NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N konsantrasyonları



Şekil 5'e göre Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularında Haziran ayında tespit edilen  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonları günlere göre artış gösterdi ve en yüksek  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonu 30.gün 1,2 mg/L olarak, en düşük  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonu 10. gün 0,91 mg/L olarak tespit edildi. 20. gün ise  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonu 0,99 mg/L olarak belirlendi. Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının Haziran ayı ortalama  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonu 1,03 mg/L olarak hesaplandı. Temmuz ayı  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonları incelendiğinde Haziran ayında olduğu gibi günlere göre  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonları artış gösterdi ve en yüksek  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonu 30. gün 1,23 mg/L olarak en düşük  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonu 10. gün 0,94 mg/L olarak belirlendi. Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının Temmuz ayı ortalama  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonu 1,09 mg/L olarak hesaplandı. Ağustos ayı  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonları incelendiğinde Haziran ve Temmuz ayında olduğu gibi günlere göre artış gösterdi ve Ağustos ayında tespit edilen en yüksek  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonları 30. gün 1,26 mg/L en düşük  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonu 10. gün 0,96 mg/L'dir. Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının Ağustos ayı ortalama  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonu 1,15 mg/L olarak hesaplandı. Yaz mevsimi  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonları karşılaştırıldığında  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonlarının aylara göre artış gösterdiği belirlendi. Bunun asıl nedeninin antropojenik etkiler (tarımsal faaliyetler vb. gibi) olabileceği düşünülmektedir. Bayhan ve ark. (2016), Ömerli Baraj Gölünün su kalitesinin belirlenmesine yönelik yaptıkları çalışmada nitrat azotu seviyesini 2 mg/L seviyesinde belirleyerek baraj gölünün su kalitesini Sınıf-2 olarak tespit etmişlerdir.

Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularında tespit edilen  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonları YSKY'nde belirlenen değerlerle mukayese edildi. YSKY'nde  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonu 3 mg/L'den küçük olan sular Sınıf-1 kalitesinde sular olarak; 3 ila 10 mg/L arasında olan sular Sınıf-2 kalitesinde sular olarak; 10 ila 20 mg/L arasında olan sular Sınıf-3 kalitesinde sular olarak ve 20 mg/L'den büyük olan sular Sınıf-4 kalitesinde sular olarak ifade edilmiştir. Bu çalışmada, Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularına ait  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonları 3 mg/L'den küçük olduğu için  $\text{NO}_3^-$ -N açısından su kalite sınıfı Sınıf-1 olarak belirlendi. Algal büyümeyi sınırlayan veya arttıran önemli faktörlerden birisi nitrat azotudur. Nitrat azotunun sulardaki normal değerleri 1–10 mg/L'dir (Köse ve ark., 2016). Bu çalışmada elde edilen nitrat azotu konsantrasyonlarının (<3 mg/L) bu aralıkta kaldığı görülmektedir. Köse ve ark. (2016) Porsuk Çayı'nda yaptıkları çalışmada nitrat azotu konsantrasyonlarını 0,208-338 mg/L aralığında tespit etmişlerdir.

### 3.5. İstatistiksel Çalışmalar

Bu çalışmada, Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularına ait pH, sıcaklık, Eİ, KOİ, BOİ<sub>5</sub>,  $\text{NO}_3^-$ -N konsantrasyonları Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında tespit edildi. Aylara göre elde edilen verilerin her bir parametre ile arasındaki ilişki istatistiksel olarak değerlendirildi. Bu çerçevede, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında parametreler arasındaki istatistiksel ilişki Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 2. Haziran ayı parametreler arasındaki ilişki

		pH	Sıcaklık	Eİ	BOİ <sub>5</sub>	KOİ	$\text{NO}_3^-$ -N
pH	Pearson korelasyon	1					
	Sig.						
Sıcaklık	Pearson korelasyon	1,000**	1				
	Sig.	,000					
Eİ	Pearson korelasyon	,327	,327	1			
	Sig.	,788	,788				
BOİ <sub>5</sub>	Pearson korelasyon	,982	,982	,500	1		
	Sig.	,121	,121	,667			
KOİ	Pearson korelasyon	,933	,933	-,034	,849	1	
	Sig.	,234	,234	,978	,355		
$\text{NO}_3^-$ -N	Pearson korelasyon	,968	,968	,554	,998*	,813	1
	Sig.	,161	,161	,626	,040	,395	

\*\* . Korelasyon 0,01 seviyesinde önemlidir (2-yollu). \* . Korelasyon 0,05 seviyesinde önemlidir (2-yollu).

Tablo 2 incelendiğinde Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularında tespit edilen pH değerleri ile sıcaklık değerleri arasında önemli bir korelasyon olduğu belirlendi ( $R^2=1$ ,  $p=0,01$ ). Ayrıca, Nitrat konsantrasyonları ile BOİ<sub>5</sub> konsantrasyonları arasında da önemli bir korelasyon olduğu belirlendi ( $R^2=0,998$ ,  $p=0,05$ ). KOİ konsantrasyonları ile Eİ değerleri arasında negatif yönlü ve anlamsız bir ilişkinin olduğu tespit edildi ( $R^2=-0,034$ ). pH-Eİ, Eİ-sıcaklık, BOİ<sub>5</sub>-Eİ, KOİ-BOİ<sub>5</sub>,  $\text{NO}_3^-$ -N-Eİ ve  $\text{NO}_3^-$ -N-KOİ parametreleri arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu ancak korelasyonların kuvvetli olmadığı belirlendi. BOİ<sub>5</sub>-pH, BOİ<sub>5</sub>-sıcaklık, KOİ-pH, KOİ-sıcaklık,  $\text{NO}_3^-$ -N-pH ve  $\text{NO}_3^-$ -N-sıcaklık parametreleri arasında pozitif yönlü ve önemli bir korelasyon olduğu belirlendi.

Tablo 3. Temmuz ayı parametreler arasındaki ilişki

		pH	Sıcaklık	Eİ	BOİ <sub>5</sub>	KOİ	$\text{NO}_3^-$ -N
pH	Pearson korelasyon	1					

	Sig.					
Sıcaklık	Pearson korelasyon	-,866	1			
	Sig.	,333				
Eİ	Pearson korelasyon	,423	,086	1		
	Sig.	,722	,945			
BOİ <sub>5</sub>	Pearson korelasyon	-,500	,866	,573	1	
	Sig.	,667	,333	,612		
KOİ	Pearson korelasyon	-,596	,918	,475	,993	1
	Sig.	,593	,260	,685	,073	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	Pearson korelasyon	-,447	,835	,621	,998*	,985
	Sig.	,705	,371	,574	,038	,111

\*. Korelasyon 0,05 seviyesinde önemlidir (2-yollu).

Tablo 3 incelendiğinde Nitrat ile BOİ<sub>5</sub> arasında pozitif ve anlamlı bir ilişkinin olduğu görüldü ( $R^2=0,998$ ,  $p=0,05$ ). Sıcaklık-pH, BOİ<sub>5</sub>-pH, KOİ-pH ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-pH arasında ilişkinin anlamsız ve negatif olduğu tespit edildi. Eİ-pH, Eİ-Sıcaklık, BOİ<sub>5</sub>-Sıcaklık, BOİ<sub>5</sub>-Eİ, KOİ-Eİ, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-Sıcaklık ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-Eİ arasında pozitif yönde ve anlamlı bir ilişki olduğu ancak korelasyonların zayıf olduğu belirlendi. KOİ-Sıcaklık, KOİ-BOİ ve Nitrat-KOİ arasındaki ilişkilerin pozitif ve anlamlı olduğu, korelasyonların ise NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-BOİ<sub>5</sub>' de olduğu gibi yüksek olduğu belirlendi.

Tablo 4. Ağustos ayı parametreler arasındaki ilişki

		pH	Sıcaklık	Eİ	BOİ <sub>5</sub>	KOİ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N
pH	Pearson korelasyon	1					
	Sig.						
Sıcaklık	Pearson korelasyon	-,998*	1				
	Sig.	,040					
Eİ	Pearson korelasyon	-,756	,714	1			
	Sig.	,454	,494				
BOİ <sub>5</sub>	Pearson korelasyon	-,929	,950	,459	1		
	Sig.	,242	,202	,696			
KOİ	Pearson korelasyon	-,981	,967	,869	,839	1	
	Sig.	,125	,164	,330	,367		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> -N	Pearson korelasyon	-,963	,944	,905	,794	,997*	1
	Sig.	,174	,214	,280	,416	,050	

\*. Korelasyon 0,05 seviyesinde önemlidir (2-yollu).

Tablo 4 incelendiğinde NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-KOİ arasında pozitif yönde, anlamlı ve yüksek bir korelasyon olduğu belirlendi ( $R^2=0,997$ ,  $p=0,05$ ). NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-KOİ arasındaki ilişkinin aksine Sıcaklık-pH arasında negatif yönde ancak 0,05 seviyesinde yüksek bir korelasyon olduğu belirlendi ( $R^2=-0,998$ ,  $p=0,05$ ). Eİ-pH, BOİ<sub>5</sub>-pH, KOİ-pH ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-pH arasında negatif yönde bir ilişki olduğu tespit edildi. Eİ-sıcaklık, BOİ<sub>5</sub>-Eİ, KOİ-Eİ, KOİ-BOİ<sub>5</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-BOİ<sub>5</sub> arasında pozitif yönde bir ilişkinin olduğu ancak  $R^2$  değerlerinin düşük değerler aldığı belirlendi. BOİ<sub>5</sub>-sıcaklık, KOİ-sıcaklık, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-sıcaklık ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-Eİ arasında ise pozitif yönde ve anlamlı bir ilişkinin olduğu ve  $R^2$  değerlerinin 0,90'dan büyük değerler aldığı belirlendi.

#### 4. Sonuç

Tunceli ilinin önemli su kaynaklarından biri olan Munzur nehri üzerine kurulu Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının su kalitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Su kalitesinin belirlenmesinin amacı, barajlardan mansaplanan su kütlesinin hangi amaçla kullanılıp kullanılmayacağına değerlendirilmesidir. Bu çerçevede, Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularının pH, sıcaklık, Eİ, KOİ, BOİ<sub>5</sub> ve nitrat konsantrasyonları yaz mevsimi (haziran, temmuz ve ağustos) boyunca izlenmiştir. Parametreler arasındaki ilişkiler aylara göre incelendiğinde Haziran ayında pH değerleri ile sıcaklık değerleri arasında önemli bir korelasyon olduğu ( $R^2=1$ ,  $p=0,01$ ), Temmuz ayında NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N ile BOİ<sub>5</sub> arasında pozitif ve anlamlı bir ilişkinin olduğu ( $R^2=0,998$ ,  $p=0,05$ ) ve Ağustos ayında NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N-KOİ arasında pozitif yönde, anlamlı ve yüksek bir korelasyon olduğu belirlendi ( $R^2=0,997$ ,  $p=0,05$ ). Elde edilen verilere göre Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü suları pH, Eİ, BOİ<sub>5</sub> ve NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N açısından Sınıf-1 kalitesinde bir su olarak, KOİ açısından ise Sınıf-2 kalitesinde bir su olarak belirlenmiştir. Ülkemizde su kalitesinin sınıflandırılması YSKY'nde

ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Bu çerçevede, yüksek kaliteli sular olarak da ifade edilen “çok iyi” su durumunu gösteren sular Sınıf-1 kalitesindeki sular olarak belirtilmektedir. Bu sular içme suyu olma potansiyeli yüksek olan yerüstü suları, yüzme gibi vücut teması gerektirenler dahil rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir suları, alabalık üretimi için kullanılabilir nitelikte suları ve hayvan üretimi ve çiftlik ihtiyacı için kullanılabilir nitelikteki suları kapsamaktadır. Az kirlenmiş su olarak da ifade edilen “iyi su” durumunu gösteren sular Sınıf-2 kalitesindeki sular olarak ifade edilmektedir. Bu sular içme suyu olma potansiyeli olan yerüstü sularını, rekreasyonel maksatlar için kullanılabilir nitelikteki suları, alabalık dışında balık üretimi için kullanılabilir nitelikteki suları ve Mer-i mevzuat ile tespit edilmiş olan sulama suyu kalite kriterlerini sağlamak şartıyla sulama suyu olarak kullanılacak suları kapsamaktadır. Sonuç olarak Uzunçayır Barajından mansaplanan yerüstü sularını KOİ parametresi hariç Sınıf-1 kalitesinde bir su olarak tanımlayabiliriz.

## **Kaynakça**

- Arman, N.Z., Salmiati, S., Said, M.I.M., Aris, A. (2019). Development of macroinvertebrate-based multimetric index and establishment of biocriteria for river health assessment in Malaysia. *Ecological Indicators*, 104(2019), 449-458.
- Azizullah, A., Khattak, M.N.K., Richter, P., Häder, D.P. (2011). Water pollution in Pakistan and its impact on public health—a review, *Environ. Int.*, 37(2011), 479-497.
- Bashir, N., Saeed, R., Afzaal, M., Ahmad, A., Hameed, S. (2020). Water quality assessment of lower Jhelum canal in Pakistan by using geographic information system (GIS). *Groundwater for Sustainable Development*, 10(2020), Article 100357.
- Bayhan H., Erguven G.O., Akkoyunlu A., Kanat G. (2017). The Assessment of Water Quality in Omerlı Dam Reservoir, Istanbul, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin.*, 26 (1a) (2017), 977-988
- Bloesch, J., Sandu, C., Janning, J. (2012). Challenges of an integrative water protection and river basin management policy: The Danube case. *River Syst.*, 20(2012), 129-144.
- Cikcikoglu, N.C., Demirbilek D., Erguven G.O., Kayar R., Basaran S., Tulpar D. (2018). The determination of present and possible environmental risks in solid waste dumping site, Tunceli, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 77:622
- Chapman, D.V., Bradley, C., Gettel, G.M., Hatvani, I.G., Varbiro, G. (2016). Developments in water quality monitoring and management in large river catchments using the Danube River as an example. *Environmental Science & Policy*, 64(2016), 141-154.
- Crosa, G., Froebrich, J., Nikolayenko, V., Stefani, F., Gallid, P., Calamari, D. 2006. Spatial and seasonal variations in the water quality of the Amu Darya river (Central Asia). *Water Res.*, 40(2006), 2237-2245.
- Galán-Martín, A., Vaskan, P., Antón, A., Esteller, L.J., Gonzalo, G. (2017). Multi-objective optimization of rained and irrigated agricultural areas considering production and environmental criteria: a case study of wheat production in Spain. *J. Clean. Prod.*, 140(2017), 816-830.
- Güneş, E.H., Güneş, Y., Talınlı, İ. (2008). Toxicity evaluation of industrial and land base sources in a river basin. *Desalination*, 226(2008), 348-356.
- Herdendorf, C.E. (1982). Large lakes of the world. *Journal of Great Lakes Research*, 8(1982), 379-412.
- Herdendorf, C.E. (1990). Distribution of the world's large lakes. M.T. Max, C. Serruya (Eds.), *Large lakes: Ecological structure and function*, Springer, Berlin Heidelberg (1990), 3-38s.
- Ho, J.Y., Afan, H.A., El-Shafie, A.H., Koting, S.B., Mohd, N.S., Jaafar, W.Z.B., Hin, L.S., Malek, M.A., Ahmed, A.N., Melini, W.H., Mohtar, W., Elshorbagy, A., El-Shafie, A. (2019). Towards a time and cost effective approach to water quality index class prediction. *Journal of Hydrology*, 575(2019), 148-165.
- Huang, J., Huang, Y., Zhang, Z. (2014). Coupled effects of natural and anthropogenic controls on seasonal and spatial variations of river water quality during baseflow in a coastal watershed of Southeast China. *PLoS One*, 9(2014), e91528.
- Iqbal, J., Shah, N.S., Sayed, M., Muhammad, N. (2020). Deep eutectic solvent-mediated synthesis of ceria nanoparticles with the enhanced yield for photocatalytic degradation of flumequine under UV-C. *J. Water Process. Eng.*, 33(2020), 101012.
- Jiang, Y., Xu, X., Huang, Q., Huo, Z., Huang, G. (2016). Optimization regional irrigation water use by integrating a two-level optimization model and an agro-hydrological model. *Agric. Water Manage.*, 178(2016), 76-88.
- Korkanç, S.Y., Kayıkçı, S., Korkanç, M. (2017). Evaluation of spatial and temporal water quality in the Akkaya dam watershed (Niğde, Turkey) and management implications. *Journal of African Earth Sciences*, 129(2017), 481-491.
- Köse, E., Çiçek, A., Emiroğlu, Ö., Tokatlı, C., Uğurluoğlu, A., Başkurt, S., Aksu, S., Uylaş, M. (2016). Water quality assessment of Porsuk stream basin. *Biological Diversity and Conservation*, 9(2016), 119-126.
- Lehner, B., Döll, P. (2004). Development and validation of a global database of lakes, reservoirs and wetlands. *Journal of Hydrology*, 296(2004), 1-22.

- Levidow, L., Zaccarla, D., Maia, R., Vivas, E., Yodorovic, M., Scardigno, A. (2014). Improving water-efficient irrigation: prospects and difficulties of innovative practices. *Agric. Water Manage.*, 146(2014), 84-94.
- Li, M., Xu, Y., Fu, O., Singh, V.P., Liu, D., Li, T. (2020a). Efficient irrigation water allocation and its impact on agricultural sustainability and water scarcity under uncertainty. *Journal of Hydrology*, 586(2020), Article 124888.
- Li, L., Iqbal, J., Zhu, Y., Wang, F., Zhang, F., Chen, W., Wu, T., Du, Y. (2020b). Chitosan/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-HA nanocomposite beads for efficient removal of estradiol and chrysoidin from aqueous solution. *Int. J. Biol. Macromol.*, 145(2020), 686-693.
- Ouyang, Y. (2005). Evaluation of river water quality monitoring stations by principal component analysis. *Water Res.*, 39(2005), 2621-2635.
- Paca, J.M., Santos, F.M., Pires, J.C.M., Leitao, A.A., Boaventura, R.A.R. (2019). Quality assessment of water intended for human consumption from Kwanza, Dande and Bengo rivers (Angola). *Environmental Pollution*, 254(2019), Article 113037.
- Rahman, M.M., Howladar, M.F., Hossain, M.A., Muzemder, A.T.M., Al Numanbakth, M.A. (2020). Impact assessment of anthropogenic activities on water environment of tillai river and its surroundings, barapukuria thermal power plant. Dinajpur, Bangladesh, *Groundw. Sustain. Dev.*, 10(2020), 100310.
- Sarkar, S.K., Saha, M., Takada, H., Bhattacharya, A., Mishra, P., Bhattacharya, B. (2007). Water quality management in the lower stretch of the river Ganges, east coast of India: an approach through environmental education. *J. Clean. Prod.*, 15(2007), 1559-1567.
- Shirani, Z., Santhosh, C., Iqbal, J., Bhatnagar, A. (2018). Waste Moringa oleifera seed pods as green sorbent for efficient removal of toxic aquatic pollutants. *J. Environ. Manag.*, 227(2018), 95-106.
- Sommerwerk, N., Bloesch, J., Paunović, M., Baumgartner, C., Venohr, M., Schneider-Jacoby, M., Hein, T., Tockner, K. (2010). Managing the world's most international river: the Danube River Basin. *Mar. Freshwater Res.*, 61(2010), 736-748.
- Subedi, N., Lähde, A., Abu-Danso, E., Iqbal, J., Bhatnagar, A. (2019). A comparative study of magnetic chitosan (Chi@Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) and graphene oxide modified magnetic chitosan (Chi@Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>GO) nanocomposites for efficient removal of Cr(VI) from water. *Int. J. Biol. Macromol.*, 137(2019), 948-959.
- Turan, F., Ülkü, G. (2013). Gökpınar ve Çürüksu Çaylarının Kirlilik Parametre ve Yüklerinin İzlenmesi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19(2013), 133-144.
- Ustaoglu, F., Tepe, Y. (2019). Water quality and sediment contamination assessment of Pazarsuyu Stream, Turkey using multivariate statistical methods and pollution indicators. *Int. Soil Water Conserv. Res.* (2019), 10.1016/j.iswcr.2018.09.001
- Ustaoglu, F., Tepe, Y., Taş, B. (2020). Assessment of stream quality and health risk in a subtropical Turkey river system: A combined approach using statistical analysis and water quality index. *Ecological Indicators*, 113 (2020), Article 105815.
- Wang, J., Sheng, Y., Tong, T.S.D. (2014). Monitoring decadal lake dynamics across the Yangtze Basin downstream of Three Gorges Dam. *Remote Sensing of Environment*, 152(2014), 251-269.
- YSKY, 2012. Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği, 30.11.2012 Tarih ve 28483 sayılı Resmi Gazete.
- Zhao, M.M., Wang, S.M., Chen, Y.P., Wu, J.H., Xue, L.-G., Fan, T.T. (2020). Pollution status of the Yellow River tributaries in middle and lower reaches. *Science of The Total Environment*, 722(2020), Article 137861.
- Zhou, F., Huang, G.H., Guo, H.C., Zhang, W., Hao, Z.J. (2007). Spatio-temporal patterns and source apportionment of coastal water pollution in eastern Hong Kong. *Water Res.*, 41(2007), 3429-3439.



# The Mediation Role of Environmental Performance in the Effects of Green Supply Chain Management Practices on Business Performance

Emel Gelmez<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Selcuk University, Faculty of Economic and Administrative Science, Department of Business Management, Konya, Turkey (ORCID: 0000-0002-8774-607X)

(First received 5 May 2020 and in final form 26 June 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.740202)

**ATIF/REFERENCE:** Gelmez, E. (2020). The Mediation Role of Environmental Performance in the Effects of Green Supply Chain Management Practices on Business Performance. *European Journal of Science and Technology*, (19), 606-613.

## Abstract

Natural environment practices attract attention in today's increasing competitive environment, and they are widely approved in practice. These practices have gained importance in customer and consumer dimension and accordingly the competition has evolved in this direction. One of the environmental issue that has become current with the addition of "green" practices to supply chains is green supply chain management (GSCM). GSCM has been studied and examined in various ways with various studies. In this context, the question of the present research was formed as "whether environmental performance (EP) has a mediation role in the effect of GSCM practices on business performance (BP)". Accordingly, the purpose of the present research is defining the relationships between GSCM practices, EP and BP of business that operate in the automotive industry in Konya province. In accordance with this purpose, a questionnaire was implemented on the businesses operating in automotive industry selected through simple random sampling, and the hypotheses were tested. According to the results of the analyses, there are statistically significant and positive relationships between GSCM practices, EP and BP. Additionally, GSCM practices have a positive and significant effects on BP and EP, and EP has a positive and significant effect on BP. Finally, EP has a partial mediation role in the effects of GSCM practices on BP.

**Keywords:** Green Supply Chain Management, Environmental Performance, Business Performance

## Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi Uygulamalarının İşletme Performansı Üzerine Etkisinde Çevresel Performansın Aracılık Rolü

### Öz

Günümüz artan rekabet ortamında doğal çevre faaliyetleri dikkat çekmekte ve uygulamada geniş ölçekte kabul görmektedir. Müşteri ve tüketici boyutunda bu faaliyetlerin önem kazanması ile birlikte rekabet bu yönde evrilmiştir. Çevre ile ilişkili konulardan biri ise tedarik zincirlerine "yeşil" uygulamaların eklenmesi ile birlikte gündeme gelen yeşil tedarik zinciri yönetimidir. Yeşil tedarik zinciri yönetimi, çeşitli çalışmalara konu olmuş ve çeşitli şekillerde irdelenmiştir. Bu bağlamda bu araştırmanın sorunsalı "yeşil tedarik zinciri uygulamalarının işletme performansı üzerindeki etkisinde çevresel performansın aracılık rolü olup olmadığı" şeklinde tasarlanmıştır. Bu kapsamda araştırmanın amacı, Konya ili otomotiv sektöründe faaliyet gösteren işletmelerin yeşil tedarik zinciri uygulamaları, çevresel performans ve işletme performansı arasındaki ilişkileri belirlemektir. Bu amaç doğrultusunda, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren işletmelere basit tesadüfi örnekleme yolu ile anket uygulaması yürütülmüş olup kurulan hipotezlerin doğruluğu test edilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre; yeşil tedarik zinciri uygulamaları, çevresel performans ve işletme performansı arasında pozitif yönlü ve istatistiksel bakımdan anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, yeşil tedarik zinciri uygulamalarının işletme performansı ve çevresel performans üzerinde; çevresel performansın ise işletme performansı üzerinde pozitif ve anlamlı bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca çalışma kapsamında, tedarik zinciri yönetimi uygulamalarının işletme performansı üzerindeki etkisinde çevresel performansın kısmi aracılık rolü olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi, Çevresel Performans, İşletme Performansı

\* Corresponding Author: Selcuk University, Faculty of Economic and Administrative Science, Department of Business Management, Konya, Turkey, ORCID: 0000-0002-8774-607X, [emelgelmez@selcuk.edu.tr](mailto:emelgelmez@selcuk.edu.tr)



## **1. Introduction**

Environmental activities are among the issues that are prominent at global scale recently. As a result of the increase in the human and industrial effects on the environment, environmental issues have become more prevalent (Eltayeb and Zailani, 2009: 93). For this reason, there is an increasing need for the integration of environment friendly activities to the research and practices on supply chain management (SCM) (Srivastava, 2007: 53). In this context, inclusion of environmental interest and green practices in supply chain is an issue in the academic literature (Laosirihongthong et al., 2013: 1088), and GSCM has become a matter of increasing interest in production and supply chain studies (Srivastava, 2007: 53; Luthra et al., 2014: 20).

Among the most common GSCM practices are organizations that evaluate EP of suppliers, require measure that ensure the environmental quality of the products of suppliers, and measure waste costs for business systems (Darnall et al., 2008: 33). Additionally, the reflection of environment friendly activities on supply chains has led to a transformation in all business and organization structures. In this context, the present research aims at defining the relationships between GSCM practices, EP and BP of businesses and measuring the mediation role EP in the effect of GSCM practices of business on their BP. The review of the related literature shows that GSCM has been studied by various studies, which investigated the effects on performance. However, the present research is believed to contribute to the related literature by examining the mediation role of EP in the effects of GSCM practices on BP, as this method has been adopted by only a few studies before.

Based on the information presented above, a conceptual framework is formed for the present research first. Following this, findings obtained from the questionnaire conducted to test the hypotheses formed based on the main purpose of the research.

## **2. Conceptual Framework**

### **2.1. Green Supply Chain Management**

Businesses need to meet the changes in the demands of their customers immediately. As today's customers start to demand environment friendly products and services that are produced through processes that do not harm environment, businesses need to operate their activities in a way to reflect their customers' demands (Green et al., 2019: 26). Indeed, it has become a critical issue that businesses take environment into consideration in their long-term strategies. More radical changes in the managerial and consumer perspectives in addition to the changes in regulatory and organizational environments have led many businesses to change their approaches from reactive to proactive in order to deal with environmental issues (Walls et al., 2011: 72). In this context, GSCM refers to a proactive approach to the improvement of EP of processes and products in order to meet the requirements of environmental regulations (Hsu and Hu, 2008: 205).

GSCM emerged as an organizational philosophy, which is important in reaching organizational profit and market share goals by increasing ecological efficiency of businesses and their partners and decreasing environmental risks and effects (Zhu et al., 2008: 261). This philosophy is based on both environment management and SCM. Additionally, it includes the "green" element in the SCM in dealing with effects and relationships between the SCM and the natural environment the businesses operate in (Srivastava, 2007: 54).

Hervani et al. (2005) defines GSCM as the combination of green purchasing, green production/material production, green distribution/marketing and reverse logistics. Zhu and Sarkis (2007) define GSCM as the eco-initiatives that cover the all phases of the life cycle of a product from the phases of product design, production and distribution to its use and disposal at the end of its useful life by the ultimate consumer (Abdallah and Al-Ghwayeen, 2020: 491).

Green supply chain (GSC) strategies are attempts to minimize the negative effects of businesses and supply chains on the environment (Mollenkopf et al., 2010: 15). Additionally, GSC is a broad strategy adopted to manage material flow during value chains at different stages, such as source, production and distribution. This was, environment can be protected by protecting the natural resources, and decreasing the global warming and carbon footprints (Ageron et al., 2012: 171).

Practices that can be called as green supply enable the improvement of the EP of the purchased product/service or the supplier. At this point, GSC involves practices, such as the recycling and packaging of waste in cooperation with shareholders, gathering information on products, processes or suppliers, and cooperative product development (Bowen et al., 2001). GSCM practices are handles differently in the related literature (Zhu et al., 2005; Eltayeb and Zailani, 2009; Zhu et al., 2010; Perotti et al., 2012; Green et al., 2012; Hsu et al., 2013; Laosirihongthong et al., 2013; Lin, 2013; Luthra et al., 2014; De Sousa Jabbour et al., 2015; Sharma and Gandhi, 2016; Abdallah and Al-Ghwayeen, 2020). The present research studies these practices as eco-design (ED), green purchasing (GP), cooperation with customers (CWC) and internal environment management (IEM) (Abdallah and Al-Ghwayeen, 2020), which can be defined as follows:

*Eco-design:* ED is the systematic evaluation of design performance in accordance with environment, health, safety and sustainability objectives throughout the whole product and process lifecycle (Liu et al., 2017: 183), and it is considered as one of the GSC initiatives. Green design integrates environmental dimensions to the product design process by taking the whole flow of the product within the supply chain into consideration. It is of utmost significance since most of the environmental effects resulting from the production, consumption and disposal of the product are direct results of the decisions made during design process (Eltayeb and Zailani, 2009: 97).

*Green purchasing:* Purchasing activity is very important in a business's reaction to environmental activities (Zsidosin and Siferd, 2001: 61). GP refers to how innovations in SCM and industrial purchasing areas are evaluated within the context of environment. Recycling aims at re-using and enabling the resource reduction (Liu et al., 2017: 183). On the other hand, GP is about controlling EP of the suppliers due to its nature (Eltayeb et al., 2011: 492); it involves indicators related to green material purchasing, cooperation with

environment certified suppliers and selecting and evaluating of suppliers based on certain environmental criteria in order to meet environmental objectives (Abdallah and Al-Ghwayeen, 2020: 492).

*Cooperation with customers:* It refers to businesses' cooperating with customers to design cleaner production processes that produce environment friendly products through green practices (Green et al., 2012: 293). Additionally, CWC provide businesses with information about customer preferences and needs, which enables them to respond to these needs in a shorter time and to obtain competitive advantage (Vickery et al., 2003: 526).

*Internal environment management:* An environment management system is made of a series of internal policies, evaluation, planning and implementation acts that effect the whole organization and its relations with the natural environment (Darnall et al., 2008: 31). IEM is the practice of developing a GSCM as an organizational necessity with the commitment and support of senior and mid-level managers (Green et al., 2012: 293).

## **2.2. Green Supply Chain Management, Environmental Performance and Business Performance**

Businesses need to monitor, evaluate and manage their performances for a sustainable competitive advantage (Taticchi et al., 2010: 4). BP, which is a complex concept that involves efficiency, productivity and adaptability (Abdallah and Al-Ghwayeen, 2020: 494), is defined as a series of managerial and critical procedures that provides the realization of one or more pre-defined objectives of a business management (Alkunsol et al., 2019: 28).

Another important element of performance is the EP. EP is defined by Younis et al. (2016) as a business's ability to minimize air emissions and all kinds of waste, decrease the consumption of toxic and hazardous materials and reduce environmental accidents (Abdallah and Al-Ghwayeen, 2020: 493). Today, businesses consider EP as a social objective rather than an issue of cost, risk or image (Dheeraj and Vishal, 2012: 77). Additionally, EP is measured in different ways in various studies (Al-Tuwaijri et al., 2004: 453).

GSCM focusses on reducing waste and increasing the efficiency of supply chain through product and service innovation, which requires the common supply chain efforts of suppliers, distributors and customers (Kim et al., 2011: 284). In addition, GSCM is a proactive approach to increasing EP (Lin, 2013: 32), which refers to the interaction and synergy between shareholders to improve EP, reduce waste and minimize cost (De Giovanni and Vinzi, 2012: 907). Indeed, with green supply chain management practices, businesses can reduce the ecological effects of industrial activities without compromising on cost, quality, performance, safety or energy use efficiency. Moreover, controlling product line to meet environmental regulations not only minimizes the ecological damage, but also provides economic profit (Srivastava, 2007: 68). Accordingly, the relationships between GSCM practices, BP and EP have been investigated in various studies.

According to the literature related to the relationship between GSCM practices and BP, there is a positive relationship between GSCM practices and BP, and GSCM practices have a positive effect on BP (Zhu and Sarkis, 2004; Zhu and Sarkis, 2007; Testa and Iroldo, 2010; Golicic and Smith, 2013; Abdallah and Al-Ghwayeen, 2020). Additionally, the related literature on the relationship between GSCM practices and EP presents positive relationships between variables (Geffen and Rothenberg, 2000; Zhu and Sarkis, 2004; Zhu and Sarkis, 2007; Abdallah and Al-Ghwayeen, 2020). Moreover, a positive relationship between EP and BP has been reported (Klassen and McLaughlin, 1996; Abdallah and Al-Ghwayeen, 2020). Based on the information provided above, the relationships between these variables form the basis of the present research, and the relationships between the variables and the hypotheses formed within this framework are investigated in the methodology of the present research.

## **3. Research Methodology**

This part presents information on the method and sample of the present research. Additionally, hypotheses formed based on the research question are tested.

### **3.1. Research Method and Sample**

Within the scope of the qualitative research method, structures questionnaire forms were implemented on automotive businesses operating within the body of Konya Chamber of Industry. Simple random sampling (SRS) method was adopted for the present research. The basic principle of the SRS is that the possibility of selection is equal for any sample within the research universe (Meng, 2013). This method is commonly adopted when the features of the units forming the universe does not matter much for the research and the features of the units are homogenous (Gürbüz and Şahin, 2018: 135). Accordingly, the present research adopted SRS method.

The questionnaire form created for the present research consists of four parts. The first part consists of demographic questions. The other parts consist of questions on GSCM practices, EP and BP respectively.

Within the scope of the present research, questions measuring GSCM practices (20 items), EP (6 items) and BP (5 items) were obtained making use of the scale developed by Abdallah and Al-Ghwayeen (2020). All items in the questionnaire were scored on 5-point Likert scale. It was found that there were 300 businesses<sup>†</sup> operating in automotive industry in the province of Konya, and the analyses conducted for the present research were done with data collected from 130 of these businesses. In accordance with these data, it can be claimed that the sample can represent the universe (Coşkun et al., 2015: 137).

---

<sup>†</sup> There are 300 businesses operating in automotive industry in Konya. This data is obtained from Konya Chamber of Industry on 22.11.2019. At the same time, the surveys were conducted in December 2019.

The reliability of the scales adopted was tested before testing the hypotheses. Information of the reliability of the scales is presented in Table 1 below.

*Table 1. Cronbach Alpha ( $\alpha$ ) Values for the Adopted Scales*

Scale	N of Items	( $\alpha$ ) Value
GSCM Practices	20	0.867
EP	6	0.727
BP	5	0.701

As presented in Table 1, Cronbach alpha ( $\alpha$ ) value is 0.867 for GSCM practices scale, 0.727 for EP scale and 0.701 for BP scale. At this point,  $\alpha$  values of tested scales is above 0.70, which is acknowledged as acceptable lower bound by various studies (Sekaran, 2003: 311; Gürbüz and Şahin, 2018: 333). Therefore, it can be claimed that the adopted scales are reliable.

### 3.2. Research Hypotheses

Quantitative methodology was adopted in the present research to answer the question “Does EP have a mediation role in the effect of GSCM practices on BP?”. Hypotheses formed in accordance with this purpose are listed below.

H<sub>1</sub>: GSCM practices have a positive and significant effect on BP.

H<sub>2</sub>: GSCM practices have a positive and significant effect on EP.

H<sub>3</sub>: EP has a positive and significant effect on BP.

H<sub>4</sub>: EP has a mediation role in the effect of GSCM practices on BP.

### 3.3. Testing the Research Hypotheses

Before testing the hypotheses, GSCM practices of businesses were evaluated. Findings on the GSCM are presented in Table 2.

*Table 2. Findings on the Green Supply Chain Practices of Businesses*

GSCM Practices	$\bar{X}$	S.D.
Our firm emphasizes cross-functional cooperation for environmental improvements.	4.35	0.96
Our firm emphasizes environmental compliance and auditing programs.	4.28	1.06
Senior managers in our firm are committed to GSCM.	4.12	0.95
Our firm has a system to track environmental laws and regulations.	3.28	1.07
Our firm has pollution prevention plans.	3.21	1.14
<b>IEM</b>	<b>3.85</b>	<b>0.77</b>
Our firm cooperates with customers to produce eco-designs.	4.28	1.14
Our firm cooperates with customers to design cleaner production processes.	4.22	0.99
Our firm has information sharing structure with customers.	3.82	0.99
Our firm cooperates with customers for green packaging.	3.62	1.11
Our firm cooperates with customers for using less energy during products transportation.	3.15	1.16
<b>CWC</b>	<b>3.82</b>	<b>0.65</b>
Our firm emphasizes optimization of design process to reduce solid and liquid waste.	4.08	1.14
Our firm emphasizes design of products that can be reused, recycled, and recovery of component parts.	3.66	1.20
Our firm emphasizes optimization of design process to reduce air emission and noise.	3.56	1.18
Our firm emphasizes design of products to reduce use of harmful/toxic material.	3.54	1.21
Our firm emphasizes design of products for reduced consumption of material /energy.	3.52	1.14
<b>ED</b>	<b>3.67</b>	<b>0.83</b>
Our firm has partnerships with suppliers that aim to environmental solutions and/or development environmentally friendly products.	3.88	0.95
Our firm evaluates suppliers based on specific environmental criteria.	3.87	1.07
Our firm cooperates with suppliers to meet environmental objectives.	3.72	1.30
Our firm emphasizes purchasing eco-friendly materials.	3.68	1.11
Our firm cooperates with suppliers who have environmental certifications such as ISO 14001.	3.08	1.29
<b>GP</b>	<b>3.65</b>	<b>0.80</b>
<b>General</b>	<b>3.75</b>	<b>0.59</b>

Notes: (i)  $n=130$ , (ii) In the scale 1=I definitely disagree with and 5=I definitely agree with mean. (iii) According to Friedman two ways ANOVA test ( $\chi^2= 390.111$ ;  $p<.001$ ) the results are statistically significant.

According to the data related to the GSCM practices of businesses, the mean value is above average (3.75). This value indicates that businesses conduct GSCM practices above average. In terms of the dimensions of GSCM practices, IEM dimension is also above average (3.85), and “businesses emphasize cross-functional cooperation for environmental improvements” (4.35). The mean value for CWC is also above average (3.82). The highest scored item in this dimension is “cooperates with customers to produce eco-designs” (4.28). Mean score for ED also is above average (3.67). In this dimension, the highest scored item is about “emphasizing design of products that can be reused, recycled, and recovery of component parts” (3.66). Another dimension of GSCM practices, GP is also scored above average (3.65). Within this dimension, “having partnerships with suppliers that aim to environmental solutions and/or development environmentally friendly products” item has received the highest score (3.87). With a general review of Table 2, it can be claimed that businesses emphasize the use of GSCM practices and have placed them within their business systems.

Evaluation of the EP of the businesses is presented in Table 3.

Table 3. Findings on the Environmental Performance of Businesses

EP	$\bar{X}$	S.D.
Our firm has reduced energy consumption during the last three years compared to competitors.	4.08	1.10
Our firm has reduced air emissions during the last three years compared to competitors.	3.96	1.00
Our firm has reduced effluent wastes during the last three years compared to competitors.	3.92	0.98
Our firm has sought to improve its environmental image /position during the last three years compared to competitors.	3.81	1.02
Our firm has reduced consumption of hazardous/toxic material during the last three years compared to competitors.	3.21	1.03
Our firm has reduced solid wastes during the last three years compared to competitors.	2.95	0.89
<b>General</b>	<b>3.65</b>	<b>0.65</b>

Notes: (i)  $n=130$ , (ii) In scale 1=I definitely disagree with and 5=I definitely agree with mean. (iii) According to Friedman two ways ANOVA test ( $\chi^2= 152.550$ ;  $p<.001$ ) the results are statistically significant.

The evaluation of Table 3 shows that EP of the businesses is scored above average (3.65). In terms of performance criteria, it can be seen that businesses have reduced energy consumption during the last three years compared to competitors (4.08); they have reduced air emissions during the last three years compared to competitors (3.96); they have reduced effluent wastes during the last three years compared to competitors (3.92); they have sought to improve its environmental image /position during the last three years compared to competitors (3.81); they have reduced consumption of hazardous/toxic material during the last three years compared to competitors (3.21); and they have reduced solid wastes during the last three years compared to competitors (2.95). A general evaluation of Table 3 shows that businesses have experienced problems in reducing solid wastes compared to competitors. It can be suggested that businesses need to take measures in order to solve this problem.

Findings on the general BP of businesses are presented in Table 4.

Table 4. Findings on the General Business Performance of Businesses

General BP	$\bar{X}$	S.D.
Our sales have increased during the last three years compared to competitors.	3.88	1.06
Our customer satisfaction level has increased during the last three years compared to competitors.	3.73	0.97
Our market share has increased during the last three years compared to competitors.	3.69	0.96
Our firm has achieved a high percentage of profits during the last three years compared to competitors.	3.47	1.21
Our general competition position has improved during the last three years compared to competitors.	3.44	1.09
<b>General</b>	<b>3.64</b>	<b>0.72</b>

Notes: (i)  $n=130$ , In scale 1=I definitely disagree with and 5=I definitely agree with mean. (iii) According to Friedman two ways ANOVA test ( $\chi^2= 23.054$ ;  $p<.001$ ) the results are statistically significant.

As presented in Table 4, general BP of businesses is above average (3.64). In terms of performance criteria, it can be seen that businesses have increased their sales during the last three years compared to competitors (3.88). Their customer satisfaction levels have also increased during the last three years compared to competitors (3.73). Similarly, market shares of businesses have increased during the last three years above average (3.69). During the last three years, there have been improvement in the profits (3.47) and their general competition positions (3.44) compared to competitors.

In order to test research hypotheses, Pearson Correlation analysis was conducted first. Correlation values obtained from the analysis are presented in Table 5.

Variables	$\bar{X}$	S.D.	(1)	(2)	(3)
GSCM Practices (1)	3.75	0.59	1		
EP (2)	3.65	0.65	.669**	1	
BP (3)	3.64	0.72	.652**	.619**	1

Notes: (i) n=130, (ii) \*\*p<.001

The correlations between GSCM practices, EP and BP show positive and significant relationships between variables ( $p<0.001$ ). As for the relationships between variables separately in this context, there are mid-level relationships between GSCM practices and EP (0.669); GSCM Practices and BP (0.652); and EP and BP (0.619). Hierarchical regression analysis was conducted to test the research hypotheses and the results are presented in Table 6 below.

Table 6. Hierarchical Regression Analysis Results for Variables

	Dependent Variable	Independent Variable	Beta Unstn.	Sta. Error	$\beta$	p	R <sup>2</sup>	F
1 <sup>st</sup> Step	BP	GSCM Practices						
		Constant	.690	.308	-	.000	.424	94.398
		GSCM Practices	.788	.081	.652	.000		
2 <sup>nd</sup> Step	EP	GSCM Practices						
		Constant	.887	.275	-	.000	.447	103.636
		GSCM Practices	.738	.073	.669	.000		
3 <sup>rd</sup> Step	BP	EP						
		Constant	1.597	.235	-	.000	.383	79.377
		EP	.565	.063	.619	.000		
4 <sup>th</sup> Step	BP	GSCM Practices and EP						
		Constant	.368	.304		.228	.485	59.799
		GSCM Practices	.520	.104	.430	.000		
		EP	.363	.094	.331	.000		

Multiple regression analysis was conducted in order to define the mediation role of EP in the relationship between GSCM practices and BP. According to the multiple regression analysis results presented in Table 6, regression model is statistically significant ( $p<0.001$ ). In the scope of mediation effect model suggested by Baron and Kenny (1986), the effects of GSCM practices on BP was studied in order to define the mediation effect. Accordingly, explanatory variable, supply chain practices explains the 42.4% of the variance in the dependent variable, BP ( $R^2=0.424$ ;  $F= 94.398$ ). In the second step, the effect of GSCM practices on EP was examined, and accordingly GSCM practices can explain the 44.7% of the variance in EP ( $R^2=0.447$ ;  $F= 103.636$ ). In the third step, the effect of EP on BP was studied and it was found that EP can explain the 38.3% of the variance in BP ( $R^2=0.383$ ;  $F= 79.377$ ). In the last step, GSCM practices and EP variables were added in the model together, and the effect of these two variables on BP was examined, and according to the results GSCM practices and EP can explain the 48.5% of the variance in BP ( $R^2=0.485$ ;  $F= 59.799$ ). When EP variable was added to the model at the end of the regression analysis, the effect of SCM practices on BP decreased from  $\beta= 0.652$  to  $\beta= 0.430$ . Additionally, when EP variable was added to the model, there was an increase from  $R^2=0.424$  to  $R^2=0.485$ , and therefore explaining power of the regression model increased. After EP was added to the model, the effects of GSCM practices decreased, yet this effect was still significant ( $p<0.001$ ). This result shows that EP is a variable with partial mediation role in the effect of GSCM practices on BP. Sobel test was made to define the significance of this mediation role. According to the Sobel analysis results,  $z$  value was calculated as 6.70, which was statistically significant ( $p<0.001$ ).

According to the multiple regression analysis results, the lowest of VIF values was 1.810, which was lower than the upper bound 10. It was also found that the lowest tolerance value in the model was 0.553, which was higher than the lower bound 0.10. The highest CI value in the model was calculated as 18.527, which was significantly lower than the upper bound 30. Therefore, there is no multiple correlation problem in the model. Additionally, the highest Durbin-Watson coefficient in the model was 2.317, which showed that there was no auto-correlation problem. Based on the results of the multiple regression analysis, hypotheses  $H_1$  "GSCM practices have a positive and significant effect on BP.",  $H_2$  "GSCM practices have a positive and significant effect on EP.",  $H_3$  "EP has a positive and significant effect on BP." and  $H_4$  "EP has a mediation role in the effect of GSCM practices on BP." were accepted.



## 4. Conclusion

Within the scope of the main objective of the present research, first the relationships between GSCM practices, EP and BP were examined. Four hypotheses formed on the basis of these relationships were tested. According to the obtained findings, GSCM practices have a positive and significant effect on BP and EP; and EP has a positive and significant effect on BP. Additionally, EP has a partial mediation role in the effect of GSCM practices on BP. These findings are in agreement with the findings of similar studies in the related literature (Klassen and McLaughlin, 1996; Geffen and Rothenberg, 2000; Zhu and Sarkis, 2004; Zhu and Sarkis, 2007; Testa and Iroldo, 2010; Golicic and Smith, 2013; Abdallah and Al-Ghwayeen, 2020).

According to the results of the analyses conducted for the present research, the level of realizing GSCM practices in above average for businesses (3.75). EP (3.65) and BP (3.64) levels of businesses are also above average. The most critical element in BP of businesses was that the item “businesses have reduced solid wastes during the last three years compared to competitors” within the EP criteria was below average (2.95). According to this finding, it is suggested that businesses act more consciously in terms of reducing solid wastes and adapt this to their business cultures.

The present research is limited to businesses operating in automotive industry in Konya province. Further studies can be conducted in different cities/samples or on other industries in Konya. Additionally, since the present research was conducted within certain time limitations, taken the nature of research questions and hypotheses, further studies can be conducted in longer time periods in terms of data collection.

## References

- Abdallah, A. B., & Al-Ghwayeen, W. S. (2020). Green supply chain management and business performance. *Business Process Management Journal*, 26(2), 489-512.
- Ageron, B., Gunasekaran, A., & Spalanzani, A. (2012). Sustainable supply management: an empirical study. *International Journal of Production Economics*, 140(1), 168-182.
- Alkunsol, W. H., Sharabati, A. A. A., AlSalhi, N. A., & El-Tamimi, H. S. (2019). Lean six sigma effect on jordanian pharmaceutical industry's performance. *International Journal of Lean Six Sigma*, 10(1), 23-43.
- Al-Tuwaijri, S. A., Christensen, T. E., & Hughes Li, K. E. (2004). The relations among environmental disclosure, environmental performance, and economic performance: a simultaneous equations approach. *Accounting, Organizations and Society*, 29(5-6), 447-471.
- Baron, R. M., & Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173-1182.
- Bowen, F.E., Cousins, P.D., Lamming, R.C., & Farukt, A.C. (2001). The role of supply management capabilities in green supply. *Production and Operations Management*, 10(2), 174-189.
- Coşkun, R., Bayraktaroğlu, S., Yıldırım, E., & Altunışık, R. (2015). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri: SPSS uygulamalı*. Sakarya Yayıncılık.
- Darnall, N., Jolley, G. J., & Handfield, R. (2008). Environmental management systems and green supply chain management: complements for sustainability?. *Business Strategy and the Environment*, 17(1), 30-45.
- De Giovanni, P., & Vinzi, V. E. (2012). Covariance Versus Component-Based Estimations of Performance in Green Supply Chain Management. *International Journal of Production Economics*, 135(2), 907-916.
- De Sousa Jabbour, A. B. L., De Oliveira Frascareli, F. C., & Jabbour, C. J. C. (2015). Green supply chain management and firms' performance: Understanding potential relationships and the role of green sourcing and some other green practices. *Resources, Conservation and Recycling*, 104, 366-374.
- Dheeraj, N., & Vishal, N. (2012). An overview of green supply chain management in India. *Research Journal of Recent Sciences*, 1(6), 77-82.
- Eltayeb, T.K., & Zailani, S. (2009). Going green through green supply chain initiatives toward environmental sustainability. *Operations and Supply Chain Management: An International Journal*, 2(2), 93-110.
- Eltayeb, T.K., Zailani, S., & Ramayah, T. (2011). Green supply chain initiatives among certified companies in Malaysia and environmental sustainability: investigating the outcomes. *Resources, Conservation and Recycling*, 55(5), 495-506.
- Geffen, C.A., & Rothenberg, S. (2000). Suppliers and environmental innovation: the automotive paint process, *International Journal of Operations & Production Management*, 20(2), 166-86.
- Golicic, S. L., & Smith, C. D. (2013). A meta-analysis of environmentally sustainable supply chain management practices and firm performance, *Journal of Supply Chain Management*, 49(2), 78-95.
- Green, K. W., Inman, R. A., Sower, V. E., & Zelbst, P. J. (2019). Impact of JIT, TQM and green supply chain practices on environmental sustainability. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 30(1), 26-47.
- Green, K. W., Zelbst, P. J., Meacham, J., & Bhaduria, V. S. (2012). Green supply chain management practices: impact on performance. *Supply Chain Management: An International Journal*, 17(3), 290–305.
- Gürbüz, S., & Şahin, F. (2018). *Sosyal bilimlerde araştırma yöntemleri*. Gözden Geçirilmiş Güncellenmiş 5. Baskı. Ankara: Seçkin Yayıncılık.
- Hervani, A. A., Helms, M. M. & Sarkis, J. (2005). Performance measurement for green supply chain management. *Benchmarking: An International Journal*, 12(4), 330-353.
- Hsu, C. C., Tan, K. C., Zailani, S. H. M., & Jayaraman, V. (2013). Supply chain drivers that foster the development of green initiatives in an emerging economy. *International Journal of Operations & Production Management*, 33(6), 656-688.

- Hsu, C. W., & Hu, A. H. (2008). Green supply chain management in the electronic industry. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 5(2), 205-216.
- Kim, J. H., Youn, S., & Roh, J. J. (2011). Green supply chain management orientation and firm performance: evidence from South Korea. *International Journal of Services and Operations Management*, 8(3), 283-304.
- Klassen, R. D., & McLaughlin, C. P. (1996). The impact of environmental management on firm performance. *Management Science*, 42(8), 1199-1214.
- Laosirihongthong, T., Adebajo, D., & Keah, C.T. (2013). Green supply chain management practices and performance. *Industrial Management & Data Systems*, 113(8), 1088-1109.
- Lin, R. J. (2013). Using fuzzy DEMATEL to evaluate the green supply chain management practices. *Journal of Cleaner Production*, 40, 32-39.
- Liu, Y., Zhu, Q., & Seuring, S. (2017). Linking capabilities to green operations strategies: The moderating role of corporate environmental proactivity. *International Journal of Production Economics*, 187, 182-195.
- Luthra, S., Garg, D., & Haleem, A. (2014). Green supply chain management. *Journal of Advances in Management Research*, 11(1), 20-46.
- Meng, X. (2013). Scalable simple random sampling and stratified sampling. *30th International Conference on Machine Learning*, 531-539.
- Mollenkopf, D., Stolze, H., Tate, W. L., & Ueltschy, M. (2010). Green, lean, and global supply chains. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 40(1-2), 14-41.
- Perotti, S., Zorzini, M., Cagno, E., & Micheli, G.J. (2012). Green supply chain practices and company performance: the case of 3PLs in Italy. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 42(7), 640-672.
- Sekaran, U. (2003). *Research Methods for Business: A Skill Building Approach*. (J. Marshall, & P. M. Fadden, Dü) New York: Fourth Edition.
- Sharma, S., & Gandhi, M. A. (2016). Exploring correlations in components of green supply chain practices and green supply chain performance. *Competitiveness Review*, 26(3), 332-368.
- Srivastava, S. K. (2007). Green supply-chain management: A state-of-the-art literature review. *International Journal of Management Reviews*, 9(1), 53-80.
- Taticchi, P., Tonelli, F., & Cagnazzo, L. (2010). Performance measurement and management: a literature review and a research agenda. *Measuring Business Excellence*, 14(1), 4-18.
- Testa, F., & Iraldo, F. (2010). Shadows and lights of GSCM (Green Supply Chain Management): Determinants and effects of these practices based on a multinational study. *Journal of Cleaner Production*, 18(10-11), 953-962.
- Vickery, S.K., Jayaram, J., Droge, C., & Calantone, R. (2003). The effects of an integrative supply chain strategy on customer service and financial performance: an analysis of direct versus indirect relationships. *Journal of Operations Management*, 21(5), 523-539.
- Walls, J. L., Phan, P. H., & Berrone, P. (2011). Measuring environmental strategy: Construct development, reliability, and validity. *Business & Society*, 50(1), 71-115.
- Zhu, Q., & Sarkis, J. (2004). Relationships Between Operational Practices and Performance among Early Adopters of Green Supply Chain Management Practices in Chinese Manufacturing Enterprises. *Journal of Operations Management*, 22(3), 265-289.
- Zhu, Q., & Sarkis, J. (2007). The moderating effects of institutional pressures on emergent green supply chain practices and performance. *International Journal of Production Research*, 45(18-19), 4333-4355.
- Zhu, Q., Geng, Y., Fujita, T., & Hashimoto, S. (2010). Green supply chain management in leading manufacturers Case studies in Japanese large companies, *Management Research Review*, 33(4), 380-392.
- Zhu, Q., Sarkis, J., & Geng, Y. (2005). Green supply chain management in China: pressures, practices and performance. *International Journal of Operations & Production Management*, 25(5), 449-468.
- Zhu, Q., Sarkis, J., & Lai, K. H. (2008). Confirmation of a measurement model for green supply chain management practices implementation. *International Journal of Production Economics*, 111(2), 261-273.
- Zsidisin, G. A., & Siferd, S. P. (2001). Environmental purchasing: a framework for theory development. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 7(1), 61-73.



# İşe Angaje Olma ve Algılanan İçsellik Statüsü İlişkisinde Çalışan Sessliliğinin Aracı Rolü

Mehtap Öztürk<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Selçuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8513-9842)

(İlk Geliş Tarihi 3 Mayıs 2020 ve Kabul Tarihi 26 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.735924)

**ATIF/REFERENCE:** Öztürk, M. (2020). İşe Angaje Olma ve Algılanan İçsellik Statüsü İlişkisinde Çalışan Sessliliğinin Aracı Rolü. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 614-622.

## Öz

Pozitif örgütsel davranış konuları arasında yer alan ve çalışma ilişkilerinde çalışanların rol gereklerinin bir sonucu olarak ortaya çıkan işe angaje olma, çalışanların performansları başta olmak üzere birçok örgütsel sonuç üzerinde etkisi bulunan bir davranış türüdür. Bu nedenle çalışanların örgütlerdeki rol gereklerinin hangi öncüller tarafından belirlendiğinin araştırılması önem taşımaktadır. İşe angaje olmanın önemli öncülleri arasında çalışan sessliliği gelmektedir. Algılanan içsellik statüsü ise örgütsel davranış yazınındaki çalışmalarda nispeten daha az ilgi görse de işe angaje olmanın bir diğer önemli öncülüdür. Bu kapsamda bu çalışmanın amacı, algılanan içsellik statüsünün işe angaje olma üzerindeki etkisinin incelenmesi ve bu ilişkide çalışan sessliliğinin etkisi olup olmadığının araştırılmasıdır. Araştırmada Konya örnekleminde bilişim sektöründe çalışan 403 çalışandan basit tesadüfi örnekleme yoluyla anket yöntemi ile veri toplanmıştır. Araştırma değişkenlerini ölçümlemek için işe angaje olma ölçeği (Schaufeli ve Bakker, 2003), çalışan sessliliği ölçeği (Van Dyne ve Le Pine, 1998) ve algılanan içsellik statüsü ölçeği (Stamper ve Masterson, 2002) kullanılmıştır. Örneklemden elde edilen veriler yapısal eşitlik modeli ile ve SPSS 23.0 ve AMOS 22.0 paket programları aracılığıyla analiz edilmiştir. Araştırma sonucunda algılanan içsellik statüsünün ve çalışan sessliliğinin işe angaje olma üzerinde pozitif yönlü ve istatistiksel bakımdan anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir. Benzer şekilde algılanan içsellik statüsünün çalışan sessliliği üzerindeki etkisinin de pozitif yönlü ve istatistiksel bakımdan anlamlı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca çalışmada algılanan içsellik statüsü ve işe angaje olma arasındaki ilişkide çalışan sessliliğinin kısmi aracılık rolüne sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu doğrultuda, yüksek düzeyde içsellik statüsü algısına sahip çalışanların örgütsel uygulamalara daha fazla katılım sağlayarak sesslilik davranışlarının artacağını ve bu durumun bir sonucu olarak çalışanların rol gereklerine angaje olacakları ifade edilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** İşe Angaje Olma, Çalışan Sessliliği, Algılanan İçsellik Statüsü.

## Job Engagement and Perceived Insider Status: The Mediating Role of Employee Voice

### Abstract

Job engagement which is one of the positive organizational behavior issues and arises as a result of the role indicates of employees in labor relations is a type of behavior that has an impact on many organizational outcomes, especially on employee performance. Accordingly, it is important to investigate which antecedents are determined by the organizational role of the employees. Employee voice is an important antecedent of job engagement. On the other hand, perceived insider status is another important antecedent of job engagement, although it receives relatively less interest in the studies in the organizational behavior literature. In this context, the main purpose of this study is to explore the effects of the perceived insider status on job engagement and whether employee voice behaviour has mediating role on these relations. The data were collected with using survey method with simple random sampling from 403 employees in the information sector in Konya sample. Job engagement scale (Schaufeli & Bakker, 2003), employee voice scale (Van Dyne & Le Pine, 1998) and perceived insider status scale (Stamper & Masterson, 2002) were used to measure the research variables. The data obtained from the sample were analyzed using the structural equation model and SPSS 23.0 and AMOS 22.0 package programs.

\* Sorumlu Yazar: Selçuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Konya, Türkiye, ORCID: 0000-0001-8513-9842, [mehtapfindik@selcuk.edu.tr](mailto:mehtapfindik@selcuk.edu.tr).

As a result of the research, it has been determined that perceived insider status and employee voice have a positive and statistically significant relations with job engagement. Similarly, perceived insider status has a positive and statistically significant effect on employee voice. In addition, it was concluded that the employee voice has a partial mediating role in the relationship between perceived insider status and job engagement. Just as the employees increase level of perception of insider status by participating in organizational practices, so too voice behaviors will increase and as a result of this, employees will engage in role indicates.

**Keywords:** Job Engagement, Perceived Insider Status, Employee Voice.

## 1. Giriş

Pozitif örgütsel davranış konularından biri olan işe angaje olma (engagement) kavramı (Özkalp ve Meydan, 2015: 5) yönetim literatüründe ilgi gören bir kavram olmakla birlikte, özellikle Türk yazınında bu olgunun kavramsallaştırılmasında “işe tutkunluk” (Bektaş ve Karagöz, 2018; Gencer ve Ayyıldız, 2018), “işe cezbolma” (Özer vd., 2015), “çalışmaya tutkunluk” (Turgut, 2011), “işe adanmışlık” (Bostancı ve Ekiyor, 2015; İnce, 2016), “örgütsel adanmışlık” (Altunay, 2017), “işe angaje olma” (Özkalp ve Meydan, 2015; Kodaş, 2018; Uyar ve Güzel, 2019) gibi farklı tanımlamaların olması hala kavramsallaştırma konusunda yazında tutarlılıklar bulunmadığını göstermektedir. Bu nedenle hem kavramsal hem de ampirik olarak işe angaje olma konusunda araştırmacılar arasında belirsizlik devam etmektedir (Dalal vd., 2008: 52). Christian vd. (2011: 90) bu belirsizliğin nedenini kavramın hem bir kişilik özelliği hem de durumsal bir faktör olarak iki farklı görüş tarafından ele alınmasından kaynaklandığını belirtmektedir. Bu ikilik, kavramı kişilik özelliği olarak ele alan görüşün bireyler arasındaki farklılıklara (bireyler arası farklılıklar veya sadece bireysel farklılıklar) odaklanma eğiliminde olmasından, işe angaje olmayı durumsal bir faktör olarak ele alan görüşün ise belirli bir bireyin zaman içindeki farklılıklarına odaklanma eğiliminden kaynaklanmaktadır (Dalal vd., 2008: 52). Macey ve Schneider (2008: 6) kavramın kişilik özelliği (işe karşı pozitif görüşleri içermesi), durumsal (iş tatmini, işe katılım, bağlılık ve personel güçlendirme gibi) ve davranışsal (örgütsel vatandaşlık davranışı gibi ekstra rol davranışları) olarak farklı yönlerinin var olmasının nedenini aslında kavramın örgütsel, bireysel ve gruplar arası farklı düzeylerde incelenmesinden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu noktada Kahn’ın (1990) da belirttiği gibi angaje olma bilişsel, duygusal ve davranışsal özellikleri kapsayan psikolojik bir durumdur. Bakker ve Schaufeli (2015) de işe angaje olmayı, adanmışlık, dinçlik, özveri ve özümseme ile karakterize edilen pozitif, tatmin edici, işle ilgili bir durum olarak tanımlamaktadır. İşe angaje olma tanımında kullanılan dinçlik, bireyin çalışırken yüksek düzeyde enerji ve zihinsel esnekliğe sahip olmasını ifade eder. Adanmışlık, çalışanın işine güçlü bir şekilde dahil olması ve önem, coşku ve meydan okuma hisleri ile iş deneyimini yaşaması anlamına gelir. Özümseme ise, çalışanın işine tamamen konsantre olması ve mutlu bir şekilde işe dahil olması ile karakterize edilir, böylece çalışanlar iş yerinde zamanın nasıl geçtiğini anlamazlar ve işten ayırmakta zorluk çekmektedirler (Bakker ve Demerouti, 2008: 209-210).

Örgüt üyesinin rol performansı sırasında diğer bir ifade ile örgüt tarafından kişiye verilen rol gereklerini yerine getirirken, fiziksel, bilişsel, duygusal ve zihinsel olarak bu role uyum sağlaması işe angaje olmayı ifade etmektedir (Kahn, 1990: 694). Dolayısıyla işe angaje olma, hem çalışan hem de örgüt açısından karşılıklı fayda sağlayan pro-sosyal örgütsel davranıştır (Macey ve Schneider, 2008). Bu nedenle işe angaje olmuş bir çalışan, işle ilgili hedeflere odaklandığı, bilişsel olarak dikkatli olduğu, duygusal ve sosyal olarak işine bağlı olduğu için daha yüksek bir performans gösterebilmektedir (Alfes vd., 2013: 844). Bu yönüyle bu kavram, bireylerin rol performansını ne ölçüde ve nasıl iyileştirebildiğini ifade eden entelektüel angaje olma, çalışanın işiyle ilgili pozitif duygusal bağ hissetmesi olarak duygusal angaje olma ve çalışanların işle ilgili iyileştirmeler ve değişim hakkında meslektaşları ile konuşma düzeyi olarak ele alınan sosyal angaje olma şeklinde üç türde de ele alınmaktadır (Rees vd., 2013: 2783). Ayrıca işe angaje olma kavramı literatürde yaygın olarak iki görüş etrafında da şekillenmektedir (Schaufeli vd., 2008; Schaufeli vd., 2009; Xanthopoulou vd., 2009; Hakanen ve Schaufeli, 2012). Maslach ve Leiter’in (2008) çalışmalarını temel alan (örn., Leiter ve Maslach, 2005; Leiter ve Maslach, 1998; Maslach ve Goldberg, 1998) ilk görüş, işe angaje olmayı tükenmişlik kavramının zıttı olan bir olgu olarak değerlendirmekte, çalışanın yüksek düzeyde enerji ve özdeşleşmesi işe angaje olma; buna karşın çalışanın düşük düzeyde özdeşleşmesi ise tükenmişlik olarak ifade edilmektedir (Du Plooy ve Roodt, 2010: 1). Bununla birlikte tükenmişlik temelli işe angaje olma kavramı tanımlanırken, tükenmişlik ve işe angaje olmanın çalışanın işle ilgili tutumlarının iki ucunu temsil ettiğini de belirtilmektedir. Tükenmişlik çalışanın duygusal tükenme, motivasyon kaybı ve başarı hissini azaltması ile işle ilgili kalıcı, negatif bir düşünceye kapılması olarak ele alınırken, işe angaje olma da anlık ve spesifik bir durum olmaktan ziyade adanmışlık, dinçlik, özveri ve özümseme ile ilişkili kalıcı ve yaygın bir duygusal-bilişsel durum olarak tanımlanır (Denton vd., 2008: 1). Ancak Kahn’ın (1990) çalışmalarını temel alan görüş işe angaje olma kavramını, tükenmişlikten bağımsız bir kavram olarak ele almakta ve bu noktada kavram Maslach Tükenme Envanteri’den (Maslach vd., 1986) ziyade örgütlerde farklı ölçüm ve kavramsallaştırmaları bulunan bir olgu haline gelmektedir (Özkalp ve Meydan, 2015: 5-6). Özellikle Schaufeli vd. (2002) çalışmalarını temel alan ve sonrasında Schaufeli vd. (2006) çalışmalarıyla tükenmişlik kavramına alternatif bir bakış açısı sunan işe angaje olma adanmışlık, dinçlik ve özümseme olarak üç boyutlu bir yapı halinde açıklanmıştır. Bu bakış açısından hareketle, işini daha fazla özümseyen çalışanların, hem örgütün hem de kendilerinin yararına olumlu ve işbirlikçi davranışlarda bulunma olasılıklarının daha yüksek olduğu belirtilmiştir (Rees vd., 2013).

Çalışanların hem kendi yararına hem de örgütün iyiliğine yönelik karşılıklı ilişki temelinde ele alınan bu olgular yazında Sosyal Mübadele Teorisi (Blau, 1964; Emerson, 1976) ile açıklanmaktadır. Sosyal mübadele teorisi çerçevesinde işe angaje olma bireysel düzeyde bir yapı olarak düşünülmektedir. Dolayısıyla çalışanların örgütlerine karşı olumlu sonuçlar elde edebilmesi için önce bireysel düzeyde sonuçlara ulaşması gerekmektedir (Karanges, 2014: 45). Çalışanın rol gerekleriyle ilişkili fazla miktarda bilişsel, duygusal ve fiziksel kaynağa sahip olması çalışanın bireysel olarak daha fazla rol performansı göstermesine neden olur. Bu nedenle bir çalışanın rol performansına ayırmaya hazırlandığı bilişsel, duygusal ve fiziksel kaynakların miktarı, örgütün çalışana tahsis ettiği ekonomik ve sosyo-duygusal kaynaklara bağlıdır. Bu karşılıklı ilişki sonucunda çalışana örgütten ne kadar fazla ekonomik, sosyo-duygusal kaynak sağlanırsa çalışanda o derece örgütüyle ve işine karşı angaje olacaktır (Saks, 2006: 602-603).



Bu doğrultuda çalışanın işe angaje olmasının hem çalışan hem de örgütsel açıdan birçok faydası ve yararı olacağı açıktır. Demerouti vd. (2001) iş talepleri-kaynakları modelinde iş taleplerinin işe angaje olmanın önemli bir öncülü olduğunu belirtmiştir. İş talepleri modeli, iş çevresinin fizyolojik ve psikolojik maliyetleri olan çalışan çabalarını gerektiren iş taleplerine çalışanların hedeflerine ulaşmalarına ve yardımcı olan iş kaynaklarının örgüt içerisinde nasıl dağıtılacağına odaklanır (Bakker ve Demerouti, 2007). İş talepleri, işin sürekli fiziksel ve/veya psikolojik çaba gerektiren fiziksel, psikolojik, sosyal veya örgütsel yönleri olarak tanımlanır ve belirli fizyolojik ve/veya psikolojik maliyetlerle ilişkilidir. Bu nedenle yenilikçilik ve beceri çeşitliliği gibi iş kaynakları yüksek olduğunda, iş talepleri işe angaje olmanın bir öncülü olarak kabul edilir (Bakker ve Demerouti, 2017: 275). İşe angaje olmanın bu noktada önemli bir öncülü ise çalışan sesliliğidir. Özellikle iş taleplerinin karşılanmasında ve örgütsel iletişimin iki yönü olarak ifade edilebilecek örgütsel bilgi paylaşımı ve geri besleme mekanizmalarında örgüt içi iletişimin kaynağı çalışan sesliliğidir (Rothmann, 2014; Ruck vd., 2017). Van Dyne vd. (2003) çalışan sesliliğinin; çalışanların proaktif olarak değişim için önerilerde bulunduğu gibi konuşma davranışlarını ve örgütsel adalet kararlarını geliştiren ve çalışanların karar alma sürecine katılımını kolaylaştıran gerekli süreç prosedürlerinin varlığını tanımlayan ses davranışı olarak literatürde iki tanımının bulunduğunu ifade etmişlerdir. Çalışan sesliliği, örgüt içinde bilgi alan, danışılan veya ortak karar alma sürecinin bir parçası olan çalışanları ifade eder (Wood ve Fenton-O'Creavy, 2005). Çalışan sesliliği örgütsel ve örgütsel birimlerin işlevlerini geliştirmek amacıyla işle ilgili konulardaki fikir, öneri, endişe veya ilginin kasıtlı olarak ifade edilmesi sonucu ortaya çıkan örgütsel bir iletişim şeklidir. Çalışan sesliliği doğrudan ve dolaylı bir şekilde gerçekleştirilebileceği gibi, özellikle örgütsel davranış yazını kapsamında doğrudan iletişim şekillerini ifade eden seslilik esas alınmaktadır (Kaufman, 2015: 20). Doğrudan iletişim olarak ele alınan çalışan sesliliği, çalışanların ses uygulamaları konusundaki bireysel deneyimlerini yöneticileri veya amirleri ile paylaşmasının ve bu paylaşımındaki etkileşimin kalitesi sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle, liderin veya yöneticinin rolünün doğrudan çalışan sesliliğine etkisi dolaylı iletişimden daha büyük bir rol oynamaktadır. Doğrudan veya bireysel düzeyde bir bakış açısıyla, çalışan sesliliği özellikle iş talepleri gibi işle ilgili süreçlerde çalışanların örgütün karar alma sürecine dahil olmaları için fırsatlar yaratan örgütsel uygulamaları ifade eder (Kwon vd., 2016: 328). Morrison'un (2011) da ifade ettiği gibi hem bireysel (iş talepleri, rol gerekleri, kişilik, iş performansı gibi) hem de kavramsal veya örgütsel (örgüt yapısı, örgüt kültürü, liderlik tarzları gibi) düzeydeki uygulamalar çalışanların sesliliğine maliyet veya etkinlik düzeyinde etkide bulunarak, örgütsel veya bireysel iş sonuçlarını etkilemektedir. Özellikle çalışanın iş talepleri ve çalışan performansı gibi bireysel düzeyde görülen çalışan sesliliğinin örgütsel sonuçları çalışanın işe angaje olmasında önemli bir öncül olarak ele alınır (Rees vd., 2013; Cheng vd., 2013; Cheng vd., 2014; Milliken vd., 2015; Kwon vd., 2016, Ruck vd., 2017; Amah ve Sese, 2018). Çalışanın sosyal değişim mekanizmaları çerçevesinde, örgütsel iletişim düzeylerine katılmaları ve özellikle çalışanın kendi iş gerekleri konusunda örgüt tarafından sesliliğin desteklenmesi çalışanların daha yüksek düzeyde işe katılmalarını sağlayarak hem performanslarını hem de işe angaje olma düzeylerini artıracaktır (Amah ve Sese, 2018). Bu doğrultuda, araştırmanın birinci hipotezi aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

H<sub>1</sub>: Çalışanların işe angaje olma düzeylerinin çalışan sesliliği üzerinde pozitif yönlü bir etkisi vardır.

Sosyal mübadele teorisi çerçevesinde değerlendirilen bir diğer konu ise algılanan içsellik statüsüdür (Kanbur ve Kanbur, 2015: 198). Örgüt içinde çalışmaya devam edenler (insider) ve örgüte yeni ve dışarıdan gelenler (outsider) arasındaki ayrımı esas alan algılanan içsellik statüsü, belirli çalışanların örgütü içselleştirme süreçlerini teşvik etmek amacıyla eğitim ve promosyonlar gibi teşvikleri kullanmasının bir sonucudur. Bu teşvikler sonucunda çalışanın örgüte katılım düzeyi artmaktadır (Stamper ve Masterson, 2002: 877). İçsellik statüsü algısı, örgütsel sosyalizasyon sürecinin bir kombinasyonu olarak çalışanların grup içi üye statüsüne ulaştıklarını hissetmesiyle gelişmektedir. Bu algıyı yüksek düzeyde hisseden çalışanlar kendilerini örgütün merkezi ve önemli bir parçası olarak algırlar, yüksek düzeyde örgütsel katılım gösterirler (Knapp vd., 2014: 274-275). Yüksek düzeyde içsellik statüsüne sahip çalışanlar kendilerini örgütün üyeleri olarak tanımlar, örgüte aidiyet geliştirirler (Ding ve Shen, 2017), örgütün değerleri ve hedefleri ile kendilerini özdeşleştirirler ve bu yönde hareket ederler. Bu çalışanların örgütte kalma niyetleri de yüksektir. Algılanan içsellik statüsü düşük olan çalışanlar ise (kendilerini örgüte yabancılaşmış hissedenler) örgüte yüksek düzeyde katılımdan ziyade kopma ve reddetme duygularına sahip olacaklardır (Ouyang vd., 2015). Bu doğrultuda, araştırmanın ikinci hipotezi aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur.

H<sub>2</sub>: Çalışanların işe angaje olma düzeylerinin algılanan içsellik statüsü üzerinde pozitif yönlü bir etkisi vardır.

Örgütsel aidiyetin veya bir nevi sosyalizasyon sürecinin gelişiminde içsellik statüsü Katz ve Kahn'ın (1966) belirttiği gibi, grup içerisinde grup üyelerinin birbirlerini grup içi ve grup dışı olarak ayırmasının bir sonucudur. Kendini grup içi olarak hisseden çalışanlar, diğer çalışanları içselleştirme ve onlarla samimi olma açısından örgütün sosyal sınırlarına hakim oldukları için grup dışı üyelere göre örgüt içerisinde daha fazla kişisel alan yaratabilmektedirler (Lapalme vd., 2009: 921). Çalışan tarafından örgüt içerisinde yaratılan bu kişisel alan, çalışanın ihtiyaç ve duygularını diğer grup içi üyelerle paylaşmakta özgür olduğu inancını sağlayarak, çalışanın örgüt içerisinde statü elde etmesine neden olur (Zhu vd., 2019) ve çalışanların örgüte kabulünü kolaylaştırır (Horng vd., 2016: 57). Algılanan içsellik statüsünün, lider üye etkileşimi (Stamper ve Masterson, 2002) ve bu etkileşimin kalitesi (Kassing, 2000), katımlı yönetim algısı (Hui vd., 2015), örgütsel destek algısı (Lapalme vd., 2009), iş-aile uyumu (Choi vd., 2018), benlik algısı (Dai ve Chen, 2015), istismarcı yönetim (Ouyang vd., 2015) gibi literatürde birçok öncülü bulunmaktadır. Bununla birlikte genellikle bir sosyalizasyon süreci olarak değerlendirilen içsellik statüsünün örgütsel sapma, örgütsel vatandaşlık davranışı (Khan vd., 2019), örgütsel özdeşleşme (Stamper ve Masterson, 2002), çalışan performansı (Xiao, 2015) gibi örgütsel sonuçlar üzerinde de etkisi bulunmaktadır. Aynı zamanda algılanan içsellik statüsü, örgütte proaktif davranışların ortaya çıkmasına neden olarak, çalışan sesliliği (Li vd., 2014; Ouyang vd., 2015) ve işe angaje olmanın (Dai ve Chen, 2015) örgüt içerisinde yayılımına neden olmaktadır. Bu doğrultuda, içsellik statüsü yüksek olan çalışanların örgüt içerisinde diğer çalışanlarla ve örgütle iletişim düzeyinin yüksek olacağı düşüncesiyle, çalışan sesliliği davranışlarının artacağı, örgüt içi gruplara ve örgüte yönelik aidiyet hissetmesi nedeniyle de örgütüyle daha çok bütünleşeceği ve işe angaje olma düzeylerinin de artacağı düşünülmektedir. Bu noktada, literatürde ileri sürülen bilgiler ışığında, araştırmanın diğer hipotezleri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

H<sub>3</sub>: Algılanan içsellik statüsünün çalışan sesliliği üzerinde pozitif yönlü bir etkisi vardır.



H<sub>4</sub>: Çalışanların işe angaje olma düzeyleri ile algılanan içsellik statüsü arasındaki ilişkide çalışan sesliliğinin aracılık rolü vardır.

## 2. Araştırma Metodolojisi

Nicel araştırma yöntemi benimsenen bu çalışmada verilerin analizinde için öncelikle ölçüm modeli (doğrulayıcı faktör analizi) test edilmiş ve yapısal model geliştirilerek, bu modellerin analizlerinde SPSS 23.0 ve AMOS 22 programı kullanılmıştır. Araştırmanın evrenini Konya’da bilişim sektörü çalışanları oluşturmaktadır. Bilişim sektöründe çalışanlara ilişkin evren büyüklüğü net olarak tahmin edilememekle birlikte  $+0.05$  örnekleme hatasında 384 kişilik bir örneklemin 100000 kişilik evreni temsil yeteneğine sahip olduğunu belirtmiştir (Öztürk ve Çoban, 2019: 248). Bu doğrultuda, çalışmada bilişim sektöründe 403 çalışandan oluşan örneklem basit tesadüfi örnekleme yöntemi ile seçilmiştir. Anket verileri Kasım-Aralık 2019 tarihleri arasında katılımcılardan online olarak toplanmıştır. Ankete katılan çalışanların büyük bir kısmının erkek (%66), 30-40 yaş arası (%45), üniversite mezunu (%38) olduğu ve 5 yıldan uzun süredir (%72) bilişim sektöründe çalıştıkları tespit edilmiştir. Araştırma değişkenlerine ilişkin kullanılan ölçekler aşağıda belirtilmiştir.

- *İşe Angaje Olma*: Schaufeli ve Bakker (2003) tarafından geliştirilen, Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Özkalp ve Meydan (2015) tarafından yapılan işe angaje olma ölçeğinin kısa formu kullanılmıştır. Ölçek; dinçlik (3 ifade), adanmışlık (3 ifade) ve özümseme (3 ifade) olmak üzere 3 boyuttan ve 9 maddeden oluşmaktadır.
- *Çalışan Sesliliği*: Van Dyne ve Le Pine (1998) tarafından geliştirilen, Çetin ve Çakmakçı (2012) tarafından Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması yapılan çalışan sesliliği ölçeği, Van Dyne ve Le Pine’in (1998) çalışmasına uygun olarak 6 ifadeden oluşmaktadır.
- *Algılanan İçsellik Statüsü*: Akdoğan ve Köksal (2014), Mirap (2008) çalışmalarında kullandıkları ve Stamper ve Masterson (2002) tarafından geliştirilen 6 ifadeden oluşan algılanan içsellik statüsü ölçeğinden yararlanılmıştır.

## 3. Araştırma Sonuçları

Araştırmada kullanılan ölçeklerin geçerlilik analizini test etmek amacıyla doğrulayıcı faktör analizi yapılmıştır. Her bir değişkene ilişkin en iyi uyum değerlerine sahip doğrulayıcı faktör analizi sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Ölçeklerin Uyum İyiliği Değerleri

Değişken	X <sup>2</sup>	df	X <sup>2</sup> /df	GFI	CFI	RMSEA
Algılanan İçsellik Statüsü	0.784	2	0.392	0.999	1.000	0.000
Çalışan Sesliliği	1.714	2	0.857	0.998	1.000	0.000
İşe Angaje Olma	61.135	24	2.547	0.967	0.977	0.062
<i>İyi Uyum Değerleri</i>			$\leq 3$	$\geq 0.90$	$\geq 0.95$	$\leq 0.05$
<i>Kabul Edilebilir Uyum Değerleri</i>			$\leq 4-5$	$\geq 0.85$	$\geq 0.90$	$\leq 0.08$

Araştırmada kullanılan her bir ölçeğin yapı geçerliliği için ayrı ayrı doğrulayıcı faktör analizi kullanılmış kabul edilebilir uyum iyiliği değerleri için ölçekten ifadeler çıkartılarak tekrar modifikasyonlar yapılmıştır. Algılanan içsellik statüsü 4 ifade, çalışan sesliliği için 4 ifade ve işe angaje olma ölçeği için 9 ifadenin doğrulayıcı faktör analizi sonucunda uyum iyiliği değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içerisinde ve anlamlı ( $p < .05$ ) olduğu tespit edilmiştir. Araştırma değişkenleri arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile araştırılmıştır. Değişkenlere ilişkin pearson korelasyon, ortalama, standart sapma ve güvenilirlik analizi (cronbach alpha) sonuçları Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Değişkenlere Ait Ortalama, Standart Sapma, Güvenilirlik ve Korelasyon Değerleri

Değişkenler	$\bar{X}$	SD	1	2	3
Algılanan İçsellik Statüsü (1)	3.99	0.69	(0.643)		
Çalışan Sesliliği (2)	3.18	0.97	.229**	(0.854)	
İşe Angaje Olma (3)	2.97	0.80	.225**	.555**	(0.868)

Not: n=403; \*\* $p < .001$ , \* $p < .05$ .

Araştırma değişkenlerine ait ölçeklerin Cronbach’s Alpha ( $\alpha$ ) değerlerinin incelendiğinde yüksek düzeyde güvenilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır ( $0.60 > \alpha > 0.80$ ). Araştırmada esas alınan her bir değişkenin ortalama ve standart sapma değerleri incelendiğinde ise ankete katılan katılımcıların çalışan sesliliği ve işe angaje olma ifadelerine orta düzeyde katıldıkları ve içsellik statüsü algılarının ise yüksek olduğu ifade edilebilir. Ayrıca korelasyon analizi sonuçları değerlendirildiğinde, algılanan içsellik statüsü ve çalışan sesliliği ( $r = .229$ ,  $p < .05$ ) ile işe angaje olma ( $r = .225$ ,  $p < .05$ ) arasında pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. İşe angaje olma ile çalışan sesliliği arasında ( $r = .555$ ,  $p < .05$ ) orta düzeyde, pozitif yönlü ve anlamlı bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada ileri sürülen hipotezleri test edebilmek amacıyla yapısal eşitlik modeli kullanılmış ve analiz sonuçları Tablo 3’de gösterilmiştir.

Tablo 3. Yapısal Eşitlik Modeli Uyum İyiliği Değerleri

Değişken	X <sup>2</sup>	df	X <sup>2</sup> /df	GFI	CFI	RMSEA
Algılanan İçsellik Statüsü – İşe Angaje Olma	211.295	61	3.464	0.928	0.926	0.078
Çalışan Sesliliği – İşe Angaje Olma	145.732	61	2.389	0.944	0.967	0.059

Algılanan İçsellik Statüsü – Çalışan Sessliliği	11.353	13	0.873	0.992	1.000	0.000
İyi Uyum Değerleri			≤3	≥0.90	≥0.95	≤0.05
Kabul Edilebilir Uyum Değerleri			≤4-5	≥0.85	≥0.90	≤0.08

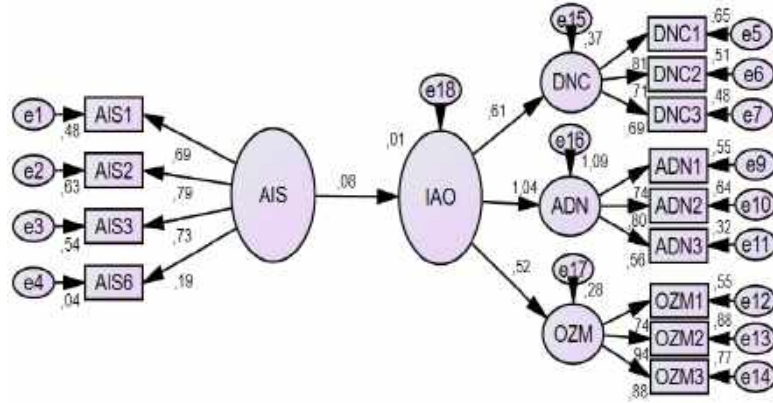
Tablo 3’de yer alan kabul edilebilir uyum indeksleriyle karşılaştırıldığında modelin yeterli uyumu sağladığı görülebilmektedir. Yapısal olarak doğrulanmış bu model incelendiğinde; 3 boyutlu yapı olarak ele alınan işe angaje olmanın algılanan içsellik statüsü ve çalışan sessliliği ile arasında istatistiksel bakımdan anlamlı ilişki olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca algılanan içsellik statüsü ve çalışan sessliliği arasında da istatistiksel bakımdan anlamlı ilişki olduğu görülmektedir. Yapısal eşitlik modeline ilişkin katsayılar ise Tablo 4’te yer almaktadır.

Tablo 4. Yapısal Eşitlik Modeli Katsayıları

Değişkenler	Standardize β	Standart Hata	p	R <sup>2</sup>
Algılanan İçsellik Statüsü – İşe Angaje Olma	0.080	0.056	***	0.010
Çalışan Sessliliği – İşe Angaje Olma	0.670	0.103	***	0.450
Algılanan İçsellik Statüsü – Çalışan Sessliliği	0.100	0.057	***	0.010

Yapısal eşitlik modelinin katsayılar tablosuna göre, algılanan içsellik statüsü ve işe angaje olma arasında pozitif yönlü ve istatistiksel bakımdan anlamlı bir ilişki olduğu ( $\beta=0.08$ ;  $p<.05$ ), bağımsız değişken olan algılanan içsellik statüsünün bağımlı değişken olan işe angaje olmanın %1’ini açıkladığı sonucuna ulaşılmıştır. Model kapsamında elde edilen bir diğer sonuç ise işe angaje olma ve çalışan sessliliği arasında da pozitif yönlü ve istatistiksel bakımdan anlamlı bir ilişki olduğu ( $\beta=0.67$ ;  $p<.05$ ), çalışan sessliliğinin işe angaje olmanın %45’ini açıkladığı tespit edilmiştir. Algılanan içsellik statüsü ve çalışan sessliliği arasındaki ilişki incelendiğinde ise, benzer şekilde pozitif yönlü ve istatistiksel bakımdan anlamlı bir ilişki olduğu ( $\beta=0.10$ ;  $p<.05$ ) ve çalışanların sesslilik düzeylerinin %1’lik kısmının içsellik statüsü algısı ile açıklanabildiği görülmektedir. Bu doğrultuda, araştırmanın H1, H2 ve H3 hipotezleri desteklenmektedir. AMOS 22.0 istatistik programı kullanılarak analiz edilen yapısal eşitlik modelinin sonuçları ise Şekil 1’de sunulmuştur.

Şekil 1. Yapısal Eşitlik Modeli Sonuçları



Not: Şekilde yer alan değerler standartlaştırılmış regresyon katsayılarını (Standardized Estimates) göstermektedir ( $p<0.05$ ).

Araştırma kapsamında aracılık etkisini ölçümlemek amacıyla geliştirilen H4 hipotezini tespit etmek için yapısal eşitlik modellemesinden yararlanılmış ve analiz sonuçları Tablo 5’te gösterilmiştir.

Tablo 5. Aracılık Etkisini Ölçmek İçin Oluşturulan Yapısal Eşitlik Modelinin Uyum İyiliği Değerleri

Değişken	X <sup>2</sup>	df	X <sup>2</sup> /df	GFI	CFI	RMSEA
Algılanan İçsellik Statüsü – Çalışan Sessliliği – İşe Angaje Olma	323.833	113	2.866	0.913	0.930	0.068
İyi Uyum Değerleri			≤3	≥0.90	≥0.95	≤0.05
Kabul Edilebilir Uyum Değerleri			≤4-5	≥0.85	≥0.90	≤0.08

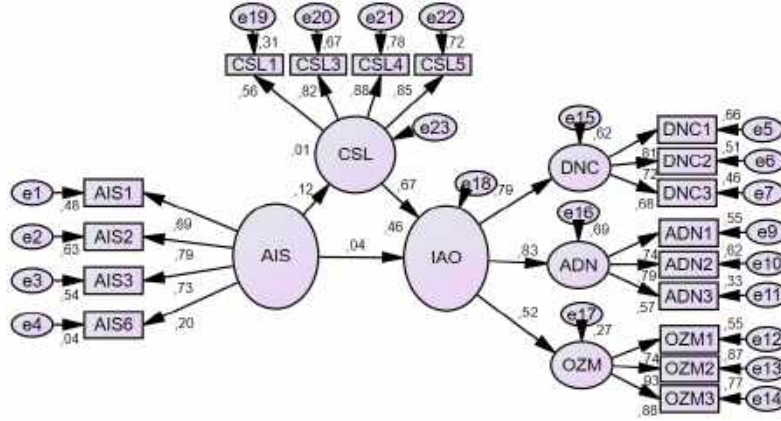
Tablo 5’teki veriler, algılanan içsellik statüsü le işe angaje olma rasındaki ilişkide çalışan sessliliğinin aracı rolünü incelemek amacıyla oluşturulan modelin uyum değerlerinin kabul edilebilir sınırlar içinde olduğunu ve modelin yapısal olarak uygun olduğuna ilişkin yeterli kanıtları sağlamaktadır. Yapısal eşitlik modeline ilişkin katsayılar Tablo 6’da yer almaktadır.

Tablo 6. Aracılık Etkisini Ölçmek İçin Oluşturulan Yapısal Eşitlik Modeli Katsayıları

Değişkenler	Standardize β	Standart Hata	p	R <sup>2</sup>
Algılanan İçsellik Statüsü – İşe Angaje Olma	0.04	0.067	***	0.46
Çalışan Sessliliği – İşe Angaje Olma	0.67	0.103	***	
Algılanan İçsellik Statüsü – Çalışan Sessliliği	0.12	0.058	***	0.01

Baron ve Kenny (1986) tarafından önerilen aracılık etkisi modeli kapsamında aracılık etkisini tespit edilebilmesi, algılanan içsellik statüsü, çalışan sesliliği ve işe angaje olma arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Açıklayıcı değişkenler olan algılanan içsellik statüsü ve çalışan sesliliğinin bağımlı değişken olan işe angaje olma davranışı algısının varyansının % 46'sını açıkladığı görülmektedir ( $R^2=0.46$ ). Çalışan sesliliğinin algılanan içsellik statüsü ve işe angaje olma arasındaki ilişkiye dahil edilmesiyle algılanan içsellik statüsünün işe angaje olma üzerindeki etkisi  $\beta=0.08$ 'den  $\beta=0.04$ 'e düşmekte,  $R^2=0.01$ 'den  $R^2=0.46$ 'ya artış göstermekte ve modelinin açıklayıcılığı artmaktadır. Çalışan sesliliği modele eklendikten sonra içsellik statüsü algısının etkisinin azalması ve bu etkinin anlamlı olması ( $p>.05$ ), algılanan içsellik statüsü ve işe angaje olma arasındaki ilişkide çalışan sesliliğinin kısmi aracılık rolüne sahip bir değişken olduğunu göstermektedir. Bulunan aracılık etkisinin anlamlılığını tespit etmeye yönelik olarak Sobel testi yapılmıştır. Sobel analizi sonucunda z değeri 2.26 olarak hesaplanmış olup, z değeri istatistiksel bakımdan anlamlıdır ( $p<.01$ ). Bu veriler doğrultusunda araştırmanın 4. hipotezi desteklenmiştir. Aracılık etkisine ilişkin yapısal eşitlik modeli analiz sonuçları Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2. Aracılık Analizi Sonuçları



Not: Şekilde yer alan değerler standartlaştırılmış regresyon katsayılarını (Standardized Estimates) göstermektedir ( $p<.05$ ).

#### 4. Sonuç

Bu çalışmanın amacı işe angaje olma, algılanan içsellik statüsü ve çalışan sesliliği arasındaki ilişkilerin incelenmesidir. Örgütsel davranış yazınında algılanan içsellik statüsünün çalışan sesliliği (Li vd., 2014; Ouyang vd., 2015) ve işe angaje olma (Dai ve Chen, 2015) ile arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu belirtilmektedir. Mevcut çalışmada elde edilen sonuç, yüksek düzeyde içsellik statüsü algısına sahip olan çalışanların neden daha yüksek düzeyde işe angaje olma davranışı gösterdiklerini açıklamaktadır. Ayrıca çalışmada bir diğer açıklayıcı değişken olan çalışan sesliliğinin, çalışanların işe angaje olma düzeylerini de etkilediği belirtilmektedir. Bu doğrultuda araştırmada literatüre benzer şekilde algılanan içsellik statüsünün çalışan sesliliği ve işe angaje olma ile olan ilişkisinin pozitif yönlü ve istatistiksel bakımdan anlamlı olduğu tespit edilmiştir. Ancak ilgili literatürde algılanan içsellik statüsünün işe angaje olma üzerindeki ilişkisinde çalışan sesliliğinin aracı rolünü inceleyen çalışmalara rastalanılmamıştır. Bu nedenle araştırma sonuçlarının özellikle aracılık ilişkisinin incelenmesi düzeyinde katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Ayrıca Türkiye'de gelişmekte olan sektörlerden biri olan bilişim sektörünün takım çalışmasına yatkın bir örgütsel yapıya sahip örgütlerden oluşması, yine sektörün bilgi temelli bir sektör olması ve bu nedenle daha esnek örgütsel yapıya sahip olacağı düşüncesiyle araştırma kapsamında ele alınan değişkenler arasındaki ilişkinin bu sektörde çalışanlar üzerinde daha anlamlı sonuçlar vermesi beklenmiştir. Özellikle bilişim sektörü çalışanların örgütsel davranışlarının incelendiği çalışmaların Türk yazınında sınırlı olması (Kalay vd., 2009; Erkmene ve Esen, 2012; Alan ve Fidanboy, 2013; Örnek ve Ayas, 2015; Akturan vd., 2017; Fidanboy ve Fidanboy, 2018) nedeniyle de çalışmanın mevcut örgütsel davranış yazınına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Ayrıca bu çalışmanın bazı sınırlılıkları bulunmaktadır. İlk olarak, çalışmada elde alınan konular çalışanların bir nevi kişilik veya psikolojik temelli özelliklerini yansıtacağı için, ele alınan ilişkiler zaman içerisinde değişebilmektedir. Bu nedenle çalışmanın farklı zaman dilimlerinde veya bilişim sektöründe bilginin yoğun olduğu ve bu bilgilerin zaman içerisinde örgüt içerisinde yayılım yollarının değişebileceği düşüncesiyle farklı sektörlerde incelenmesinde fayda bulunmaktadır. Çalışmanın ikinci sınırlılığı ise araştırma verilerinin analizinde AMOS programı kullanılmasıdır. AMOS ve LISREL gibi yapısal eşitlik modellemesine dayalı analiz yöntemleri kovaryans temelli yöntemler olup bu modellerin ölçülmesinde verilerin büyük örneklemlemler ile çalışılması ve normal (parametrik) dağılımının sağlanması gerekmektedir. Normal dağılım göstermeyen veriler ise bu analizler kapsamında değerlendirilememektedir. Bu nedenle gelecekte yapılacak çalışmalarda Smart PLS gibi farklı analiz yöntemlerinin kullanılmasında fayda görülmektedir. Araştırmanın bir diğer sınırlılığı ise kullanılan ölçeklerdir. Bu çalışmada her ne kadar literatürde yaygın olarak kullanılan ölçeklere yer verilmeye çalışılsa da özellikle çalışan sesliliği ölçeğine ilişkin olarak kabullenici seslilik, savunmacı seslilik ve örgüt yararına seslilik olarak üç alt boyuttan oluşan ölçeğin de kullanıldığı (Şehitoğlu ve Zehir, 2010) bilinmektedir. Bu nedenle literatürde geliştirilen farklı ölçeklerin de kullanılarak çalışmanın sonuçlarının tekrar incelenmesinde fayda bulunmaktadır. Ayrıca araştırmada incelenen değişkenlerden biri olan işe angaje olmanın genellikle yazında pozitif örgütsel davranış kapsamında ele alındığı bilinmektedir. Ancak yüksek düzeyde işe angaje olan çalışanların yabancılaşma, işte var olamama, tükenmişlik gibi negatif örgütsel sonuçlara sebebiyet vereceği de açıktır. Bu nedenle gelecekte yapılacak olan çalışmalarda özellikle işe angaje olma davranışlarının negatif öncül veya sonuçlarının çalışma kapsamına dahil edilerek incelenmesi önerilmektedir.

## Kaynakça

- Akdoğan, A., & Köksal, O. (2014). Aidiyet Algısının Örgütsel Vatandaşlık Davranışı Üzerindeki Etkisinde Yöneticiye Güvenin Aracılık Rolü. *Journal of Graduate School of Social Sciences*, 18(1),25-43.
- Akturan, A., Günsel, A., & Becerikli, M. (2017). Duygusal emek kavramı ve duygusal emeğin takım başarısı üzerindeki etkileri: bilişim sektörü çalışanları üzerinde bir uygulama. *International Journal of Tourism, Economics and Business Sciences*, 1(1), 34-47.
- Alan, H. & Fidanboy, C. Ö. (2013). Sinizm, tükenmişlik ve kişilik arasındaki ilişkiler: bilişim sektörü çalışanları kapsamında bir inceleme. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1, 165-176.
- Alfes, K., Truss, C., Soane, E. C., Rees, C., & Gatenby, M. (2013). The relationship between line manager behavior, perceived HRM practices, and individual performance: Examining the mediating role of engagement. *Human Resource Management*, 52(6), 839-859.
- Altunay, E. (2017). İlköğretim okulu öğretmenlerinin örgütsel güven ve adanmışlık düzeyleri arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Milli Eğitim Dergisi*, 46(213), 37-66.
- Amah, O. E., & Sese, E. (2018). Relational Energy & Employee Engagement: Role of Employee Voice & Organisational Support. *Indian Journal of Industrial Relations*, 53(3), 475-487.
- Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2007). The job demands–resources model: State of the art. *Journal of Managerial Psychology*, 22, 309–328.
- Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2008). Towards a model of work engagement. *Career Development International*, 13 (3), 209-223.
- Bakker, A. B., & Demerouti, E. (2017). Job demands–resources theory: taking stock and looking forward. *Journal of Occupational Health Psychology*, 22(3), 273-285.
- Bakker, A. B., & Schaufeli, W. B. (2015). Work engagement. *Wiley Encyclopedia of Management*, 1-5.
- Baron, R. M., ve Kenny, D. A. (1986). The moderator–mediator variable distinction in social psychological research: Conceptual, strategic, and statistical considerations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 51(6), 1173-1182.
- Bektaş, M., & Karagöz, Ş. (2018). İzlenim yönetimi davranışının işe tutkunluğa etkisinde sosyal görünüş kaygısının aracılık rolü. *Sosyal Araştırmalar ve Davranış Bilimleri Dergisi*, 4(6), 275-299.
- Blau, P. (1964). *Exchange and power in social life*. USA: John Wiley & Sons.
- Bostancı, H., & Ekiyor, A. (2015). Çalışanların işe adanmasının örgüt içi girişimciliğe etkisinin incelenmesi. *Uluslararası Sağlık Yönetimi ve Stratejileri Araştırma Dergisi*, 1(1), 37-51.
- Cheng, J. W., Chang, S. C., Kuo, J. H., & Cheung, Y. H. (2014). Ethical leadership, work engagement, and voice behavior. *Industrial Management & Data Systems*, 114(5), 817-831.
- Cheng, J. W., Lu, K. M., Chang, Y. Y., & Johnstone, S. (2013). Voice behavior and work engagement: the moderating role of supervisor-attributed motives. *Asia Pacific Journal of Human Resources*, 51(1), 81-102.
- Choi, J., Kim, A., Han, K., Ryu, S., Park, J. G., & Kwon, B. (2018). Antecedents and consequences of satisfaction with work–family balance: A moderating role of perceived insider status. *Journal of Organizational Behavior*, 39(1), 1-11.
- Christian, M. S., Garza, A. S., & Slaughter, J. E. (2011). Work engagement: A quantitative review and test of its relations with task and contextual performance. *Personnel Psychology*, 64(1), 89-136.
- Çetin, Ş., & Çakmakçı, C. (2012). Çalışan sesliliği ölçeğini Türkçe'ye uyarlama çalışması. *KHO Bilim Dergisi*, 22(2), 1-19.
- Dai, L., & Chen, Y. (2015). A systematic review of perceived insider status. *Journal of Human Resource and Sustainability Studies*, 3(02), 66-72.
- Dalal, R. S., Brummel, B. J., Wee, S., & Thomas, L. L. (2008). Defining employee engagement for productive research and practice. *Industrial and Organizational Psychology*, 1(1), 52-55.
- Demerouti, E., Bakker, A. B., Nachreiner, F., & Schaufeli, W. B. (2001). The job demands resources model of burnout. *Journal of Applied Psychology*, 86, 499–512.
- Denton, D. A., Newton, J. T., & Bower, E. J. (2008). Occupational burnout and work engagement: a national survey of dentists in the United Kingdom. *British Dental Journal*, 205(7), 1-8.
- Ding, C. G., & Shen, C. K. (2017). Perceived organizational support, participation in decision making, and perceived insider status for contract workers. *Management Decision*. 55 (2), 413-426.
- Du Plooy, J., & Roodt, G. (2010). Work engagement, burnout and related constructs as predictors of turnover intentions. *SA Journal of Industrial Psychology*, 36(1), 1-13.
- Emerson, R. M. (1976). Social exchange theory. *Annual Review of Sociology*, 2(1), 335-362.
- Erkmen, T., & Esen, E. (2012). Bilişim sektöründe çalışanların psikolojik sermaye düzeylerinin belirlenmesine yönelik bir araştırma. *Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 55-72.
- Fidanboy, C. Ö., & Fidanboy, M. (2018). Yenilik ikliminin örgütsel özdeşleşmeye etkisi: bilişim sektörü çalışanları üzerinde bir araştırma. *Business & Management Studies: An International Journal*, 6(3), 362-378.
- Gencer, K., & Ayyıldız, T. (2018). Demografik özellikler ve psikolojik koşulların işe tutkunluğa etkisi: otel işletmeleri örneği. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 7(2), 601-619.
- Guo, J., Qiu, Y., & Gan, Y. (2020). Workplace Incivility and Work Engagement: The Chain Mediating Effects of Perceived Insider Status, Affective Organizational Commitment and Organizational Identification. *Current Psychology*, 1-12.
- Hakanen, J. J., & Schaufeli, W. B. (2012). Do burnout and work engagement predict depressive symptoms and life satisfaction? A three-wave seven-year prospective study. *Journal of Affective Disorders*, 141(2-3), 415-424.
- Hong, J. S., Tsai, C. Y., Hu, D. C., & Liu, C. H. (2016). The role of perceived insider status in employee creativity: developing and testing a mediation and three-way interaction model. *Asia Pacific Journal of Tourism Research*, 21(1), 53-75.



- Hui, C., Lee, C., & Wang, H. (2015). Organizational inducements and employee citizenship behavior: The mediating role of perceived insider status and the moderating role of collectivism. *Human Resource Management*, 54(3), 439-456.
- İnce, A. R. (2016). Algılanan Örgütsel Desteğin İşe Adanmışlık Üzerindeki Etkisinde Yönetici Desteğinin Aracılık Rolü. *Electronic Journal of Social Sciences*, 15(57), 649-660.
- Kahn, W. A. (1990). Psychological conditions of personal engagement and disengagement at work. *Academy of Management Journal*, 33(4), 692-724.
- Kahn, W. A. (1990). Psychological conditions of personal engagement and disengagement at work. *Academy of Management Journal*, 33(4), 692-724.
- Kalay, F., Şimşek, M., & Oğrak, A. (2009). Bilişim teknolojilerinin iş stresi üzerindeki etkileri: türk bankacılık sektöründe bir uygulama. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 1(1), 16-29.
- Kanbur, A., & Kanbur, E. (2015). Lider-üye etkileşiminin örgütsel sinizme etkisi: algılanan içsellik statüsünün aracılık rolü. *Zeitschrift für die Welt der Türken/Journal of World of Turks*, 7(2), 193-216.
- Karanges, E. R. (2014). *Optimising employee engagement with internal communication: a social exchange perspective*, Doktora Tezi, Queensland University of Technology.
- Kassing, J. W. (2000). Investigating the relationship between superior-subordinate relationship quality and employee dissent. *Communication Research Reports*, 17(1), 58-69.
- Katz, D., & Kahn, R. L. (1966). *The social psychology of organizations*. New York: Wiley
- Kaufman, B. E. (2015). Theorising determinants of employee voice: An integrative model across disciplines and levels of analysis. *Human Resource Management Journal*, 25(1), 19-40.
- Khan, N. A., Khan, A. N., & Gul, S. (2019). Relationship between perception of organizational politics and organizational citizenship behavior: testing a moderated mediation model. *Asian Business & Management*, 18(2), 122-141.
- Knapp, J. R., Smith, B. R., & Sprinkle, T. A. (2014). Clarifying the relational ties of organizational belonging: Understanding the roles of perceived insider status, psychological ownership, and organizational identification. *Journal of Leadership & Organizational Studies*, 21(3), 273-285.
- Kodaş, B. (2018). Yiyecek içecek çalışanlarının pozitif psikolojik sermayeleri ile işe angaje olma davranışları arasındaki ilişki. *Kırklareli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(1), 1-14.
- Kwon, B., Farndale, E., & Park, J. G. (2016). Employee voice and work engagement: Macro, meso, and micro-level drivers of convergence?. *Human Resource Management Review*, 26(4), 327-337.
- Lapalme, M. È., Stamper, C. L., Simard, G., & Tremblay, M. (2009). Bringing the outside in: Can “external” workers experience insider status?. *Journal of Organizational Behavior: The International Journal of Industrial, Occupational and Organizational Psychology and Behavior*, 30(7), 919-940.
- Leiter, M. P., & Maslach, C. (1988). The impact of interpersonal environment on burnout and organizational commitment. *Journal of Organizational Behavior*, 9, 297-308.
- Leiter, M. P., & Maslach, C. (2005). *A mediation model of job burnout*. A. S. G. Antoniou & C. L. Cooper (Eds.), *Research companion to organizational health psychology* (544 -564). Cheltenham, United Kingdom: Edward Elgar.
- Li, J., Wu, L. Z., Liu, D., Kwan, H. K., & Liu, J. (2014). Insiders maintain voice: A psychological safety model of organizational politics. *Asia Pacific Journal of Management*, 31(3), 853-874.
- Macey, W. H., & Schneider, B. (2008). The meaning of employee engagement. *Industrial and Organizational Psychology*, 1(1), 3-30.
- Maslach, C., & Goldberg, J. (1998). Prevention of burnout: New perspectives. *Applied and Preventive Psychology*, 7, 63-74.
- Maslach, C., & Leiter, M. P. (2008). Early predictors of job burnout and engagement. *Journal of Applied Psychology*, 93(3), 498-512.
- Maslach, C., Jackson, S. E., Leiter, M. P., Schaufeli, W. B., & Schwab, R. L. (1986). *Maslach burnout inventory* (Vol. 21, 3463-3464). Palo Alto, CA: Consulting Psychologists Press.
- May, D. R., Gilson, R. L., & Harter, L. M. (2004). The psychological conditions of meaningfulness, safety and availability and the engagement of the human spirit at work. *Journal of Occupational and Organizational Psychology*, 77(1), 11-37.
- Milliken, F. J., Schipani, C. A., Bishara, N. D., & Prado, A. M. (2015). Linking workplace practices to community engagement: The case for encouraging employee voice. *Academy of Management Perspectives*, 29(4), 405-421.
- Mirap, S. O. (2008). Algılanan aidiyet durumunun görev performansı, bağlamsal performans ve toplam performans üzerine etkilerini ölçmeye yönelik özel sağlık kurumlarında bir araştırma. 16. Ulusal Yönetim ve Organizasyon Kongresi Bildirileri, 16-18 Mayıs, İstanbul, 142-148.
- Morrison, E. W. (2011). Employee voice behavior: Integration and directions for future research. *Academy of Management Annals*, 5(1), 373-412.
- Ouyang, K., Lam, W., & Wang, W. (2015). Roles of gender and identification on abusive supervision and proactive behavior. *Asia Pacific Journal of Management*, 32(3), 671-691.
- Örnek, A. Ş., & Ayas, S. (2015). Entelektüel sermaye ile yenilikçi iş davranışının işletme performansına etkisi: bilişim sektörü uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 16(2), 91-116.
- Özer, Ö., Saygılı, M., & Uğurluoğlu, Ö. (2015). Sağlık çalışanlarının işe cezbolma düzeylerinin belirlenmesine ilişkin bir araştırma. *Business & Management Studies: An International Journal*, 3(3), 261-272.
- Özkalp, E., & Meydan, B. (2015). Schaufeli ve Bakker tarafından geliştirilmiş olan İşe Angaje Olma ölçeğinin Türkçe’de güvenilirlik ve geçerliliğinin analizi. *IŞGUC The Journal of Industrial Relations and Human Resources*, 17(3), 1-19.
- Öztürk, R., & Çoban, S. (2019). Political marketing, word of mouth communication and voter behaviours interaction. *Business and Economics Research Journal*, 10(1), 245-258.
- Rees, C., Alfes, K., & Gatenby, M. (2013). Employee voice and engagement: connections and consequences. *The International Journal of Human Resource Management*, 24(14), 2780-2798.



- Rothmann, S. (2014). *Employee engagement in a cultural context*. Catherine Truss, Kerstin Alfes, Rick Delbridge, Amanda Shantz, Emma Soane (Eds.), *Employee engagement in theory and practice*, 163-179.
- Ruck, K., Welch, M., & Menara, B. (2017). Employee voice: An antecedent to organisational engagement?. *Public Relations Review*, 43(5), 904-914.
- Saks, A. M. (2006). Antecedents and consequences of employee engagement. *Journal of Managerial Psychology*, 27(1), 600-619.
- Schaufeli, W. B., & Bakker, A. B. (2003). Utrecht work engagement scale: Preliminary manual. *Occupational Health Psychology Unit*, Utrecht University, Utrecht, 26, 64.
- Schaufeli, W. B., Bakker, A. B., & Salanova, M. (2006). The measurement of work engagement with a short questionnaire: A cross-national study. *Educational and psychological measurement*, 66(4), 701-716.
- Schaufeli, W. B., Bakker, A. B., & Van Rhenen, W. (2009). How changes in job demands and resources predict burnout, work engagement, and sickness absenteeism. *Journal of Organizational Behavior: The International Journal of Industrial, Occupational and Organizational Psychology and Behavior*, 30(7), 893-917.
- Schaufeli, W. B., Salanova, M., González-Romá, V., & Bakker, A. B. (2002). The measurement of engagement and burnout: A two sample confirmatory factor analytic approach. *Journal of Happiness studies*, 3(1), 71-92.
- Schaufeli, W. B., Taris, T. W., & Van Rhenen, W. (2008). Workaholism, burnout, and work engagement: Three of a kind or three different kinds of employee well-being?. *Applied Psychology*, 57(2), 173-203.
- Stamper, C. L., & Masterson, S. S. (2002). Insider or outsider? How employee perceptions of insider status affect their work behavior. *Journal of Organizational Behavior: The International Journal of Industrial, Occupational and Organizational Psychology and Behavior*, 23(8), 875-894.
- Şehitoğlu, Y., & Zehir, C. (2010). Türk kamu kuruluşlarında çalışan performansının, çalışan sessizliği ve örgütsel vatandaşlık davranışı bağlamında incelenmesi. *Amme İdaresi Dergisi*, 43(4), 87-110.
- Turgut, T. (2011). Çalışmaya tutkunluk: iş yükü, esnek çalışma saatleri, yönetici desteği ve iş-aile çatışması ile ilişkileri. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25(3-4), 155-179.
- Uyar, S., & Güzel, Ş. (2019). İşe angaje olmak kavramı, tükenmişlik ile ilişkisi ve sonuçları. *Sosyal Araştırmalar ve Yönetim Dergisi*, (1), 44-52.
- Van Dyne, L., & LePine, J. A. (1998). Helping and voice extra-role behaviors: Evidence of construct and predictive validity. *Academy of Management Journal*, 41(1), 108-119.
- Van Dyne, L., Ang, S., & Botero, I. C. (2003). Conceptualizing employee silence and employee voice as multidimensional constructs. *Journal of Management Studies*, 40(6), 1359-1392.
- Wood, S. J., & Fenton-O'Creevy, M. P. (2005). Direct involvement, representation and employee voice in UK multinationals in Europe. *European Journal of Industrial Relations*, 11(1), 27-50.
- Xanthopoulou, D., Bakker, A. B., Demerouti, E., & Schaufeli, W. B. (2009). Reciprocal relationships between job resources, personal resources, and work engagement. *Journal of Vocational Behavior*, 74(3), 235-244.
- Xiao, Y., Ping, S., & Le, T. (2015). Leader-member exchange social comparison, perceived insider status and employee's job performance: The role of LMX differentiation. *Nankai Business Review*, 18(4), 26-35.
- Zhu, Y., Zhang, S., & Shen, Y. (2019). Humble leadership and employee resilience: exploring the mediating mechanism of work-related promotion focus and perceived insider identity. *Frontiers in Psychology*, 1-10.



# Seri, Bant Üretim Modül Mobilya Tasarım - Üretim Sürecine Etkisi Ve Modül Mobilya

Yaprak Özel<sup>1\*</sup>, Berna Kayacan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Gelişim Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6439-4817)

<sup>2</sup> İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0941-486X)

(İlk Geliş Tarihi 12 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 26 Haziran 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.742261)

**ATIF/REFERENCE:** Özel, Y. & Kayacan, B. (2020). Seri, Bant Üretim Modül Mobilya Tasarım - Üretim Sürecine Etkisi Ve Modül Mobilya. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 623-632.

## Öz

Mobilyalar, günlük hayatın içinde mekân ile kullanıcının bağımlı sağlarken, gerek işlevsel olarak gerek estetik olarak vazgeçilmez bir unsur oluşturmaktadır. İlk mobilya üretimlerine bakıldığında sadece ihtiyacın giderilmesi için ilişilen bir öge olarak görülmektedir. Değişen ihtiyaçlar geliştirilen malzeme kullanımları ile mobilya biçimlenmeye ve gelişmeye başlamıştır. Sonraki aşamada işinin ehli ustalarca tek tek elle uzun sürelerde üretilebilen ürünler olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu aşamada mobilya Kralların, asillerin veya soyluların iç mekânlarında görülebilen nesilden nesile aktarılan bir çeşit zinet eşyası değerindedir. Toplumsal statü ve ekonomik gücün bir sembolü görevindedir. Sahip olan kişiler bile çoğunlukla kullanmak yerine sergilemeyi tercih ettikleri görülmektedir.

Mobilya tasarım ve üretim süreci, sadece belirli kesimlerin kullanımına hitap edebilecek bir olgu olmaktan sanayi devrimi ve seri bant üretimi ile çıkmış herkese her kesime ulaşabilir birer ürün haline gelmiştir. Sanayi devrimi sürecinde gelişen buhar gücü ve fabrikalar ile ortaya çıkan seri bant üretim sistemi, birçok alandaki üretim yöntemlerini etkilediği gibi, o güne kadar yalnızca el işçiliği ile üretilen mobilyaların üretim şeklini de etkilemiştir. Bu üretim yöntemi ile modüler ve çoklu üretim metotları geliştirilmiştir. Yeni yöntemlere uygun tasarımlar yapılması gerekliliği ortaya çıkmış dolayısıyla da yeni ürünlerin hem kalitesinde hem biçimlerinde farklılıklar yaratmıştır. Ayrıca bu yeni üretim yöntemine uygun yeni malzemelerde geliştirilmiştir. Üretim yönteminin bir diğer kazanımı ise standart ürün üretilmesidir. Seri üretim sisteminin getirdiği standardizasyon hareketine paralel olarak kullanıcının daralmış ve sınırlı mekânındaki donatı beklentisi; modüler mobilya çözümlerinde buluşmuş esnek dönüşebilir çözümler olarak karşımıza çıkmıştır. Bu makalede; tarihsel süreç içinde seri- bant üretim yöntemi, modül ve modüler mobilya kavramının oluşumu, modül kavramı, modüler sistemlerde tasarım prensipleri, modüler mobilya çözümlerinin iç mekâna katkıları ele alınmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Ürün Tasarımı, Seri-Bant Üretim, İç Mimari Tasarım, Modüler Mobilya, Yapım Teknolojileri

## The Effect of Mass, Line Production on Furniture Design – Production Process and Modular Furniture

### Abstract

Providing the bond between space and user in daily life, furnitures form an irrevocable element both functional and aesthetical. Looking at the first furniture productions, they are seen as a component interfered with only to fulfill the needs. With changing needs and development of material uses, furnitures start to take shape and improve. The next phase they appear as time-taking hand made products produced by masterful experts. In this phase furniture is worth as ornaments passing down from generation to generation seen in spaces of kings, nobles and royals. It symbolizes social status and economical power. The owners prefer to display rather than to use. The process of furniture design and production comes off from appealing to certain groups with industrial revolution and mass production line, and become a production that can be reached by all people. Effecting many production ways in many fields, steam power developed in industrial revolution process and mass production line also effected furniture production process, which are so far

\* Sorumlu Yazar: İstanbul Gelişim Üniversitesi, Güzel Sanatlar Fakültesi, İç Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6439-4817, [yaprakozel80@gmail.com](mailto:yaprakozel80@gmail.com)

produced only by manual labour. With this production method, methods of modular and mass production are developed. The necessity to improve new designs proper to new method emerged, thus created diversity in not only the quality, but also in form. Also new materials proper to this new production method are developed. Another gain of the new production method is producing standardized products. The user's expectation of equipment in narrowed and limited spaces parallel to standardized movement created by mass production system, meets in modular furniture solutions and comes up as flexible and transformable solutions. In this paper, mass - line production method, formation of modules and modular furniture concept, module concept, design principles in modular systems and contributions of modular furniture solutions to interior space are discussed in historical process.

**Keywords:** Product Design, Mass-Line Production, Interior Design, Modular Furniture, Manufacturing Technologies

## 1. Giriş

Mekânın hayata geçiren, tamamlayıcısı ve vazgeçilmez unsuru olan mobilyalar, teknolojiye ve farklılaşan iç mekân tercihlerine göre değişmekte ve gelişmektedir. Geçmişin emek-yoğun teknikleriyle üretilebilen, ancak belli kesimlere hitap edebilen, hiyerarşi ve lüks göstergesi gibi misyonlar taşıyan, standart olmayan, kalitesi ve üretim süresi ustanın el becerisine bağlı olarak değişkenlik gösteren mobilyalar, teknolojik gelişmeler ile çağın üretim koşullarına uyum sağlamıştır. Modüler mobilyanın doğuşu ile ilgili bir kaynakta şu şekilde belirtilmiştir; 20.yüzyılda giderek şehirleşen toplumda beliren yeni gereksinimlere yönelik mobilya endüstrileri 1.Dünya Savaşından önce ortaya çıkmaya başlamıştır. Şehre çalışmak üzere gelip tek başına yaşayan bekârlar için modüler mobilya sistemleri tasarlanmıştır (Boyla,2011). Savaş sonrasında ise; depolama elemanlarında kullanıcının gereksinim duyduka zaman içinde eklemeler yapılabileceği standart modüler sistemlere gidilmiştir.

Sanayi devrimi ve endüstrileşme ile ortaya çıkan seri ve bant üretim sistemi sayesinde; mevcut malzemeler geliştirilmiş, yeni malzemeler keşfedilmiş, yeni üretim sistemine ve malzemelere uygun tasarımlar oluşturulmuştur

Bu yöntemler ve gelişmelerin arasında en önemli olanlardan bir diğeri ise standart ürün ortaya konulabilmesidir. Tipleştirmeler ve yasal olarak düzenlenmiş standartlar sonucu, el işçiliğiyle yapılan ürünlerde kişisel farklılıklara etki alanı bırakılmaktadır. Buna karşın, 20.yüzyılın sanayileşmiş normları ve yeni kalite anlayışı, tamamen aynı modelde büyük serilerin makineyle üretilmiş ürünler olmasını istemektedir.(Müller ve Vogel, 2012) Standartlaşmış üretimler ve seriler olarak üretilen ürünün kalitesindeki yoksunluğu devre dışı bırakmasa da ürün çeşitliliği ve ihtiyaçların karşılanmasına sağladığı katkı tartışılmaz. Bu standartlar ürün kalitesini de kapsamına alması sayesinde yeni normlar, malzeme ve üretim teknikleri yeni tasarımları da içine alarak yükselişe geçmiştir.

Çalışma biçimi değişen toplumun, şehir yaşamındaki kalabalıklaşmaya bağlı olarak kullandığı iç mekânlarının da küçülmesi, dar alanlarda birden çok fonksiyonun yer alması gerekliliği ihtiyaç ve beklentileri gerek mekân kurgularında gerekse mekânların donattıkları mobilyaların da üretim ve biçimlenmesinde farklılık yaratmıştır. Bu bağlamda artan talebin karşılanması için hızlı, ekonomik şartların zorluğu nedeniyle üretim ve satış maliyetlerinin düşük olacağı üretimler yapılması gerekliliği doğmuştur.

Bu çalışmada seri bant üretimin tarihsel gelişimi mobilya tasarım ve üretim sürecine katkısı anlatılmıştır. Bu üretim yöntemi kullanılarak oluşturulan modüllerden meydana gelen mobilyalar ile seri, bant üretim yöntemi kullanılarak oluşturulan modüler tasarım konseptiyle üretilmiş mobilya kavramı anlatılmıştır. Modül kavramı tanıtılmış, modüler sistemin gelişimi ve avantajları sunulmuştur.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Üretimin Tarihsel Gelişimi

Sanayi devriminden öncesinde üretimler, konusunda tecrübeli ustalar tarafından atölyelerde tek tek uzun uğraşlar sonucunda ortaya çıkartılmaktaydı. Bu durum herhangi bir bozulma, kırılma yaşanması, tamir gerekliliği veya parça değişimi durumunda yine aynı ustaların müdahalesini gerektirmekteydi.

Seri, bant üretimin doğuş sürecine bakıldığında; “16.yy’ın başlarında Venedik Tersanesi’nde askeri gemilerin kanal boyunca belirli bir yolda ilerletilerek, önünde durduğu atölyelerde sırasıyla kurulumunun, donatımının yapılması; bir montaj hattı üzerinde üretimin gerçekleştirilmesinin ilk örneklerindendir. O dönemde, tecrübeli işçiler tarafından belirli bir standartta tek tek üretilen gemi parçaları, gerektiğinde değişimlerini sağlamak ve zamanı geldiğinde hızlı bir şekilde üretimi gerçekleştirmek amacıyla hazır tutulmuştur (Url-1)”.

İşletme düzeyindeki ilk standardizasyon hareketi ise, endüstri devriminden sonra olmuştur. 1793 yılında ABD’li mucit ve sanayici Eli Whitney üretim ve tamirde yüksek tecrübe sahibi ustaların çalışması gerekliliğini değiştirecek bir yöntem geliştirmiş ve uygulamıştır. Amerikan ordusundan 10.000 adet tüfek siparişi alan Eli Whitney, her biri aynı parçalardan oluşan on adet silah üretmiştir. Parçalarını demonte şekilde karıştırdığı bu silahların montajını Amerikan kongre üyelerinin önünde hızlıca gerçekleştirmiştir. Geliştirdiği bu yöntem sayesinde, silahın bir parçası bozulduğunda, değiştirilmesi kolay, hızlı ve az maliyetli olmuştur. Böylece silah üretiminde usta olmayan kişilerin de çalışması mümkün kılınmıştır. Eli Whitney’in geliştirdiği yöntem ile üretim literatürüne yedek parça, parça değiştirme ve montaj gibi kavramlar girmiş, üretim firmaları daha az kalifiye işçilerle yüksek adetli, hızlı, uygun maliyetli, tamir ve parça değişimleri kolay yapılabilir üretimler gerçekleştirmeye başlamışlardır (Kayacan, 2017).

18.yy’da buhar gücünün mekanik üretimlerde kullanımı endüstri devrimini başlatmıştır. 20.yy da elektrik enerjisi ile çalışan makinelerin seri üretime girmesi ile de 2. dönemine girilmiştir. 1860’larda Chicago’daki et paketleme fabrikasında etlerin hareketli hat üzerinde ilerleyerek, bir işçiden diğerine ulaştırılması ile etin parçalarına ayrılarak paketlenmesinin, ilk hareketli üretim hattı örneği olduğu düşünülmektedir (McGovern ve Gupta, 2011).

20.yy'a kadar yapılan üretimde süreç, akış ve standardizasyona yönelik denemeler modern üretim yöntemlerinde büyük bir devrime alt yapı oluşturmuştur. Et kesim yerlerinde elektrikli konveyöre asılı etlerin bir ray üzerinde ilerleyerek kesilmesi Henry Ford'a esin kaynağı olmuştur. 1913'te Highland Park Michigan'daki fabrikasında geliştirdiği hareketli montaj hattı ile seri üretimin öncüsü olmuştur. Henry Ford bu yöntem sayesinde "Model T" adlı tarihin en çok satan otomobillerinden birinin üretimini, önceden kurgulandığı parçaların sırasıyla birbirine monte edilmesi yöntemiyle birleştirme aşamalarını gerçekleştirmiştir (Kayacan, 2017).

"Fordizm" olarak bilinen bu kitlesel üretim yaklaşımı sayesinde, montaj süresi önemli ölçüde azaltılmış ve 1927 yılına kadar 15 milyon "Model T" otomobil monte edilmiştir (Fiell ve Fiell, 2011).

Fordizm, kitleler için insan ve makinanın beraber çalıştığı bir sistemle belli bir koordinasyonda standart üretim yapmayı amaçlamıştır. Bu yöntem öncesinde, alanında tecrübeli işçilere ihtiyaç duyulurken, üretim sürecine montaj hattının dâhil olmasıyla düşük tecrübeli işçilere de çalışma imkânı doğmuştur (Kayacan,2017). Fordist üretimin avantajları düzgün bir akışla hızlı üretim yapabilmekten dezavantajı ürün çeşitliliğinin sağlanamaması idi. Ford tarafından üretilen "Model T" otomobili sadece siyah renkte ve 1926'ya kadar sadece bir çeşit gövde tipinde üretilmiştir.

Ford'un başarısı; tek tip ve kısa sürede, çok adet üreterek maliyeti düşürmesi ile daha geniş kitlelere ürün sunması sayesinde olmuştur. Bu üretim sisteminde esneklik; yani renk model gibi tüketicinin farklılık beklentileri karşılanamamıştır. Ford'un tek tip üretiminin karşısında rakip firma General Motors ise farklı bütçe ve isteklere sahip kullanıcı kitlesine ürün çeşitliliği ile karşılık vermiştir. Bu farklılık, General Motors'u Ford'un önüne geçirmiştir (Saydan,2004).

Seri üretim sistemi ile ortaya çıkan üretimler çeşitlilik gösterebilmektedir. Talebe ekonomi ve pazarlama yöntemlerine bağlı olarak bu ortaya çıkan ürünler şu şekilde adlandırılabilir:

- Tamamlanmış (Kullanıcı için hazır, montaj gerektirmeden yerine yerleştirilmeye hazır),
- Yarı Tamamlanmış (Kullanıcının tamamlaması gereken bazı küçük montajlar gerektiren),
- Ham malzemeden üretilmiş ( Kullanıcının kullanım tercihine göre renklendirilebilir)
- Sökülüp takılabilen (Tamamı kullanıcı tarafından monte edilmesini gerektiren, bir veya daha çok kullanıcının montajına yardımcı olacak basit kılavuzlar içeren paketten oluşan)
- Sadece bağlantı veya ara parça gibi üretimler

Tek bir bant üzerinde önceden hazırlanmış parçaların monte edilmesi ile ürün üretimi; aynı üründen çok daha kısa bir sürede, aynı standartta, çok daha fazla sayıda ürün ortaya çıkartma imkânı sunmaktadır. Bir bant üzerinde devam eden seri üretim, ana kasanın hareketli bant üzerinde yürütülmesi ve gerekli adımlarda durdurularak gerekli parçaların belirlenmiş uygun yerlerine yerleştirilmesinden oluşmaktadır. Bu sürece işçilerin yanında gerekli noktalarda montaj robotları da destek verebilmektedir. Bu sayede çok daha kısa zamanda daha çok ürün ortaya çıkartılırken işgücü bakımından da tutumlu bir çözüm ortaya çıkmaktadır. Ayrıca sayısı az olan konusunda uzman ustaların yerine daha az bilgi sahibi işçiler de çalışma imkânı bulmakta bu da ihtiyaç duyulan iş gücünü ve artan nüfusun iş ihtiyacını karşılamaktadır. Kişiye özel, tek tek üretilen ürünlerin kalitesi ile seri üretimle üretilen ürünlerin kalitesi karşılaştırıldığında tek üretimler her zaman üst bir değerde olsa da günümüz malzeme ve teknolojileri sayesinde bu fark azalmaktadır.

Mobilya tasarımı ve üretim sürecinde de seri bant üretim tekniği çok etkin olmuştur. Bu tekniğe uygun malzemeler geliştirilmiş, yeni üretim tekniğine uygun tasarımlar oluşturulmuş ve organize çalışan fabrikalar tarafından gerekli ihtiyaç karşılanmıştır. Modüler mobilyanın hayata geçmesindeki temel teknik seri üretimdir. Seri üretim bandı üzerinde aynı parçanın (modülün) tek bir seferde, belirli boyut ve formda, kolay ve emniyetli bir şekilde binlerce üretilmesini mümkün kılmaktadır. Tek bir parça bu şekilde üretilbildiği gibi bu parçaların birleştirilmesiyle oluşacak ürün de yine bu yöntemle üretilmektedir. Bu parçalar; boyanması, düzeltilmelerinin ve kontrollerinin yapılması, montaja hazırlanması ve diğer parçalarla birleşmesi için yine bant sistemi üzerinde ilerlemektedir. Bandın son aşamasında son kontrol (satışa ve kullanıma hazır hale getirilme), ambalajlama ve nakil aşamaları yer almaktadır.

## 2.2. Modül Tanımı Ve Modüler Sistemlerde Tasarım Prensipleri

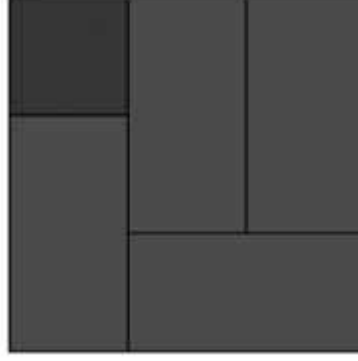
### 2.1.1. Modül Tanımı

Modül, kendi içerisinde yapısal veya fonksiyonel bütünlüğü olan birim, temel parça olarak tanımlanmaktadır. Modern Mimarlık'ta, standartlaşmayı büyük ölçüde kolaylaştıran, binanın ve bileşenlerinin ölçülerinde yinelenen bir uzunluk birimi olarak ifade edilir. (Hasol, 2010) Bir modülün, benzerleri ile birleştiğinde ya da tekrarlar ile çoğaltıldığında ölçü ve fonksiyon açısından farklı yapılar üretebilme özelliği vardır.

Yapı tasarımında; plan ve cephe kurgularında, mobilya tasarımında gelişebilen dönüşebilen ihtiyaca göre belirli bir oran orantıya göre farklılaşabilen çözümlerinde temel prensip olarak modül sisteminin kullanıldığı görülmektedir. Bir ana birim olarak belirlenen modül yanına eklenen parça ile bir oran orantı kurgusunda devam ederek istenilen bütün elde edilmeye çalışılır.

Örneğin: a ölçüsüne sahip bir modülün yanına gelen parça a/2 veya ax2 gibi ana modül ölçüsü ile bir oran orantıda düzenlenir. Bazen modülün bir ölçüsü sabit tutularak yanına kendisi kadar bir modül daha eklenerek bir yönde büyümesi sağlanır. Bu sayede a modül ve a modülünden üretilmiş bir yeni b (a+a=b) modülü meydana getirir. Bu bir sistem olarak tekrar edildiğinde ritmik bir düzenleme elde edilir. Modüler sistem ile oluşturulan kompozisyonlar kendiliğinden denge kurgusuna sahip olmaktadır. Böylece tasarım aşamasında, kompozisyonda denge kurgusunun geliştirilmesi için ek bir çaba gösterilmesi gerekmez.

İç mekân ve yapının muhtemelen en erken ve en önemli modülü tatami matıdır. 14.yy'a ait Tatami proporsiyonu iç mimarlık ve mimarlığa ait kritik bir Japon ölçüsüdür. Tatami yalnızca iç mekânı tanımlamaz, ayrıca yapılı çevre proporsiyonu için de bir temel teşkil eder. Bina için yapısal modül olan ken, 2 tataminin boyutuna eşittir ve mobilya tatami matının  $\frac{1}{2}$ 'si ya da  $\frac{1}{4}$ 'ü ü olarak tatami proporsiyonundan çıkarılır (Schneiderman, 2011), (Şekil 1).



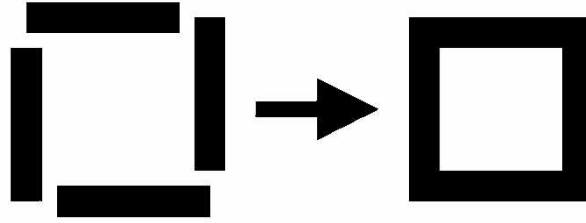
Şekil 1. Tatami Proporsiyonu (Schneiderman, 2011)

Modüler, modüle değin, belli bir ölçüye dayanarak oluşturulan, bir modüller bütününden oluşan tasarım olarak tanımlanmaktadır. (Hasol,2010) Modüler tasarım, ayrı ayrı tasarlanmış alt öğeler kullanarak çeşitli ürünler, eşyalar v.b. tasarlama disiplini olarak ifade edilmektedir.

### 2.1.2. Seri Üretime Yönelik Modüler Sistemlerde Tasarım Prensipleri

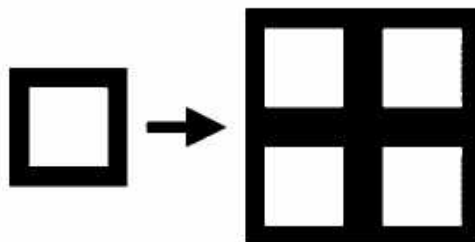
Modüler sistemlerde tasarım prensibi, en basit birimlerin tasarlanması ve bu birimler ile olabildiğince geniş bir ihtiyaç yelpazesine cevap verebilmek esasına dayanmaktadır. Bu sistemde iki ana tasarım adımı bulunmaktadır.

Birinci tasarım adımında modülü oluşturan parçaların kendi başlarına bir anlam bütünlüğü oluşturmadığı ancak bir araya geldiklerinde yani modülü oluşturduklarında bir anlam içerdiği tiptir. Modülü oluşturan parçalar seri, bant üretiminde a, b, c, d, gibi farklı parçalar olarak çok sayıda üretilirler. Bir araya getirilmek üzere bir bant üzerinde her biri gerekli yerlerine yerleştirilmesi suretiyle modüle ulaşılmaktadır. Parçalar tek başlarına bir mana ifade etmeseler de bir araya geldiklerinde bir biçim oluşturmaktadır. Ayrıca birer ara parça görevi görerek farklı bir modülün oluşturulmasında yedek parça olarak da kullanılabilirler. Bu parçalar çok sayıda birbirlerine eklenerek farklı bir birim oluşturmak için de kullanılabilir. Seri üretim ile ortaya çıkan her bir parça ancak montajdan sonra ana modülü oluşturabilmektedir. (Şekil 2)



Şekil 2. Parçadan Modüle (Hadi, 2013)

İkinci tasarım adımında ise; en küçük birim olan modül bir parça görevindedir. Bu modül tekrar edilerek farklı çoklu kurgu/konfigürasyonlar oluşturulmaktadır. Bu sistemde  $ax^2$  veya a'nın tekrarları ve katları ile hem üretim hem tasarım açısından modülerlik oluşturulmaktadır. (Şekil 3).



Şekil 3. Modülden Çoklu Kurguya (Hadi, 2013)



Modüler sistemler seri üretilmektedir. Fakat her seri üretim ürünü, modüler kullanım için üretilmiştir denilemez.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Modüler Mobilya Sistemleri

Modüler mobilya standart olmak zorundadır. Modüler mobilyada standart olma özellikleri kalitede, teknolojide, fiyatta, müşteri hizmetlerinde, dağıtım teşkilatında ve hepsinden önemlisi boyutta standardizasyon biçiminde tanımlanabilir. Bütün bu standardizasyonu sağlamak için fabrikasyon üretimi gerekmektedir. Yüksek teknoloji ve robotlu sistemlerin kullanıldığı fabrikalarda yapılan üretimlerle geniş kitlelere aynı fiyat ve kalitede ulaşabilme olanağı vardır.

Seri üretim bandı üzerinde aynı parçanın tek bir seferde binlerce üretilmesi ve bu parçaların bir araya gelerek oluşturduğu mobilyalar, modüler üretim sistemi ile üretilmiş mobilyalardır.

Modüler tasarlanmış mobilya ise, bir modülün yan yana veya üst üste tekrar edilerek yerleştirilmesi ile ünitelerin oluşturulduğu mobilya sistemidir.

#### 3.2. Özellikli Modüler Mobilya Örnekleri

##### 3.1. Modüler Üretim Sistemi İle Üretilmiş Mobilyalar (1. Tasarım Adımı: Parçadan Modüle)

Parçadan modüle üretim örneklerinden en iyi tanınanı ve öncüsü; Michael Thonet'in 214 no'lu sandalyesidir. 1800'lerin ortalarında, daha önce sadece el işçiliği ile yapılabilen sandalyelerin seri üretiminin yapılabilmesi için çalışmalara başlanmıştır. Michael Thonet'in tasarım tarihinde devrim niteliği taşıyan ahşap bükme yöntemi ve modüler sistemde üretimi icad ettiği endüstriyel mobilya üretimi için önemli bir temel oluşturmuştur. 214 no'lu sandalye, tarihte işgücünün evrelere ayrılarak endüstrileştirildiği ilk mobilya örneğidir. Kutulanması ve modüler olarak parçalara ayrılarak istiflenebilmesi sayesinde, 36 adet sandalyenin bir metre küp hacme sığabildiği ilk örnek olarak tarihe geçmiştir. Dünya çapında bu şekilde satışı ve sevkiyatı 1900'lü yılların başlarından beri yapılmaktadır. Küresel anlamda ticaretin ilk örnekleri arasına girmiştir. Michael Thonet'in 214 no'lu sandalyesi modern mobilya tarihinde bugüne kadar seri üretimde kalmış en başarılı ürün olarak bilinmektedir (Eroyan, 2012) (Şekil 4).



Şekil 4. Thonet Chair No:214, 1791 - 1871 (Url-2)

Güncel tasarımlardan bir örnek olarak; tasarımcı Stefan Diez'e ait Kitt sandalye incelendiğinde etkileyici görsel ve anlatı özelliklerine sahip güçlü bir endüstriyel mobilya tasarımı görülmektedir. Küçük bir kutu içinde temin edilen sandalye neredeyse hiç alet kullanmadan montajı yapılabilmektedir. Oturma yüzeyi kadar Geniş bir sırtlığa ve yuvarlak hatlara sahiptir. Oturma yüzeyi ve sırtlık cilalanmış kontrplaktan, bacakları masif ahşaptan üretilmiştir. Ayrıca, oturma yüzeyinin çevresi ahşaba benzeyen sağlam bir poliamidle çevrelenmiştir. (Şekil 5).



Şekil 5. Hay, Kitt Chair; Stefan Diez, (Url-3)

Bir diğ er örnek ise; İtalyan tasarımcı Giorgio Biscaro'nun bükülmüş kontrplaktan tasarladığı yass ı bir kutu içine sığabilen tabure tasarımıdır. Milano'daki salone Satellite'da sergilemiştir. Offset isimli bu tabure tek parça kontrplaktan kesilen dilimlerin metal çubuklarla 3 bacaklı bir profil tarafından tutturulmasıyla oluşturulmuştur(Şekil 6).



*Şekil 6. Offset, Giorgio Biscaro Design Studio (Url-4)*

### **3.2. Modüler Üretim Sistemi İle Üretilmiş Ve Modüler Kullanıma Olanak Veren Mobilyalar ( 2. Tasarım Adımı: Modülden Çoklu Kurguya )**

Modülden çoklu figürasyona yöntemi ile yapılmış tasarımların örneklerinde: Eames depolama ünitesi, 1950-52 yıllarında Ray Kaiser Eames ve Charles Eames tarafından tasarlanmış ve Herman Miller Furniture Company tarafından endüstriyel yöntemler kullanılarak üretilmiştir. ESU, Charles ve Ray Eames'in endüstriyel üretim materyalleri ve tekniklerini kullanarak ekonomik, ucuz ev mobilyaları yaratma çabasının bir parçası olarak tasarlanmıştır. Lake Masonit paneller, lamine huş kontrplak sürgülü kapaklar ve çekmeceler, delikli alüminyum paneller ve çinko kaplı çelik desteklerden oluşan hafif, modüler, istiflenebilir depolama üniteleridir. Bu sistemi tasarlarken, Eamesler ipuçlarını depolarda ve fabrikalarda bulunan metal raflardan aldı. ESU, standartlaştırılmış, seri olarak üretilen, sökülebilir, değiştirilebilir parçalardan oluşmaktadır: raflar, çekmeceler, paneller, kapaklar, metal çerçeve ve dikmeler. Parçalar sadece dayanıklı olmakla kalmayıp, aynı zamanda renkli paneller ve “çukurlu” kontrplak kapaklar ile delikli metal levhalar gibi dokulu yüzeyler kullanılarak dekoratif etki de yaratılmıştır. Mevcut renklerin ve yüzeylerin çeşitliliği, tüketicilerin ünitelerini ev ve ofis için özelleştirmelerini sağlamaktadır. Depolama üniteleri, oda bölücüsü olarak da kullanılmak üzere çeşitli boyutlarda tasarlanmıştır.(Şekil 7).



*Şekil 7. Eames, Storage Unit 400 Series (Url-5)*

1956'da George Nelson tarafından tasarlanmıştır. Marshmallow koltuk geleneksel koltuk fikrini, 18 renkli minder ile sırtlık ve oturma fontunu basit çelik çerçeveye tutturmuştur. Alışa gelmiş koltuk fikrini eğlenceli 3 boyutlu bir objeye dönüştürmüştür. Bu farklılığı onu tasarım tarihindeki en sıra dışı koltuğu yapmaktadır. 6 ek minderli bir genişleme parçası, 2 sofa ünitesi arasında takılarak sınırsız uzunlukta olması sağlanabilmektedir. Her bir minder dayanıklı vinil ile kaplanmıştır. (Şekil 8).



*Şekil 8. George Nelson, Marshmallow Sofa, 1956 (Url-6) (Url-7)*

Bang & Olufsen için 1959'da Danimarkalı tasarımcı Ib Fabiansenin Modüler Sistem Mobilya konseptli bir ürün tasarlamıştır. Bu sayede Televizyon ve ses cihazı tek mobilyada birleştirilmiştir. Fikir, basit bir sistemi satın alan kişinin zamanla ona ekleme yapabilmesidir. Çamın ve parlak renklerin kullanılması – o zamana göre sıradışı – meraklıların çok ilgisini çekmiştir. Maalesef çok az sayıda satılmıştır. Zamanına göre yaratıcı bir tasarım olan bu sistem 1958 Danimarka Sanat & Zanaat Sergisi'nde sergilenmiştir(Şekil 9).



*Şekil 9. IB Fabiansenin, Modular System, 1950 (Url-8)*

Geleneksel Japon kâğıt katlama tekniklerinden esinlenen Amerikalı-Japon tasarımcı Isamu Noguchi, küçük prizmatik üçayaklı yan sehpayı siyah ve beyaz seçenekleri ile 1957'de tasarlamıştır. Seri üretilen ilk mobilyasıdır. Katı, geometrik, net, minimalist ve basit bir tasarımdır. Vitra tasarım müzesi tarafından üretilmiştir(Şekil 10).



*Şekil 10. Isami Naguchi, Prismatic Table, 1957 (Url-9) (Url-10)*

Don Chadwick'in modüler oturma elemanı modüler sistemin, birkaç parçadan sonsuz çeşitlilik elde edilebileceğinin en iyi örneklerinden biridir. Beş basit, kalıplanmış yumuşak görünümlü birim, sistemin çok sayıda form almasını sağlar. Arkadaki derin cepler hava dolaşımını ve daha kolay temizlenmesini sağlamaktadır. Her parça çeşitli kumaşlardan üretilebilmekte, ön, arka ve yanları tamamen döşeme ile kaplı olduğu için bir uç, iç veya tek parça koltuk görevi görebilmektedir. Birimler basit konektörlerle güvenli bir şekilde birbirine bağlanabilmekte ve kolayca yeniden düzenleme için kilitler açılabilir. 1974'te tasarlanan koltuk günümüzde çağdaş koltuk yüksekliği ve güçlü taşıyıcı malzeme ile güncellenmiştir. Çok yönlü ve dayanıklı salon mobilyası seçeneklerinden biri olmaya devam etmektedir (Url-11). (Şekil 11).



Şekil 11. Don Chadwick, Modular Seating, 1974 (Url-11)

Temel modül, görüntünün ana birimi olan pikselden ilham alınarak tasarlanmıştır. Farklı yüksekliklerde, kare zemine sahip yumuşak dikdörtgen prizmalar bir araya getirilerek özgürce yeni şekiller oluşturmaya imkân sağlamakta ve modülerliği sayesinde sonsuz sayıda şekil ve kompozisyonu mümkün kılmaktadır. Görünüşte basit olan her bir eleman yapısal olarak karmaşıktır. Tabanda daha sert fakat konfor sağlamak için üst kısımları daha yumuşaktır. Polipropilenden oluşturulmuş kontrplak bir tabandan oluşturulmuştur. Her bir modül ahşap kalıp çerçeve içine enjekte edilen alev geciktirici poliüreten köpük ve polyester elyaftan oluşturulmuştur. Her bir Do-Lo-Rez modülünün kaplaması sökülebilir özelliktedir. Tasarımcısı Ron Arad çeşitli renk ve kumaş kompozisyonu sunmaktadır. Ama özellikle yün veya keçe kılıfları önermektedir.(Şekil 12).



Şekil 12. Ron Arad, Do-Lo-Rez Sofa, 2008 (Url-12) (Url-13)

#### 4. Sonuç

Tarihsel süreç içinde mobilya tasarım ve üretim süreci birçok aşamadan geçmiştir. Endüstri devrimiyle beraber seri ve bant üretim sistemleri ve makineleşme mobilyaların üretim sürecinde de yerini almıştır. Üretim yöntemlerine uygun; malzemeler geliştirilmiş ve yeni tasarımlar oluşturulmuştur. Emek yoğun üretimlerin kalitesi elde edilmeye çalışılmıştır.

Seri, bant üretim, yeni tasarım sistemi modüler tasarımı ortaya çıkartmıştır. Bu noktada dikkat edilmesi gereken husus modüler olarak seri bant sistemiyle üretilen mobilyaların tamamı modüler mobilya değildir. Sadece üretim yöntemi modüler olarak seri bant üretimde yapılmıştır. Modüler mobilya denilebilmesi için mobilyanın tasarım prensibinin de modüler olarak kurgulanması gereklidir.

Seri, bant üretim yöntemi ile modüler olarak üretilen modüler mobilyalar, geçmişin el işçiliği ile üretilen ağır mobilyalarının yerine kullanıcılara günlük yaşamlarında kullanım esnekliği sağlayan, standart, hafif, pratik ve ucuz mobilya sistemleri sunmuştur. Kullanıcı ihtiyaçlarını karşılamak için yerine özel tekil mobilyalar seçme yoluna gittiğinde özgünlük, rahatlık ve keyif gibi iyi hisler yaşamaktadır. Ancak her duruma özel çözüm aramak yorucu bir süreç olmaya başladığında standart hale getirilmiş modüler takım çözümler tercih görmeye başlamaktadır.

Tasarım ve kullanım süreçleri bakımından modüler sistemler birbirine zıt iki unsura neden olmaktadır. Bu standartlık durumu kazanımları bakımından oldukça verimlidir ancak belirli bir süre sonrasında sıkıcılığa neden olmaktadır. Bu durum kullanıcıyı ve tasarımcıyı mevcut ürünü geliştirme açısından kamçılamaktadır. Tasarımcı çok daha farklı kombinasyonların üretilebileceği tasarımlar



ortaya koymaya çalışırken kullanıcı da mevcut ürünü üzerinde renk ve düzenleme değişiklikleri yaparak farklılık oluşturmaya çalışmaktadır. Kullanıcı bu sayede kullandığı ürün ile daha yakın bir bağ içine girmekte ve benimsemektedir.

Sonuç olarak; seri, bant üretim yöntemi kullanılarak standart parçaların bir araya getirilmesi ile oluşturulan (modüler üretim) mobilyalar, tasarımcı, üretici ve kullanıcı açısından avantajlar yaratmaktadır.

Modüler mobilya sistemlerinin avantajları şunlardır;

- Kullanım ihtiyaçlarının kişiden kişiye değişkenlik göstermesi veya aynı kullanıcının ihtiyaçlarının zaman içerisinde değişimine cevap verebilmesi
- Kullanıcıdan kullanıcıya değişen ölçü ihtiyaçlarını karşılama
- Farklı kişisel beğenilere cevap verme
- Kısa sürede çok sayıda üretim yapabilme
- İmalat ve üretim açısından ekonomik olma
- Çeşitli bütçelere uygun olma
- İmalat ve montaj kolaylığı
- Paketleme / Nakliyat kolaylığı
- Kullanıcının tasarım ve montaj sürecine katılması. (satış- pazarlama stratejisi)
- Standart ürün ortaya koyma.

## Kaynakça

- Berkin, G., Özcan, U., (2017), "Oturmanın Ergonomisi", Yapı Dergisi (ISSN: 1300-3437, DAAI-Design and Applied Arts Index), Sayı: 426, s:140.
- Boyla, O., 2016. Mobilya Tarihi. <http://www.youblisher.com/p/589306-Mobilya-Tarihi-ekitaplarim-tr-gg/> (E.T.: 04.04.2016)
- Eroyan, A., 2012. Thonet Yurtdışında İlk Kez Koleksiyon Tarafından Üretilecek, [http://www.mimarizm.com/haberler/thonet-yurtdisinda-ilk-kez-koleksiyon-tarafindan-uretilecek\\_117243?PageNo=3](http://www.mimarizm.com/haberler/thonet-yurtdisinda-ilk-kez-koleksiyon-tarafindan-uretilecek_117243?PageNo=3) (E.T.: 17.05.2020)
- Fiell, C. ve Fiell, P., 2011. Industrial Design A-Z, Taschen, 576, Köln.
- Hadi, İ., 2013. İmre Hadi'ye ait (Güz yarıyılı) Mobilya ve Mekansal Donanım Tasarımı Ders Notları (İstanbul Ticaret Üniversitesi) (80 sayfa) İstanbul.
- Hasol ,D., 2010. Ansiklopedik Mimarlık Sözlüğü, 11.Baskı, Yem Yayın, 330, İstanbul.
- Kayacan, B., 2017. Montajı Kullanıcı Tarafından Yapılan Mobilyaların Bir Kavram Olarak Değerlendirilmesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 66, İstanbul.
- McGovern, S. M. ve Gupta, S. M., 2011. The Disassembly Line Balancing and Modeling, Mc Graw Hill, 373.
- Müller, W. ve Vogel, G., 2012. Mimarlık Atlası, 1. Cilt, 1.Baskı, Yem Yayın, 17, İstanbul.
- Özcan, U., Ürük, Z. F., "Modern Mimarlıkta Le Corbusier Etkisi ve Villa Savoye Mutfağı", International Journal of Social and Humanities Sciences, sayı:3(1), Temmuz 2019, ss. 57-68, ISSN NO: 2602-3288
- Özcan, U. , Güngör, S.,(2019), "Yersizleşmeye Rağmen / Tadao Ando'yu "Yer" Bağlamında Okumak", Yapı Dergisi (ISSN: 1300-3437, DAAI-Design and Applied Arts Index), Sayı: 453, s:42.
- Özcan, U., Dağdeviren, Z.S.,(2019), "The Revitalization Of Urban Ruined Regions By Sustainable Design Thought Bronx / NY Sample", İçinde: Kaya, Latif Gürkan (Ed.), 2019, Research & Reviews in Architecture, Planning and Design - Summer, 2019 (ISBN: 978-605-7852-92-2), Gece Kitaplığı Yayınevi, İstanbul.
- Özcan, U., Güngör, S.,(2019), " Geleneksel Türk Evi ve Yapısal Özellikleri", İçinde: Kaya, Latif Gürkan (Ed.), 2019, Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Araştırma ve Değerlendirmeler - 2019 Haziran (ISBN: 978-605-7852-93-9), Gece Kitaplığı Yayınevi, İstanbul.
- Özcan, U. , Güngör, S.,(2019), "Geleneksel Türk Evi ile Geleneksel Japon Evi'nin Yapısal Açısından Karşılaştırılması", Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi (ISSN: 2148-2683, ULAKBİM TR Dizin ), Sayı:16, s:646.
- Özcan, U., Erol, İ.,(2018), " Bir Ulaşım Kültürü - Metro Müzesi", Yapı Dergisi (ISSN: 1300-3437, DAAI-Design and Applied Arts Index), Sayı: 440, s:58
- Özel, Y., Ürük, Z.F., "Use of Plastic Materials in Furniture Design and Production", International Journal of International Journal of Advanced Research and Review, Yıl:4, sayı:1, Ocak 2019, ss. 1-13, ISSN NO: 2455-7277
- Schneiderman, D., 2011. Furniture as Prefabricator, Design Principles And Practices, An International Journal, vol:4,no:6
- Saydan, R., 2004. 1900'lerin İlk Yıllarında Ford - General Motors Rekabeti (Üretim ve Pazarlama Anlayışının Karşılaştırılması), Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Cilt 7 Sayı 11, 153-159.
- Ürük, Z. F., Öztürk, T. "Huzurevlerinde Yatak Odası Mekanının Gelişim Süreci, İstanbul ve Brüksel Örneği", Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, sayı:16, Ağustos 2019, ss. 662-678, ISSN NO: 2148-2683, DOI : 10.31590/ejosat.593611
- Ürük, Z. F., Yılmaz, D., Boran, S "Özel Kurumlara ait Huzurevlerinin Mekansal Risklerini Fine- Kinney Yöntemi kullanarak İncelenmesi, İstanbul örneği", İstanbul Gelişim Üniversitesi, Sosyal Bilimler Dergisi- Journal of Social Science, cilt:6, sayı:1, Nisan 2019, ss. 102-119, ISSN NO: 2148-4287, DOI : 10.17336/ igusbd.455165
- Ürük, Z.F., "Medeniyetler İçinde Hamamın Gelişimi ve Kültürel Olarak Mekân Analizleri", Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi- The Journal of Academic Social Science, Yıl: 4, sayı: 28, Temmuz 2016, ss. 185-209 Doi Number: <http://dx.doi.org/10.16992/ASOS.1239>
- Url-1: <http://arsenalofvenice.weebly.com/from-craft-production-to-industrial-production.html> (E.T.: 29.12.2016)
- Url-2: <https://media.timetoast.com/timelines/industrial-design-history> (E.T.:18.05.2020)
- Url-3: <https://www.diezoffice.com/stories/kitt-for-hay/> (E.T.:18.05.2020)
- Url-4: <https://www.dezeen.com/2010/03/30/offset-by-giorgio-biscaro-design-studio/> (E.T.:18.05.2020)



- Url-5: <https://www.hermanmiller.com/products/workspaces/desks/eames-desks-and-storage-units/> (E.T.:07.01.2016)
- Url-6: <https://www.architonic.com/en/product/vitra-marshmallow-sofa/1003364> (E.T.:18.05.2020)
- Url-7: <https://www.vitra.com/en-un/product/marshmallow-sofa> (E.T.:18.05.2020)
- Url-8: [https://www.beoworld.org/prod\\_details.asp?pid=1174](https://www.beoworld.org/prod_details.asp?pid=1174) (E.T.:18.05.2020)
- Url-9: [https://shop.noguchi.org/products/noguchi-black-prismatic-table?\\_pos=2&\\_sid=a60ffa524&\\_ss=r](https://shop.noguchi.org/products/noguchi-black-prismatic-table?_pos=2&_sid=a60ffa524&_ss=r) (E.T.:18.05.2020)
- Url-10: <https://www.vertigohome.us/products/vitra-white-prismatic-table-by-isamu-noguchi> (E.T.:18.05.2020)
- Url-11: <https://www.hermanmiller.com/products/seating/lounge-seating/chadwick-modular-seating/> (E.T.:17.05.2020)
- Url-12: <https://moroso.it/prodotti/do-lo-rez-divani/?lang=en> (E.T.:18.05.2020)
- Url-13: <http://homeklondike.site/2017/03/23/do-lo-rez-hand-tufted-3d-rug-from-100-new-zealand-wool/> (E.T.:18.05.2020)



# Microstructure and Chemical Analysis of Vehicle Brake Wear Particle Emissions

Bekir Güney<sup>1\*</sup>, Ali Öz<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Karamanoglu Mehmetbey University, Vocational School of Technical Sciences, Karaman, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9764-9313)

<sup>2</sup>Mehmet Akif Ersoy University, Vocational School of Technical Sciences, Burdur, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0814-4020)

(First received 10 May 2020 and in final form 26 June 2020)

(DOI:10.31590/ejosat.744098)

**ATIF/REFERENCE:** Güney, B. & Öz, A. (2020). Microstructure and Chemical Analysis of Vehicle Brake Wear Particle Emissions. *European Journal of Science and Technology*, (19), 633-642.

## Abstract

Vehicle emissions cause serious environmental problems, especially in industrial areas and populated areas. Although exhaust emissions are tried to be reduced by legal regulations, it is clear that non-exhaust emissions also increase significantly. Brake wear emissions are one of the most important sources of non-exhaust emissions. Brake wear particles are usually result from a cast-iron disc and a composite pad pair that is accompanied by friction. The chemical composition of these materials affects the content of the wear particles. The purpose of this study is to investigate the chemical and microstructural characterization of brake wear emission material of brake discs and pads commercially available to the market by Original Equipment Manufacturers (OEMs). Microstructure characterization of the wear particles was analyzed with field scanning electron microscopy (SEM); elemental analysis was conducted with energy dispersing spectrometer (EDS); crystal structures were analyzed with X-ray diffraction (XRD), and molecular bond structures were analyzed with the aid of fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR). As a result of the analysis, it was found out that elements such as C, N, O, F, Si, Ca, Fe and Cu; sulfates, phosphates, oxides, and different mineral structures exist in the chemistry of wear particles. Especially, the presence of oxidized structures and heavy metals, pose a serious threat to human health and the environment. This study will provide important information for policymakers and researchers.

**Keywords:** Brake wear, Particulate matter, Emission, Environmental pollution, SEM, XRD, FTIR

## Taşıt Freni Aşınma Parçacık Emisyonlarının Mikroyapısı ve Kimyasal Analizi

### Öz

Taşıtlardan kaynaklanan emisyonlar özellikle endüstriyel alanlarda ve kalabalık nüfuslu yerlerde önemli çevre problemlerine sebep olmaktadır. Egzoz emisyonları yasal düzenlemelerle azaltılmaya çalışılsa bile egzoz dışı emisyonlar da hissedilir derecede artış olduğu açıktır. Fren aşınma emisyonları egzoz dışı emisyonların en önemli kaynaklarından birisidir. Fren aşınma partiküllerine genellikle dökme demir disk ve ona karşı sürtünme eşiği eden kompozit bir balata ikilisi kaynaklıdır. Bu malzemelerin kimyasal kompozisyonu aşınma partiküllerinin içeriğine etki eder. Bu çalışma, Orijinal Ekipman Üreticileri (OEM) tarafından piyasaya ticari olarak sunulan fren disk ve balatalarına ait fren aşınma emisyon maddesinin kimyasal ve mikroyapısal karakterizasyonu araştırmak amacıyla yapılmıştır. Aşınma partiküllerinin mikroyapı karakterizasyonu, alan taramalı elektron mikroskopu (SEM), elementel analizi enerji dağıtıcı spektrometre (EDS), kristal yapıları X-ray diffraction (XRD) ve moleküler bağ yapıları fourier dönüşümlü kızılötesi spektroskopisi (FTIR) cihazı yardımıyla analiz edildi. Analizler sonunda C, N, O, F, Si, Ca, Fe ve Cu gibi elementler, sülfatlar, fosfatlar, oksitler ve farklı mineral yapıların aşınma partikülleri kimyasında bulunduğu tespit edilmiştir. Bilhassa oksitli yapıların ve ağır metallerin varlığı insan sağlığı ve çevre açısından ciddi tehditler içermektedir. Bu çalışma politika yapıcılar ve araştırmacılar için önemli bilgiler sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Fren aşınması, Partikül madde, Emisyon, Çevre kirliliği, SEM, XRD, FTIR

\*Corresponding Author: Karamanoglu Mehmetbey University, Vocational School of Technical Sciences, Karaman, Türkiye, ORCID: 0000-0001-9764-9313, [gunevb@kmu.edu.tr](mailto:gunevb@kmu.edu.tr)

## 1. Introduction

Air pollution, that is increasing surprisingly, is one of the most critical problems caused by industrial civilization. Pollution has become an important issue as it negatively affects human health in many ways (Amato, 2018; Khodakarami, & Ghobadi, 2016). Strong correlations were found between intense pollution in the atmosphere and increased mortality due to asthma, lung cancer, cardiovascular disease, respiratory diseases, and skin diseases (Oberdörster et al., 2005; Pope Iii et al., 2002). Air pollutants are the heterogeneous mixture of many substances from different sources, with different physical and chemical conditions (Radhakrishnan, Devarajan, Mahalingam, & Nagappan, 2017).

The use of fossil fuels, gas emissions from industrial processes, motor vehicles, and fires are the main sources of air pollution. These sources emit a series of compounds such as particulate matter (PM), sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>), hydrocarbon (HC), nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>), ammonia, and volatile organic compounds (VOC) into the atmosphere (de Miranda et al., 2012). These substances, which undergo chemical reactions, dissipate, dilute, and solidify in very complex conditions with others in the atmosphere, are synergistic factors that intensify air pollution.

The rapid increase in the number of vehicles used worldwide is the indicator of the magnitude of the contribution of vehicle traffic to air pollution. Emissions from vehicle traffic are classified as exhaust emission dependent and non-exhaust emissions (Denier van der Gon et al., 2013). Over the past 40 years, while exhaust emissions have been constantly decreasing with legal regulations such as improved exhaust gas treatment and filter technologies, the percentage of non-exhaust emissions has increased due to the increase in the number of vehicles (zum Hagen, Mathissen, Grabiec, Hennicke, Rettig, Grochowicz, Vogt, & Benter, 2019). Non-exhaust emissions that result from vehicle traffic (NEE) refers to particles released into the air due to brake wear, tire wear, road surface wear and resuspension of road dust during vehicle use (Lewis, Moller, & Carslaw, 2019). In urban environments and especially in areas with heavy traffic, a significant amount of the non-exhaust PM is caused by car brakes (Harrison et al., 2012; Thorpe & Harrison, 2008). Reducing car brake particle emissions is an important European Union environmental protection strategy (Perricone et al., 2017).

In a friction brake system in vehicles, friction occurs when the pad and disc pair come into contact. Thus, the rotor slows down or stops. The heat and brake particles formed in braking are released into the atmosphere. High temperature and friction energy are produced during braking. Brake system elements are required to remove this high heat energy from the system quickly. Lamellar graphite cast irons are popular materials in this field due to their high thermal conductivity properties (Yamabe, Takagi, Matsui, Kimura, & Sasaki, 2003). However, in some cases, composites such as aluminum, ceramic matrix composites, and reinforced carbon-carbon elements are also preferred (Güney, Mutlu & Gayretli, 2016; Güney & Mutlu, 2017; Güney & Mutlu, 2019a; Mutlu, Güney, & Erkart, 2020; Öz, Gürbüz, Yakut, & Sağıroğlu, 2017; Öz et al., 2013).

Motor vehicle brake pads are composites that are made from more than 3000 components, including friction additives held together by binders such as friction materials, reinforcing fibers, filling materials, and phenolic resins (Filip, Kovarik, & Wright, 1997). As the pads are predominantly produced from organic materials, they deteriorate at high temperatures and begin to emit gas and particles to the environment (Chan & Stachowiak, 2004; I. Mutlu, Eldogan & Findik, 2005; Österle, Prietzel, Kloß, & Dmitriev, 2010). This deterioration of organic components causes emissions of very fine amorphous carbon particles and volatile organic compounds (Kukutschová et al., 2011; Plachá et al., 2017).

Passenger cars usually have three different types of pads: non-asbestos organic (NAO), semi-metallic and low metallic. NAO type pads are relatively soft and have lower braking noise compared to other types of pads, but they lose their braking capacity at high temperatures and generate more dust than other types. Although brake pads were made from asbestos fibers for many years, today, asbestos is not used due to serious health problems (Liew & Nirmal, 2013). Airborne PM has a wide range of particle sizes from a few nanometers (nm) diameter to approximately 100 micrometers (µm). Particulate matter from vehicles is usually defined as PM<sub>2.5</sub> and PM<sub>10</sub>, depending on the particle size. PM<sub>2.5</sub> defines particulate matter with less than 2.5 µm of aerodynamic diameter; PM<sub>10</sub> defines particulate matter with less than 10 µm of aerodynamic diameter (Gehrig et al., 2004).

Non-exhaust emissions mostly contain PM<sub>10</sub>, but a significant portion of the emissions also include fine PM<sub>2.5</sub>. The chemical properties of non-exhaust PM emissions differ depending on the formulation of the disc/pad pair used, but they mainly contain heavy metals like zinc (Zn), copper (Cu), iron (Fe), nickel (Ni), chrome (Cr) and lead (Pb) (Thorpe & Harrison, 2008). These emissions are chemical components that contribute significantly to negative health effects (Denier van der Gon et al., 2013). The contribution of difference in brake pad composition to emissions is much more than the contribution of the disc or other elements (Pant & Harrison, 2013).

Braking is a quite complicated process. Different amounts of gas are emitted depending on the speed, weight, and deceleration levels; and the pressure and temperature induced accordingly. Different oxidation mechanisms can occur or brake materials can be worn naturally. Adhesive, abrasive, fatigue, and oxidative wear mechanisms are observed at high temperatures. At the end of the process, different amounts of ultra-fine and fine particles are released into the atmosphere (Kukutschová et al., 2009). Mechanical wear occurs at low temperatures. Mechanical wear mainly leads to the emission of coarser particles that belong to the PM<sub>10</sub> or PM<sub>2.5</sub> fractions. These particles usually have sharper edges and irregular morphology (Kukutschová et al., 2011). As a result, approximately

40-50% of brake wear is released into the air (zum Hagen, Mathissen, Grabiec, Hennicke, Rettig, Grochowicz, Vogt, Benter, et al., 2019). When the brake system is activated, brake pads apply pressure against the rotors to slow down the vehicle and this results in brake wear and PM formation. The shape, size, and emission rates of brake wear depend on several factors, such as the thermomechanical properties of the rotor, pad, and brake pads. The size of PMs produced by brake wear may be airborne due to local turbulence etc. The release of these toxic particles into the environment may differ in large cities, especially during rush hours when braking is high, due to the frequency of stopping and starting of a large number of vehicles and turbulence of the air (Wahid, 2018).

The nature of the braking process, high energy conditions, and complex metallurgical interactions on the friction surface during braking make it difficult to predict the chemistry and particle size of newly formed species. Even if the raw materials selected for the production of brake pads comply with the emission laws, it is always possible for the newly formed wear particles to have different chemistry and structure (Filip, Weiss, & Rafaja, 2002; Kukutschová et al., 2009). Similarly, the friction performance depends on the wear temperature of the brake materials, the sliding speed, the pressure applied, the chemistry, the structure of the friction pair and the surrounding environment. For example, wear increases as temperature increases (Peter, 2013).

Automotive brake wear, reduction of particle emissions, contribution to environmental pollution and its impact on health have extensively been dealt with in recent years (Joo, Jara, Seo, & Jang, 2020; Lyu, Leonardi, Wahlström, Gialanella, & Olofsson, 2020; Mathissen, Grigoratos, Lahde, & Vogt, 2019; Nosko, Alemani, & Olofsson, 2017; Perricone, Alemani, Wahlström, & Olofsson, 2020; zum Hagen, Mathissen, Grabiec, Hennicke, Rettig, Grochowicz, Vogt, & Benter, 2019). However, very few studies have been found on microstructure characterization. For this purpose, microstructure and chemical properties of the wear particles of the brake discs and pads of vehicles in Turkey were investigated. In the study, the characterization of PM was analyzed using field scanning electron microscopy (SEM), energy dispersing spectrometer (EDS), X-ray diffraction (XRD) and Fourier-transform infrared spectroscopy (FTIR) device.

## 2. Material and Method

### 2.1. Brake Wear PM collection

Braking performance was carried out in about 14 hours of structural integrity with a total of 9 steps and 312 braking cycles that included instrument check stop (23 repetitions), burnish (200 repetitions), effectiveness (16 repetitions), fade (15 repetitions), hot performance (2 repetitions), cooling (4 repetitions), recovery ramp (2 repetitions), reburnish (35 repetitions), and final effectiveness (15 repetitions). The wear residue that formed during the braking test was aspirated to the particle collection unit shown in Figure 1 and accumulated in an atmospheric environment. It was preserved in a glass bottle for laboratory tests.

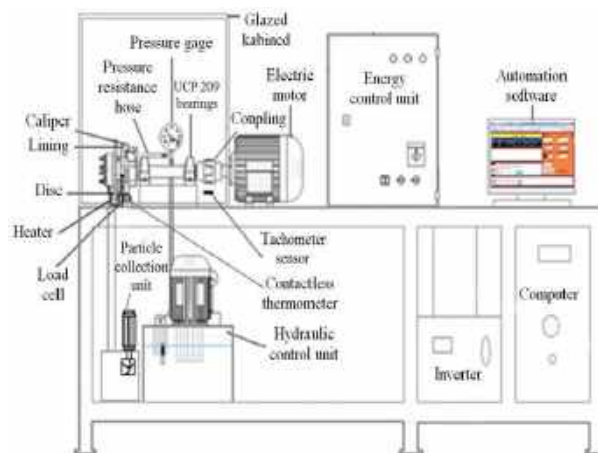


Fig 1. Schematic representation of the braking test device and particle collection unit (Güney & Mutlu, 2019a)

## 2.2 Chemical Characterization

Microstructure analysis was performed in the SEM (HITACHI SU5000) device equipped with EDS in Material Characterization Laboratory of Karamanoğlu Mehmetbey University, Scientific and Technological Research Application and Research Center. In order to understand brake wear crystal forms, a Bruker D8 enhanced diffractometer ( $\lambda = 1.5406 \text{ \AA}$ ) with X-ray diffraction (XRD) Cu-K $\alpha$  radiation was used. IR spectroscopy (Bruker Vertex 70 ATR) was used to measure the FTIR spectrum of the sample. The data were collected by vibration frequencies at 4000-400  $\text{cm}^{-1}$  scanning range at 4  $\text{cm}^{-1}$  spectral resolution.

## 3. Results and Discussion

### 3.1 Characterization by SEM and EDS

Brake wear and particle emission rates are greatly affected by the chemical composition of the brake pads or brake discs and the driving mode. Table 1 shows the elemental composition of the cast-iron disc used for braking. In semi-metallic friction materials, mostly metals such as Fe and Cu and other additives contribute to particle emission. In braking, 90% of total wear occurs on pads (Sanders, Xu, Dalka, Maricq, 2003).

Table1.The chemical composition of the disc (Güney & Mutlu, 2019b)

Elements	Fe	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Ag	Ti	V	Mg	Zr
Weight %	93.56	3.61	1.81	0.586	0.025	0.023	0.116	0.021	0.033	-	0.005	-	0.015	-	0.003	-

The size distributions and morphology of the wear residue particles formed during the 14 hour period, 9 steps, and 312 braking cycles were analyzed. In Figure 2 (a), (b), (c), and (d), the condensed amorphous agglomerated formations of wear particles are shown by SEM micrographs at different magnifications. The size distribution of the wear particles in the air produced during braking varies depending on the time since the start of the test. During braking, particle structure is affected by factors such as pressure, speed, and temperature. In cases where the rotor is relatively cold, nano-sized ultra-fine particles are produced. In cases where the rotor temperature increases, the shape of particle size distributions and their changes over time appear to be formed by the agglomeration of submicron particles, then primary nanoparticles in the evaporation/condensation process (Kukutschová et al., 2009).

During the braking cycle, the temperature varied between 100-400  $^{\circ}\text{C}$  r (Güney, Mutlu & Gayretli, 2016; Güney & Mutlu, 2017; Güney & Mutlu, 2019a; Mutlu, Güney, & Erkurt, 2020). It is seen in the micrographs that the particles are agglomerated by forming groups. This agglomeration occurs in different chemical and metallurgical bonds, partly due to condensation. Besides, high-speed friction is caused by the kinetic energy charging the particles. The micrograph in Figure 2 (a) shows that the cloud-shaped gray nano-particles agglomerate to form predominantly oxidized structures. The concentration of agglomerated particles shown in the micrograph is less than 1  $\mu\text{m}$ . The temperature of the disc surface rises to 380  $^{\circ}\text{C}$  during braking. As the particle bonding forces will decrease with the effect of heat, the number of particles increases as the temperature increases (Garg et al., 2000). The micrograph is given in Figure 2 (b) shows that the agglomerated particle size is 2-3  $\mu\text{m}$ . Figure 2 (c) shows that particle size distributions differ under different braking conditions. In the micrograph of Figure 2 (d), it can be easily seen that particles larger than 1  $\mu\text{m}$  decrease, and nano-sized particles increase significantly due to the high temperature in braking. The grain particulate matter consists of larger isolated particles as well as smaller particles that tend to accumulate. This tendency occurs through the evaporation/condensation/agglomeration of organic components of the friction composite. Besides, we see that the wear particles are ground to nanoscale levels during the abrasive wear mechanism. The micrograph shows that the primary particles are about 10 nm in size. The oxidative character of friction operations during braking also promotes this situation (Kukutschová et al., 2011). It was confirmed by SEM analysis that some of the abrasion particles analyzed in the study were  $\text{PM}_{10}$  and most of them were  $\text{PM}_{2.5}$  class particulate matter.



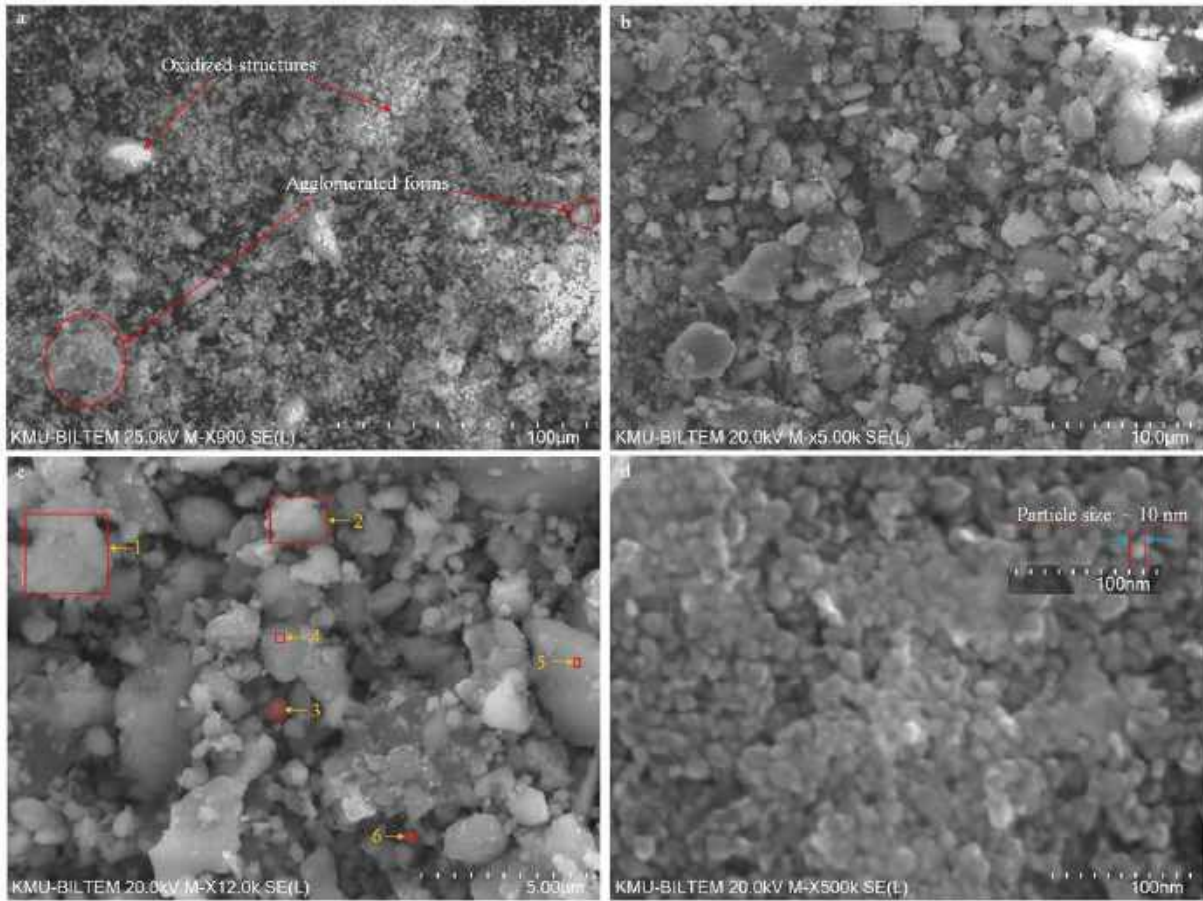


Fig 2. SEM images of brake wear particles; (a) 900 X magnification, (b) 5.00 kX magnification, (c) 12.0 kX magnification, (d) 500 kX magnification

Table 2. Atomic amounts of elements detected by EDS analysis

Elements	Fig 2. (a)		Fig 2. (c)					
	surface atomic %	1. point atomic %	2. point atomic %	3. point atomic %	4. point atomic %	5. point atomic %	6. point atomic %	
C	4,59	6,83	3,19	7,49		3,96	3,16	
N	1,49	1,53	1,13	2,01	1,63	1,83	1,27	
O	51,53	56,36	57,48	61,39	60,53	61,42	43,48	
F	4,52	4,71	4	3,75	4,44	9,01	7,59	
Mg	0,67	0,99	0,67	0,41	0,71	0,47	0,41	
Br	0,47	0,58	0,43	0,43	0,49	0,49	0,88	
Al	0,59	0,6	0,81		0,84	0,36	0,86	
Si	3,77	4	4,94	1,69	4,76	2,44	2,6	
P	0,34	0,39	0,25	0,34	0,44	0,58	0,63	
Zr				0,01		0,01		
Nb			0,01					
Mo	0,06	0,05		0,03	0,03	0,01	0,1	
S	0,27	0,29	0,34	0,17	0,25	0,28	0,34	
Cl	0,08	0,08	0,09	0,06	0,06	0,06	0,07	
K	0,26	0,29	0,33	0,09	0,42	0,19	0,3	
Ca	6,1	5,41	5,42	14,74	5,82	1,66	1,97	
Sc	0,09	0,12	0,11	0,18	0,11	0,05	0,09	
Ti	0,05	0,05	0,08				0,05	
V	0,04	0,04	0,04			0,03	0,07	
Cr	0,04	0,09	0,08	0,03	0,06	0,04	0,13	
Mn	0,11	0,11	0,13	0,06	0,11	0,12	0,2	
Fe	16,02	16,33	19,11	6,21	17,37	15,46	32,63	
Co	0,38	0,37	0,44	0,13	0,47	0,49	0,92	
Ni		0,07			0,05	0,07	0,15	
Cu	1,4	0,41	0,5	0,15	0,44	0,42	1,15	
Zn	0,07	0,07	0,09	0,03	0,09	0,07	0,2	
Se	0,16	0,15	0,13	0,09	0,09	0,1	0,39	

Garg et al. (2000) reported that an average of 35% of vehicle brake pad mass loss spread to the air as PM (<100  $\mu\text{m}$ ), and 63% of PM in the air was smaller than 10  $\mu\text{m}$  to 2.5  $\mu\text{m}$  in diameter (Garg et al., 2000). Sanders et al. (2003) concluded that approximately 50% of brake wear particles spread as airborne matter in braking tests. As it is understood from the comparison with the micrograph scale by the literature, the number of wear particles smaller than 500 nm is much more than the number of particles larger than 1  $\mu\text{m}$ . It is generally known that particle size determines the effects on health as well as structure, surface area, and chemical composition (Geiser, & Kreyling, 2010).

Surface, regional, and point EDS analyzes of micrographs in Figure 2 are provided in Table 2. The data in Table 2 show that the elemental composition of all fractions collected by aspirating during braking is consistent with the literature (Afifah, Fauziana, Rasid, & Wong, 2015; Hulskotte, Roskam, & Van Der Gon, 2014; Kennedy & Gadd, 2003). In all analyzes, C, N, O, F, Si, Ca, Fe and Cu elements are atomically dominant. The dominant metallic elements are Fe (atomic up to 32.63%), followed by Si (atomic up to 4.94%), and Cu (atomic up to 1.15%). The other elements Mg, Br, Al, S, P, Zr, Nb, Mo, S, Cl, K, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Co, Ni, Zn, and S are present in PM composition in atomically lower levels. This may be related to the fact that oxidation of all metals and Cu, Zn, and Sn can be easier to break down (making nanoparticles) than steel and cast iron due to lower mechanical properties (yield stress, strength). Besides, lower melting points of Cu, Zn, and Sn compared to Fe/steel may cause easier nanoparticle formation. On the other hand, higher Fe content in larger particle fractions was due to the high amount in disc material structure. All detected elements appear depending on the chemical structure of the disc/pad materials under different braking conditions. Also, it is possible for elements found in high amounts in the atmosphere such as N and O to get involved in the structure in different forms with various reactions due to the high temperature in braking.

### 3. 2 Characterization by XRD

The XRD analysis on wear residues is an important technique for confirming chemical data on the composition of the disc/pad pair (Verma et al., 2015). Because this technique provides information about structural transformations that occur under specific wear mechanisms under different test conditions. Figure 3 shows the X-ray diffraction pattern of the vacuum collected abrasions in the braking test with commercial disc/pad material in the test device with a 312 braking cycle. The main phases are oxide phases such as  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CuO}$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{MnO}_2$ ,  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{ZrSiO}_4$ ,  $\text{Ca}_2\text{SiO}_4$ ,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{ZnO}$ ,  $\text{Fe}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . This data is a clear indication that the wear particles produced by the braking mechanism carried out under different conditions may have very different phase compositions. The results of the analysis show that iron oxides such as  $\text{FeO}$  and  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  and  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , which result from the tribo-oxidation of the cast-iron disc in highly oxidative environments, exist predominantly in the structure, following the literature results (Aku, Yawas, Madakson, & Amaren, 2012; Giovanni Straffelini & Molinari, 2011; Straffelini, Pellizzari, & Maines, 2011; Verma et al., 2015) for such tribological systems. All oxides are largely present in the structure depending on the reaction mechanism of the abrasions with the outer atmosphere. Phase structures of forms compatible with XRD spectra are given in Table 3.

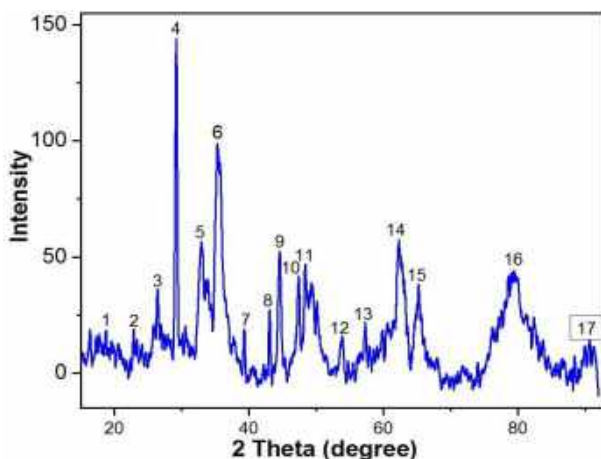


Fig 3. Typical XRD pattern of brake wear particles

Table 3. XRD diffraction spectrum peak numbers of brake wear particles

Name	Formula	Crystal system	Peak number
Ethane	C <sub>10</sub> H <sub>12</sub> O <sub>4</sub>	Tetragonal	1, 2, 3
Chegemite (mineral)	C <sub>7</sub> (SiO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> (OH) <sub>2</sub>	Orthorhombic	5, 6, 10, 11
NitroquanylAzide	CH <sub>2</sub> N <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	Triclinic	3, 4, 5, 7
Calcium Silicon Oxide	Ca <sub>2</sub> SiO <sub>4</sub>	Triclinic	5, 6
Thione	C <sub>7</sub> H <sub>5</sub> N <sub>3</sub> S <sub>2</sub>	Monoclinic	3, 4
Calcium Iron Oxide	Ca <sub>2</sub> Fe <sub>15</sub> 51O <sub>25</sub>	Orthorhombic	3, 4, 5, 6
Guanine Hydrochloride Hydrate	C <sub>5</sub> H <sub>5</sub> N <sub>5</sub> O HCL H <sub>2</sub> O	Monoclinic	2, 3, 4, 6
Glycine Phosphate	C <sub>2</sub> H <sub>8</sub> NO <sub>5</sub> P	Monoclinic	3, 4, 6, 11
Oxamide	C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>		1, 2, 3, 4, 6, 12, 14
Methyl Sulfide	S <sub>2</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	Monoclinic	3, 5, 6
Silicon Boride	SiB <sub>3</sub>	Orthorhombic	3, 4, 6, 9, 10, 11
Nickel Vanadium Oxide Hydrate	Ni(V <sub>2</sub> O <sub>6</sub> )(H <sub>2</sub> O)	Triclinic	1, 2, 3, 4, 5
Iron Oxide	FeO	Cubic	6, 13, 16
Cohenite	Fe <sub>3</sub> C	Orthorhombic	8, 9, 10, 11, 16, 17
Hematite	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rhombohedral	5, 6, 8, 12, 13, 14, 15, 16, 17
Magnetite	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Orthorhombic	3, 6, 8, 14, 17
Calcium Boron Carbide Chloride	Ca <sub>9</sub> Cl <sub>8</sub> (BC <sub>2</sub> ) <sub>2</sub>	Orthorhombic	3, 5, 9, 10
Aluminum Hydrogen Phosphate	Al <sub>3</sub> (HPO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>	Hexagonal	3, 4, 6
Nickel Iron Vanadium Oxide	Ni <sub>2</sub> FeVO <sub>6</sub>	Orthorhombic	6
Zinc Vanadium Oxide	Zn V <sub>3</sub> O <sub>8</sub>	Orthorhombic	1, 2, 4, 2, 11, 13
Calcium Oxide	CaO	Cubic	5, 6
Calcite	CaCO <sub>3</sub>	Rhombohedral	4, 6, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 15, 16
Copper Iron Oxide	Cu(Fe <sub>2</sub> O <sub>4</sub> )	Cubic	3, 4, 5, 8, 9, 10, 11
Copper Aluminum Sulfite	CuAlS <sub>2</sub>	Tetragonal	4, 11, 13, 16
Tin Niobium Oxide	Sn <sub>2</sub> (Nb <sub>2</sub> O <sub>7</sub> )	Cubic	4, 5, 11, 13, 16, 17
Aluminum Oxide	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Hexagonal	5, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 16
Calcium Aluminum Oxide	CaAl <sub>2</sub> O <sub>4</sub>	Monoclinic	6, 9, 10
Poly-p-xylylene	(C <sub>8</sub> H <sub>8</sub> ) <sub>n</sub>	Monoclinic	1, 2, 3, 6, 9, 11,
Carbon Oxide	CO <sub>2</sub>	Cubic	3, 6, 7, 9, 10
Copper Oxide	CuO	Monoclinic	6, 9, 11, 15, 16
Magnesium Oxide	MgO	Hexagonal	4, 8, 14, 16
Manganese Oxide	MnO <sub>2</sub>	Hexagonal	4, 5, 6, 9, 13, 15
Hausmannite	Mn <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	Tetragonal	4, 5, 6, 9, 12, 13, 15
Manganese Silicon	MnSi	Cubic	5, 9, 10, 16
Nitrogen Oxide	N <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Monoclinic	1, 3, 4, 5, 6, 9, 13
Sulfur Oxide	SO <sub>3</sub>	Orthorhombic	2
Silicon Oxide	SiO <sub>2</sub>	Hexagonal	3, 4, 11
Silicon Carbide	SiC		5, 6, 13
Chromium Oxide	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Rhombohedral	5
Potassium Oxide	K <sub>2</sub> O	Hexagonal	3, 10
Zirconium Silicon Oxide	ZrSiO <sub>4</sub>		5, 6
Titanium Oxide	TiO <sub>2</sub>	Cubic	4, 12
Zinc Oxide	ZnO	Hexagonal	14, 15
Nickel Oxide	NiO <sub>2</sub>	Hexagonal	6, 9, 15

### 3. 3 Characterization by FTIR

Brake wear particulate matter (PM) is a complex mixture of many different elements. But it is possible to determine the amount of more than one species by FTIR (Fourier-transform infrared) spectroscopy. We can determine more than one bond structure by interpreting the spectra obtained. Nevertheless, the absorption peaks overlapping with the condensed phase spectrum of PM are very difficult to identify as they cause scattering into a very wide and mid-infrared spectrum. However, bond structures are determined using standards created for the estimation of inorganic substances or organic functional groups. Per the EDS results of PM, the bond structures of the existing elements in the structure were determined. According to the peak values shown in Figure 4; the peaks in the 3691, 1795 cm<sup>-1</sup> band range show O-H stresses in the structure. This indicates the presence of the H<sub>2</sub>O molecule. The peaks of O-C stresses in the range of 1415, 1620, 1795, 2156, 2509, 2854, 2935, 3309, and 3691 cm<sup>-1</sup> indicate the presence of CO<sub>2</sub> molecules in the structure. The peaks between 2156, 1620 cm<sup>-1</sup> indicate the presence of CO molecules. The peaks of H-C stresses in the range of 436, 521, 708, 798, 872, 1012, 1415, 1620, 1795, 2156 cm<sup>-1</sup> indicate the presence of HC molecules. The temperatures rise to 400 °C during braking. It was confirmed by XRD models that hydrocarbon (HC) emissions occur at these temperatures. The peaks of S-O stresses between 1415 and 1012 cm<sup>-1</sup> indicate the presence of SO<sub>2</sub> molecule in the structure. The peaks of N-O stresses in the range of 1012, 872, 798, and 708 cm<sup>-1</sup> show that NO<sub>x</sub> free and mixed bonded molecules exist in the structure. It shows that oxide bonds in different structures between 1012 and 436 cm<sup>-1</sup> bands may exist due to the stretching of oxide bonds. Because oxides often exhibit peaks below 1000 cm<sup>-1</sup>, which may be caused by inter-atomic vibrations (Boroń et al., 2019).

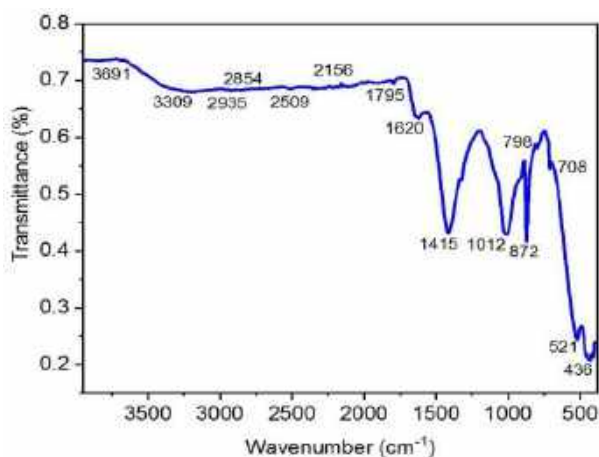


Fig 4. FTIR spectrum of brake wear particles

Brake wear particles have a rich chemical composition. During braking, a certain amount of this rich structure form wears by abrasion, burning, or evaporation. Brake wears contain very different structures by nature. Therefore; 1415, 1620, 1795, 2156, 2509, 2854, 2935, 3309 and 3691  $\text{cm}^{-1}$  peak points obtained from FTIR analysis were caused by stretching the bonds of Al-O, Br-O, Ca-O, Cl-O, C-O, CO, CH<sub>4</sub>, C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, H-C, C-C, C-F, C-Br, Co-O, Cr-O, Cu-O, N-H, C-N, Fe-O, Fe<sub>2</sub>O<sub>4</sub>, F<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, K-O, F-O, Mg-O, Mn-O, Mo-O, N-O, Nb-O, Ni-O, P-O, S-O, Sc-O, Si-O, Ti-O, V-O, Zn-O, Zr-O functional groups. When FTIR measurements were evaluated, it was concluded that there are molecular bond structures equivalent to elemental structures determined by EDS analysis. In addition, the existence of bond structures compatible with crystal structures detected by XRD analysis was agreed on.

The elements and crystal structures in the chemical structure of PM analyzed in the study spread over a wide range. How and from which source these combinations are incorporated into the structure is beyond the scope of this study.

#### 4. Conclusions and Recommendations

Important points of this study on microstructure and chemical characterization of total non-exhaust PM emissions can be emphasized as follows: Brake wear particles constitute a significant part of non-exhaust emissions. The elemental composition of the analyzed OEM disc/pad pair significantly determined the emission substances they emit. Metals and heavy metals in the composition are released into the environment as emissions, which can have significant toxic effects. It was determined by SEM analysis that ultrafine primary brake wear grains formed larger grains by agglomerating through reactions such as condensation/evaporation. In addition, brake wear primary particles were generally detected in less than 1  $\mu\text{m}$  and greater than 10 nm ultra-fine grain sizes. The most important chemical components of the brake wear were determined as C, O, Fe, and Cu by EDS analysis. High levels of Fe, C, and O were attributed to the significant spread of oxidized crystals and pollutant structures such as Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> to the environment. Oxide, sulfate, phosphate, and different mineral structures produced by brake wear were determined by XRD analysis. Also, it was determined by FTIR analysis that important emission substances such as HC, NO, CO, SO and organic compounds spread to the environment through brake wear. Most fractions of brake wear contain respirable particles. Therefore, some components of brake wear particles in the air have been considered as potential hazards to environmental safety and human health. In the future, studies can be conducted on the negative effects of brake wear particle chemical components on environmental safety and human health.

#### References

- Amato, F. (Ed.). (2018). *Non-exhaust emissions: an urban air quality problem for public health; impact and mitigation measures*. Academic Press.
- Khodakarami, J., & Ghobadi, P. (2016). Urban pollution and solar radiation impacts. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 965-976.
- Pope Iii, C. A., Burnett, R. T., Thun, M. J., Calle, E. E., Krewski, D., Ito, K., & Thurston, G. D. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Jama*, 287(9), 1132-1141.
- Oberdörster, G., Maynard, A., Donaldson, K., Castranova, V., Fitzpatrick, J., Ausman, K., ... & Olin, S. (2005). Principles for characterizing the potential human health effects from exposure to nanomaterials: elements of a screening strategy. *Particle and fiber toxicology*, 2(1), 8.
- Radhakrishnan, S., Devarajan, Y., Mahalingam, A., & Nagappan, B. (2017). Emissions analysis on a diesel engine fueled with palm oil biodiesel and pentanol blends. *Journal of Oil Palm Research*, 29(3), 380-386.
- de Miranda, R. M., de Fatima Andrade, M., Fornaro, A., Astolfo, R., de Andre, P. A., & Saldiva, P. (2012). Urban air pollution: a representative survey of PM 2.5 mass concentrations in six Brazilian cities. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 5(1), 63-77.



7. Denier van der Gon, H. A., Gerlofs-Nijland, M. E., Gehrig, R., Gustafsson, M., Janssen, N., Harrison, R. M., ... & Krijgsheld, K. (2013). The policy relevance of wear emissions from road transport, now and in the future—an international workshop report and consensus statement. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 63(2), 136-149.
8. zum Hagen, F. H. F., Mathissen, M., Grabiec, T., Hennicke, T., Rettig, M., Grochowicz, J., ... & Benter, T. (2019). On-road vehicle measurements of brake wear particle emissions. *Atmospheric Environment*, 217, 116943.
9. Lewis, A., Moller, S. J., & Carslaw, D. (2019). Non-Exhaust Emissions from Road Traffic.
10. Thorpe, A., & Harrison, R. M. (2008). Sources and properties of non-exhaust particulate matter from road traffic: a review. *Science of the total environment*, 400(1-3), 270-282.
11. Harrison, R. M., Jones, A. M., Gietl, J., Yin, J., & Green, D. C. (2012). Estimation of the contributions of brake dust, tire wear, and resuspension to nonexhaust traffic particles derived from atmospheric measurements. *Environmental science & technology*, 46(12), 6523-6529.
12. Perricone, G., Alemani, M., Metinöz, I., Matějka, V., Wahlström, J., & Olofsson, U. (2017). Towards the ranking of airborne particle emissions from car brakes—a system approach. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 231(6), 781-797.
13. Yamabe, J., Takagi, M., Matsui, T., Kimura, T., & Sasaki, M. (2003). Development of disc brake rotors for heavy-and medium-duty trucks with high thermal fatigue strength. *SAE transactions*, 124-131.
14. Güney, B., & Mutlu, I. (2019). TRIBOLOGICAL PROPERTIES OF BRAKE DISCS COATED WITH Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>–40% TiO<sub>2</sub> BY PLASMA SPRAYING. *Surface Review and Letters*, 26(10), 1950075.
15. Güney, B., Mutlu, I., & Gayretli, A. (2016). Investigation of braking performance of NiCrBSi coated brake discs by flame spraying. *Journal of the Balkan Tribological Association*, 22(1 A), 887-903.
16. Güney, B., & Mutlu, İ. (2017). Dry friction behavior of NiCrBSi-% 35W2C coated brake disks. *Materials Testing*, 59(5), 497-505.
17. Mutlu, İ., Güney, B., & Erkurt, İ. Investigation of the effect of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-2% TiO<sub>2</sub> coating on braking performance. *International Journal of Automotive Engineering and Technologies*, 9(1), 29-41.
18. Öz, A., Gürbüz, H., Yakut, A. K., & Sağıroğlu, S. (2017). Braking performance and noise in excessively worn brake discs coated with HVOF thermal spray process. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 31(2), 535-543.
19. Öz, A., Samur, R., Mindivan, H., Demir, A., Sagioglu, S., & Yakut, A. K. (2013). Effect of heat treatment on the wear and corrosion behaviors of a gray cast iron coated with a COLMONOY 88 alloy deposited by high velocity oxygen fuel (HVOF) thermal spray. *Metalurgija*, 52(3), 368-370.
20. Filip, P., Kovarik, L., & Wright, M. A. (1997). *Automotive brake lining characterization* (No. 973024). SAE Technical Paper.
21. Österle, W., Prietzel, C., Kloß, H., & Dmitriev, A. I. (2010). On the role of copper in brake friction materials. *Tribology International*, 43(12), 2317-2326.
22. Chan, D. S. E. A., & Stachowiak, G. W. (2004). Review of automotive brake friction materials. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 218(9), 953-966.
23. Mutlu, I., Eldogan, O., & Findik, F. (2005). Production of ceramic additive automotive brake lining and investigation of its braking characterisation. *Industrial Lubrication and Tribology*.
24. Kukutschová, J., Moravec, P., Tomášek, V., Matějka, V., Smolík, J., Schwarz, J., ... & Filip, P. (2011). On airborne nano/micro-sized wear particles released from low-metallic automotive brakes. *Environmental Pollution*, 159(4), 998-1006.
25. Plachá, D., Vaculík, M., Mikeska, M., Dutko, O., Peikertová, P., Kukutschová, J., ... & Filip, P. (2017). Release of volatile organic compounds by oxidative wear of automotive friction materials. *Wear*, 376, 705-716.
26. Liew, K. W., & Nirmal, U. (2013). Frictional performance evaluation of newly designed brake pad materials. *Materials & Design*, 48, 25-33.
27. Gehrig, R., Hill, M., Buchmann, B., Imhof, D., Weingartner, E., & Baltensperger, U. (2004). Separate determination of PM<sub>10</sub> emission factors of road traffic for tailpipe emissions and emissions from abrasion and resuspension processes. *International Journal of Environment and Pollution*, 22(3), 312-325.
28. Pant, P., & Harrison, R. M. (2013). Estimation of the contribution of road traffic emissions to particulate matter concentrations from field measurements: a review. *Atmospheric environment*, 77, 78-97.
29. Kukutschová, J., Roubíček, V., Malachová, K., Pavlíčková, Z., Holuša, R., Kubačková, J., ... & Filip, P. (2009). Wear mechanism in automotive brake materials, wear debris and its potential environmental impact. *Wear*, 267(5-8), 807-817.
30. zum Hagen, F. H. F., Mathissen, M., Grabiec, T., Hennicke, T., Rettig, M., Grochowicz, J., ... & Benter, T. (2019). Study of brake wear particle emissions: impact of braking and cruising conditions. *Environmental science & technology*, 53(9), 5143-5150.
31. Wahid, S. M. (2018). Automotive brake wear: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(1), 174-180.
32. Filip, P., Weiss, Z., & Rafaja, D. (2002). On friction layer formation in polymer matrix composite materials for brake applications. *Wear*, 252(3-4), 189-198.
33. Peter, F. (2013). Friction brakes for automotive and aircraft. In *Encyclopedia of tribology* (pp. 1296-1304). Springer US.
34. Joo, B. S., Jara, D. C., Seo, H. J., & Jang, H. (2020). Influences of the average molecular weight of phenolic resin and potassium titanate morphology on particulate emissions from brake. *Wear*, 203243.
35. Lyu, Y., Leonardi, M., Wahlström, J., Gialanella, S., & Olofsson, U. (2020). Friction, wear and airborne particle emission from Cu-free brake materials. *Tribology International*, 141, 105959.
36. Nosko, O., Alemani, M., & Olofsson, U. (2017). Characterisation of airborne particles emitted from car brake materials. In *Proc. 6th World Tribology Congress, September* (pp. 17-22).
37. Mathissen, M., Grigoratos, T., Lahde, T., & Vogt, R. (2019). Brake wear particle emissions of a passenger car measured on a chassis dynamometer. *Atmosphere*, 10(9), 556.



38. Perricone, G., Alemani, M., Wahlström, J., & Olofsson, U. (2020). A proposed driving cycle for brake emissions investigation for test stand. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 234(1), 122-135.
39. Sanders, P. G., Xu, N., Dalka, T. M., & Maricq, M. M. (2003). Airborne brake wear debris: size distributions, composition, and a comparison of dynamometer and vehicle tests. *Environmental science & technology*, 37(18), 4060-4069.
40. Güney, B., & Mutlu, I. (2019). Wear and corrosion resistance of Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-40% TiO<sub>2</sub> coating on gray cast-iron by plasma spray technique. *Materials Research Express*, 6(9), 096577.
41. Garg, B. D., Cadle, S. H., Mulawa, P. A., Groblicki, P. J., Laroo, C., & Parr, G. A. (2000). Brake wear particulate matter emissions. *Environmental Science & Technology*, 34(21), 4463-4469.
42. Geiser, M., & Kreyling, W. G. (2010). Deposition and biokinetics of inhaled nanoparticles. *Particle and fibre toxicology*, 7(1), 2.
43. Hulskotte, J. H. J., Roskam, G. D., & Van Der Gon, H. D. (2014). Elemental composition of current automotive braking materials and derived air emission factors. *Atmospheric environment*, 99, 436-445.
44. Afiqah, O., Fauziana, I., Rasid, O., & Wong, S. V. (2015). Elemental composition study of commercial brake pads for a passenger vehicle: A case study. *Recent Advances in Mechanics and Mechanical Engineering*.
45. Kennedy, P., & Gadd, J. (2003). Preliminary examination of trace elements in tyres, brake pads, and road bitumen in New Zealand. *Prepared for Ministry of Transport, New Zealand, Infrastructure Auckland*.
46. Verma, P. C., Menapace, L., Bonfanti, A., Ciudin, R., Gialanella, S., & Straffelini, G. (2015). Braking pad-disc system: wear mechanisms and formation of wear fragments. *Wear*, 322, 251-258.
47. Straffelini, G., Pellizzari, M., & Maines, L. (2011). Effect of sliding speed and contact pressure on the oxidative wear of austempered ductile iron. *Wear*, 270(9-10), 714-719.
48. Straffelini, G., & Molinari, A. (2011). Mild sliding wear of Fe-0.2% C, Ti-6% Al-4% V and Al-7072: a comparative study. *Tribology letters*, 41(1), 227-238.
49. Aku, S. Y., Yawas, D. S., Madakson, P. B., & Amaren, S. G. (2012). Characterization of periwinkle shell as asbestos-free brake pad materials. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 13(2), 57-63.
50. Boroń, P., Rutkowska, M., Gil, B., Marszałek, B., Chmielarz, L., & Dzwigaj, S. (2019). Experimental Evidence of the Mechanism of Selective Catalytic Reduction of NO with NH<sub>3</sub> over Fe-Containing BEA Zeolites. *ChemSusChem*, 12(3), 692-705.



# Comparison of SSD and Faster R-CNN Algorithms to Detect the Airports with Data Set Which Obtained From Unmanned Aerial Vehicles and Satellite Images

Muhammed Taha Zeren<sup>1</sup>, Sabahattin Kerem Aytulun<sup>2</sup>, Yasin Kirelli<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup> Turkish Aerospace Industries (TAI - TUSAŞ), Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5615-0751)

<sup>2</sup> Beykent University, Industrial Engineering Department, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-4688-0408)

<sup>3</sup> Sakarya University, Industrial Engineering Department, Sakarya, Turkey (ORCID: 0000-0002-3605-8621)

(First received 6 May 2020 and in final form 10 July 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.742789)

**ATIF/REFERENCE:** Zeren, M. T., Aytulun, S. K. & Kirelli, Y. (2020). Comparison of SSD and Faster R-CNN Algorithms to Detect the Airports with Data Set Which Obtained From Unmanned Aerial Vehicles and Satellite Images. *European Journal of Science and Technology*, (19), 643-658.

## Abstract

Today, image processing has been used in many different sectors, especially in health, production and military fields, for various purposes directly in human life. The development of deep learning algorithms and starting to use of computer vision has accelerated the studies such as critical target, important location and strategic region determination especially in the military field. In this study, the airport has been determined on the landing runways. Training, test and evaluation data sets were created by using both medium and high-altitude unmanned air vehicles and satellite images. SSD-Single Shot Multibox algorithm and Faster R-CNN algorithm were used by re-training during the determination process. The results of both algorithms were evaluated within the extend of evaluation criteria such as accuracy, sensitivity, specificity, false positive rate, false negative rate, positive pred value, *F score*, error rate, result and training time. The image detection accuracy with SSD algorithm was 76,61%, with Faster R-CNN algorithm the image detection accuracy was 99.52% according to valuation dataset. With this study, which of the two architectures has been revealed to be successful in determining critical areas in unmanned aerial vehicles and satellite images.

**Keywords:** Machine Learning, Deep Learning, Computer Visioning, Artificial Neural Networks, SSD - Single Shot Multibox Detector, Faster-R-CNN, Unmanned Aerial Vehicles (UAV), Satellite Systems.

## İnsansız Hava Araçları ve Uydu Görüntülerinden Elde Edilen Veri Seti ile Havaalanlarının Tespitinin Yapılmasında SSD ve Faster R-CNN Algoritmalarının Karşılaştırılması

### Öz

Günümüzde görüntü işleme çalışmalarında birçok farklı sektörde, özellikle sağlık, üretim ve askeri alanlarda, doğrudan insan yaşantısında çeşitli amaçlarla kullanılmaya başlanmıştır. Derin öğrenme algoritmalarının gelişmesi ve bilgisayarlı görüde kullanılmaya başlanması özellikle askeri alandaki kritik hedef, önemli konum ve stratejik bölge tespiti gibi çalışmalara hız kazandırmıştır. Bu çalışmada Airport olarak adlandırılan havaalanlarının, uçak iniş pistleri üzerinden tespiti gerçekleştirilmiştir. Hem orta ve yüksek irtifalı insansız hava araçlarından hem de uydu görüntüleri kullanılarak eğitim, test ve değerlendirme veri setleri oluşturulmuştur. Tespit yapılması sürecinde SSD-Single Shot Multibox algoritması ve Faster R-CNN algoritması yeniden eğitilerek kullanılmıştır. Her iki algoritmanın sonuçları doğruluk oranı, duyarlılık, özgüllük, yanlış pozitif oranı, yanlış negatif oranı, doğru tahmin oranı, *F puanı*, hata

\* Corresponding Author: Sakarya University, Industrial Engineering Department, Sakarya, Turkey, ORCID: 0000-0002-3605-8621, [yasin.kirelli@ogr.sakarya.edu.tr](mailto:yasin.kirelli@ogr.sakarya.edu.tr)

oranı, sonuç ve eğitim süresi gibi değerlendirme kriterleri kapsamında değerlendirilmiştir. Değerlendirme veri seti üzerinde; SSD mimarisi ile %76,61 doğruluk oranıyla, Faster R-CNN mimarisinde ise %99,52 doğruluk oranı ile görüntü tespit sonucu elde edilmiştir. Söz konusu çalışma ile iki mimariden hangisinin insansız hava araçları ve uydu görüntülerinde kritik bölge tespitinde ne derece başarılı olduğu ortaya çıkarılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, Bilgisayarlı Görü, Yapay Sinir Ağları, SSD - Single Shot Multibox Detector, Faster-R-CNN, İnsansız Hava Araçları (IHA), Uydu Sistemleri.

## 1. Introduction

Today, it has started to be used for various purposes in many different sectors in image processing. The most distinctive examples of this include: facial recognition systems in the workplace, motion detection systems for security cameras, license plate identification systems, banknote recognition systems in bank ATMs, product detection systems in manufacturing processes, and military security systems.

Thanks to the latest developments in unmanned aerial vehicles and satellite systems, it is possible to take live images. Although there are specialists who constantly review these images, it is important for the continuity of correct detection to carry out an automatic system that prevent errors. Improvements in image detection plays a significant role in the subject selection.

Deep learning methods was not able to exceed 40% of the predicted percentages in the object detection studies conducted in the PASCAL VOC data set by 2013 (Girshick, Donahue, Darrell & Malik, 2014) [1]. This percentage has increased over the years with the use of deep neural networks in this area, reaching and exceeding the 80% level (Girshick, 2015) [2]. Being a specific part of machine learning, deep learning tries to reveal the unknown in the input distribution for successful results in this sense.

Recently, achievements have been incredible in the recognition of objects and in determining actions with the deep neural network architecture. Owing to these architectures' ability to extract and represent strong and distinctive features, it has become possible to create a deep feature detection, mapping and network structure setup on a particular object (Kamran, Shahzad & Shafait, 2018) [3]. The three main architectures that stand out in this sense are R-CNN (Regional Convolution Neural Network), Fast R-CNN and Faster R-CNN.

R-CNN has a convolutional neural network architecture working with zone extraction. This is basically determined by the region proposal that the object is likely to be the object. It is ensured that the dimensions are synchronized before the convolutional neural network architecture process. Images with synchronized dimensions are passed through the convolutional neural network. Obtained results' image border is determined by Support Vector Machine and estimation process is also verified. (Xiaozhu, 2017) [4] (Hsu, Chang and Lin, 2016)[5]. Although it produces successful results, the biggest drawback of R-CNN architecture is that the time allocated to the training and testing stages is quite long. A different version of this method is optimized for Fast R-CNN architecture.

Instead of making a region proposal for the object whose basic difference will be determined according to R-CNN, fast R-CNN architecture sends the image directly to the convolutional neural network. Thus, a high resolution feature map which is compatible with the original image is created. Region maps are created by selective search method on this map. Thus, region detection is determined by the feature map, not the original image.

Another method defined as Faster-CNN, one of the deep learning techniques, constructs a region network proposal instead of creating a region proposal with selective research like Fast-CNN. This method which is also called Region Proposal Network (RPN), performs the same operations as Fast-CNN after the network proposal setup. To sum up, this method works with four different network architectures that need to be trained such as RPN classifier, RPN limiter, final scores and final limits (Hsu, Chang & Lin, 2016) [5].

SSD (Single Shot Multibox Detector), which is one of the deep learning techniques, provides object recognition at once with a different approach. While the region proposal and region classification are done in 2 stages in Faster R-CNN, in SSD technique, they do both in one convolutional neural network at once.

In this study, it is aimed to identify and mark the airports defined as critical regions from satellite images and unmanned aerial images. While performing this determination process, both SSD (Single Shot Multibox) algorithm and Faster R-CNN algorithm were used to compare the performances of artificial neural network architectures and the results were evaluated.

## 2. Material and Method

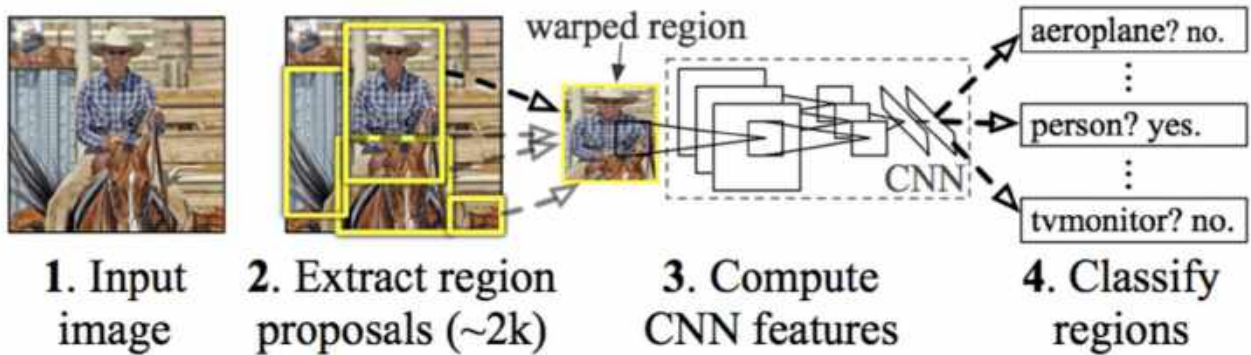
### 2.1. R-CNN, Fast R-CNN, Faster R-CNN, SSD Algorithms

After 2006, Artificial Neural Networks was started to use on object detection and computer visioning. Predictions' accuracy rate has reached %80 after 2013. By the end of 2016, accuracy rate of predictions on object detection has reach over then %90 percent after using new developed Deep Learning Algorithms such as R-CNN and SDD (Girshick, 2015) [2]. The most popular algorithms on object detection and those algorithms' systematics has mentioned as follows.

#### 2.1.1. Region Based Convolutional Neural Networks (R-CNN)

Preliminary studies on Region Based Convolutional Neural Networks (R-CNN) are made by Girshick, Donahue, Darrell, Malik, Berkeley in 2014

Region proposals called region of interest used on Region Based Convolutional Neural Networks (R-CNN). R-CNN algorithm's systematic do not classify a huge number of regions. R-CNN uses selective search and propose approximately 2000 regions that can contain objects. Proposed regions which have different dimensions, wrap into specific dimensions before fed into CNN. Every single region processed on convolutional neural network then classify by Support Vektor Mission (SVM) and linear regression uses for defining object borders and tightening the borders around the images via coordinates (Girshick, Donahue, Darrell & Malik, 2014) [1]. This process takes huge amount of time for training and classifications.

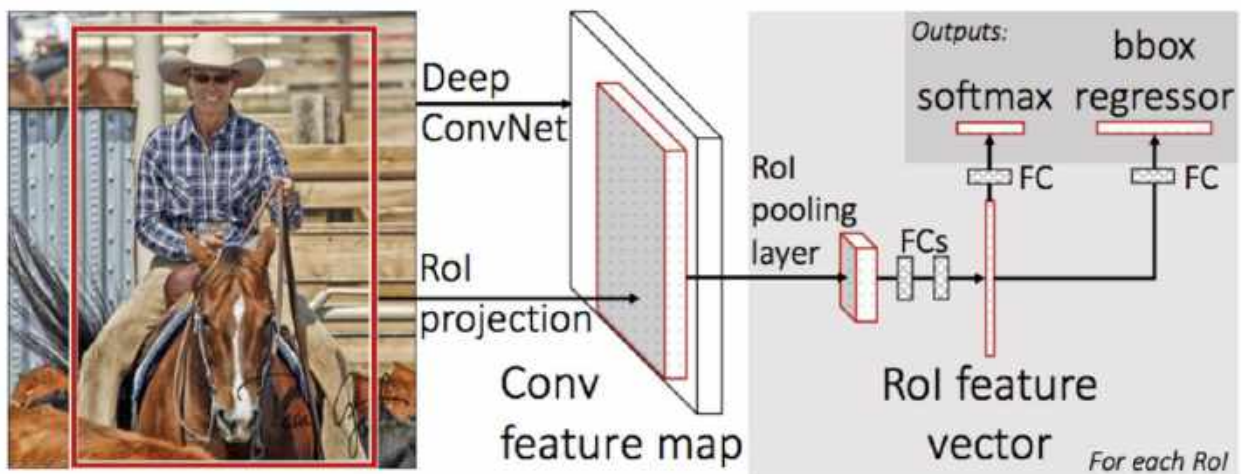


Şekil 1. R-CNN Methodology (Girshick, Donahue, Darrell & Malik, 2014) [1]

### 2.1.2. Fast R-CNN

Fast R-CNN has similar approach like R-CNN, however Fast R-CNN combined different techniques to fast up the object detection process. Instead of making region proposals, entire image puts into the CNN on Fast R-CNN Algorithm. As a result, high resolved convolutional feature map obtained. Approximately 2000 region of interest defined on convolutional feature map via selective search. After that proposed regions wrap on fixed size via rool pooling layer then connected to fully connected layer. Softmax uses for classification and linear regression uses for bounding box for each region of interest. (Girshick, 2015) [2]

Fast R-CNN advantage is using convolutional feature map, however selective search is still make bottle neck for process. (Girshick, 2015) [2]

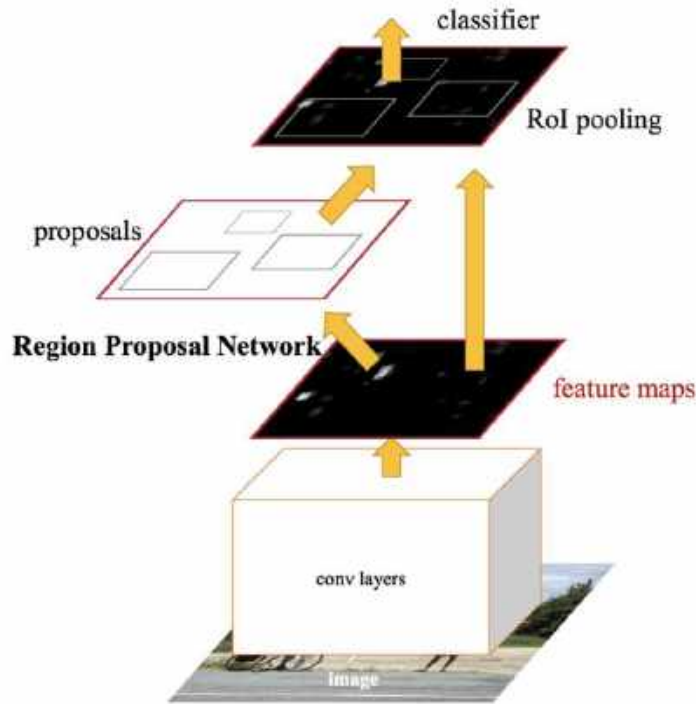


Şekil 2. Fast R-CNN Architecture (Girshick, 2015) [2]



2.1.3. Faster R-CNN

Faster R-CNN structure is developed by Shaoqing Ren in 2016. Faster R-CNN doesn't contain selective search in the object detection process and this is the main time advantage of this algorithm. Selective search is bottle neck for object detection process. Image puts into the convolutional layers on Faster R-CNN Algorithm to obtain high resolved convolutional feature map as the same as in Fast R-CNN. Instead of using selective search, region proposes made by region proposal network. Proposed regions reshaped via rool pooling layer. On the same layer, image classification and bounding box processes completed within the regions of interest. (Ren, He, Girshick, Sun, 2016) [6]

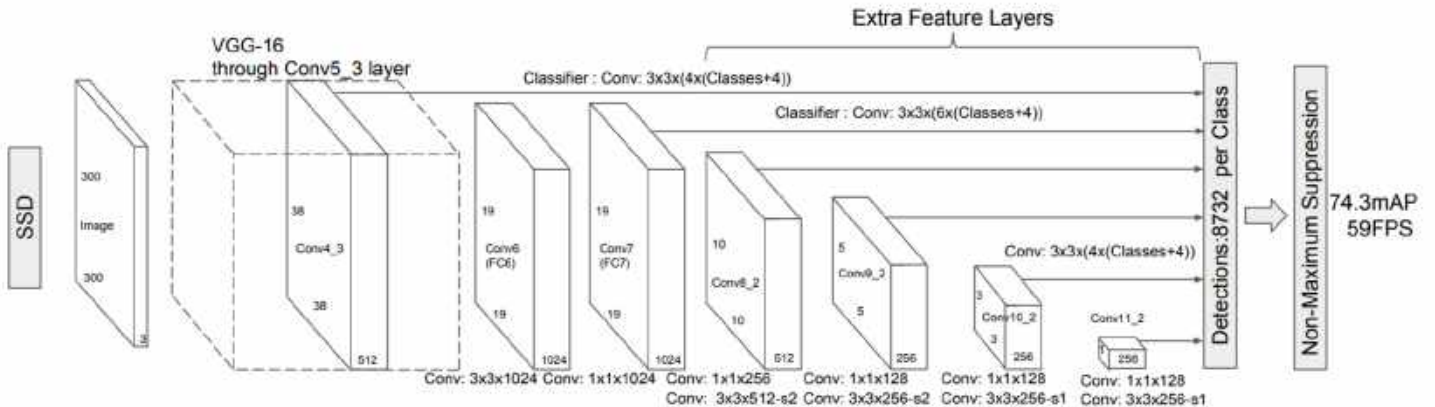


Şekil 3. Faster R-CNN Architecture (Ren, He, Girshick, Sun, 2016) [6]

2.1.4. Single Shot Multibox Detector

Liu, Anguelov, Erhan, Szegedy, Reed, Fu and Berg developed new deep learning methodology “Single Shot Multibox Detector” for real-time object detection. Faster R-CNN uses region proposal Network for classification and bounding box process. Single Shot Multibox Detector detect the object in one shot. Region proposal network eliminated in SSD.

Input image feed into convolutional neural network in Single Shot Multibox Detector as a first step. Feature maps are produced within different scale. Restrictive rectangles are produced by 3x3 convolutional filter on feature maps. Borders and classifications are defined each rectangles as the same time. This rectangles located on each activation maps, thus detection be able to make on differed scaled objects. Correct borders and predict borders are compered during the training process. Best predicted rectangles and prediction rate over then 0,5 rectangles are labeled positive. (Liu, Anguelov, Erhan, Szegedy, Reed, Fu, Berg, 2016) [7]



Şekil 4. Single Shot Multibox Detector Architecture (Liu, Anguelov, Erhan, Szegedy, Reed, Fu, Berg, 2016) [7]



## **2.2. Creating Training, Testing, Validation Data Sets**

It is important to prepare data sets before starting retraining in SSD- Single Shot Multibox MobileNet\_v2 (Github, 2019) [8] and Faster R-CNN Inception\_v2 (Github, 2019) [8] architectures to be compared in image processing. Since the main purpose of the study is the detection of airports from satellite and medium and high-altitude unmanned air vehicles over airport runways, the datasets were created from the images taken by satellite and UAV (Unmanned Aerial Vehicle).

In the first stage, 310 images, including one and more than one airport, were taken over Yandex Maps, Google Earth and the internet. The airport images in all of them are labelled using one or more additional interface programs.

While collecting the data, regions with different seasonal characteristics were selected from all over the world. Additionally, images were collected from many different terrain conditions such as forest area, sea and ocean edge, island surface, desert and city center especially to push the model. Especially the airports located near city centers and main roads were preferred to push the model because the highways are similar to the airports.

Again, the images with altitude up to 2 km- 14 km were preferred to push the model. In this way, the scale of the region to be determined was changed.

310 images, including colorful and colorless images, are divided into two as 80% education data set and 20% test set. Accordingly, 248 images were included in the training data set and 62 images were included in the test data set. The images in question were placed especially on images containing more than one airport. In both data sets, the airports are marked on the images and the coordinates have been converted to XML format for training. These clusters in the form of XML files have been converted into TFRecord files for training of the Tensorflow library, and important parameter changes have been made for training.

In addition to the training and test data sets, an evaluation data set that is completely independent and different from the training and test data sets has been created for an objective evaluation of the results and performances. The dataset in question was obtained from different terrain conditions, in areas belonging to different geographical climate types and from different altitudes. The evaluation data set includes 50 images containing one and more airport runways and 50 images without airport. Below are a few images of the airport used in the training data.



Figure 1. Sample Images Containing the Airport in the Training Set



Figure 2. Sample Images Containing Airport in the Test Set

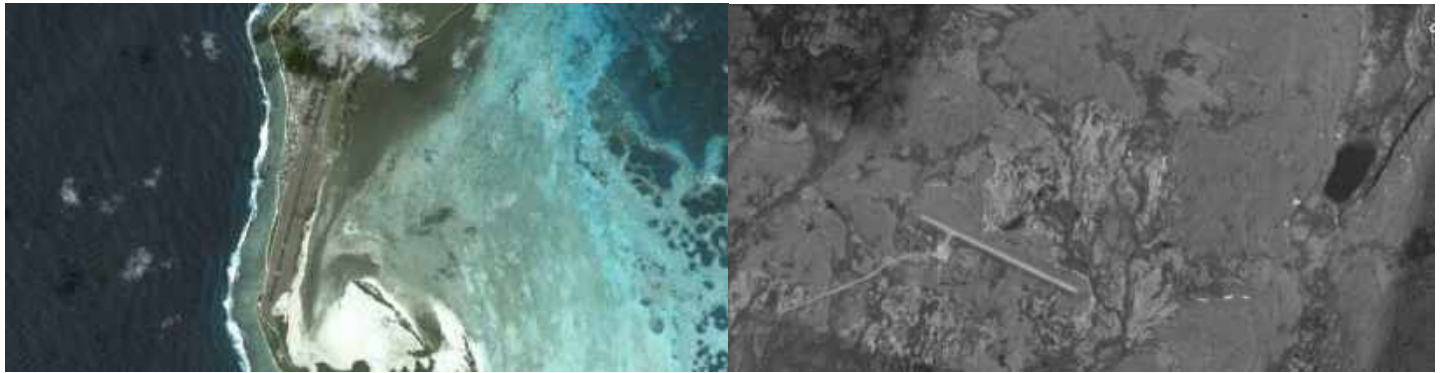


Figure 3. Sample Images Containing the Airport in the Evaluation Set



Figure 4. Airport-Free Sample Images in the Evaluation Set

### **2.3. Results and Performance Evaluation Criteria**

In order to evaluate the results and performance of retrained SSD- Single Shot Multibox and Faster R-CNN architectures, the criteria in the table below have been calculated according to the evaluation dataset measurements. In addition, both training and output given durations were calculated and compared for both algorithms. While performing these calculations, results were obtained from the same workstation with Intel Core i53230M 2.60 Ghz CPU in both architectures.

In general, the real and predictive values of the classes are compared with the confusion matrix for the performance evaluation of these algorithms. (Polat, Mehr and Cetin, 2017) [9]. Receiver Operating Characteristics (ROC) is one of the methods which is used to measure classification performance (Lasko, Bhagwat, Zou, and Ohno-Machado, 2005) [10].

To compare the performance of the related algorithms in the study, four possible performance results of the results produced with the evaluation data set are given in the table below.

Table 1. Confusion Matrix

Confusion Matrix		Reality	
		Positive	Negative
Prediction	Positive	TP True Positive	FP False Positive
	Negative	FN False Negative	TN True Negative

TP: Defined as the Correct Classification Process of a Positive Sample.

TN: Defined as the Correct Classification of a Negative Sample.

FP: Defined as the Misclassification Procedure of Negative Sample.

FN: Defined as a False Classification Procedure of a Positive Sample.

Accuracy: Calculated by the correction of each sample in the classification of class labels in the evaluation of the performance of algorithms (Polat, Mehr, & Cetin, 2017) [9].

True positive rate: shows how much of the true positive according to the classifier is labeled as positive class (Polat, Mehr, & Cetin, 2017) [9].

False positive rate: shows how much of the true positive ones are labeled as negative class according to the classifier (Polat, Mehr, & Cetin, 2017) [9].

True negative rate: shows how much negative class is labeled as true negative according to the classifier (Polat, Mehr & Cetin, 2017) [9].

False negative rate: shows how much of the real negative ones are labeled as positive class according to the classifier.

The sum of the true positive rate and the false negative rate is equal to 1. In addition, the sum of the true negative rate and the false positive rate is equal to 1.

Posiyive pred value: shows how much of the classes labeled as positive is actually positive.

ROC curve, which is another evaluation criterion, is the curve where the right and false positive rates for different threshold values are located on the horizontal and vertical axes (Metz, 2006) [11]. The test that gives the ROC curve closest to the upper left corner is known to be the most useful (Dirican, 2001) [12]. In the ROC curve which is on the diagonal curve and approaches the upper left corner, x is considered to be more successful as the classification performance success of the x and y classifiers. (Fawcett, 2006)[13].

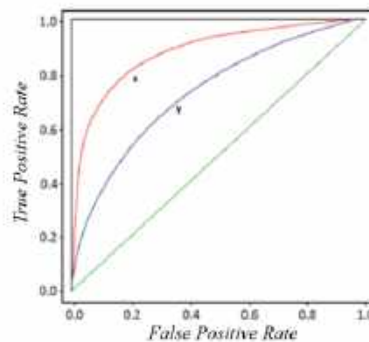


Figure 5. ROC Curve (Lane and Gantley, 2017)[14]



When the evaluation criteria are gathered, the following table emerged.

Table 2. Compiled Evaluation Criteria Table

Criteria	Abbreviations	Formulas
Accuracy Rate	ACC	$(TP+TN)/(N+P)$
Sensitivity - True Positive Rate	TPR	$TP/(TP+FN)$
Specifity - True Negative Rate	TNR	$TN/(TN+FP)$
False Positive Rate	FPR	$FP/(FP+TN)$
False Negative Rate	FNR	$FN/(FN+TP)$
Positive Pred Value - Precision	PPV	$TP/(TP+FP)$
F Score	F	$2*((PPV*TPR)/(PPV+TPR))$
Error Rate	ERR	$(FP+FN)/(N+P)$

Besides, the training times and the results of the models are also important. That's why analyzes were performed by calculating the mean, standard deviation, minimum and maximum values.

Loss Rate: Loss rate is the average of the losses in each training set group. Because a deep learning model learns over time, the loss of one step over the first time is generally higher than the last time. The loss rate reveals that the model has been acting strong or weak after each iteration of the training phase. It is aimed to decrease the rate of loss after repetitions (Chen, 2017) [15].

The Loss function basically calculates how the model's estimate differs from the ground truth. Therefore, if we haven't been able to create a model that predicts well, the difference between the ground truth and the predicted value will be high, so the loss value will be high, and if we have a good model, the loss value will be low. If it is exactly the same, the loss will be 0.

There are multiple types of linear loss functions that calculate the loss value. These loss functions normalize the scores which are produced by the artificial neural network and calculate the loss value. The most common of these are Sigmoid, Multiclass Support Vector Machine (SVM), Softmax etc.

### 3. Results and Discussion

The results of retraining the SSD- Single Shot Multibox and Faster R-CNN algorithms were evaluated with the evaluation dataset which was created completely independently from the training and test dataset, and the results were obtained.

Firstly, when the accuracy rates were compared, a very successful result was obtained with the Faster R-CNN algorithm with 99.52% detection. The result obtained with the SSD algorithm remained only 76.61%.

Comparing the training times for the two algorithms, the training with the Faster R-CNN algorithm took 165,62 hours with the Intel Core i53230M 2.60 Ghz Processor workstation, while the training took 763.88 hours with the SSD algorithm. In this case, the training of the SSD mobilenet\_v2 architecture took 4.6 times longer than the Faster R-CNN inception\_v2 architecture. Aforementioned process is expected to obtain faster results if a GPU or if a CPU with a higher processing speed is used instead of CPU.

The comparison of the results for both algorithms according to the evaluation criteria is as follows.

Table 3. Comparing the Results of SSD and Faster R-CCN Algorithms According to Evaluation Criteria

Criteria	Abbreviations	Formulas	Retrained SSD Mobilenet v2 - Results According to Validation Data Set	Retrained Faster R-CNN Inception_v2 Results According to Validation Data Set
Accuracy Rate	ACC	$(TP+TN)/(N+P)$	76,61%	99,52%
Sensitivity - True Positive Rate	TPR	$TP/(TP+FN)$	55,07%	99,04%
Specifity - True Negative Rate	TNR	$TN/(TN+FP)$	98,14%	100,00%
False Positive Rate	FPR	$FP/(FP+TN)$	1,86%	0,00%
False Negative Rate	FNR	$FN/(FN+TP)$	44,93%	0,96%
Positive Pred Value - Precision	PPV	$TP/(TP+FP)$	96,73%	100,00%
F Score	F	$2*((PPV*TPR)/(PPV+TPR))$	70,18%	99,52%
Error Rate	ERR	$(FP+FN)/(N+P)$	23,40%	0,48%

As can be seen, the detection of Faster R-CNN airports is very successful according to the SDD algorithm and the error rate is very low.

If the results of the Faster R-CNN and SSD algorithms or image detection times are compared, it is concluded that the SSD Mobilenet v2 architecture can detect images faster than 2.5 times compared to the Faster R-CNN Inception v2 architecture. The average times, standard deviations, minimum and maximum result times of the detection durations are summarized for comparison in the table below.

Table 4. Comparison of Detection Times of Faster R-CNN and SSD Algorithm

100 Validation Data Set Durations	Faster R-CNN Inception_v2	SSD Mobilenet_v2
Average Detection Duration	10,37 sec	4,06 sec
Standard Deviation of Detection Duration	1,18 sec	0,62 sec
Minimum Detection Duration	7,4 sec	2,8 sec
Maximum Detection Duration	14,2 sec	5,5 sec

In addition, 2 sample tests were carried out for the result production durations of two series by using the Minitab program. First of all, for the SSD algorithm and Faster R-CNN algorithm, normal distribution compatibility test was performed separately.

$H_0$ : Data are distributed normally.

$H_1$ : Date are not eligible for normal distributon.



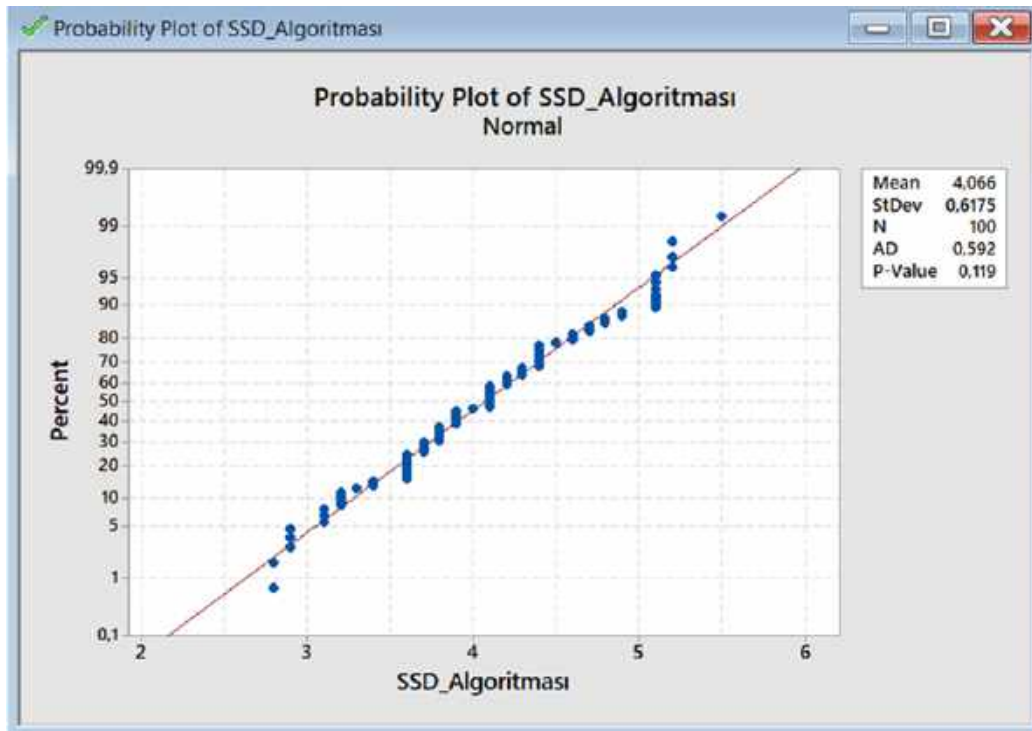


Figure 6. SSD Algorithm Anderson-Darling Test Results

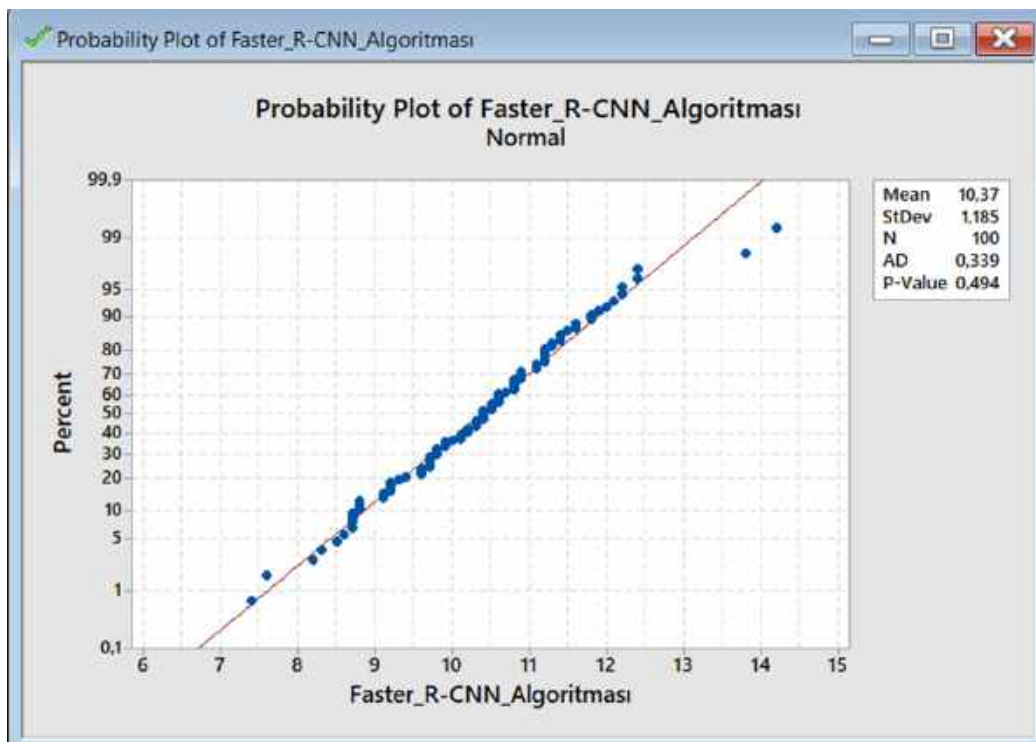


Figure 7. Faster R-CNN Algorithm Anderson-Darling Test Results

As a result of evaluating the result serial data of both algorithms with Anderson-Darling Test, both P values are considered  $H_0$  because they are greater than 0.05. Accordingly, both series are suitable for Normal Distribution.

As a result of compliance of both series with Normal Distribution, two sample tests were started with 95% significance level.

$H_0$ : There is no significant difference in terms of image detection times of both algorithms.

$H_1$ : There is a significant difference in terms of image detection times of both algorithms.

**Two-Sample T-Test and CI: SSD\_Algoritmas1; Faster\_R-CNN\_Algoritmas1**

Two-sample T for SSD\_Algoritmas1 vs Faster\_R-CNN\_Algoritmas1

	N	Mean	StDev	SE Mean
SSD_Algoritmas1	100	4,066	0,617	0,062
Faster_R-CNN_Algoritmas1	100	10,37	1,18	0,12

Difference =  $\mu$  (SSD\_Algoritmas1) -  $\mu$  (Faster\_R-CNN\_Algoritmas1)  
 Estimate for difference: -6,301  
 95% CI for difference: (-6,565; -6,037)  
 T-Test of difference = 0 (vs  $\neq$ ): T-Value = -47,16 P-Value = 0,000 DF = 149

Figure 8. SSD Algorithm and Faster R-CNN Algorithm Two Sample Test Results

H0 is rejected because the P value is less than 0.05. Accordingly, there is a significant difference in terms of image detection times for SSD Algorithm and Faster R-CNN Algorithms. "Estimate for difference" indicates the difference between the averages and this difference is specified as 6,301 seconds.

Retrained SSD Mobilenet V2 and Faster R-CNN inception\_v2 Algorithms results put in the ROC Curve. When results compared each other, it has been seen that the Faster R-CNN inception\_v2 architecture's classification performance is higher than SSD Mobilenet V2 architecture.

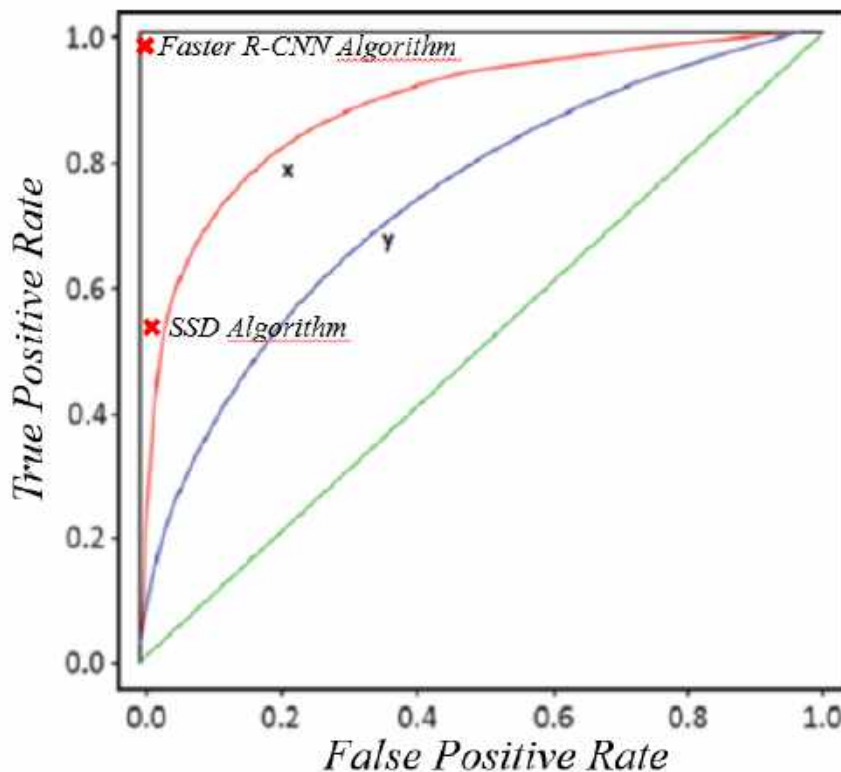


Figure 9. Comparison of Evaluation Results of SSD and Faster R-CNN Algorithms in ROC Curve

When the Total Loss graphs are compared, the loss rate of the SSD algorithm in 50,000 steps is approaching level 1 starting from 9, and in the Faster R-CNN algorithm converging from 0.15 to less than 0.1. This shows how strong and accurate the Faster R-CNN algorithm has been compared to the SSD algorithm. In addition, it indicates that the error rates have decreased very quickly. Total Loss gets under level 1 before the 1000 iterations on Faster R-CNN algorithm, however total Loss has just gotten under level 1 after the 50.000 iterations on SSD algorithm.

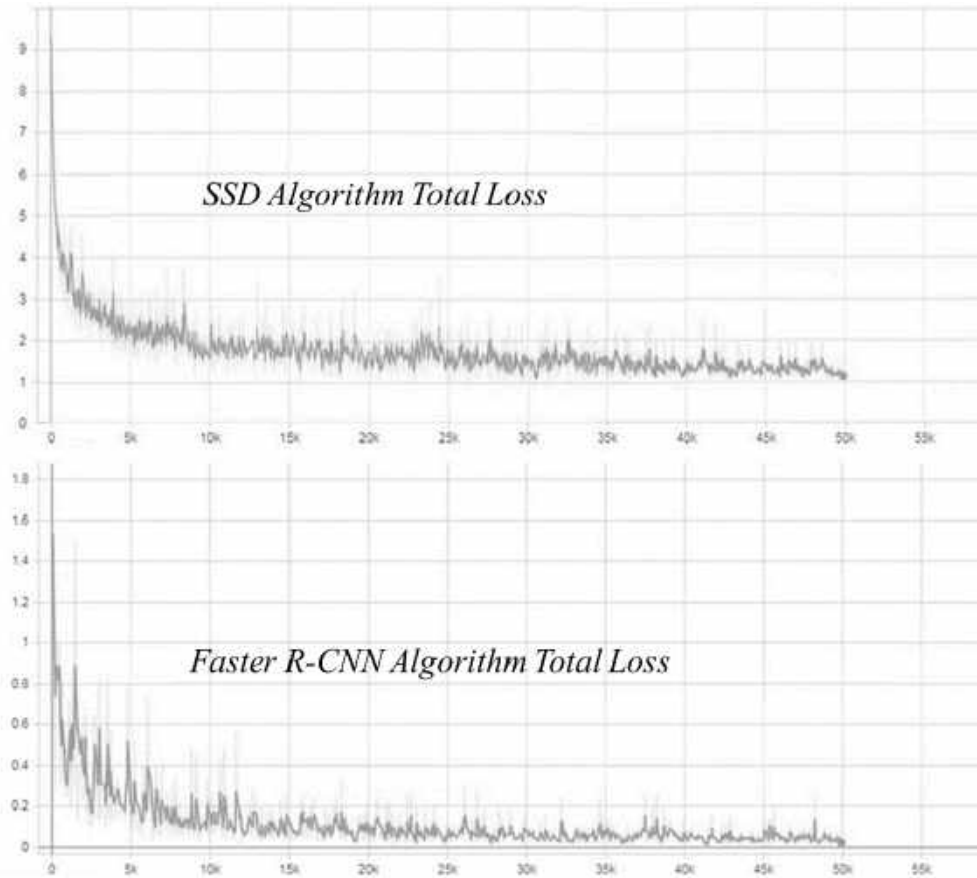


Figure 10. SSD and Faster R-CNN Algorithms Comparison of Loss Graphics

Examples of the detection results of airports carried out in the evaluation data set with SSD - Single Shot Multibox MobileNet\_v2 architecture are provided in the following figures.

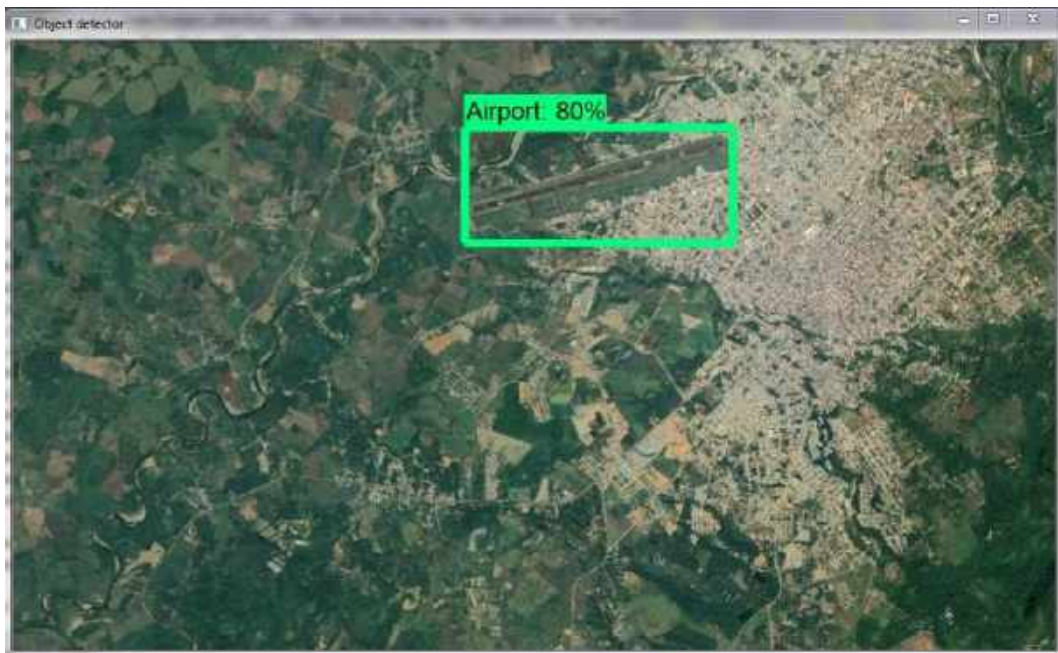


Figure 11. SDD Algorithm Image Analysis Result-1 Example





Figure 12. SDD Algorithm Image Analysis Result-3 Example

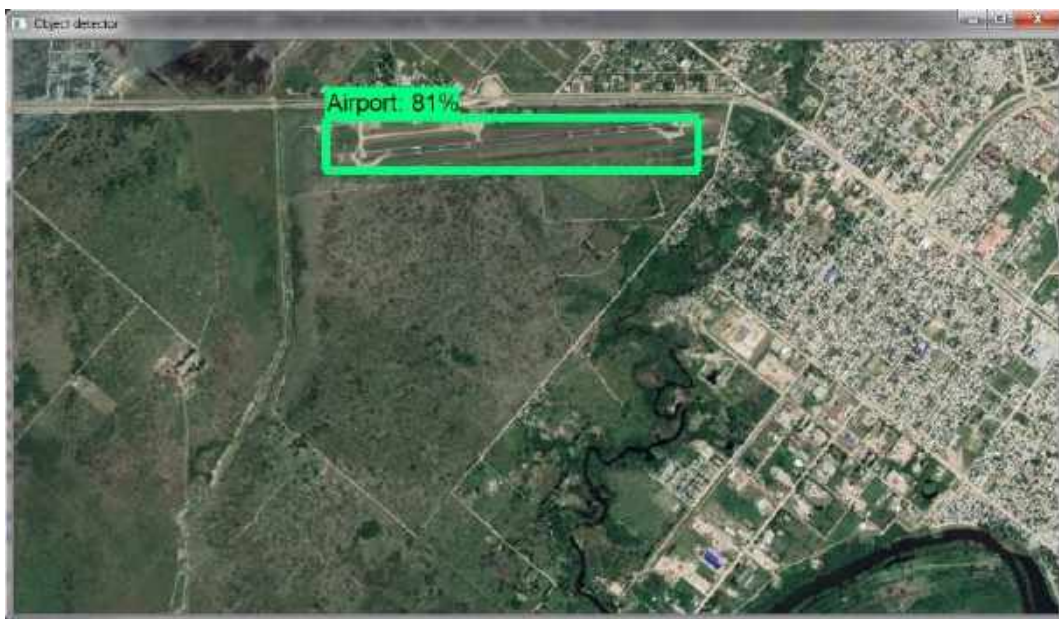


Figure 13. SDD Algorithm Image Analysis Result-4 Example



Figure 14. SDD Algorithm Airport Free Image Analysis Result Example

The detection result examples of the airports carried out in the evaluation dataset with the Faster R-CNN Inception\_v2 architecture are provided in the figures below.

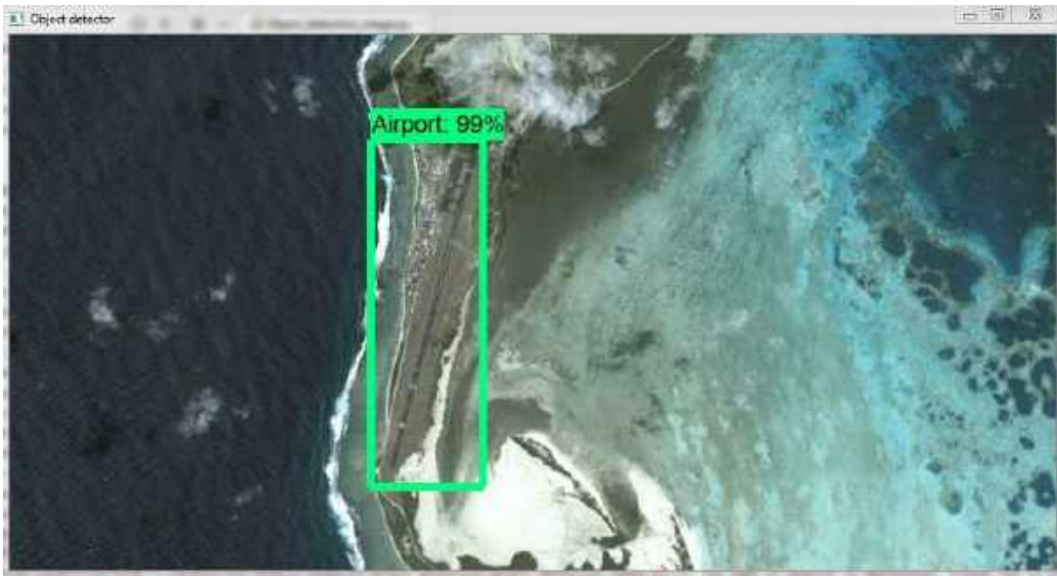


Figure 15. Faster R-CNN Algorithm Image Analysis Result-1 Example





Figure 16. Faster R-CNN Algorithm Image Analysis Result-2 Example

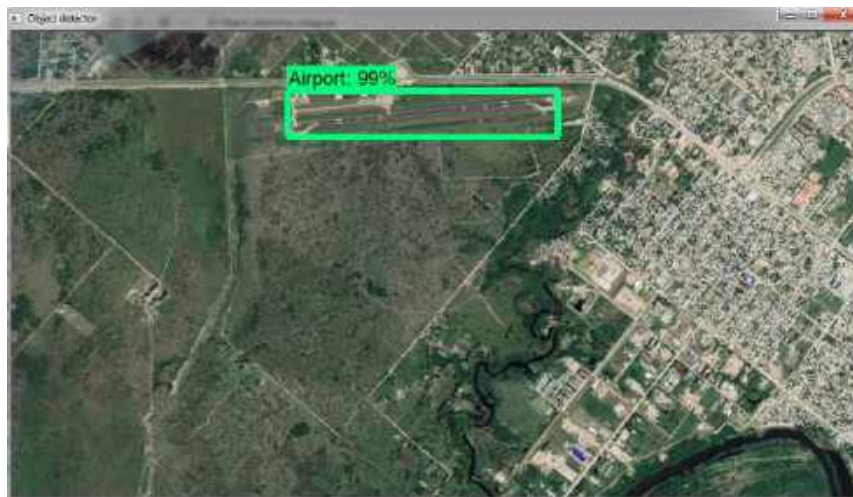


Figure 17. Faster R-CNN Algorithm Image Analysis Result-3 Example

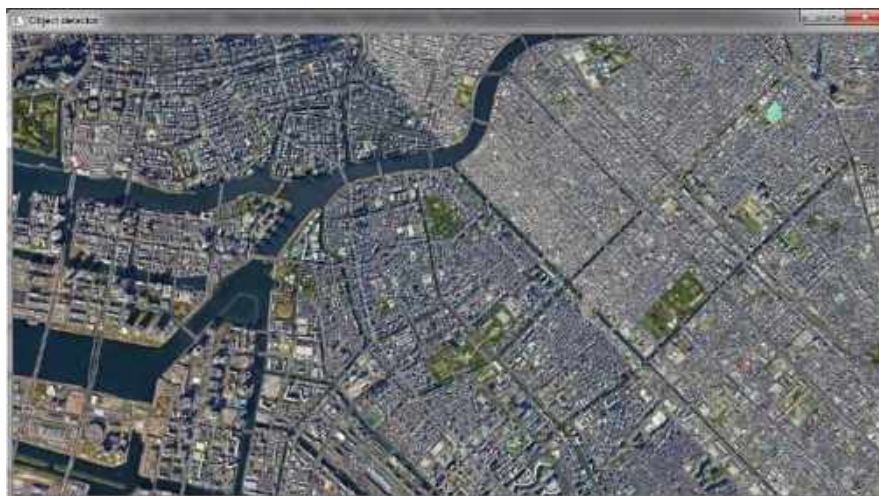


Figure 18. Faster R-CNN Algorithm Airport Free Image Analysis Result Example

### 3. Conclusions and Recommendations

With this study carried out in the field of image processing, it has been clearly proven that which algorithm will produce a more successful result in the detection of objects from unmanned air vehicles and satellite images, which one should be preferred for which purpose. With the study carried out, an assistant decision support system which produces 99.52% accurate results with the Faster R-CNN algorithm; and 76.61% with the SSD algorithm in the determination of airports has been developed for the operators that examine and analyze satellite or unmanned air images

With the successful detection of the image, it has turned out that the data set of multiple different objects that can be introduced for different images taken from the air and space are created and the model can be successfully detected after retraining. These systems, which can be developed as a result, will both support the operators and minimize the risk of overlooking or making mistakes.

In this study, which was carried out with Intel Core i53230M 2.60 Ghz Processor workstation, the production time of the results obtained with the evaluation data set with the SSD algorithm on average was 4.06 seconds and 76.61% successful detection was performed at the end of the 763.88 hour training. With the Faster R-CNN algorithm, 10.37 seconds and 99.52% successful detection was achieved after 165.62 hours of training. Past studies show training and test time cooperation between R-CNN (fast – faster) algorithms on VOC data set [16]. This study shows the cooperation between Faster R-CNN and SSD training and test time on specific data sets. If the study is carried out via a better-speed CPU or GPU, a significant reduction in both training time and object detection time is expected. With the shortening of the time, the image detection process can also be used in live vehicles in live images. As mentioned, 310 data set gathered from UAV and Satellite images, if the data set images quantity raised, model can be more adapted different situation and accuracy rate gets higher. Nowadays corporate companies started to collect many different data sets and produced search engines such as Google (Google,2019) [17].

In addition to using the created study in critical region detection, if new images are defined, it can be used in search and rescue activities and in the detection of debris-accident areas. Regardless of the image analysis by man, large areas and detected potential areas will be presented quickly to the those who are interested, without the need for any pause, rest or break.

### References

- [1] Girshick, R., Donahue, J., Darrell, Malik, T. J., Berkeley, U. C. «Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation.» 2014.
- [2] Girshick, R., «Fast R-CNN». Proceedings of the IEEE international conference on computer vision, 2015, ss 1440-1448.
- [3] Kamran, F., Shahzad, M., Shafait, F. «Automated Military Vehicle Detection From Low-Altitude Aerial Images.» 2018 Digit. Image Comput. Tech. Appl. 2018. ss 1–8.
- [4] Xiaozhu, X., «Object Detection of Armored Vehicles Based on Deep Learning in Battlefield Environment.» 2017. ss 1569–1571.
- [5] Hsu, C., Chang, C., Lin, C. «A Practical Guide to Support Vector Classification.» vol. 1, no. 1. 2016. ss 1–16.
- [6] Ren, S., He, K., Girshick, R. ve Sun, J., «Faster r-cnn: Towards real-time object detection with region proposal networks.», Advances in neural information processing systems, 2016, ss. 91-99.
- [7] Liu, W., Anguelov, D., Erhan, D., Szegedy, C., Reed, S., Fu, C.-Y. ve Berg, A. C., «Ssd: Single shot multibox detector, European conference on computer vision.», 2016, ss. 21-37.
- [8] Github, «Tensorflow detection model zoo.» , [https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object\\_detection/g3doc/detection\\_model\\_zoo.md](https://github.com/tensorflow/models/blob/master/research/object_detection/g3doc/detection_model_zoo.md), [Reach date: 18.11.2019].
- [9] Polat, H., Mehr, H. D., & Cetin, A. «Diagnosis of chronic kidney disease based on support vector machine by feature selection methods.» Journal of medical systems, 41(4), 2017, ss. 55.
- [10] Lasko, T. A., Bhagwat, J. G., Zou, K. H., & Ohno-Machado, L., «The use of receiver operating characteristic curves in biomedical informatics. Journal of biomedical informatics.» 38(5), 2005, ss.404-415.
- [11] Metz, C. E., «Receiver operating characteristic analysis: a tool for the quantitative evaluation of observer performance and imaging systems.» Journal of the American College of Radiology, 3(6), 2006, ss 413-422.
- [12] Dirican, A., «Tanı testi performanslarının değerlendirilmesi ve kıyaslanması.» Cerrahpaşa Tıp Dergisi, 32(1), 2001, ss. 25-30.
- [13] Fawcett, T., An introduction to ROC analysis. Pattern Recogn. Lett.27:861–874, 2006. doi:10.1016/j.patrec.2005.10.010.
- [14] Lane, J. E., & Gantley, M. J., «Utilizing Complex Systems Statistics for Historical and Archaeological Data». Journal of Cognitive Historiography, 3(1-2), 2017, ss 68-92.
- [15] Chen, K., «How to interpret “loss” and “accuracy” for a machine learning model.», Web Site: <https://stackoverflow.com/questions/34518656/how-to-interpret-loss-and-accuracy-for-a-machine-learning-model>, 2017, [Reach Date: 20.12.2019].
- [16] Li, F., Johnson, J., Yeung, S., «Lecture11: Detection & Segmentation », Stanford University, 2017, ss 80-82 [http://cs231n.stanford.edu/slides/2017/cs231n\\_2017\\_lecture11.pdf](http://cs231n.stanford.edu/slides/2017/cs231n_2017_lecture11.pdf) [Reach Date: 22.12.2019].
- [17] Google, <https://datasetsearch.research.google.com/> [Reach Date: 20.12.2019].



# Analysis of Behaviors and Attitudes of Bread Consumption in Turkey: Case of the Province of Adana

Şinasi Akdemir<sup>1\*</sup>, Fersin Keskin<sup>2</sup>, Hazer Ünal<sup>3</sup>, Yann Miassi<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Cukurova, 01330 Balcalı, Adana, Turkey (0000-0002-4088-8775)

<sup>2</sup> Ministry of Agriculture and Livestock, Ankara, Turkey (0000-0002-3499-8388)

<sup>3</sup> Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Cukurova, 01330 Balcalı, Adana, Turkey (0000-0002-0915-1679)

<sup>4</sup> Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Cukurova, 01330 Balcalı, Adana, Turkey (0000-0003-3835-670X)

(First received 7 May 2020 and in final form 10 July 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.733594)

**ATIF/REFERENCE:** Akdemir, Ş., Keskin, F., Ünal, H & Miassi, Y. (2020). Analysis of Behaviors and Attitudes of Bread Consumption in Turkey: Case of the Province of Adana. *European Journal of Science and Technology*, (19), 659-667.

## Abstract

The objective of this study was to analyze the behavior and attitudes of bread consumers in Turkey in the province of Adana. The surveys were carried out in a simple random fashion among 100 households in the city center of Adana province according to social class. Analysis of the data collected shows that the behavior and attitudes of bread consumers in the province of Adana have changed over time not only in terms of quantity, types of bread and places of purchase. This change in behavior and attitudes is influenced by socio-economic and demographic characteristics such as education, occupation, household size, social class and monthly income of consumers. The increase in the unit selling price of bread significantly influences consumer behavior and attitudes. In a context where bread represents a basic foodstuff for a large part of the population, it is therefore important to develop policies so that bread is accessible to all.

**Keywords:** Adana, bread consumption, consumer attitudes, consumer behavior, Turkey.

## Türkiye'deki Ekmek Tüketicilerinin Davranış ve Tutumları: Adana İli Örneği

### Öz

Bu çalışmanın amacı, Adana ilinde ekmek tüketicilerinin davranış ve tutumlarını incelemektir. Araştırmanın anketleri sosyal sınıflara göre basit rastgele bir şekilde seçilen Adana il merkezindeki 100 hanede 2020 yılında gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçları; Adana ilinde son yıllarda tüketicilerin ekmek tüketim miktarları, tükettikleri ekmek çeşitleri ile ekmek satın alma yerleri açısından önemli değişim gösterdiği, bu değişimde; tüketicilerin eğitim düzeyi, mesleği, hane halkı büyüklüğü ve aylık gelirinin etkili olduğu, tüketicilerin tam buğday ekmek çeşidine daha yüksek fiyat ödemeye istekli olduğu ortaya konmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Adana, ekmek tüketimi, tüketici davranışı, tüketici tutumları, Türkiye.

### 1. Introduction

Food consumption patterns vary from country to country or region to region. In general, the most recurrent models are the Western Food Consumption models and then the Japanese one. The Japanese consumption model is mainly based on consumption of

\* Corresponding Author: Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Cukurova, 01330 Balcalı, Adana, Turkey (0000-0002-4088-8775), [sinasi.akdemir@gmail.com](mailto:sinasi.akdemir@gmail.com)



fish and seafood (AAFC, 2014). Contrary to this model, the Western Food Consumption model is characterized by the predominance of cereals and roots, supplemented by proteins originating in particular from legumes (Delgado, 1999). Some countries adopt one or the other of these models, while others only partially adopt one of these models. In other words, these models are sometimes adopted with a few modifications.

Turkey is one of the countries that has opted for a traditional agricultural consumption model based on wheat consumption (Padilla, 2001; Marty et al, 2015). All from a much older era when wheat was taxed in certain countries including Turkey by the Romans (Padilla, 2001). The cereal contribution to the vegetable food supply of Turkey and the Near East is mainly due to wheat (Marty et al, 2015). This partially justifies the high level of bread consumption in Turkey (Erturk & Arslanta, 2015).

Bread is a highly consumed food in households around the world; in both developed and developing countries. However, it should be noted that the level of consumption is much higher among households in developing countries. The level of consumption varies from one country to another. However, Turkey is one of those countries where the level of annual per capita consumption is among the highest. Annual bread consumption per capita is 45 kg in Denmark, Belgium and Russia 55 kg, 56 kg in Germany, 57 kg in France, 89 kg in Ukraine and 104 kg in Turkey (Anonymous, 2016). According to, Koten & Unsal (2004), the importance of bread for Turkish households is due to the fact that it is an easily accessible and inexpensive food, and can be eaten with many foods because it has a neutral taste and aroma. Bread is an important source of energy and nutrients for the body (Baysal, 2011; Guine et al., 2016). The consumption of 400 g of whole meal bread covers between 51 to 55% of daily protein needs, 16 to 62% of iron needs, 12 to 74% of calcium, 35 to 82% of vitamin B1, 16 to 39% of vitamin B2, 20 to 39% niacin (Dogan, 2003).

Previously, teachers were sent to rural areas of Turkey to educate the children there. At one time, the bran and germs of wheat were used for animal feed; which gave the bread a blackish color. Given the fact that the inhabitants of these rural areas opted for the preparation of white bread, these teachers exchanged their whole black bread imported from the city center by taking the white bread produced by the inhabitants of the village. As a result, black bread was gradually abandoned, giving way to white bread. But nowadays, given the fact that the goods made from the consumption of whole meal bread are traced in the literature and are strongly advised by an innumerable number of dieticians and researchers, the consumption of whole meal bread has become more and more important in Turkey. With the fall in wheat production in recent years (FAOSTAT, 2020), then the perpetual dynamism of the socio-economic and demographic characteristics of households (TUIK, 2020), one wonders what it would be the repercussions of all of these parameters on attitudes and behavior of bread consumption in Turkey. According to Uzundumlu et al. (2018), socio-economic characteristics influence attitudes and behavior in the consumption of bread in Turkey, precisely in the region of Erzurum.

There are several works such as those of Aksoylu et al., (2004), Ertürk & Arslanta (2015), then of Uzundumlu et al., (2018) on the study of the level of bread consumption and attitudes and behaviors of consumption of bread in households in different cities of Turkey. But very few of these works were part of a study over time in order to better understand the changes. The present work analyzes both past and present consumer attitudes and behaviors in order to study possible changes.

## **2. Methodology**

This research focused on households in the center of the city of Adana in order to analyze their behavior and attitudes regarding the consumption of bread. Information was collected during the first quarter of 2020 on a simple random sample of 100 households. The study was conducted taking into account all social classes: the wealthy class, the middle class and those of the lowest income. In order to study in depth, the possible changes, with all the data collected, a comparison was made between current behaviors and attitudes with those of the consumer in the past. The term "past" refers to the period before the change in consumer behavior. It varies from one consumer to another. The data collected focused mainly on the socio-economic characteristics of consumers, the frequency of bread consumption, the types of bread consumed, the criteria guiding them in the choice of places of purchase, as well as their perception in relation to the consumption of bread.

SPSS software made it possible to establish all the descriptive statistics necessary for the comparisons. A linear regression model was performed in order to analyze the parameters influencing the consumption of bread. In this analysis, the relationship between the total number of breads currently consumed and the total bread consumed in the past was taken as the dependent variable. Subsequently, two different logistic regression models with a view to analyzing the effect of the change in the unit price of bread on the consumer's willingness to buy was evaluated by the consumer's decision to buy whole wheat bread whole, although expensive by 5% or 10%. This decision by the consumer representing the dependent variable was introduced as in binary form taking the value 1 if the consumer answers with "yes" and by 2 if he answers with "no". In each of these cases, a regression model was performed.

## **3. Results and Discussion**

### **3.1. Socio-economic characteristics of consumers**

The socio-demographic characteristics of consumers are presented in Table 1. The average age of the respondents in downtown Adana is 45 years. 56% of this population is made up of men, 92% of them have social security cover, most of them have university education (53%) and are mainly civil servants from the private and public sectors (63%). Only 6% have a level lower than or equal to that of the primary level. The average monthly income of this population is 7931 TL.

Households have on average less than one (1) child (infants, pre-adolescent), approximately one (1) young person (adolescent), then three (3) adults. About 50% of households have neither child (65%) nor adolescents (55%). This justifies the reason why the majority of households are made up of adults. Within their households, there is on average minus about one (1) person whose

occupation requires the use of physical force. In fact, 62% of households have at least three (3) people doing physical work on average. All of these data are reported in Table 1.

**Table 1.** Socio-economic characteristics of consumers

Variables		Percentage	Average
Age	18-35	23	29,5
	36-50	44	44,1
	51-75	33	59,2
	<b>Total</b>	100	45,7
Sex	Man	56	-
	Women	44	-
	<b>Total</b>	100	-
Social Security	Exist	92	-
	Does not exist	8	-
	<b>Total</b>	100	-
Number of children	0	65	0
	01 - 02	28	1,5
	03 - 04	7	3,2
	<b>Total</b>	100	0,6
Number of young	0	55	0
	01 - 02	35	1,4
	03 - 04	10	4
	<b>Total</b>	100	0,9
Number of adults	01 - 02	28	1,7
	03 - 04	53	3,6
	05 - 13	19	6,3
	<b>Total</b>	100	3,6
Level of education	Primary and lower level	6	-
	Secondary level	41	-
	University level	53	-
	<b>Total</b>	100	-
Link with the rural environment	Exist	43	-
	Does not exist	56	-
	<b>Total</b>	100	-
Profession	Farmer	20	-
	Trader	15	-
	State and private official	63	-
	<b>Total</b>	100	-
Number of people performing physical work	0	37,3	0
	1	43,4	1
	2 and more	19,1	2,2
	<b>Total</b>	100	0,8
Monthly income	2000-4000 TL	26	3192,3
	4001-9000 TL	42	6502,3
	Plus de 9001 TL	32	13656,2
	<b>Total</b>	100	7931

### 3.2. General trends in bread consumption

#### 3.2.1. Average daily bread consumption

The data collected made it possible to present a general trend in the daily consumption of bread by households in the province of Adana in terms of quantity. More specifically, a comparison of the level of household bread consumption in the past and the present was made (Table 2). Analysis of the results shows that average daily household consumption has dropped from around 3.22 to 2.79 baguettes, a drop of 13.35%. According to Bouteldja (2014), the consumption of bread is also constantly decreasing in France. More specifically, in downtown Adana, consumption of white bread has decreased by 24.21% (from 1.90 to 1.44). Unlike white bread, the consumption of whole meal wheat bread and that of non-whole meal bread increased by 115.38% and 100.0% respectively.



**Table 2.** Level of bread consumption according to types (number / household / day)

Types of bread	Types of bread	Types of bread	Types of bread
White	1,90	1,44	-24,21
whole wheat bread	0,26	0,56	115,38
Loaf of bread	0,02	0,04	100,50
Loaf of bread	0,92	0,50	-45,65
Consumption outside the home	0,12	0,25	08,33
Total bread consumption	3,22	2,79	-13,35

Since consumers were asked about their level of bread consumption (in the past and currently) in terms of quantity, a t-test for paired sample was carried out to check if there is a statistical difference between the total consumption past bread and the current one (Table 3). The consumption of bread in terms of quantity between the past and the present has reduced by 0.52 baguette bread (1 bread = 429g). We therefore contact Adana households currently consuming half a baguette less than in the past. According to the test carried out, this difference is statistically significant, since the probability obtained is less than 1% (p = 0.00). As a result, less bread is consumed today than in the past.

**Table 3.** T test result

	Mean	Standart deviation	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2 tailed)
			Lower	Upper			
Quantity (Past-future)	0,52	0,12	0,29	0,75	4,49	99	0,00

In order to study over time, the types of bread adopted and consumed by Adana households, they were asked to assign scores ranging from 1 to 5 depending on the level of consumption of each type of bread. The score 1 indicates the type of bread very little consumed, then 5 when it is very consumed. The scores obtained were translated into a percentage and then average score calculations were carried out. A comparison was made between current and past consumption levels.

**Table 4.** Types of bread

Types of bread	In the past (%)						Mean	Currently (%)						Mean	Average difference
	1	2	3	4	5	N		1	2	3	4	5	N		
White	8,0	5,7	5,7	11,4	68,9	100,0	4,2	18,6	10,4	10,4	6,9	53,4	100,0	3,6	-14,3
Whole wheat	40,6	20,3	11,8	15,2	11,8	100,0	2,3	9,2	14,4	9,2	5,7	1,3	100,0	3,8	65,2
Bread from the village	27,0	14,5	18,7	31,2	8,3	100,0	2,7	16,9	20,7	24,5	26,4	11,3	100,0	2,9	7,4
Pide-Lavash	6,0	12,1	27,2	24,2	30,3	100,0	3,6	8,3	18,0	30,5	27,7	15,2	100,0	3,2	-11,1
Tost-Sandwich	54,2	25,7	11,4	5,7	2,8	100,0	1,7	37,8	27,0	24,3	8,1	2,7	100,0	2,1	23,5
Oven-baked	16,3	14,5	14,5	21,8	32,7	100,0	3,4	16,6	23,3	23,3	15,0	21,6	100,0	3,0	-11,8

Analysis of the statistics obtained shows that in the past, white bread was the most consumed (average score of 4.2) (Table 4). This type of bread has been replaced today by whole wheat bread (average score of 3.8). White bread is prepared from wheat flour from which the bran and germs have been removed, which gives the bread a white color; while whole meal bread is made from whole wheat flour (Curtet, 1998). Indeed, based on data collected in the field, in the past, given the fact that the bran and germs of wheat give a black color to bread, these two compounds have been reserved for livestock feed. The bread consumed at that time was only white bread. But nowadays, given the fact that the goods made from the consumption of whole meal bread are traced in the literature and are strongly advised by an innumerable number of dieticians and researchers, its consumption is becoming more and more important. According to Curtet (1998), whole meal bread enriches our diet with fiber while reducing the number of calories ingested.

**3.2.2. Choice of places to buy bread and decision criteria**

With regard to places of purchase, mini-supermarkets were in the past the most popular places to buy bread because they were sold everywhere and more or less close to cities. The average score (4.1) transcribed in Table 5 confirms this. But nowadays, this trend has reversed in favor of very large supermarkets because they offer several varieties of bread. In the past, several households opted for the preparation of bread at home. But given the difficulties and the time involved in preparing bread, these practices are becoming more and more abandoned. This justifies the 23.3% drop between the differences in average score. Bakeries, on the other hand, remain as popular today as in the past. However, we note a slight decline in the number of households using bakery services.

Table 5. Bread buying places

	In the past (%)							Currently (%)							Average difference
	1	2	3	4	5	N	Mean	1	2	3	4	5	N	Mean	
<b>Bakery</b>	15,4	7,0	11,2	14,8	25,1	100,0	3,8	9,3	18,6	13,3	13,3	45,3	100,0	3,6	-5,3
<b>Super market</b>	56,6	11,3	5,6	13,2	13,2	100,0	2,1	4,6	17,1	7,8	10,9	59,3	100,0	4,0	90,5
<b>Mini super market</b>	8,9	8,9	8,9	7,4	65,6	100,0	4,1	38,1	12,7	12,7	3,1	33,3	100,0	2,8	-31,7
<b>Preparation at home</b>	31,7	9,7	12,2	9,7	36,5	100,0	3,0	46,6	13,3	13,3	8,8	1,7	100,0	2,3	-23,3
<b>Superette of the town hall</b>	57,7	3,8	11,5	19,2	7,6	100,0	2,1	44,8	6,9	13,7	6,9	27,5	100,0	2,6	23,8
<b>From the village</b>	42,8	7,1	14,2	17,8	17,8	100,0	2,5	24,2	27,2	18,1	12,1	18,1	100,0	2,7	8,0
<b>Other</b>	50,0	8,3	2,7	5,56	33,3	100,0	2,6	36,1	13,8	8,3	5,5	36,1	100,0	2,9	11,5

Several parameters guide consumers in choosing where to buy bread. All of its criteria as well as the scores assigned by consumers have been listed in Table 6. It appears from the analysis of the statistics obtained that the fact that the bread is fresh, that is to say the fact that 'it is prepared a few hours before its purchase is the first criterion for consumers' choice. This criterion remains the most important for consumers as well as today as in the past (4.7 in the past then 4.4 today). In fact, the fresher the bread the better its flavor then it keeps a crisp character. This quality is the most sought after by Adana consumers.

Table 6. Criteria for choosing the place of purchase

	In the past (%)							Currently (%)							Average difference
	1	2	3	4	5	N	Mean	1	2	3	4	5	N	Mean	
<b>Price</b>	64,7	5,8	9,4	2,3	17,6	100,0	2,0	58,4	5,6	5,6	3,3	26,9	100,0	2,3	15,0
<b>Close to home</b>	16,3	0,0	4,3	5,4	73,9	100,0	4,2	19,1	3,1	5,3	8,5	63,8	100,0	3,9	-7,1
<b>Fresh bread</b>	3,1	1,0	4,1	5,2	86,4	100,0	4,7	3,0	1,0	8,2	7,2	80,4	100,0	4,4	-6,4
<b>Hygiene</b>	6,3	10,6	13,8	5,3	63,8	100,0	4,1	2,0	6,2	9,3	7,2	75,0	100,0	4,0	-2,4
<b>Well done</b>	8,6	8,6	17,2	12,9	52,6	100,0	3,9	5,2	10,4	16,6	14,5	53,1	100,0	3,1	-20,5
<b>Whole wheat</b>	48,2	17,2	8,0	11,4	14,9	100,0	2,2	32,6	8,7	8,7	14,1	35,8	100,0	3,1	40,9
<b>Must be lifted</b>	56,7	17,5	13,5	5,4	6,7	100,0	1,88	42,3	16,6	20,5	6,4	14,1	100,0	2,3	22,3

Like the previous parameter, hygienic conditions are also important for consumers. Consumers being concerned about their health and that of their household, the fact that the bread is prepared in good hygienic conditions remains for them a very important criterion. According to Dubois-Brissonnet & Guillier (2020), hygiene is a very important parameter in culinary sciences. Despite the importance of this criterion for consumers, there is nevertheless a slight drop of 2.4% between the scores means. This is justified by the fact that hygienic conditions are nowadays very respected; which gives consumers confidence. The trust placed by consumers in the various actors in the bread production and marketing chain, makes hygiene an increasingly less important criterion.

Table 7. Mode of serving bread during meals

	In the past (%)	Currently (%)	Average difference
<b>Thin slices</b>	15,0	27,0	80,0
<b>Thick slices</b>	15,0	18,0	20,0
<b>Large pieces</b>	16,0	12,0	-25,0
<b>Whole</b>	54,0	43,0	-20,4
<b>Total</b>	100,0	100,0	

A particular zoom was also made on the modes of serving bread during meals (Table 7). Analysis of the results shows that the mode of serving bread in Adana's households has changed considerably over time. Nowadays, unlike the past, bread is much more served in thin slices, rather than whole. An increase in the share of households serving sliced bread (thin and thick) during meals was noted (80% and 20%). In addition, it should be noted that there is a decline of 25.0% and 20.4% respectively in the share of households opting for the service of bread in large pieces and whole during meals. Currently, bread seems to be much more served in thin slices (27% of households). This approach makes it possible to better assess the quantity of bread consumed and to avoid possible waste of bread.

### 3.3. Consumer perceptions related to bread consumption

In order to better understand the use of Adana households for the consumption of bread, their perceptions were also the subject of this study. From the results obtained, it appears that the perceptions collected revolve mainly around parameters such as: the unit sale

price of the bread, the level of satiety, the nature of the meal it accompanies as well as the place of preparation of the bread. On the basis of these different parameters, proposals were formed and the respondents were asked to assign scores on the scale of 1 to 5.

In the past, the unit selling price of bread was a very important criterion, in the sense that its unit selling price was more or less high and therefore reserved only for a single share of the population. But nowadays thanks to policies developed by the Adana City Council, this price has dropped considerably and bread has been introduced as the staple food of almost all households, especially that of low-income households. This justifies the drop of 13.3% recorded in the statistics obtained (Table 8).

**Table 8:** Consumer perceptions

Perceptions	In the past (%)	Currently (%)	Average difference
<b>Bread is the cheapest food</b>	4,5	3,9	-13,3
<b>When I don't eat bread during my meals, I don't feel full</b>	3,7	3,0	-18,9
<b>I eat all the bread served during my meals in the fast food and restaurant</b>	4,2	3,8	-9,5
<b>I eat all the bread served during my meals in the fast food and restaurant</b>	2,3	2,6	13,0
<b>I also eat bread with dishes like rice and pasta</b>	3,1	2,6	-16,1
<b>I prefer the bread prepared in the village to that made in the city</b>	3,7	3,8	2,7

Like the unit selling price, the level of satiety when accompanying meals with bread was also mentioned. At the time, bread was a food always consumed at the table, regardless of the meal it accompanied. But today, unlike the past, there are many more educated people with higher levels of education. Thus, the consumption of bread is limited to a certain number of meals. This result confirms the results in Table 1 that unlike in the past, the consumption of bread has literally decreased.

In the past, reaching the feeling of satiety during meals amounted to consuming the bread in its entirety at the expense of the meal it accompanied. In other words, to feel full, Adana households opted to consume all the components of the bread. But these days things seem to be reversed. The mile of the bread (inside the bread) is consumed much less than enough is consumed the main meal at the expense of all the components of the bread is rather seen as better ways to wait for the satiety threshold. This therefore raises a problem of wasted bread. The observations made today in fast food restaurants in downtown Adana are a perfect example. This justifies the 13.0% increase noted in Table 8.

### 3.4. Factors influencing the consumption of bread

A linear regression analysis was performed to study the variables that can affect consumers' bread consumption (in the past as in the present). In this analysis, the relationship between the total number of breads currently consumed and the total bread consumed in the past was taken as the dependent variable. Bread varieties (white, whole wheat, bread imported from the village, pide-lavash, tost-sandwich, tandir-yufka), level of education, profession, age and monthly income were considered as variables independent (Table 9).

**Table 9.** Results of estimates from the linear regression model

Variables	Coefficient	Std error	t	P	VIF	
<b>Constant</b>	1,123	,414	2,709	,016		
<b>Level of education</b>	-,224	,101	-2,226	,042**	2,107	
<b>Profession</b>	,240	,109	2,211	,043**	1,847	
<b>Age</b>	-,008	,004	-2,195	,044**	1,641	
<b>Bread varieties</b>	Whole wheat (In the past)	,123	,041	3,030	,008***	1,901
	Pide -Lavash (Currently)	-,099	,047	-2,126	,050**	1,879
	Tandir - Yufka (Currently)	,093	,032	2,927	,010*	1,281

**Number of observation = 100**

**F = 3.52**

**Prob = 0.015 \*\***

**R<sup>2</sup> = 0.667**

\*\*\*: significant at the 1% (P < 0.01); \*\*: significant at 5% (0.01 < P < 0.05); \*: Significant at 10% (0.05 < p < 0.10).

Source: Results of estimates made with SPSS

The R<sup>2</sup> obtained for the model is 0.667. Therefore, the variables included in the model explain the level of bread consumption by households in Adana at 66.7%. The regression model obtained is globally significant at the 5% threshold, since the value of probability p in the table is less than 0.05. In addition, the R<sup>2</sup> of the regression being greater than 65%, it is therefore considered to be sufficiently high.

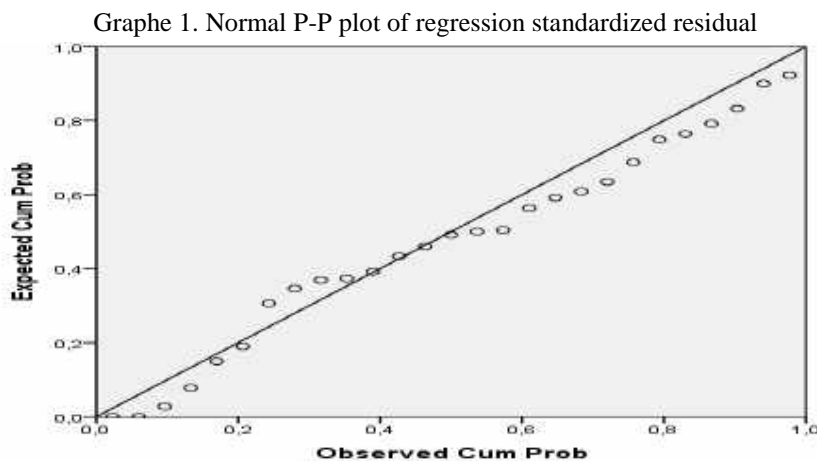
In the model, variables such as level of education, occupation, age, preference for varieties of whole wheat bread, preference for pide-lavash bread (currently) and preference for tandir- yufka (currently) are significant (p values are less than or equal to 0.05).

Therefore, depending on the coefficients obtained for each variable, it can therefore be deduced that the higher the education level of household members, the less the consumption of bread. In addition, it has been observed that the consumption of bread varies by profession. Civil servants, unlike farmers and merchants, have the lowest levels of bread consumption. The data collected made it possible to justify the high level of consumption of bread by farmers and merchants by the work and activities with which they are confronted. Farmers and merchants, unlike government officials (private and public organizations), engage in more intense physical activities. Agricultural production requires significant physical effort (Nourani, 2013).

Like the level of education, the level of bread consumption also decreases with age. Age is also a variable having a significant influence on the level of bread consumption of people in households. Young people, unlike the elderly, are attracted to the consumption of bread with each meal. In addition, unlike the elderly, they very often frequent university restaurants and fast food restaurants where bread is very often freely available and available in large quantities. According to the Swiss Nutrition Society (SSN, 2011), fast foods are part of major bread consumption points in the sense that they accompany almost all meals. Elderly people, concerned about their health, opt for a diet limiting the consumption of bread. Reducing the level of bread consumption limits the risks linked to a good number of diseases, in particular that linked to obesity and cardiovascular diseases (Lang, 2004).

It is observed that those who have developed a habit for the consumption of whole wheat bread have increased their consumption of bread today. At the same time, we observe that the consumption of pide-lavash bread has not decreased. The consumption of tandir-yufka has increased. These variations can be explained by the level of accessibility of these varieties of bread in terms of price and positioning. Consumers' perceptions of these different varieties of bread can also influence their level of consumption. Note that monthly income has no effect on the consumption of bread.

The graph below represents the plot "normal P-P" of the residues, and we can see that the residues are distributed near the right (Graph 1). Consequently, there is no distortion in the assumption of normality. The linear model is therefore valid.



### 3.5. Effect of price variations on the consumer's willingness to purchase

The effect of the price change on the consumer's willingness to buy was assessed by the consumer's decision to buy whole wheat bread, although 5% expensive.

A logistic regression analysis was performed to determine which factors play an important role in the consumer's decision to buy whole wheat bread, although 5% expensive. This decision by the consumer representing the dependent variable was introduced as in binary form taking the value 1 if the consumer answers with " yes " and by 2 if he answers with " no ". In this model, variables such as education, occupation, monthly income, household size and age were considered as independent variables.

The model estimates that the probability of a consumer buying whole wheat bread, although 5% expensive, is only 0.74. In other words, there is a 74% chance that the consumer will agree to buy whole wheat bread or not. This producer decision is significantly influenced by the monthly income and the size of the consumer's household (Table 11). When whole wheat bread is expensive by 5%, we find that as the size of the household increases, the consumer does not agree to buy the bread (1.86 times). In fact, the larger the household size, the higher the demand for bread consumption. As a result, an increase in the unit price of whole wheat whole meal bread negatively influences the consumer's decision to buy the bread. However, an increase in monthly income is likely to increase the probability that consumers buy bread, albeit expensive, by 0.36% by 5% (Table 11). An increase in the purchasing power of the consumer will therefore facilitate their access to whole wheat whole meal bread. In fact, the more you can buy goods and services with your income, the higher the purchasing power (Banque Française, 2020). According to the Senate (2006), the increase in consumer income also improves their purchasing power. This justifies the result obtained.

**Table 10.** Estimated accuracy rate (a)

Variable	Description				Accuracy rate
	I will buy wholemeal bread, although 5% expensive				
	Yes	No			
I will buy wholemeal bread, although 5% expensive	Yes	62	5		92,5
	No	20	11		35,5
<b>General accuracy rate</b>					<b>74,5</b>

**Table 11.** Estimation of the logistic regression model (a)

	Coefficient	Std error	Wald	Sd	P	Exp(B)
Monthly income	-1,019	,269	14,340	1	0,000	0,361
Household size	0,621	,263	5,579	1	0,018	1,861

**Table 12.** Estimated accuracy rate (b)

Variable	Description				Accuracy rate
	I will buy wholemeal bread, although 10% expensive				
	Yes	No			
I will buy wholemeal bread, although 10% expensive	Yes	56	6		90,3
	No	17	19		52,8
<b>General Accuracy rate</b>					<b>76,5</b>

Source Estimation made from SPSS

**Table 13.** Estimation of the logistic regression model (b)

	Coefficient	Std error	Wald	Sd	P	Exp(B)
Monthly income	-1,122	,264	18,089	1	,000	0,326
Household size	,872	,263	11,015	1	,001	2,392

As in the previous case, this new producer decision criterion is significantly influenced by the consumer's monthly income and household size (Table 13). When whole wheat bread is expensive by 10%, on the fact that as the size of the household increases, the consumer does not agree to buy the bread (2.39 times). In fact, the larger the household size, the higher the demand for pain consumption. As a result, an increase in the unit price of whole meal bread negatively influences the consumer's decision to buy bread. However, an increase in monthly income is likely to increase the response that consumers buy bread, although expensive, by 0.32% by 10% (Table 13).

Income being a determining variable in the decision-making process in the purchase of bread by the consumer, a simple linear regression model was performed between monthly income and the total quantity of bread consumed.

The model produced is written in the form  $y = b + ax$ ,  $y$  represents the daily consumption of bread (number of baguettes),  $b$  the constant then  $x$  monthly income of the consumer. Consequently, the consumption of bread ( $y$ ) is equal to the product of 3,402-8,54E-05 by the monthly income of the consumer.

The regression equation is therefore expressed as follows:  $y = 3,402 - 8,54E-05 * \text{monthly income}$ .

Thus, an increase in monthly income of 1,000 TL ( $\approx$  \$ 162) will cause the household's demand for bread to fall by 0.085%. From this it is deduced that the demand for bread increases in low income groups. This is explained by the fact that bread is the staple food of low-income groups. Although slightly, as monthly income increases, the demand for bread decreases. As a threshold value, we can say that the demand for bread decreases as the monthly income of the consumer reaches 39,836 TL ( $\approx$  \$ 6,465) and then stops. High-income consumers therefore opt for a form of food that considerably reduces the amount of bread consumed.

#### 4. Conclusion

For several decades, bread has been the staple food of many households in downtown Adana. Although the average daily consumption level has dropped by 13.35%. The importance of this food is most evident in low-income households as well as large families. This comparative study led to the conclusion that several changes have taken place over time in terms of consumer attitudes and behaviors. These changes are mainly related to the quantity of bread consumed, the types of bread consumed, the places of



purchase, consumer perception as well as the criteria guiding consumers in the choice of places to buy. The consumption of bread is mainly influenced by the level of education, the profession, the age of the consumer, the unit-selling price of the bread as well as the preference for the different varieties of bread.

## References

- AAC. (2014). *Le consommateur japonais : Comportements, dispositions et perceptions à l'égard des produits alimentaires Agri-Réseau*. [https://www.agrireseau.net/documents/80371/le-consommateur-japonais-comportements-dispositions-et-perceptions-a-l\\_egard-des-produits-alimentaires](https://www.agrireseau.net/documents/80371/le-consommateur-japonais-comportements-dispositions-et-perceptions-a-l_egard-des-produits-alimentaires)
- Anonymous, (2016). AIBI Bread Market Report 2013, January. <http://www.aibi.eu/wp-content/uploads/draft-AIBI-Bread-Market-report-2013.pdf>.
- Aksoylu, Z., Savlak, N. Y., Yangic Ç., Cagindi, O., & Kose, E. (2004). Manisa il merkezinde bireylerin ekmek çeşitlerini tüketim alışkanlıklarının belirlenmesi. *GIDA*, 39(3), 147-154.
- Banque Française. (2020, janvier 17). *La mesure du pouvoir d'achat*. Banque de France. <https://abc-economie.banque-france.fr/la-mesure-du-pouvoir-dachat>
- Baysal, A. (2011). Beslenme. Yenilenmiş 13. Baskı. Hatiboğlu Yayınevi, Ankara.
- Bouteldja, A. (2014). *Analyse du secteur boulangerie-pâtisserie-viennoiseries*. 48.
- Curtet, R. (1998). *Pain blanc, pain complet : Fabrication et intérêt diététique*. 137.
- Delgado, L. (1999). 20. Transfert du modèle de consommation alimentaire occidentale ou innovation ? In J.-P. Chauveau, M.-C. Cormier Salem, & É. Mollard (Éds.), *L'innovation en agriculture* (p. 343-359). IRD Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.irdeditions.15807>
- Dogan, I.S., 2003. Tahıl İşleme Teknolojisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Gıda Mühendisliği Bölümü Ders Notu, Van.
- Dubois-Brissonnet, F., & Guillier, L. (2020). Les maladies microbiennes d'origine alimentaire. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 55(1), 30-38. <https://doi.org/10.1016/j.cnd.2019.12.001>
- Erturk, A., & Arslanta, N. (2015). Isparta İli Kentsel Alanda Ailelerin Ekmek Tüketimi ve İsrافی. *Akademik Gıda*, 13(4), 9.
- FAOSTAT.(2020). Quantité de production de blé par pays (Exemple de la Turquie). <http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC/visualize>
- Guine, R., Matos, M., Henriques, C. and Correia, P. (2016). Preferences and Consumer Habits Related to Bread in the Centre of Portugal. *Nutrition & Food Science*, 46(3): 306-320.
- Koten, M., Unsal, A.S., 2006. Şanlıurfa yöresine özgü tırnaklı ve açık ekmeklerin bazı kimyasal bileşimlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 10(3/4): 57-62.
- Lang, T. (2004). Prévention des maladies cardio-vasculaires : Multifactorielle et multisectorielle ? *ASDP*, n°47, 51-55.
- Marty, P., Manceron, S., Le Mouel, C., & Schmitt, B. (2015). Le système agricole et alimentaire de la région Afrique du Nord-Moyen-Orient : une analyse rétrospective (1961-2012). Synthèse du rapport rétrospectif de l'Étude « Le système alimentaire de la région Afrique du Nord – Moyen-Orient à l'horizon 2050 : projections de tendances et analyse de sensibilité ». DEPE, INRA.33.
- Nourani, A. (2013). *Etat de l'Art de la Mécanisation de la Phoeniciculture*. 15. <https://doi.org/10.13140/2.1.3905.8246>
- Padilla, M. (2001). Évolution des modèles de consommation méditerranéens : *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, 1, 2219-2226.
- Senat. (2006). L'évolution du pouvoir d'achat des ménages : mesure et perception. Service des Études économiques et de la Prospective Délégation pour la planification.8. [https://www.senat.fr/commission/planification/notes/evolution\\_pv\\_achat.pdf](https://www.senat.fr/commission/planification/notes/evolution_pv_achat.pdf)
- SSN.(2011). Les plats rapides s'intègrent à une alimentation saine. Société Suisse de Nutrition. 6. [http://www.sge-ssn.ch/media/feuille\\_d\\_info\\_fast\\_food\\_2011.pdf](http://www.sge-ssn.ch/media/feuille_d_info_fast_food_2011.pdf)
- TUIK. (2020). Institut statistique de Turquie. <http://www.tuik.gov.tr/Start.do>
- Uzundumlu, A.S., Yildirim, B. Z., & Kurtoglu, S. (2018). Erzurum ilinde ekmek tüketimini etkileyen faktörlerin belirlenmesi. *The Journal of Academic Social Sciences*, 77(77), 17-31. <https://doi.org/10.16992/ASOS.14023>



# Atık Kevların Beton Yol Kaplamalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması

Mustafa Uraz Tunçel<sup>1</sup>, Osman Ünsal Bayrak<sup>2\*</sup>, Fatih İrfan Baş<sup>3</sup>, Halim Ferit Bayata<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Türk Telekom Erzurum Bölge Müdürlüğü, Erzurum, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3030-9108)

<sup>2</sup> Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4039-1248)

<sup>3</sup> Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzincan, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0845-060X)

<sup>4</sup> Erzincan Binalı Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzincan, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8274-8888)

(İlk Geliş Tarihi 29 Ocak 2020 ve Kabul Tarihi 6 Temmuz 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.678672)

**ATIF/REFERENCE:** Tunçel, M. U., Bayrak, O. Ü., Baş, F. İ. & Bayata, H. F. (2020). Atık Kevların Beton Yol Kaplamalarında Kullanılabilirliğinin Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 668-678.

## Öz

Günümüzde haberleşme sektöründe genel olarak fiber optik kablolar kullanılmaktadır. Ülkemizde sadece Türk Telekom operatöründe 256 bin km diğer operatörlerde ise 68 bin km olmak üzere yaklaşık olarak 324 bin km fiber kablo bulunmaktadır. 20 yıl dayanım ömrü olan bu kabloların zamanla yenilenmesi gerekmekte ve kullanım dışı kalan kablolar ise hurdaya ayrılmaktadır. Yıllık olarak ortalama 15 bin km kablo hurdaya ayrılmaktadır. 1 km kabloda yaklaşık 5 Kg kevlar atık hale gelmektedir. Atık kevların ayrı bir kullanım alanı olmadığından ekonomiye tekrar kazandırılmamaktadır. Bu çalışmada, kevlar ile üretilen betonların yol üst yapısında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Bu amaçla, su/bağlayıcı oranı (0.40, 0.45, 0.50), silis dumanı (%0, 5, 10 çimento yerine), kevlar (0 gr/m<sup>3</sup>, 500 gr/m<sup>3</sup>, 1000 gr/m<sup>3</sup>) ve polipropilen lif (0 gr/m<sup>3</sup>, 500 gr/m<sup>3</sup>, 1000 gr/m<sup>3</sup>) karışım değişkenleri olarak belirlenmiştir. Tam faktöriyel deney tasarımına göre basınç mukavemeti, kopma modülü ve elastisite modülü deneylerinin herbiri için 3 x 34 = 243 tane numunenin dökülmesi gerekmektedir. Genel toplam alındığında tam faktöriyel deney tasarımı uygulanması halinde 729 tane numune gerekmektedir. Bu nedenle, deney tasarımı için Taguchi metodu kullanılmış ve elastisite modülü ile 28 günlük eğilme ve basınç mukavemetini veren optimum karışım değişkenleri belirlenmiştir. Faktör ve seviye sayısı göz önüne alınarak L<sub>9</sub> ortogonal dizi, deney tasarımı olarak seçilmiştir ve toplam 3x9x3=81 numune ile 729 numune ile yapılacak çalışma temsil edilmiştir. Deney sonuçlarından, Kevlar malzemesinin betonun basınç, eğilme ve elastisite modülü değerlerine, beton içerisinde 500 g/m<sup>3</sup> kadar katılması durumunda olumlu etkilerde bulunduğu gözlemlenmiştir. Deneylerde polipropilen lif ve kevlar beraber denenmiş olduğundan sadece kevlar kullanımında bu oranın artacağı öngörülmektedir. Elde edilen sonuçlardan, atık malzeme olan kevların, betona katılması ile ekonomiye kazandırılabilceği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Kevlar, Rijit Üstyapı, Polipropilen Lif, Taguchi Metodu

## Investigation of the Usability of Waste Kevlars in Concrete Road Pavements

### Abstract

At the present time, fiber optic cables are generally used in the communication sector. In our country, there are 324 thousand km of fiber cables including only 256 thousand km in Turk Telekom operators and 68 thousand km in other operators. These cables, which have a service life of 20 years, need to be renewed over time and the cables that are out of use are scrapped. An average of 15,000 km of cable is scrapped annually. Approximately 5 Kg of kevlar become waste in 1 km length cable. Since waste kevlar do not have a separate usage area, they cannot be recycled to the economy. In this study, the usability of the concrete produced with kevlar on the road

\* Sorumlu Yazar: Atatürk Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4039-1248, [unsalb@atauni.edu.tr](mailto:unsalb@atauni.edu.tr)

superstructure was investigated. For this purpose, water / binder ratio (0.40, 0.45, 0.50), silica fume (%0, 5, 10 instead of cement), kevlar (0 gr / m<sup>3</sup>, 500 gr / m<sup>3</sup>, 1000 gr / m<sup>3</sup>) and polypropylene fiber (0 gr / m<sup>3</sup>, 500 gr / m<sup>3</sup>, 1000 gr / m<sup>3</sup>) are determined as mixture variables. According to the full factorial experiment design,  $3 \times 34 = 243$  samples must be poured for each of the compressive strength, rupture modulus and elasticity modulus tests. In the case of a grand total, 729 samples are required if a full factorial experiment design is applied. For this reason, Taguchi method was used for the experimental design and optimum mixture variables that gave 28 days of flexural and compressive strength were determined by the modulus of elasticity. Considering the factor and number of the levels, the L<sub>9</sub> orthogonal array was chosen as the experimental design and the study to be performed with a total of  $3 \times 9 \times 3 = 81$  samples and 729 samples was represented. From the results of the experiment, it has been observed that Kevlar material has positive effects on the compressive, flexural and elasticity modulus values added up to 500 g / m<sup>3</sup> in the concrete. Since polypropylene fiber and kevlar were tested together in the experiments, it is predicted that this rate will increase only in the use of kevlar. From the results, it was observed that Kevlar which is a waste material can be brought to the economy by adding to the concrete.

**Keywords:** Kevlar, Rigid Pavement, Polypropylene Fiber, Taguchi Method

## 1. Giriş

Karayollarında uygulanan üstyapılar çevre koşullarına göre dayanıklı, üzerine gelen yükleri zemine ileten mühendislik yapılarıdır. Kaplama tabakasında bağlayıcı olarak bitüm kullanılan üst yapılara esnek üstyapı, çimento kullanılan üst yapılara ise rijit üstyapılar denilmektedir. Beton kaplama uygulamaları, ağır trafiğe ve çok yüksek trafik hacmine sahip karayollarında ve havaalanları uygulamalarında sürüş emniyeti ve sürüş konforu sağlamak amacı ile yapılan yüksek standartlı rijit üstyapılardır. Beton kaplamalar, yeter mukavemete sahip zeminler üzerine belirli bir kalınlıkta serilen granüler alttemel tabakası ile kısmen donatılı veya sürekli donatılı beton plaklardan meydana gelir (Ağar, Sütaş, & Öztaş, 1998) (Ağar et al., 1998).

Türkiye’de asfaltın ithal edilmesi, asfalt yolların bakım maliyetlerinin artması ve dışarı bağımlılıklar nedeni ile asfalt yollara alternatif olan beton yollar 1990’lı yılların başlarından itibaren ülkemizde kullanılmaya başlanmıştır. Esnek yollara alternatif olan beton yolların popülaritesi giderek artmış ve Avrupa ve Amerika’da olduğu gibi ülkemizde de beton yollar üzerine de önemli araştırmalar yapılmaya başlanmıştır.

Beton yolların servis ömrü dış faktörlere bağlı olup, bu faktörlerin birçoğu birbirleri ile ilişkilidir. Herhangi bir olumsuz faktörün ortaya çıkması diğer faktörleri de etkilediğinden olumsuzlukları da beraberinde getirmektedir. Örnek olarak ağır taşıt yüklerinin olduğu bir yolda yol kaplamasında oluşacak kırılmalar, betonda geçirimsizliğin artmasına neden olacak, yol zemini ve temeli deformasyona uğratarak kaplamada kırılmaların olmasına neden olacaktır (Bolat, Subaşı, Çullu, & Akkaya, 2010).

Birçok avantajı olmasına rağmen, kırılğan bir malzeme olan beton, çatlama sonrası yorulma mukavemeti, aşınma direnci, eğilme mukavemeti, yük taşıma kapasitesi açısından genellikle zayıftır (Monteiro & Mehta, 1993; Neville, 1995). Özellikle dinamik tekerlek yükleri, betonun köşe ve kenarlarında çatlaklara neden olmakta, düşük eğilme dayanımı ile bu çatlaklar kolayca yayılabilmektedir. Betona lif eklemek, betonun sünekliğini ve enerji yutma kapasitesini artırabilir (Lee, 2017; Lee, Cho, & Choi, 2017). Rastgele ve eşit dağılımlı çelik lifler, betonda çatlak oluşumunu önemli ölçüde azaltır. Amerikan Beton Enstitüsü (ACI 544) beton matrisi içine çelik lif eklenmesinin, betonun tüm mekanik özelliklerini, özellikle de dayanıklılığı, çekme mukavemetini ve tokluğu artırdığını bildirmiştir (Institute, 1986). Böylece, betonun sünme ve enerji yutma kapasitesi artarak süneklik düzeyi yüksek beton elde edilir.

### 1.1. Çalışma Amacı

Eğilmeye karşı zayıf olan beton yollara polipropilen (PP) lif katılarak iyileşmelerin görüldüğü literatürde mevcuttur (Haddad & Smadi, 2004; Park & Lee, 2004; Song, Hwang, & Sheu, 2005; Toledo Filho & Sanjuan, 1999). Bu çalışmada ise PP life benzer özellikleri ile atık malzeme olan kevların beton yollarda kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Telekomünikasyon alanında kullanılan fiber optik kablolar, kabloyu darbelere karşı korumak için kablo içerisinde kevlar olarak adlandırılan malzeme kullanılmaktadır (Şekil 1). Söz konusu malzeme endüstride zırh yapımında kullanıldığı bilinen özellikle darbe dayanımını arttıran bir malzemedir. Fiber optik kabloların ekonomik ömrü 20 yıl civarındadır ve her yıl yaklaşık olarak 15 bin km kablo atık hale gelmektedir. PP lif gibi çok hafif bir malzeme olan Kevlar, atık hale gelen bu kabloların 1 km’sinde yaklaşık 5 kg kadar bulunmaktadır. Atık kevların ayrı bir kullanım alanı olmadığından ekonomiye tekrar kazandırılmamaktadır. Hem ekonomiye katkı sağlaması hem de doğaya tahribatının önlenmesi için atık kevların yol betonlarında kullanımı düşünülmüştür. Kevlar yerine yol betonlarında çatlakların önlenmesi için kullanılacak polipropilen lifler piyasadaki fiyatı yaklaşık olarak 30 TL/kg olup, 1 km kabloda 150 TL ekonomiye katkı sağlayacak lif çıkarılabilecektir. 15 bin km atılacak kablo için yapılacak geri dönüşüm çalışmaları ile 2.250.000 TL ekonomiye katkı sağlayabilecektir.



Şekil 1. Fiber optik kablo içerisinde keklar

Bu amaçla, polipropilen lif ve keklar ile üretilen yol betonlarının eğilme ve basınç mukavemeti ile elastisite modülü parametreleri incelenmiştir. Her biri 3 seviyeli olmak üzere toplam 4 faktör (su/bağlayıcı oranı (0,40, 0,45, 0,50), silis dumanı (0, %5, %10), keklar (0, 500g, 1000 g) polipropilen lif (0, 500 g, 1000 g)), deney tasarımında göz önüne alınmıştır. Deneyler, tam faktöriyel deney tasarımına göre hem zaman hem de malzeme yönünden daha avantajlı olduğu düşünülen Taguchi Metoduna göre yapılmıştır (Peace & Peace, 1993; Roy, 1990; Taguchi).

## 2. Materyal ve Metot

Çalışmada Erzurum Aşkale Çimento Fabrikasında üretilmiş olan ve TS EN 197-1 standartlarına uygun, CEM I 42.5 R çimentosu kullanılmıştır. CEM I 42.5 R çimentosunun kimyasal özellikleri Tablo 1’de, fiziksel ve mekanik özellikleri Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 1. Çimentonun Kimyasal Analizi

Kimyasal Analizler	
SiO <sub>2</sub>	18,10
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,48
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,09
CaO	63,65
MgO	2,58
SO <sub>3</sub>	2,84
Kızdırma kaybı	3,90
K <sub>2</sub> O	0,62
Na <sub>2</sub> O	0,21
(Na <sub>2</sub> O); Na <sub>2</sub> O+0,658x K <sub>2</sub> O	0,62
Cl	0,015
Ölçülemeyen	0,52
CaO (sebest kireç)	0,44
Çözünmeyen kalıntı	0,55

Tablo 2. Çimentonun Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

Fiziksel ve mekanik testler	
İncelik 45 m elek üstü %	7,15
Özgül ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	3,12
Özgül yüzey (cm <sup>2</sup> /g)	3698
Piriz başı (Saat-dakika)	2 sa-31 dk
Piriz sonu (Saat-dakika)	3 sa-11 dk
Hacim genleşmesi (mm)	1
Basınç dayanımı 2 Gün (MPa)	27,9
Basınç dayanımı 28 Gün (MPa)	58,0
Su ihtiyacı (%)	29,5

Polipropilen lifin teknik özellikleri Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Polipropilen Lifin Teknik Özellikleri

<b>Teknik Özelliği</b>	<b>Değer</b>
Saflık	%100 polipropilen
Tip	Homopolimer
Katkı	Yok
Görünüm	Doğal Beyaz
Kesit	Dairesel
Standart	ASTM-C1116
Fiber uzunluğu	6,12mm
Çekme mukavemeti	350MPa
Özgül Yoğunluk	0.91 gr/cm <sup>3</sup>
Yumuşama noktası	140°C
Ergime noktası	165-170 °C
Asit etkisi	Dayanıklı
Oksidasyon direnci	Çok iyi
Organic çözücü etkisi	Dayanıklı
Biyolojik direnç	Çok iyi
Alkali etkisi	Dayanıklı
UV direnci	Evet
Açınma dayanımı	Çok iyi
Nem tutma	Sıfır

Kevların lifin fiziksel özellikleri Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Kevlar Lifin Teknik Özellikleri

<b>Elyaf tipi</b>	<b>Aramid</b>	<b>HM</b>
Lineer Yoğunluk	Dtex	3160
Sizing oranı	%	0,8
Kopmadaki uzama	%	2,5
Çekme Dayanımı	MPa	2926
Çekme Kuvveti	N	325
Elastisite Modulu	GPa	110
Yanıcılık	LOI- Index	0,29
Sıcak hava büzüşmesi (15 min at 190°C)	%	0,1
Sıcaklık Mukavemeti (48h at 200°C)	%	90
Bozulma sıcaklığı	C	>450
Termal genleşme Kts.	109K	-3,5

Bağlayıcıdaki mikro boşlukların doldurulabilmesi için puzolonik malzemeler kullanılmaktadır. Bu malzemeler, puzolonik reaksiyonları sayesinde bağlayıcının mukavemetine katkıda bulunur (Chan & Chu, 2004; Hınıslioğlu & Bayrak, 2004; Richard & Cheyrezy, 1995). Dolayısıyla çalışmada çimentoya ek olarak silis dumanı kullanılmıştır. Silis dumanının teknik özellikleri Tablo 5'te verilmiştir.



Tablo 5. Silis Dumanı Teknik Özellikleri

Şekilsiz SiO <sub>2</sub>	min%93 (gerçek %96,1)
H <sub>2</sub> O (nem)	max%0,3 (gerçek %0,19)
Kızdırma Kaybı	(L.O.I max %3,5) (gerçek %1,81)
+45 mikron üzeri	max %2.5 (gerçek %0,58)
Hacim Yoğunluğu	0,55-0,65 kg/dm <sup>3</sup> (D)
BET	min. 1 5-28 m <sup>2</sup> /gr (gerçek 23,36 m <sup>2</sup> /gr)

Çalışmada dökülen numune betonlarında GCP Applied Technologies firması tarafından üretilen ZYLA 645 Süperakışkanlaştırıcı beton katkı kullanılmıştır. Söz konusu katkı maddesi, kullanıma hazır akışkanlaştırıcı beton katkısıdır. Betonun nihai özelliklerine önemli etkileri bulunan hidroksile organik bileşenlerin sulu çözeltisidir. Öngörülen performansı standart olarak sağlayacak şekilde etkin kontrol altında üretilir. Kalsiyum klorür içermez. TS EN 934-2 özelliklerine uygundur.

Kullanılan kırma taş agregası, Erzincan ili sınırları içerisindeki Tercan ilçesi yakınlarındaki Aşkale Çimentoya ait agregası üretilimi için kurulan tesisten temin edilmiştir. Kullanılan agregası kırma taş malzeme olup max. dane çapı 32 mm dir. Agregası temini sırasında yıkanmış olup, karışımın granülometri eğrisi, Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Agregası Karışım Sonrası Elek Analizi.

Elek (mm)	Geçen (%)
0,25	7.50
0,5	11.78
1	18.21
2	29.89
4	46.75
8	61.13
16	78.48
32	100

## 2.1. Deneysel Yaklaşım

Geleneksel deney tasarımında, bir faktör değiştirilirken diğer bütün faktörler sabit tutulur. Deney tasarımındaki faktör ve seviyeler arttıkça yapılacak deney sayısı da artacaktır. Dolayısıyla böyle bir tasarımın pratikte yapılması malzeme, zaman ve işçilik açısından zorlukları da beraberinde getirecektir. Aynı zamanda, faktörler arasında iç etkileşimin olması durumunda, geleneksel deney tasarımına göre bulunan optimum şartlar, gerçek optimum şartlar olmayabilir. Deney tasarım tekniklerinden biri olan Taguchi Metodu sistematik dizaynlarda optimizasyon için başarılı bir şekilde uygulanmaktadır (Bayrak & Hınıslioğlu, 2017; Hınıslioğlu & Bayrak, 2004, 2005; Joshaghani, Ramezaniyanpour, Ataei, & Golroo, 2015).

Bu yöntem performans ve kalite tasarımlarını optimize etmek için sistematik bir yaklaşım sağlar. Taguchi yöntemi kullanılarak yapılacak optimizasyonlar 8 adımda gerçekleştirilir.

1. Değerlendirilecek parametrelerin belirlenmesi
2. Bu parametrelere ait seviyelerin ve mümkün olan iç etkileşimlerin belirlenmesi
3. Uygun ortogonal dizisinin belirlenmesi
4. Ortogonal diziyeye dayanarak deney sonuçlarının metoda uyarlanması
5. Performans istatistiklerinin hesaplanması
6. Performans karakteristikleri kullanılarak sonuçların varyans analizi ile değerlendirilmesi
7. Optimum seviyelerin seçilmesi
8. Sonuçların doğrulanması

Taguchi yönteminde optimizasyon kriteri olarak performans istatistiği (S/N) kullanılmaktadır. En büyük – en iyi, nominal – en iyi ve en küçük – en iyi olmak üzere üç çeşit performans istatistiği vardır. Deneylerden elde edilen veriler kullanılarak S/N değerleri, en büyük en iyi (the bigger the better) performans istatistiği baz alınarak (2.1) eşitliğine göre hesaplanmıştır.

$$\frac{S}{N_L} = -10 \log \left[ \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{1}{Y_i^2} \right] \quad (2.1)$$

Burada;

S/NL : Performans istatistiği

n : Bir deney kombinasyonunda yapılan tekrar sayısı

$Y_i$  :  $i$ . deneyin performans istatistiğidir.

SNL'yi maksimum yapan parametre seviyeleri optimumdur. Ancak Taguchi Metoduna optimum parametre seviyelerini veren deney yapılmamış olabilir. Dolayısıyla optimum şartlara karşılık gelen performans değeri eşitlik (2.2) yardımıyla tahmin edilebilir.

$$Y_t = \mu + X_i + e_i \quad (2.2)$$

Burada;

$\mu$  : Performans değerinin genel ortalaması,

$X_i$  : Deneydeki parametre-seviye kombinasyonun sabit etkisidir.

$e_i$  :  $i$ . deneydeki rastsal hata

DeneySEL sonuçlara bağlı olarak hesaplanan bu  $Y_i$  değeri bir nokta tahminidir. Dolayısıyla yapılan doğrulama deneylerinin sonuçlarının anlamlı olup olmadıklarını belirleyebilmek için belirli bir hata seviyesinde güven aralığı oluşturulmalıdır. Seçilen hata seviyesindeki güven aralığı ise,

$$\mu \mp \sqrt{F_{\alpha;1;DF_{MSe}} MSe \left[ \frac{1+m}{N} + \frac{1}{n_i} \right]} \quad (2.3)$$

bağıntısıyla hesaplanır (Peace & Peace, 1993; Roy, 1990; Taguchi).

Burada;

F : Tablo değeri,

$\alpha$  : Hata seviyesini,

$DF_{MSe}$  : Hata kareler ortalamasının serbestlik derecesi toplamını,

m : Ortalama tahmininde kullanılan parametrelerin serbestlik dereceleri

$n_i$  : Yapılan doğrulama deneylerinin tekrar sayısını göstermektedir (Roy, 1990; Taguchi).

Çalışmada, Aşkale Çimento Fabrikasında üretilmiş CEM I 42,5 R tipi çimento, Aşkale Çimento Tercan tesislerinde üretilen kırmataş agrega ana birleşenler olarak kullanılmıştır. Dost Kimya firmasından temin edilmiş PP lif, Türk Telekom AŞ. tarafından hurdaya verilen kablolardan temin edilen Kevlar lif, silis dumanı (SD) ve ZYLA 645 süper akışkanlaştırıcı beton katkısı kullanılmıştır. Beton karışımında gerekli olan su için içme suyu kullanılmıştır. Çimento dozajı sabit tutulmuş, SD, su/bağlayıcı oranı, PP lif ve kevlar lif miktarı değişken olarak belirlenmiştir.

Yol betonları için çimento dozajının, 2016 yılında çıkan beton yol kaplamaları teknik şartnamesine (Müdürlüğü, 2016) göre 300 kg/m<sup>3</sup>'ten büyük olması önerilmektedir. Dolayısıyla, çimento dozajı 350 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş, silis dumanı ise çimento yerine çimento ağırlığının %0, %5 ve %10 oranlarında katılarak kullanılmıştır. Polipropilen ve Kevlar lif 0 g/m<sup>3</sup>, 500 g/m<sup>3</sup>, 1000 g/m<sup>3</sup> oranında kullanılmıştır. Akışkanlaştırıcı kimyasal katkı tüm numuneler için sabit tutularak %1.5 oranında kullanılmıştır. Tüm faktörler dikkate alınarak toplam 9 grup numune hazırlanmıştır. Kullanılan parametre ve seviyeleri Tablo 7'de, bu parametreler dikkate alınarak L9 ortogonal dizisine göre yapılan deney planı ise Tablo 8'de gösterilmiştir (Tunçel, 2018).

Tablo 7. Parametre ve Seviyeleri

Parametreler	Seviyeler		
	1	2	3
(A) su/bağlayıcı oranı	0.40 (A1)	0.45 (A2)	0.50 (A3)
(B) SD (%)	0.00 (B1)	5.00 (B2)	10.00 (B3)
(C) Kevlar (g/m <sup>3</sup> )	0.00 (C1)	500 (C2)	1000 (C3)
(D) PP Lif (g/m <sup>3</sup> )	0.00 (D1)	500 (D2)	1000 (D3)

Tablo 8. Deney Planı

Grup No	su/bağlayıcı	SD	Kevlar (g/m <sup>3</sup> )	PP Lif (g/m <sup>3</sup> )
1	A1	B1	C1	D1
2	A1	B2	C2	D2
3	A1	B3	C4	D3
4	A2	B1	C2	D3
5	A2	B2	C3	D1
6	A2	B3	C1	D2
7	A3	B1	C3	D2
8	A3	B2	C1	D3
9	A3	B3	C2	D1

Karışımındaki malzeme miktarları, karışıma ağırlık olarak konularak deney numuneleri üretilmiştir. Belirtilen karışım oranları ile dökülen numuneler 28 gün boyunca su küründe bekletilmiştir. Piriz alan numuneler su küründen alınmış, 1 gün kurumaya bırakılmış ve Atatürk Üniversitesi İnşaat laboratuvarında bulunan BESMAK marka Test Makinaları ile elastisite modülü, basınç ve eğilme mukavemetleri belirlenmiştir.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Ele alınan parametre ve bunların seviyelerine göre (Tablo 7 ve 8) yapılan deneylerden elde basınç ve eğilme mukavemetleri ile elastisite modülü sonuçları Tablo 9’da verilmiştir. Bu tabloda, deneylerden elde edilen üç numunenin ortalaması hem MPa cinsinden hem de eşitlik (1) yardımıyla hesaplanan S/N değerleri ile verilmiştir (Tunçel, 2018). Taguchi Yöntemi’ne göre, optimum şartların belirlenebilmesi için ortalama S/N etkilerinin hesaplanması gerekmektedir. S/N değerleri eşitlik (1) yardımıyla hesaplandıktan sonra bu değerler kullanılarak ortalama S/N değerleri hesaplanmış ve Tablo 10, 12 ve 14’te verilmiştir. Bu tablolarda her faktörün maksimum değeri, o faktörün optimum seviyesini vermektedir. Tablolarda verilen değerlerin daha iyi anlaşılabilmesi için, bu değerler yardımıyla elde edilen optimum durum grafik olarak Şekil 2,3 ve 4’te verilmiştir. Daha sonra varyans analizi kullanılarak parametrelerin basınç ve eğilme mukavemeti ile elastisite modülü üzerine olan katkıları hesaplanmış ve Tablo 11, 13 ve 15’te verilmiştir.

Tablo 9. Deney Sonuçları

Grup No	Basınç Mukavemeti		Eğilme Mukavemeti		Elastisite Modülü	
	(Mpa)	S/N	(MPa)	S/N	(GPa)	S/N
1	51.10	34.169	6,21	15,860	3,01	9,575
2	60.40	35.620	5,71	15,126	3,90	11,817
3	55.95	34.956	5,83	15,306	4,27	12,612
4	51.16	34.409	6,73	16,562	3,94	11,916
5	59.99	35.562	5,60	14,961	4,00	12,030
6	62.86	35.968	7,67	17,701	5,55	14,886
7	52.67	33.328	6,05	15,633	4,01	12,059
8	48.58	33.729	4,64	13,338	3,54	10,974
9	55.70	34.918	6,52	16,290	6,61	16,404
Ortalama		34.740		15.642		12.475

#### 3.1. Basınç Mukavemeti Sonuçları

Şekil 2 incelendiğinde, beton içerisindeki karışım oranlarına göre optimum seviyelerin A2, B3, C2, D2 olduğu görülmüştür. Tablo 11 incelendiğinde, basınç mukavemeti üzerine en büyük etkisi olan parametrenin sırasıyla su/bağlayıcı oranı, SD oranı, kevlar lif oranı ve PP lif oranı olduğu görülmektedir. Tablo 8’de verilmiş olan deney planı incelendiğinde, optimum değerleri veren tasarımın deney planında bulunmadığı görülmektedir. Sonucun doğruluğunun test edilmesi için ilgili parametre değerlerine göre (A2, B3, C2, D2) numune hazırlanarak 28 gün kür koşulları ardından tekrar kırılmıştır. Yapılan doğrulama deneyi sonucunda 69,26MPa basınç dayanımı elde edilmiştir. Bu sonuca karşılık gelen S/N değeri 36,81’dir. %95 güven seviyesinde bu değer 32,078 ile 40,578 arasında olması gerekmektedir (Tablo 11). Söz konusu değer 95 güven aralığında doğru olduğu görülmüştür.

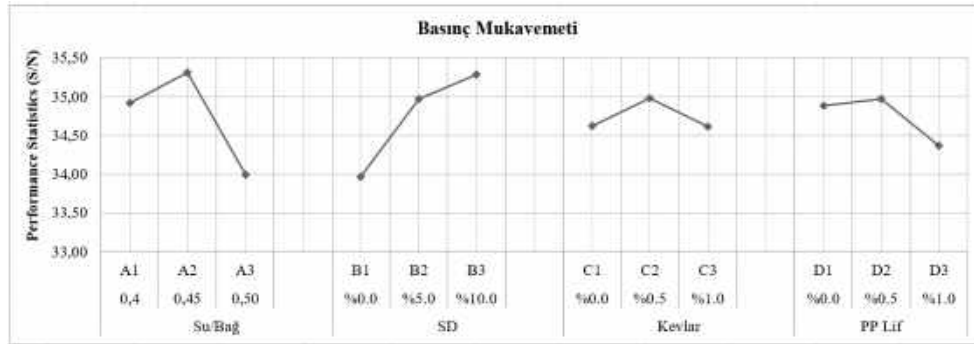
Tablo 10. Basınç Mukavemeti İçin Ortalama S/N Etkileri

	Su/Bağ.	SD	Kevlar	PP Lif
1. Seviye	34,915 (A1)	33,969 (B1)	34,622 (C1)	34,883 (D1)
2. Seviye	35,313 (A2)	34,970 (B2)	34,982 (C2)	34,972 (D2)
3. Seviye	33,992 (A3)	35,281 (B3)	34,615 (C3)	34,365 (D3)

Tablo 11. Performans Tahminleri

Faktörler	Seviye	S/N'e olan katkısı
Su/Bağ	A2	0.573
SD	B3	0.541
Kevlar	C2	0.242
PP Lif	D2	0.232
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		1.588
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		34.740
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		36.328
Doğrulama Deneyi Sonucu (S/N) / (MPa)		36.81 / 69.26
Güven Aralığı ( $\alpha=95\%$ ) (S/N)		32.078 - 40.5781

Sonuçlar incelendiğinde, 28 günlük basınç mukavemetinin su/bağlayıcı oranının 2. seviyesinde, SD'nin 3. seviyesinde, Kevlar oranının 2. seviyesinde ve PP lif oranının 2. seviyesinde elde edildiği görülmektedir. Basınç deneylerinde, parametrelerin mukavemet üzerine etkileri Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2. Parametrelerin Basınç Mukavemeti Üzerine Etkisi

### 3.2. Eğilme Mukavemeti Sonuçları

Tablo 12. Eğilme Mukavemeti İçin Ortalama S/N Etkileri

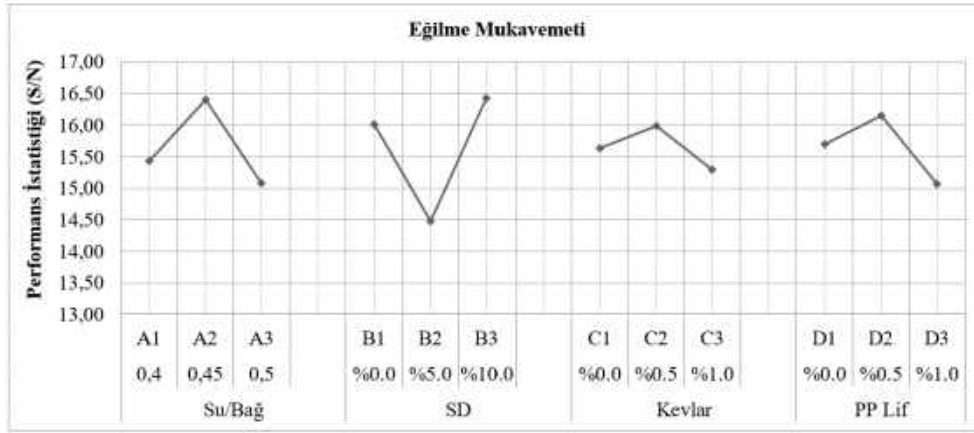
	Su/Bağ	SD	Kevlar	PP Lif
1. Seviye	15,431 (A1)	16,018 (B1)	15,633 (C1)	15,704 (D1)
2. Seviye	16,408 (A2)	14,475 (B2)	15,993 (C2)	16,153 (D2)
3. Seviye	15,087 (A3)	16,432 (B3)	15,300 (C3)	15,069 (D3)

Yapılan eğilme deneylerinden elde edilen sonuçlara göre (Şekil 3), eğilme mukavemetini maksimum yapan parametre seviyelerinin yani optimum durumunun A2, B3, C2, D2 olduğu görülmüştür. Tablo 13 incelendiğinde, eğilme mukavemetine etki eden en büyük parametrenin SD olduğu, bunu sırasıyla, su/bağlayıcı oranı, PP lif oranı ve Kevlar lif oranının izlediği görülmektedir. Tablo 8'de verilen deney planına bakıldığında, maksimum eğilme mukavemetini veren kombinasyonun deney tasarımında bulunmadığı görülmektedir. Sonucun doğruluğunun test edilmesi için ilgili parametre değerlerine (A2, B3, C2, D2) göre numune hazırlanarak 28 gün kür koşulları ardından tekrar kırılmıştır. Yapılan doğrulama deneyi sonucunda 8.45 MPa eğilme mukavemeti elde edilmiştir. Bu sonuca karşılık gelen S/N değeri 18.54'tür. %95 güven seviyesinde bu değer 17.346 ile 18.774 arasında olması gerekmektedir. Söz konusu değer 95 güven aralığında doğru olduğu görülmüştür.

Tablo 13. Performans Tahminleri

Parametreler	Seviye	S/N'e olan Katkısı
Su/Bağ	A2	0.766
SD	B3	0.790
Kevlar	C2	0.351
PP Lif	D2	0.511
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		2.418
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		15.642
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		18.060
Doğrulama Deneyi Sonucu (S/N) / (MPa)		18.54 / 8.45
Güven Aralığı ( $\alpha=95\%$ ) (S/N)		17.346 - 18.774

Sonuçlara incelendiğinde, 28 günlük eğilme mukavemetlerinde, su/bağlayıcı oranının 2. seviyesinde, SD'nin 3. seviyesinde, Kevlar oranının 2. seviyesinde ve PP lif oranının 2. seviyesinde maksimum mukavemetin elde edildiği görülmektedir. Farklı karışım oranlarındaki her bir numune grubu üzerinde yapılan eğilme deneylerinde, parametrelerin mukavemet üzerine etkileri Şekil 2, 3 ve 4'de gösterilmiştir.



Şekil 3. Parametrelerin Eğilme Mukavemeti Üzerine Etkisi

### 3.3. Elastisite Modülü Deneyi Sonuçları

Tablo 14. Elastisite Modülü İçin Ortalama S/N Etkileri

	Su/Bağ	SD	Kevlar	PP Lif
1. Seviye	11,335 (A1)	11,183 (B1)	11,812 (C1)	12,670 (D1)
2. Seviye	12,944 (A2)	11,607 (B2)	13,379 (C2)	12,921 (D2)
3. Seviye	13,146 (A3)	14,634 (B3)	12,234 (C3)	11,834 (D3)

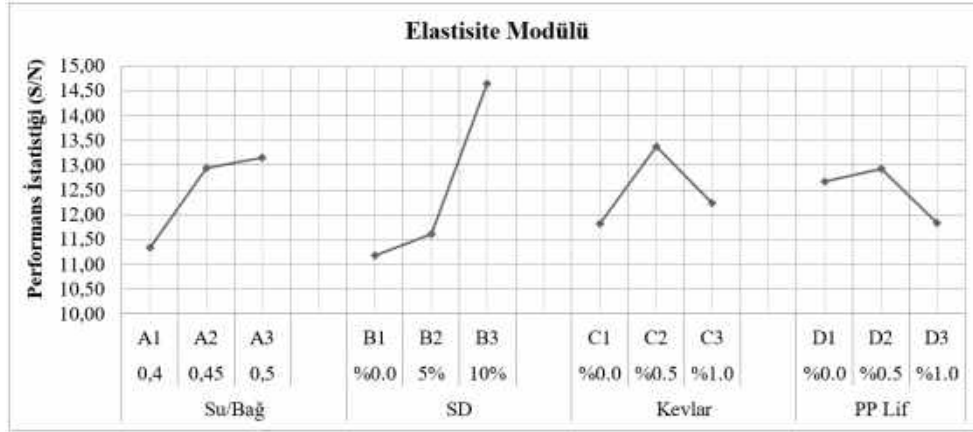
Yapılan elastisite deneylerinden elde edilen sonuçlara göre, elastisite modülünü maksimum yapan parametre seviyelerinin A3, B3, C2, D2 olduğu görülmüştür. Elastisite modülüne en büyük etkinin silis dumanı olduğu, bunu sırasıyla, Kevlar lif oranı, su/bağlayıcı oranı ve Polipropilen lif oranı olduğu belirlenmiştir. Tablo 8'de verilen deney planlarına bakıldığında sonuçlarda ulaştığımız optimum değerlerdeki tasarımın bulunmadığı görülmektedir. Sonucun doğruluğunun test edilmesi için ilgili parametre değerlerine göre numune hazırlanarak 28 gün kür koşulları ardından tekrar kırılmıştır. Yapılan deneyler sonucunda 6,17 GPa elastisite modülü değeri elde edilmiştir. Bu sonuca karşılık gelen S/N değeri 15,806'dır. %95 güven seviyesinde bu değer 15,492 ile 17,818 arasında olması gerekmektedir. Söz konusu değer 15,806'nın %95 güven aralığında doğru olduğu görülmüştür.



Tablo 15. Performans Tahminleri

Parametreler	Seviye	S/N'e olan Katkısı
Su/Bağ	A3	0.671
SD	B3	2.159
Kevlar	C2	0.904
PP Lif	D2	0.446
Tüm Faktörlerin Katkısı (S/N)		4.180
Ortalama Performans İstatistiği (S/N)		12.475
Optimum Şartlarda Beklenen Değer (S/N)		16.655
Doğrulama Deneyi Sonucu (S/N) / (GPa)		15.81 / 6.17
Güven Aralığı ( $\alpha=95\%$ ) (S/N)		15.492 - 17.818

28 günlük elastisite modülünü maksimum yapan parametre seviyeleri, su/bağlayıcı oranının 3. seviyesi, silis dumanının 3. seviyesi, Kevlar oranı 2. Seviyesi ve polipropilen lif oranının 2. seviyesidir. Farklı karışım oranlarındaki her bir numune grubu üzerinde yapılan elastisite modülü deneylerinde, parametrelerin mukavemet üzerine etkileri Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Parametrelerin Elastisite Modülü Üzerine Etkileri

#### 4. Sonuç

Dünyada ve ülkemizde beton yol kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Beton yolların asfalt yollara oranla dışa bağımlılığının olmaması, taşıma kapasitelerinin yüksek olması ve bakım masraflarının düşük olması nedeni ile tercih edilmektedir. Genel olarak, çok yüksek trafik hacmine sahip ve ağır taşıt trafiğinin yüksek olduğu karayollarında, otopan ve havaalanlarında kullanılmaktadır. Yol kaplaması olarak betonun görevi, araçlardan gelen dingil yüklerini tabana iletmek ve bu durumda taban zemininin deforme olmamasını sağlamaktır. Beton yol üzerinden geçen bir tekerlek yükü, beton plak üzerinde basınç, eğilme ve çekme gerilmeleri oluşturmaktadır. Beton yapısı gereği basınca dayanıklı olsa da eğilmeye karşı zayıf bir malzemedir. Betonun eğilme dayanımının artırılması için birçok çalışma yapılmış ve yapılmaya devam edilmektedir. Bu çalışmada ise hem ekonomik bir değeri olmayan kevlar malzemesinin ekonomiye tekrar kazandırılması hem de lifli bir yapısı sayesinde betonun eğilme dayanımının artırılması hedeflenmiştir. Bunun için lifli diğer bir malzeme olan ve literatürde üzerinde çalışmalar yapılmış olan polipropilen lif ile birlikte kullanılması irdelenmiştir. Silis dumanı ve su/bağlayıcı oranı ise diğer parametreler olarak çalışmada kullanılmıştır. Deney tasarımı olarak Taguchi Metodu kullanılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda aşağıdaki sonuçlara varılmıştır.

- Basınç mukavemetinin maksimum değeri (optimum şartlarda) 69 MPa ile %5 kevlar ve %5 PP lif kullanılması durumunda bulunmuştur.
- %5 kevlar oranından %10 kevlar oranına çıkıldığında mukavemetin düştüğü görülmüştür. Bu oranın düşmesine beton içerisine katılan polipropilen lif ile birlikte kullanılması da etkili olmuştur. Optimum mukavemette %10 oranında lif kullanılmıştır.
- Gerek eğilme mukavemeti gerek basınç mukavemeti gerekse de elastisite modülü değerlerinde, lif oranının %10'un üzerine çıkması durumunda düşüşler tespit edilmiştir.
- Su/Bağlayıcı oranının optimum seviyesi basınç ve eğilme de 2. seviyede, elastisite modülünde ise 3. Seviyede sağlandığı belirlenmiştir.
- Silis dumanı basınç, eğilme ve elastisite modüllerinin tamamında optimum değeri 3. seviyesinde sağlamıştır. Silis dumanı işlenebilirliği ideal seviyeye gelmesinden sonra betona katkısı yüksek oranda olmuştur.
- Optimum durumda polipropilen lif oranının hem eğilme mukavemeti hem basınç mukavemeti hem de elastisite modülü için 2. seviyesinde sağlamıştır. %5 oranında polipropilen lif ve %5 oranında kevlar'ın kullanılması kontrol betonuna oranla daha yüksek mukavemetler sağlamıştır.

- Yapılan Taguchi istatistiğine göre, Kevlar tek başına kullanıldığında (PP lif ve SD olmadan) sırasıyla 6.47 ve 52.80 MPa'lık bir eğilme ve basınç mukavemetlerine sahip olacağı öngörülmektedir.
- Elastisite modülü ve eğilme mukavemetinde en etkin parametrenin silis dumanı olduğu görülmüştür.
- Kevlar, elastisite modülünde ve basınç dayanımında polipropilene oranla daha etkin bir malzeme olmuştur. Polipropilen lif yerine betonda ekonomik olarak bir değeri olmayan atık kevlarların kullanılması hem ekolojiye hem de ekonomiye katkı sağlayacaktır.
- Su/bağlayıcı oranı sadece basınç dayanımında en etkin parametre olarak görülmüştür.
- Kevlar, genel olarak yol betonunun gerek basınç dayanımına gerek eğilme dayanımına gerekse de elastisite modülüne olumlu katkıda bulunduğu gözlemlenmiştir. Bununla birlikte polipropilen life göre basınç mukavemeti ve elastisite modülünde daha etkin bir parametre olduğu görülmüştür.
- Beton içerisinde polipropilen lif yerine kevlar kullanılmasının, polipropilen lifin kg fiyatının 30 TL olduğu düşünüldüğünde, 1 km kabloda 150 TL ekonomiye katkı sağlayacak lif çıkarılabilecektir. 15 bin km atılacak kablo için yapılacak geri dönüşüm çalışmalar ile 2.250.000 TL ekonomiye katkı sağlayabilecektir.
- Kevlar ile üretilen yol betonlarının tasarımında Taguchi Metodunun kullanılabilirliği, sonuçların mevcut literatürle örtüşmesi neticesinde söylenebilir.

Yapılan deneysel çalışmalarda beton numunelerinde 3 farklı Su/bağlayıcı oranında, 3 farklı silis dumanı oranında, 3 farklı polipropilen lif oranında ve yine 3 farklı Kevlar lif oranında çalışmalar yapılmış olup, sonraki çalışmalarda kevlar için farklı karışım oranlarında farklı dayanımlar test edilebilir. Aynı zamanda, bu çalışmada kevlar betonun içerisinde 4 cm'lik parçalar halinde katılmıştır. Bunun yerine beton içerisinde farklı boyutlarda katılarak boyut etkisi de incelenebilir.

## Kaynakça

- Ağar, E., Sütaş, İ., & Öztaş, G. (1998). *Beton yollar: rijit yol üstyapıları; malzeme-tasarım-üretim-yapım-bakım teknikleri*: İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Bayrak, O. Ü., & Hınıslioğlu, S. (2017). A new approach to the design of rigid pavement: single-axle loading. *Road Materials and Pavement Design*, 18(3), 573-589.
- Bolat, H., Subaşı, S., Çullu, M., & Akkaya, U. (2010). Beton Yolları Bekleyen Tehlikeler. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 6(1), 30-37.
- Chan, Y.-W., & Chu, S.-H. (2004). Effect of silica fume on steel fiber bond characteristics in reactive powder concrete. *Cement and concrete research*, 34(7), 1167-1172.
- Haddad, R. H., & Smadi, M. M. (2004). Role of fibers in controlling unrestrained expansion and arresting cracking in Portland cement concrete undergoing alkali-silica reaction. *Cement and concrete research*, 34(1), 103-108.
- Hınıslioğlu, S., & Bayrak, O. Ü. (2004). Optimization of early flexural strength of pavement concrete with silica fume and fly ash by the Taguchi method. *Civil Engineering and Environmental Systems*, 21(2), 79-90.
- Hınıslioğlu, S., & Bayrak, O. Ü. (2005). A robust approach for evaluating modulus of elasticity of pavement concrete. Institute, A. C. (1986). *State-of-the art report on fiber reinforced concrete: reported by ACI Committee 544. ACI 544.1 R-82*.
- Joshaghani, A., Ramezani-pour, A. A., Ataei, O., & Golroo, A. (2015). Optimizing pervious concrete pavement mixture design by using the Taguchi method. *Construction and Building Materials*, 101, 317-325.
- Lee, J.-H. (2017). Influence of concrete strength combined with fiber content in the residual flexural strengths of fiber reinforced concrete. *Composite Structures*, 168, 216-225.
- Lee, J.-H., Cho, B., & Choi, E. (2017). Flexural capacity of fiber reinforced concrete with a consideration of concrete strength and fiber content. *Construction and Building Materials*, 138, 222-231.
- Monteiro, P., & Mehta, P. (1993). *Concrete: Structure, properties, and materials*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Müdürlüğü, K. G. (2016). Beton Yol Kaplamaları Teknik Şartnamesi. In Ankara: Karayolları Genel Müdürlüğü.
- Neville, A. M. (1995). *Properties of concrete* (Vol. 4): Longman London.
- Park, S.-B., & Lee, B.-C. (2004). Studies on expansion properties in mortar containing waste glass and fibers. *Cement and concrete research*, 34(7), 1145-1152.
- Peace, G. S., & Peace, G. S. (1993). *Taguchi methods: a hands-on approach*: Addison-Wesley Reading, MA.
- Richard, P., & Cheyrezy, M. (1995). Composition of reactive powder concretes. *Cement and concrete research*, 25(7), 1501-1511.
- Roy, R. K. (1990). A primer on the Taguchi method, competitive manufacturing series. *New York*, 7-80.
- Song, P., Hwang, S., & Sheu, B. (2005). Strength properties of nylon-and polypropylene-fiber-reinforced concretes. *Cement and concrete research*, 35(8), 1546-1550.
- Taguchi, G. *Tables of orthogonal arrays and linear graphs*, Maruzen, Tokyo, 1962.
- Toledo Filho, R., & Sanjuan, M. (1999). Effect of low modulus sisal and polypropylene fibre on the free and restrained shrinkage of mortars at early age. *Cement and concrete research*, 29(10), 1597-1604.
- Tunçel, M. U. (2018). *Polipropilen Lif ve Kevlar Katkılı Yol Betonlarının Taguchi Yöntemiyle Optimizasyonu*. (Yüksek Lisans Yüksek Lisans). Atatürk Üniversitesi,



# VoIP Şebekesindeki Ses Kalitesinin Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi

Selçuk Mete<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Türk Telekom A.Ş., Network Yönetim Müdürlüğü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6842-1088)

(İlk Geliş Tarihi 11 Mayıs 2020 ve Kabul Tarihi 10 Temmuz 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.745810)

**ATIF/REFERENCE:** Mete, S. (2020). VoIP Şebekesindeki Ses Kalitesinin Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 679-690.

## Öz

Son yıllarda internet ağının, çok yaygınlaşması, esnek olması, hızlı ve yüksek kapasite erişimi sunabilmesine bağlı olarak farklı tipteki birçok servis internet protokolü (IP) üzerinden iletmeye başlanmıştır. Bu servis tiplerinden birisi de ses trafiği olup bu durum klasik haberleşme sistemlerini doğrudan etkilemektedir. Ses iletimi, genel anahtarlamalı telefon ağları (Public Switched Telephone Network, PSTN) yerine IP üzerinden yapılmaya başlanmıştır. Bu yeni haberleşme teknolojisi, IP üzerinden ses iletimi (Voice over IP, VoIP) olarak adlandırılmıştır. VoIP teknolojisinde, ses iletiminin kullanıcı tarafından algılanma kalitesi ise ortalama görüş puanı (Mean Opinion Score, MOS) ile belirlenir. MOS değerinin üretilmesi birçok parametreye bağlıdır. ITU-T (International Telecommunications Union - Telecommunication Standardization Sector) tarafından MOS değerinin belirlenmesi için PSQM (Perceptual Speech Quality Measure), PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality), POLQA (Perceptual Objective Listening Quality Analysis) gibi birçok model standartlaştırılmıştır. Fakat bu model yapıları, birçok avantaja sahip olmasının yanında referans işaret gereksiniminden dolayı uygulamalarda pratik zorluklar oluşturmaktadır. Buyüzden bu çalışmada, ses iletimindeki MOS kalite değerlerini tahmin etmek amacıyla referans sinyal gerektirmeyen çok katmanlı yapay sinir ağları (YSA) tabanlı bir model yapısı tasarlanmıştır. Bu modelde, giriş olarak IP trafiğine ait servis kalite (Quality of Service, QoS) parametreleri ve çıkış olarak ise elde edilen MOS değerleri kullanılmıştır. Giriş olarak kullanılan bu QoS parametreleri ise paket kaybı (Packet Loss) ve gecikme (Delay) değerleridir. Böylece 2 giriş ve 1 çıkışa sahip bir model oluşturulmuştur. Ayrıca model, farklı QoS parametresi kullanılarak MOS tahmini yapabildiği için esnek bir yapıya da sahiptir. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak bu çalışmada, POLQA yöntemi ile ölçülen MOS değerlerinin YSA model ile tahmin edilmesine çalışılmıştır. YSA modelin eğitim ve test sürecinde LM (Levenberg Marquardt), BR (Bayesian Regulation) ve RPROP (Resilient Backpropagation) algoritması kullanılmıştır. Simülasyon sonucunda elde edilen sonuçlar tablolar ve şekiller vasıtasıyla sunulmuştur. Sonuçlara göre geliştirilen bu metodun ITU-T tarafından önerilen modeller ile karşılaştırılabilir seviyede olduğu gösterilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** VoIP, Ortalama Görüş Puanı, POLQA Model, Yapay Sinir Ağları.

## Modeling of Sound Quality in VoIP Network with Multi-Layer Artificial Neural Networks

### Abstract

In recent years, different types of services have been started to be transmitted over the internet protocol (IP), due to the widespread use of the internet network, its flexibility and the ability to offer fast and high capacity access. One of these service types is voice traffic and this directly affects classical communication systems. Voice transmission is started over IP instead of public switched telephone network (PSTN). This new communication technology is called voice over IP (VoIP). In VoIP technology, the quality of the perception of the voice transmission by the user is determined by the mean opinion score (MOS). Generation of the MOS value depends on many parameters. Many models such as PSQM (Perceptual Speech Quality Measure), PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality),

\* Sorumlu Yazar: Türk Telekom A.Ş., Network Yönetim Müdürlüğü, Kayseri, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6842-1088, [selcuk.metes@gmail.com](mailto:selcuk.metes@gmail.com)

POLQA (Perceptual Objective Listening Quality Analysis) have been standardized by ITU-T (International Telecommunications Union -Telecommunication Standardization Sector) to determine the MOS value. However, besides having many advantages these model structures also create practical difficulties in applications due to the need of a reference signal. Therefore, in this study, a multi-layered artificial neural networks (ANN) based model structure that does not need a reference signal is designed to estimate MOS quality values in voice transmission. In this model, quality of service (QoS) parameters of IP traffic are used as input and obtained MOS values are used as output. These QoS parameters used as input are packet loss and delay values. Thus, a model with 2 inputs and 1 output was created. In addition, the model has a flexible structure as it can estimate MOS using different QoS parameters. Different from the studies in the literature, in this study, it was tried to estimate MOS values measured by the POLQA method with ANN model. LM (Levenberg Marquardt), BR (Bayesian Regulation) and RPROP (Resilient Backpropagation) algorithm was used in the training and testing process of the ANN model. The results obtained from the simulations are presented by tables and figures. The method, developed according to the results, has been shown to be comparable to the models recommended by ITU-T.

**Keywords:** VoIP, Mean Opinion Score, POLQA Model, Artificial Neural Networks.

## 1. Giriş

Günümüzde IP (internet protokol) ağlarının altyapıları geliştikçe üzerinden verilen servis çeşitliliği de artmaktadır. WWW, e-posta, dosya aktarım protokolü (File Transfer Protocol, FTP) gibi iyi bilinen servislerin yanında IP üzerinden ses iletimi (Voice Over IP, VoIP), video konferans, IP-TV gibi yeni nesil ses ve video servisleri de IP ağları üzerinden iletilebilmektedir. Yeni nesil bu haberleşme servislerinden en popülerleri kuşkusuz internet üzerinden ses iletimi olarak adlandırılan VoIP 'dir. Çünkü sabit telefonların kullandıkları ağ olarak da bilinen genel anahtarlama telefon ağı (Public Switched Telephone Network, PSTN) sisteminde arayan ve aranan numara arasında uçtan uca bir devre kurulmaktadır. Bu sistemlerde telefon trafik artışına bağlı olarak yeni ilave devreler tahsis edilmekte ve bu durum toplam maliyeti arttırmaktadır. VoIP teknolojisi sayesinde IP santral sistemleri (IP-PBX) kullanılarak kurumsal ve büyük ölçekli firmaların bütün şubeleri ile internet üzerinden ücretsiz görüşmesi sağlanabilmektedir. Ayrıca kullanıcılar arasında gerçekleştirilen aramalarda kanal sınırı bulunmamaktadır. Yani eş zamanlı çağrı sayısını belirleyen tek unsur internet bant genişliğidir. Ayrıca akıllı telefonlara yüklenen uygulamalar ile hızlı bir şekilde VoIP şebekesine erişilebilmektedir. Bu sayede VoIP teknolojisi, kullanıcılara çok esnek bir yapı sunabilmektedir. Bütün bu özellikleri dikkate alındığında yeni nesil Telekom Operatörleri kendi telefon sistemlerini IP tabanlı yapılara dönüştürme eğilimindedirler. PSTN şebekesi üzerinden direkt olarak VoIP şebekesine erişim sağlanamaz. Telekom Operatörleri ağ geçidi (Gateway) cihazları kullanarak PSTN ile VoIP şebeke arasındaki iletişimi sağladıkları tümleşik bir topolojiye sahiptirler [1].

VoIP üzerinden görüşme yapılırken en önemli unsurlardan biri ses iletiminin kalitesidir. VoIP, internet tabanlı olduğundan ve ses iletimi paketler şeklinde sağlandığından internet bağlantı kapasitesi ve trafik yoğunluğuna bağlı olarak bazı paketlerin iletilememesi veya geç iletilmesi olağandır. Bunlar da ses kalitesini bozan etkenlerdendir. Bu yüzden ses kalitesinin ölçümü Telekom Operatörleri için oldukça önemlidir. Servis kalitesi (Quality of Service, QoS) ve deneyim kalitesi (Quality of Experience, QoE) ile VoIP sistemlerin kaliteleri belirlenir.

QoS ile ses paketlerine ait paket kaybı (Packet Loss) oranları ve gecikme (Delay) süreleri tespit edilerek ağın performansı ortaya çıkartılabilir [1]. Delay, bir ses paketinin kaynaktan hedefe teslim edilirken meydana gelen ve tüm iletişim ağındaki genel gecikmeyi ifade etmektedir. VoIP 'te gerçekleşen delay süresi, paket kodlama, paket oluşturma, fiziksel ağ ve yönlendirme cihazları başta olmak üzere kod çözme ve paketin tekrar iletilmesi gibi sebeplerden kaynaklanabilmektedir [2-4]. Packet loss, birçok faktörden oluşabilmektedir. Ancak en temel sebebi, ağ trafığında yaşanan sıkışıklığa bağlı olarak ses paketlerinin iletilememesidir. VoIP servislerinin çoğu iletim katmanı protokollerinden olan UDP protokolünü tercih ettiği için kaybolan (Drop) ses paketleri tekrar gönderilmez. Eğer bir ses paketi zamanında hedefe ulaşamazsa söz konusu paket VoIP uygulaması tarafından atılır [2,3,5]. Bu durumda alıcı tarafında paket kaybı olarak algılanmaktadır.

QoE ise Qos parametrelerine ilave olarak servisin tamamı hakkında kullanıcının kişisel görüşünü de dahil ederek bir kalite derecesi oluşturmaktadır [1]. QoE, bir konuşmacıya ait sesin dinleyici tarafından algılanma netliğini ifade etmektedir. Genel olarak kalite, beklenen ve algılanan arasındaki fark olarak formüle edilebilir [6,7,8]. Konuşma kalitesinin ölçümü, sesli telefon hizmetlerinde müşteri deneyimini ortalama görüş puanı (Mean Opinion Score, MOS) ile ifade etmek anlamına gelmektedir [6]. QoE'nin ölçümü için ITU-T tarafından çeşitli ölçüm yöntemleri sunulmuştur. Bu yöntemlerden bazıları POLQA, PESQ, PSQM, PEAQ 'dir.

PSQM (Perceptual Speech Quality Measure), ITU-T tarafından 1996 yılında P.861 standartı olarak kabul etmiştir. PSQM, hesaplama ve modelleme algoritmasıdır. 300-3400 Hz aralığındaki ses kalitesini değerlendirip ölçer. PAQM'in (Perceptual Audio Quality Measure) daha genelleştirilmiş ve telefon konuşma işaretleri için optimize edilmiş halidir. PSQM algoritması, konuşma işaretinin farklı kodek ve iletim ortamlarında yaşadığı bozulmaları ölçer. Bozulma, zaman veya frekans bölgesinde ölçülmediği için sinyal-gürültü oranından (Signal to Noise Ratio - SNR) farklılık gösterir. Bozulma fiziko-akustik bölgede ölçülür. Böylece gerçek telefon kullanıcılarına benzer bir ses alımı sağlanır [1,9].

PEAQ (Perceptual Evaluation of Audio Quality), ITU-R (International Telecommunication Union's Radiocommunication Sector) tarafından 1998 yılında ITU-R BS.1387 standartı olarak kabul etmiştir. PEAQ, alınan sesin nesnel olarak kullanıcı deneyimini ölçmek amacıyla kullanılan bir standarttır. Bu standartta, insan kulağının özellikleri temel alınarak oluşturulan parametreler birleştirilerek bir çıkış değeri hesaplanır. PEAQ ölçümünde, test ve referans ses örnekleri hizalanarak her örneğin karşılaştırılmasıyla QoE kalitesi MOS cinsinden hesaplanır [1,10].

ITU-T Şubat 2001'de [7], PESQ (Perceptual Evaluation of Speech Quality) kalite ölçüm modelini P.862 standartı olarak kabul etmiştir. ITU-T P.861 kodlu PSQM'in geliştirilmesiyle oluşturulmuştur. PESQ, iletim kanalına gönderilen orijinal referans sinyali ile



iletim ortamı çıkışında elde edilen bozulmuş sinyali karşılaştırabilen bir yöntemdir. Bu yöntemde sonuç hesaplamaları için insan yorumuna ihtiyaç duymayan otomatik bir test mekanizması bulunmaktadır [6]. PESQ'in prensibi, iletim ortamı çıkışındaki işaret ve referans işaretin öncelikle zaman ve frekansları hizalanır. Daha sonra filtreden geçirilen iki sinyal de eş zamanlanır ki arada VoIP nedeniyle oluşan gecikmelerin, zaman kayıplarının önüne geçilebilsin. Sesteki bozulmaları açıklamak için iki işarete frekans bölgesine geçirilerek birbirlerinden farkları alınır. Böylece iki işaretin ses farklılıkları ortaya çıkar. Zamanla gürültünün mü eklendiği yoksa işarete kayıp mı olduğuna bağlı olarak ses farkları ağırlıklandırılıp toplanır. Bundan sonra da MOS değeri hesaplanarak sesin kalitesi kestirilir. PESQ'nun en önemli avantajı ağ üzerinde veya bozulma türleri hakkında herhangi bir varsayım yapılmasına gerek kalmamasıdır [1,11]. Bu nedenle, IP ağında ses kalitesini test etmek amacıyla PESQ tercih edilmektedir [6].

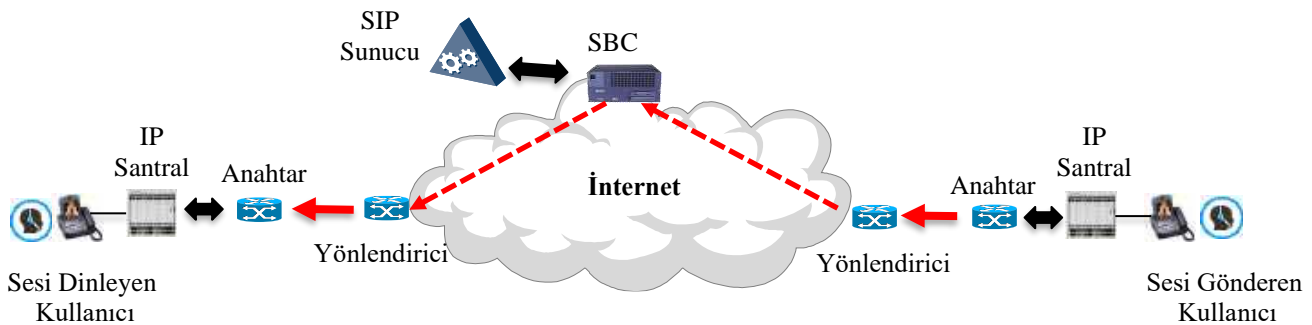
2010 yılında yeni bir konuşma kalitesi ölçüm yöntemi olan POLQA (Perceptual Objective Listening Quality Analysis) modeli geliştirilmiştir [8,12-15]. Bu yöntem aslında PESQ 'nin geliştirilmiş halidir. POLQA, sabit, mobil ve IP tabanlı ağlar için geliştirilen yeni nesil ses kalitesi ölçüm teknolojisidir. POLQA, 2011 yılında ITU-T tarafından HD ses, 3G ve 4G / LTE ağlarının ses kalite analizi için P.863 olarak standartlaştırılmıştır [6]. POLQA 'nın yüksek arka plan gürültülerini ölçebilmesi, süper geniş bant (50Hz - 14kHz) aralığında ses analizi yapabilmesi ve akustik arayüzlerin kaydedilebilmesi gibi avantajları vardır. Bu özellikleri ile PESQ 'ya göre üstünlük sağlamaktadır. Ayrıca literatürdeki çalışmalar, POLQA 'nın PESQ 'ya göre dar bant aralığı için %27 oranında, geniş bant aralığında ise %56 oranında daha başarılı sonuçlar elde ettiğini göstermektedir [16,17]. Günümüzde birçok Telekom Operatörü kendi şebekelerindeki ses iletim kalitesini ölçmek için POLQA standartını tercih etmektedir.

Yukarıda belirtilen modellerin birçok avantajı olmasına rağmen referans işaret gereksiniminden dolayı uygulamalarda pratik zorluklar oluşmaktadır [1]. Buyüzden bu çalışmada, internet üzerinden ses iletimine ait MOS kalite değerlerini tahmin etmek amacıyla referans sinyal gerektirmeyen bir model yapısı tasarlanmıştır. Bu model sadece QoS parametrelerini dikkate alan YSA (Yapay Sinir Ağları) yapısından oluşmaktadır. Önerilen bu modelin eğitim süresi zaman alıcı olsa da en büyük avantajı referans ve iletim ortamında bozulan ses sinyallerine ihtiyaç duymamasıdır. Ayrıca model farklı ağ parametrelerini kullanılarak MOS tahmini yapabildiği için de esnek bir yapıya sahiptir. Literatür taraması yapıldığında, VoIP servis tiplerine ait MOS kalite değerlerini tahmin etmek amacıyla YSA tabanlı yapıların kullanıldığı gözlenmiştir [18-22]. Fakat literatürdeki çalışmalarda, PESQ yöntemi ile ölçülen MOS değerlerinin YSA modelleri ile tahmin edildiği fakat POLQA yöntemi ile elde edilen MOS değerleri için bu tip bir çalışmanın olmadığı tespit edilmiştir. Bu yüzden bu makalede, POLQA yöntemi ile ölçülen MOS kalite değerlerinin YSA model ile tahmin edilmesine çalışılmıştır. Makale bu yönüyle de literatüre katkı sağlamaktadır.

## 2. VoIP Test Altyapısı ve MOS Ölçüm Yöntemi

### 2.1. VoIP Test Altyapısı

VoIP teknolojisi ile fiziksel bir işaret olan ses uygun dönüştürücülerle elektriksel işarete dönüştürülerek, IP ağı üzerinden karşı tarafa iletilir. Bu iletim gerçekleştirilirken, ses işaretleri öncelikle kodlenerek bitlere dönüştürülüp karşı tarafın anlayacağı şekilde paketlenir daha sonra internet üzerinden iletilir. Türk Telekom şebekesinde IP ağları üzerinden verilen ses hizmetlerinde SIP (Session Initiation Protocol) protokolü kullanılmaktadır. SIP basit ve genişleyebilir bir protokoldür. RFC 2543 ve 3261 tarafından tanımlanır. Bir veya daha fazla katılımcı arasında multimedia oturumları oluşturur ve sonlandırır. Şekil 1 'de Türk Telekom şebekesinde VoIP hizmetini simüle etmek için oluşturulan test topolojisi bulunmaktadır. Müşterinin lokal ağlarında IP temelli santraller bulunmakta olup bu santraller bir yazılım veya donanımsal bir cihaz olabilir. Gönderici tarafından iletilen ses paketi internet omurgası üzerinden ilk olarak SIP sunucuya ulaşır. Burada gerekli yetkilendirme ve yönlendirme işlemleri yapıldıktan sonra alıcı tarafındaki IP santrale iletilir ve böylece IP ağı üzerinden ses görüşmesi sağlanmış olur. SIP sunucu ile internet omurgası arasında SBC (Session Border Controller) cihazı bulunmaktadır. SBC, internet sevis sağlayıcılarının kendi VoIP ağlarına dış dünyadan erişim vermek, güvenlik sağlamak, proxy gibi güvenlik özellikleri için kullandıkları cihazlara verilen isimdir.



Şekil 1. VoIP Test Topolojisi

Uzun yıllar süren araştırmalar sonucunda insanların sesleri algılayış biçimleri değerlendirilmiş ve bir notlandırma sistemi oluşturulmuştur. MOS derecelendirmesi olarak adlandırılan bu sistem ITU'nun P.800 tavsiyesini oluşturmaktadır. POLQA model için MOS dereceleri 4,5 ile 1,0 arasında değişirken (Tablo 1 'de gösterilmiştir), müşterilerin bu hizmetten tatmin olma yüzdeleri de MOS değeri ile orantılı olarak değişmektedir [16]. Şekil 1 'deki test ortamında, kaynaktan hedefe gönderilen farklı paket kayıp oranına ve delay süresine sahip ses paketleri için MOS kalite değerleri POLQA model kullanılarak ölçülmüştür. Bu test 183 farklı ses görüşmesi için tekrarlanmış ve elde edilen MOS değerleri kaydedilmiştir.

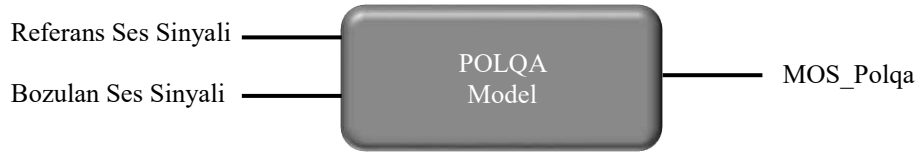
Tablo 1. MOS Değerlerinin Sınıflandırılması.



MOS derecesi	Kalite	Sesteki Bozulma
4,5	Çok iyi	Algılanamaz
4,0	İyi	Algılanabilir fakat rahatsız edici değil
3,0	Orta	Kısmen rahatsız edici
2,0	Yetersiz	Rahatsız edici
1,0	Kötü	Çok rahatsız edici

## 2.2. MOS Ölçüm Yöntemi

Şekil 2’ de POLQA model yapısı gösterilmiştir. Bu model yapısı temel olarak referans ses sinyali ile bozulan ses sinyali karşılaştırılarak MOS değerini üretmektedir. Referans ses sinyali, kaynak tarafından gönderilen orijinal ses sinyali olarak tanımlanırken, bozulan ses sinyali ise hedef tarafında duyulan ses sinyali olarak tanımlanmaktadır [13]. Gönderilen referans ses sinyali, IP ağı üzerinde ilerlerken gürültü, paket kaybı ve delay gibi faktörlerden olumsuz etkilendiği için alıcı tarafında bozulmuş bir ses sinyali olarak algılanabilmektedir. Burada MOS\_Polqa ile ölçülen MOS değeri ifade edilmektedir.

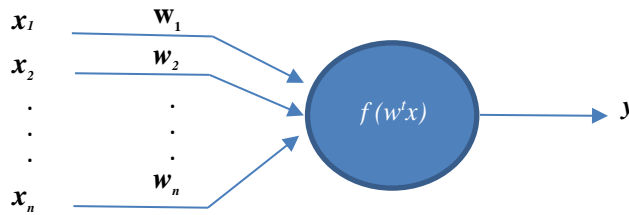


Şekil 2. POLQA Model Yapısı

## 3. Çok Katmanlı Yapay Sinir Ağları

YSA, biyolojik sinir ağlarının işlevlerinden esinlenilerek oluşturulmuş matematiksel modellerdir. YSA, insan beynini taklit ederek öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, oluşturabilme ve keşfetme yeteneklerine sahip bilgi işleme sistemleridir. Bu model yapısı, sistemlere veya problemlere ait giriş-çıkış verilerini yorumlayarak öğrenir ve gelecekte hangi durumlar için nasıl sonuçlar üretilebileceğini tahmin edebilir [23,24].

Yapay sinir hücreleri (Nöronlar), YSA’larının temel bilgi işleme birimidir. Şekil 3 ‘te nöron yapısı gösterilmiştir. Nöronlar, bağlantı hatları üzerinden işaret göndererek birbirlerini etkilerler. Bağlantı hatlarının her birinin kendine özgü bir ağırlığı vardır. Bilgileri depolayan bağlantı ağırlıkları nöronları paralel ve ardışık bir biçimde birleştirirler. Uyarılamalı hesaplanabilen bu ağırlıkların aldıkları değerler; bilginin en doğru biçimde iletilmesini sağlar. Genellikle, bağlantı ağırlıkları bir öğrenme işlemi ile belirlenir. YSA ‘nın hafızaları olarak nitelendirilen bu ağırlıklar, sistemde modele ait bilginin taşındığı noktalardır. YSA ‘nın eğitilmesi, sisteme verilen örnek girdiler için beklenen çıktı değerlerini üretmesini sağlayacak ağırlık değerlerinin bulunması işlemidir [25].



Şekil 3. Nöron Yapısı

Temel bir nöron çıkış sinyali eşitlik (1) ‘deki gibi ifade edilmektedir [26].

$$y = f(w^t x) \quad (1)$$

Burada  $w$  ağırlık vektörü,  $x$  ise giriş vektörü olup eşitlik (2) ve (3) ‘te verilmiştir.

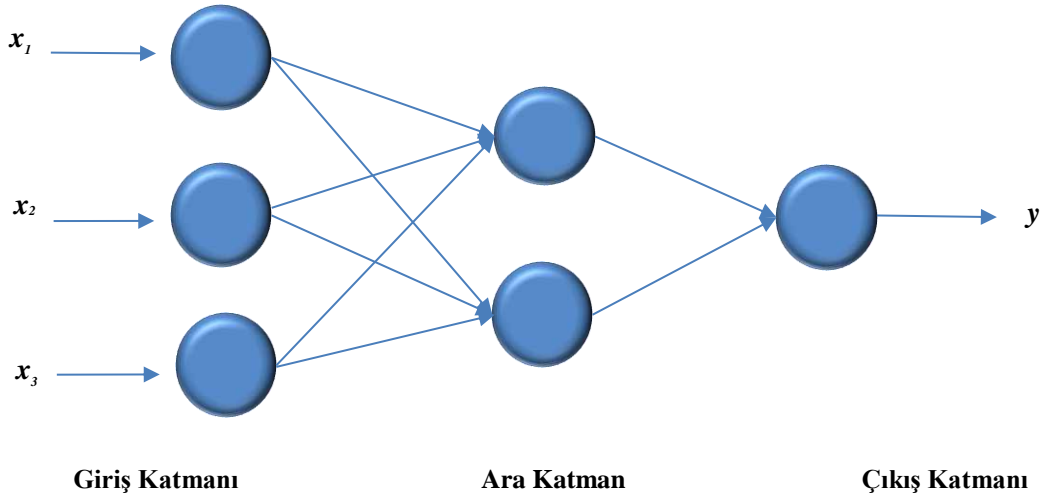
$$w = [w_1 w_2 \dots w_n]^t \quad (2)$$

$$x = [x_1 x_2 \dots x_n]^t \quad (3)$$

Genellikle eşitlik (4) ‘teki gibi bir  $net$  değişkeni tanımlanır ve aktivasyon fonksiyonu  $f(net)$  biçiminde kullanılır [26].

$$net = w^t x \quad (4)$$

YSA yapısı temelde giriş, ara ve çıkış olmak üzere üç katmandan oluşmaktadır. Giriş katmanı, uygulanan probleme ait eğitim örneklerinden oluşan veri kümesinden gelen bilgileri ara katmana iletmektedir. Ara katman, giriş katmanından gelen bilgiyi işleyip çıkış katmanına göndermektedir. Ara katman sayısı birden fazla olabilmektedir. Çıkış katmanı ise ara katmandan gelen bilgiyi işleyerek, ilgili girişe karşı üretilecek çıkışı hesaplamakta ve çıkış veri kümesinin oluşumunu sağlamaktadır [23,24,27,28]. Şekil 4’te çok katmanlı bir YSA yapısı verilmiştir.



Şekil 4. Çok Katmanlı YSA Yapısı

YSA hücre modellerinde kullanılan çeşitli tipte aktivasyon fonksiyonları bulunmaktadır. En uygun tanımlamanın yapılabilmesi için aktivasyon fonksiyonunun seçilmesi önemlidir. Lineer, basamak, eşik, hiperbolik tanjant gibi türleri olan aktivasyon fonksiyonunun en yaygın kullanılan tipi sigmoid fonksiyonlardır. YSA'nın eğitiminde, tanjant sigmoid (Tansig), logaritmik sigmoid (Logsig) ve lineer (Purelin) aktivasyon fonksiyonları ara katman ve çıkış katmanları için literatürde sıklıkla tercih edilmektedir [23,29].

#### 4. Simülasyon Çalışmaları

Bu çalışmada, internet üzerinden ses iletimi yapılırken ölçülen MOS kalite değerlerini tahmin etmek amacıyla referans sinyal gerektirmeyen YSA model yapısı tasarlanmıştır. YSA modelin tercih edilme sebebi ise öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilme, oluşturabilme ve keşfetme yeteneklerine sahip olmasıdır. Önerilen model yapısı Şekil 5 'te gösterilmiştir. Model yapısı 2 giriş ve 1 çıkıştan oluşmaktadır. Şekil 5 'te sunulan yapı, delay ve paket kaybı gibi ağ parametrelerini dikkate alarak MOS çıkış değerini tahmin edebilen çok katmanlı YSA 'dır. Burada MOS\_Ysa ile tahmin edilen MOS değeri ifade edilmektedir.



Şekil 5. MOS Tahmini İçin Tasarlanan Çok Katmanlı YSA Model

Genellikle YSA mimarisinin ileri beslemeli ve tekrarlamalı olmak üzere iki tip vardır. Bu çalışmada ileri beslemeli tipi tercih edilmiştir. Şekil 1 'deki topoloji üzerinde 183 adet test yapılmış ve elde edilmiş veriler kaydedilmiştir. Bu veriler içerisinde rastgele seçilen 157 adet veri YSA 'nın eğitiminde kullanılırken 26 adet veri ise YSA 'nın testi için kullanılmış ve MOS değerleri tahmin edilmeye çalışılmıştır. Oluşturulan model için dikkate alınan veri aralıkları Tablo 2 'de verilmiştir. Bu sınır değerleri çerçevesinde gerçek değerler [-1, +1] aralığına normalize edilerek modelin gerçek MOS değerlerine daha yakın sonuçlar elde etmesi amaçlanmıştır. YSA 'nın simülasyonu Matlab platformunda gerçekleştirilmiştir. Simülasyon çalışmalarında modelin eğitimi için 1000 adımlık bir benzetim çalışması yapılmıştır. Eğitimlerde farklı adım büyüklükleri de testler yapılmış ancak optimum sonuçlar 1000 adımlık testlerde elde edilebildiği için bu şekilde seçilmiştir.

Tablo 2. Model İçin Dikkate Alınan Veri Aralıkları

Delay (ms)	Paket Kayıp Oranı (%)	MOS Değeri
1 - 57	0 - 0,42	4,40 - 4,50

Bu çalışmada, farklı paket kayıp oranı ve delay değerlerine sahip ses paketlerinin MOS değerleri için çeşitli simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. POLQA yöntemi ile ölçülen MOS değerlerinin IP ağındaki delay ve paket kaybı verilerine bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. YSA modeli içerisindeki ara katmanda, farklı sayılarda nöron kullanılarak simülasyonlar gerçekleştirilmiştir. YSA modelin parametre eğitimleri için üç farklı algoritma kullanılmıştır. Bu algoritmalar LM (Levenberg Marquardt), BR (Bayesian Regulation) ve RPROP (Resilient Backpropagation) 'dır. LM, BR ve RPROP algoritmaları kullanılarak tasarlanan modelin eğitim ve test verileri için sergilediği en iyi minimum, ortalama ve maksimum yüzde hataları Tablo 3 'de gösterilmiştir. Tablo 3 'ün oluşturulması amacıyla her algoritma için ara katman tipi 2x2, 2x3, 2x4, 2x5, 3x2, 3x3, 3x4, 3x5, 4x2, 4x3, 4x4, 4x5, 5x2, 5x3, 5x4, 5x5 olmak üzere 16 farklı şekilde tasarlanarak testleri yapılmıştır. Bütün algoritmalara ait testlerdeki en iyi sonuçlar seçilerek karşılaştırma yapılabilmesi amacıyla Tablo 3 'te sunulmuştur.

Tablo 3. MOS Problemi için Tasarlanan Çok Katmanlı YSA Modelin Performansı.

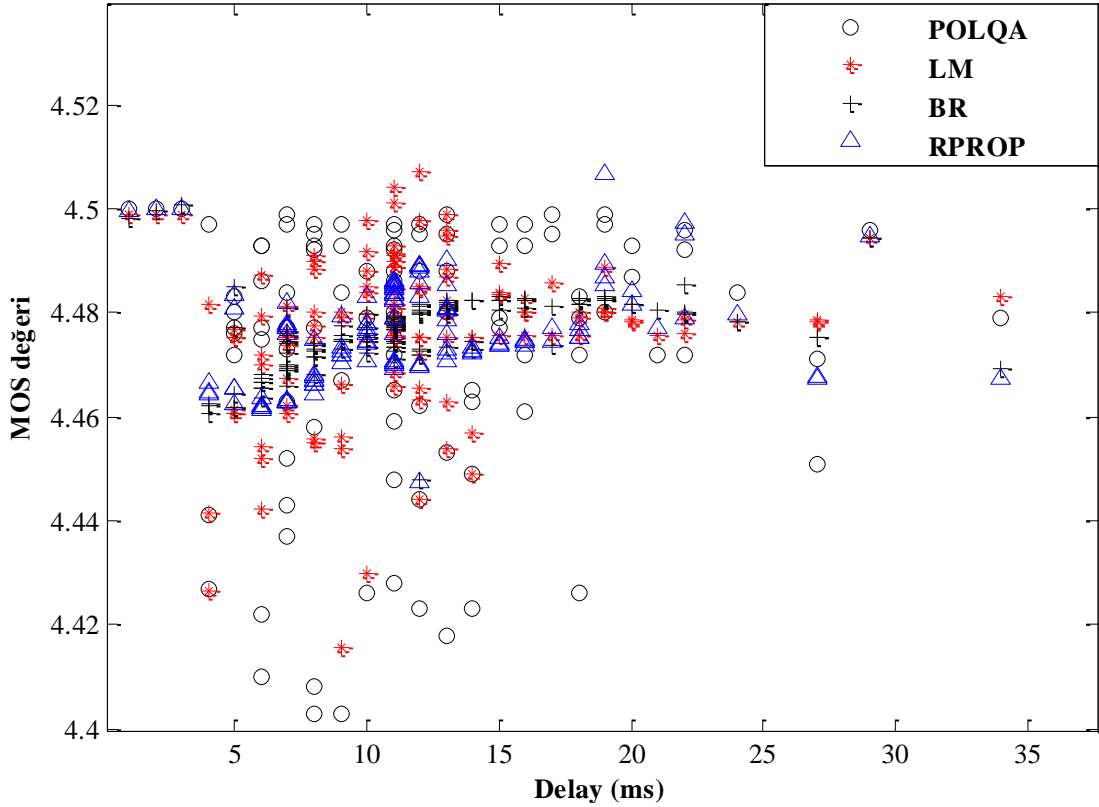
Algoritma Tipi	Ara Katman Tipi	Simülasyon Tipi	Minimum % Hata	Ortalama % Hata	Maksimum % Hata	MSE
LM	(3x4)	Eğitim	1,6712 e-04	2,4039 e-01	1,8227	2,7581 e-04
		Test	6,6030 e-03	5,6452 e-01	1,8227	7,4331 e-04
BR	(4x4)	Eğitim	1,1705 e-03	3,0221 e-01	1,5893	3,9588 e-04
		Test	9,0971 e-02	8,2331 e-01	1,5893	4,5291 e-04
RPROP	(4x5)	Eğitim	3,8259 e-04	2,7987 e-01	1,5290	3,6987 e-04
		Test	2,7954 e-03	7,6368 e-01	1,5290	4,6254 e-04

YSA kullanılarak elde edilen modelleme hataları, eşitlik (5)'te verilen ortalama karesel hata (Mean Square Error, MSE) yöntemi ile hesaplanmıştır. Bu performans kriteri, YSA modelinin başarısını ortaya koymak için yardımcı olmuştur.

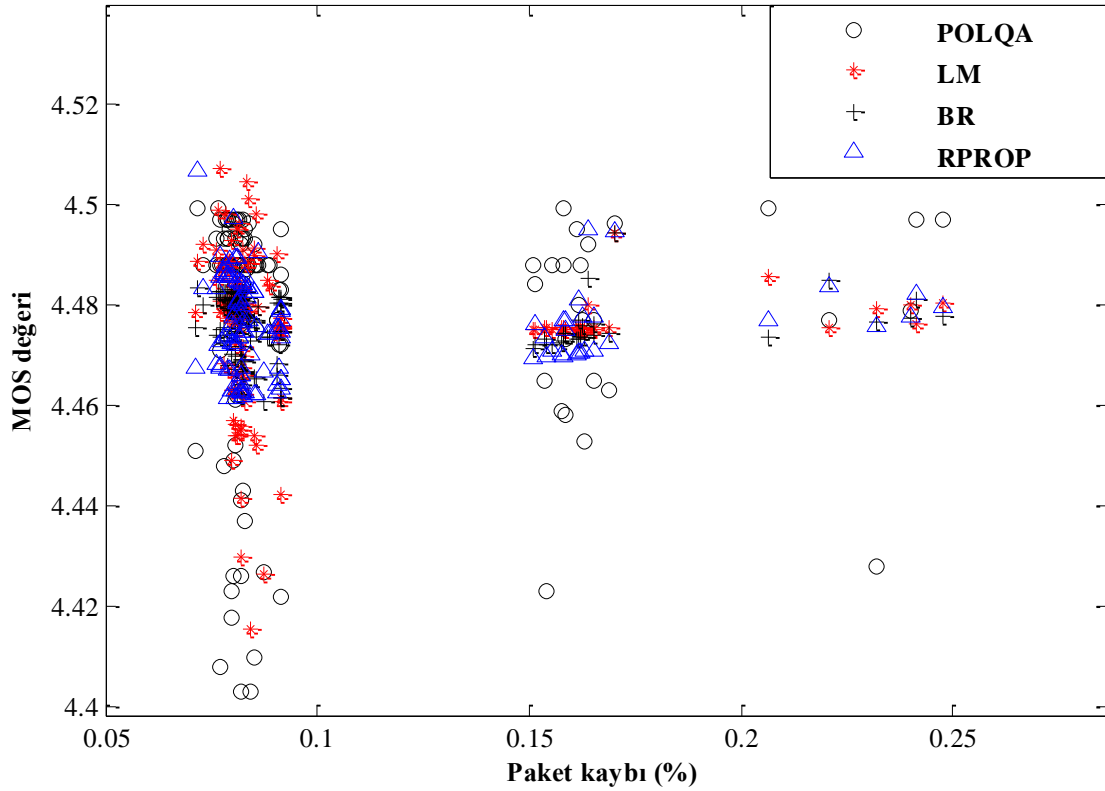
$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (d(n) - y(n))^2 \quad (5)$$

Bu ifadeye verilen  $d(n)$ , istenilen çıkış değeri,  $y(n)$ , gerçek çıkış değeri ve  $N$  ise örnek sayısıdır. Tablo 3 'de verilen çıktılara göre elde edilen sonuçlar kabul edilebilir değerler arasındadır. Çalışma da kullanılan algoritmalar karşılaştırıldığında ise birbirine yakın sonuçlar elde etmelerine rağmen LM algoritmasının daha başarılı sonuçlar ürettiği gözlenmiştir. Tabloya göre en iyi sonuç ise modelin (3x4) 'lük kural yapısında iken LM algoritması kullanılarak elde edilmiştir. Bu modelde (3x4) olarak gösterilen değerler gizli katmanda yer alan işlemci eleman sayılarını belirtmektedir.

Eğitim sürecindeki POLQA ve tahmin edilen MOS çıkış değerlerinin, delay giriş verileri ile olan ilişkisi Şekil 6 'da verilmiştir. Şekil 7' de ise POLQA ve tahmin edilen MOS çıkış değerlerinin, paket kaybı giriş verileri ile olan ilişkisi verilmiştir. Heriki şekilde de YSA modelin 3 farklı algoritma kullanılarak eğitildiği süreçteki MOS tahminleri gösterilmiştir. Şekillere göre LM algoritması kullanıldığında model çıkışının POLQA çıkışına çok yaklaştığı tespit edilmiştir. Bu şekillerde  $\circ$  sembolü POLQA modele ait MOS değerini,  $*$  sembolü LM algoritması kullanılan YSA modelin MOS tahminini,  $+$  sembolü BR algoritması kullanılan YSA modelin MOS tahminini,  $\triangle$  sembolü ise RPROP algoritması kullanılan YSA modelin MOS tahminini temsil etmektedir.

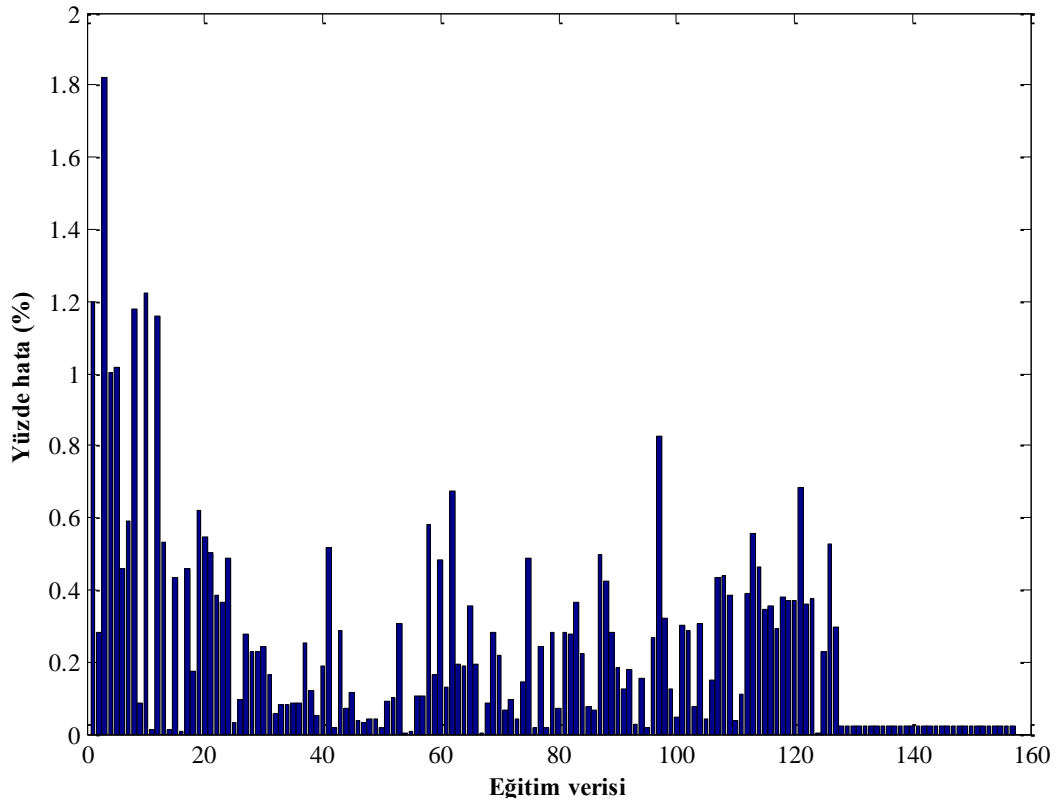


Şekil 6. Model Eğitiminde Delay &amp; MOS İlişkisi

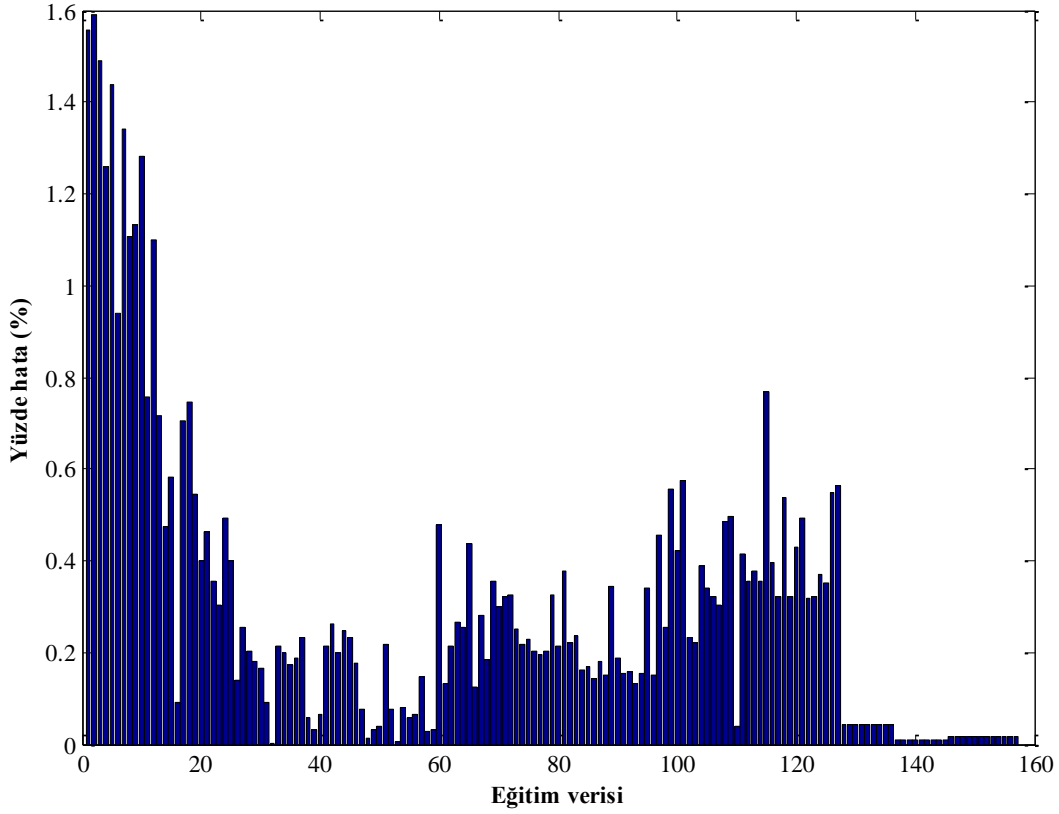


Şekil 7. Model Eğitiminde Paket Kaybı & MOS İlişkisi

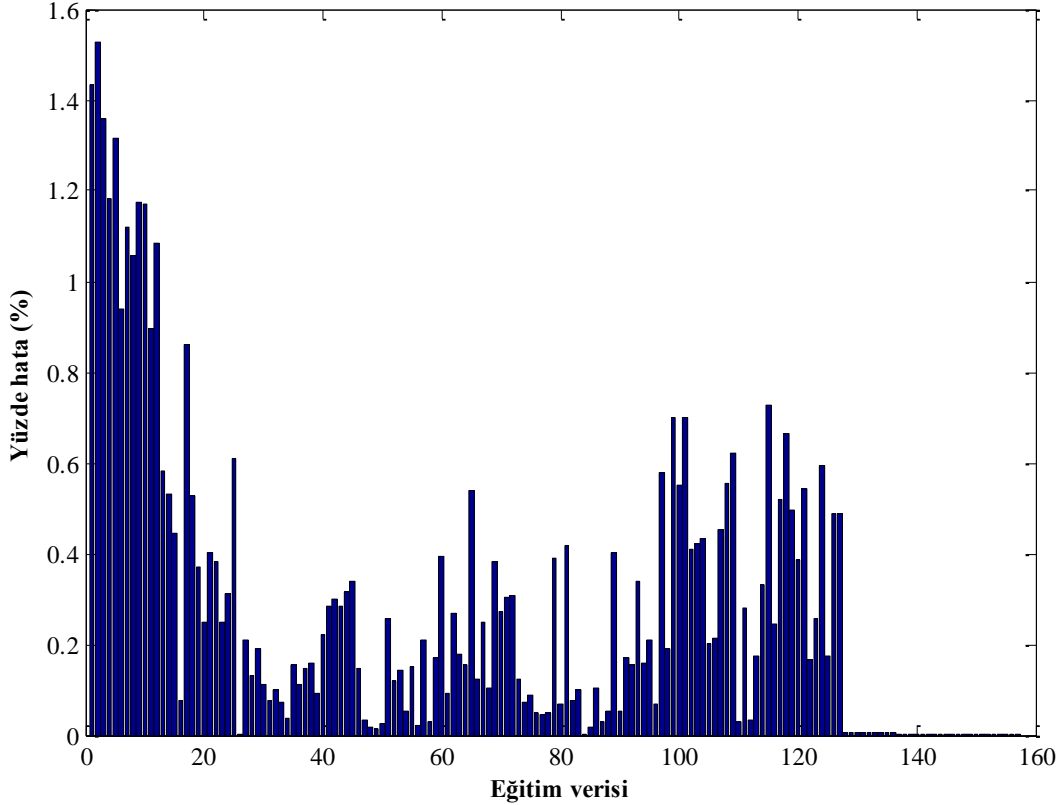
Bu eğitim sürecinde en iyi sonucu veren (3x4) kuralına sahip YSA modelin LM algoritması kullanıldığı durumda elde ettiği hata yüzdeleri ise Şekil 8 'de gösterilmiştir. Hata yüzdesinin ilk başta %1,2 olduğu ve eğitim süreci ilerledikçe hatanın % 0,2 'den daha aşağıya indiği gözlenmiştir. BR (4x4 kural) ve RPROP (4x5 kural) algoritması kullanıldığı durumda elde edilen hata yüzdeleri ise Şekil 9 ve 10 'da verilmiştir. LM' ye ait hata yüzde grafiğinin, BR ve RPROP hata yüzde grafiklerine göre daha hızlı ideal sonuca yakınsamaya çalıştığı görülmüştür.



Şekil 8. LM Algoritması ile Model Eğitimindeki Hata Yüzdeleri



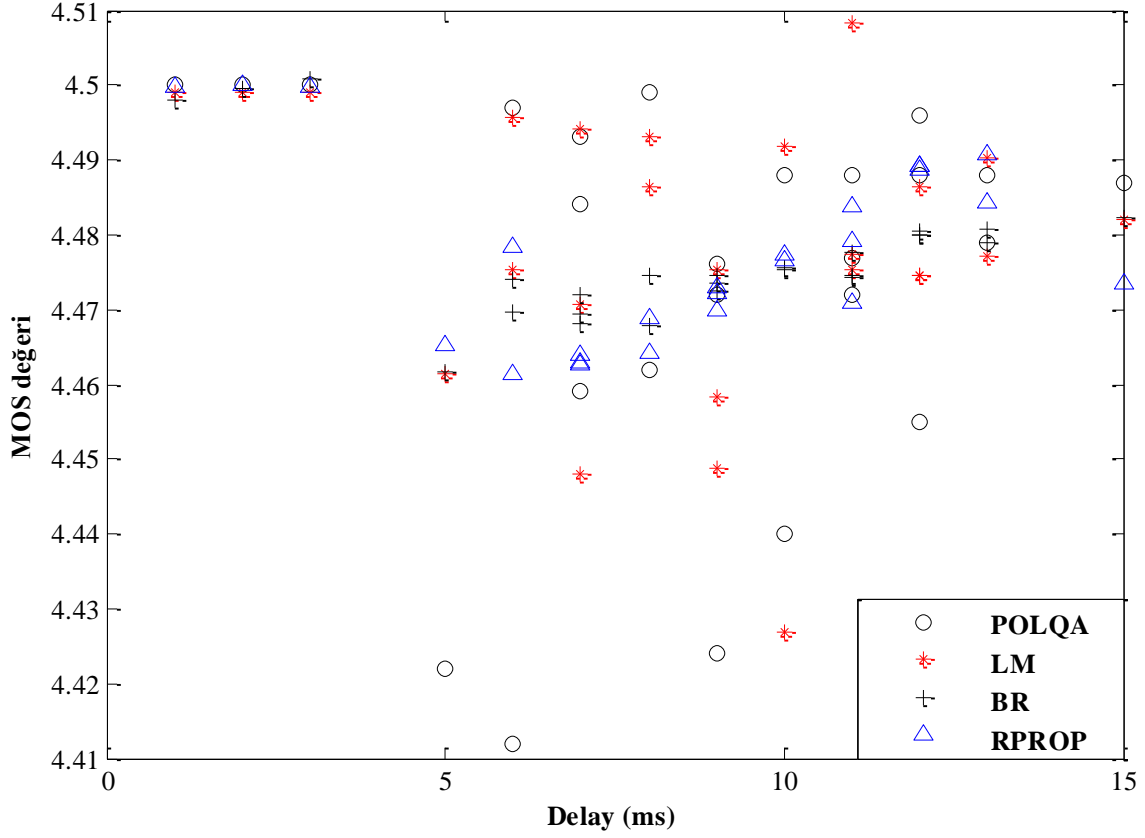
Şekil 9. BR Algoritması ile Model Eğitimindeki Hata Yüzdeleri



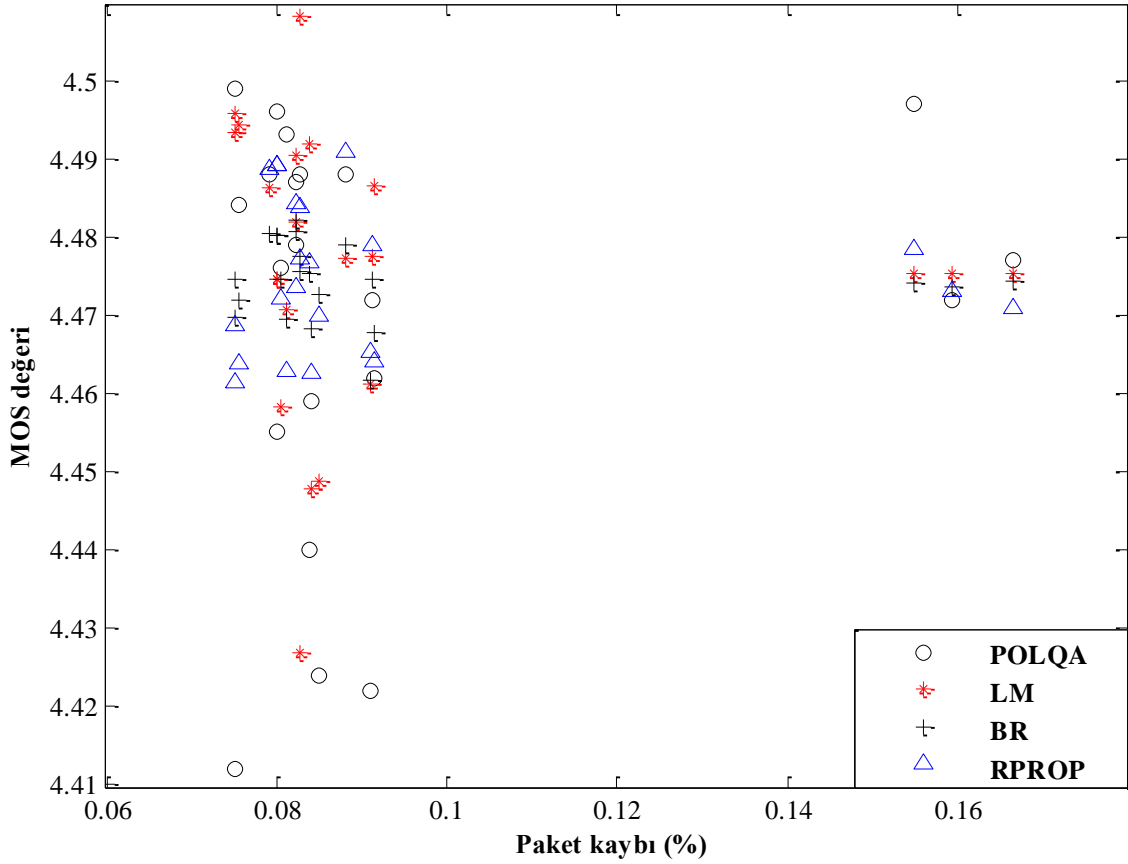
Şekil 10. RPROP Algoritması ile Model Eğitimindeki Hata Yüzdeleri

Test sürecindeki POLQA ve tahmin edilen MOS değerlerinin, delay giriş verileri ile olan ilişkisi Şekil 11 'de verilmiştir. Şekil 12' de ise POLQA ve tahmin edilen MOS değerlerinin, paket kaybı giriş verileri ile olan ilişkisi verilmiştir. Heriki şekilde de YSA modelin 3 farklı algoritma kullanılarak test edildiği süreçteki MOS tahminleri kullanılmıştır. Şekillere göre LM algoritması kullanıldığında model çıkışının POLQA çıkışına çok yaklaştığı tespit edilmiştir.





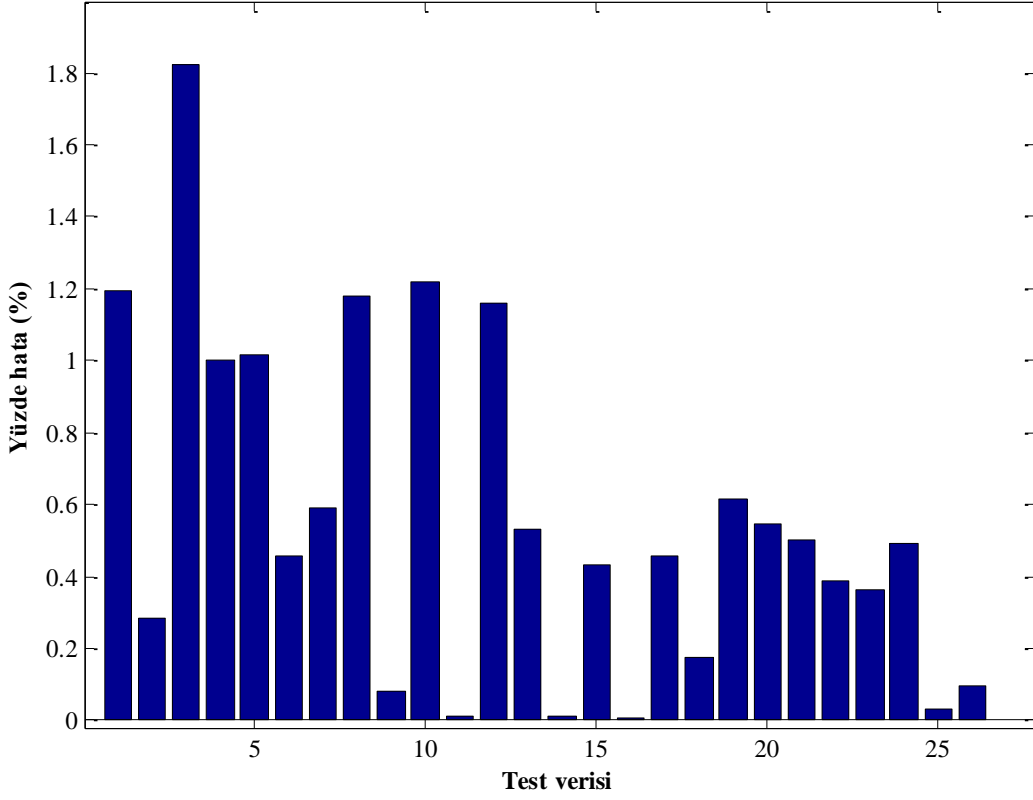
Şekil 11. Model Testinde Delay & MOS İlişkisi



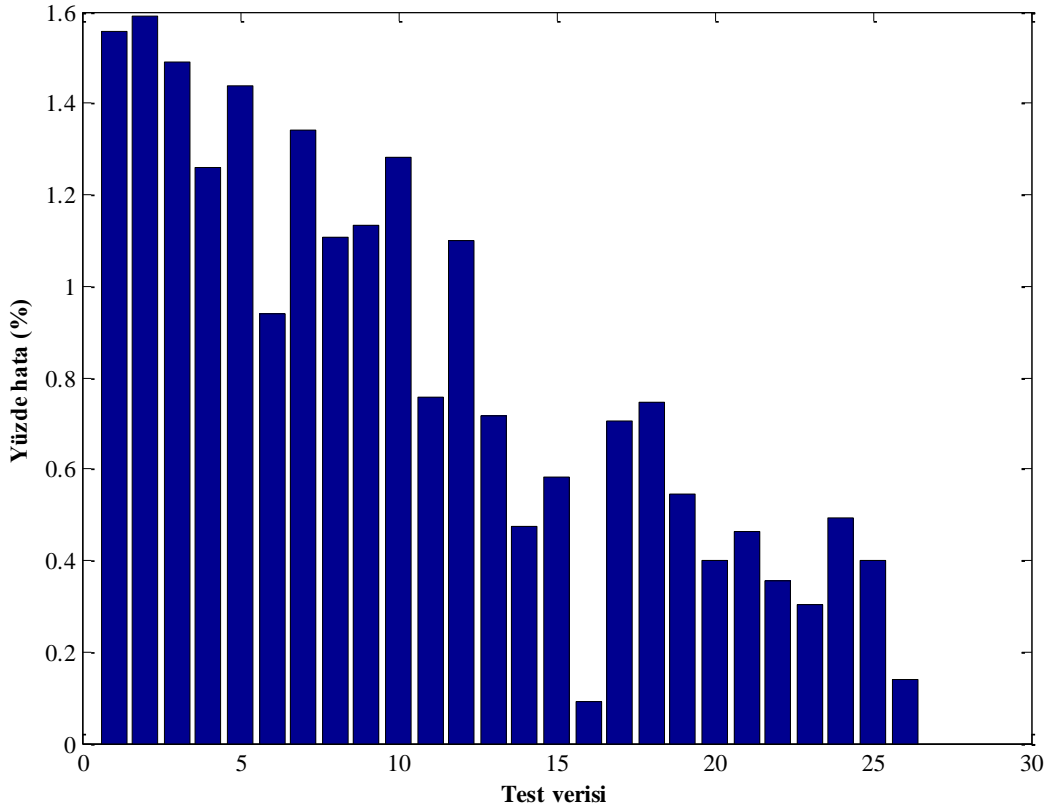
Şekil 12. Model Testinde Paket Kaybı & MOS İlişkisi

Test sürecinde en iyi sonucu veren (3x4) kuralına sahip YSA modelin LM algoritması kullanıldığı durumda elde ettiği hata yüzdeleri ise Şekil 13 'te gösterilmiştir. Hata yüzdesinin ilk başta %1,2 iken üçüncü test verisinde 1,8'e kadar çıktığı ve daha sonraki test verilerinde ise hatanın sürekli azaldığı gözlenmiştir. BR (4x4 kural) ve RPROP (4x5 kural) algoritması kullanıldığı durumda elde edilen

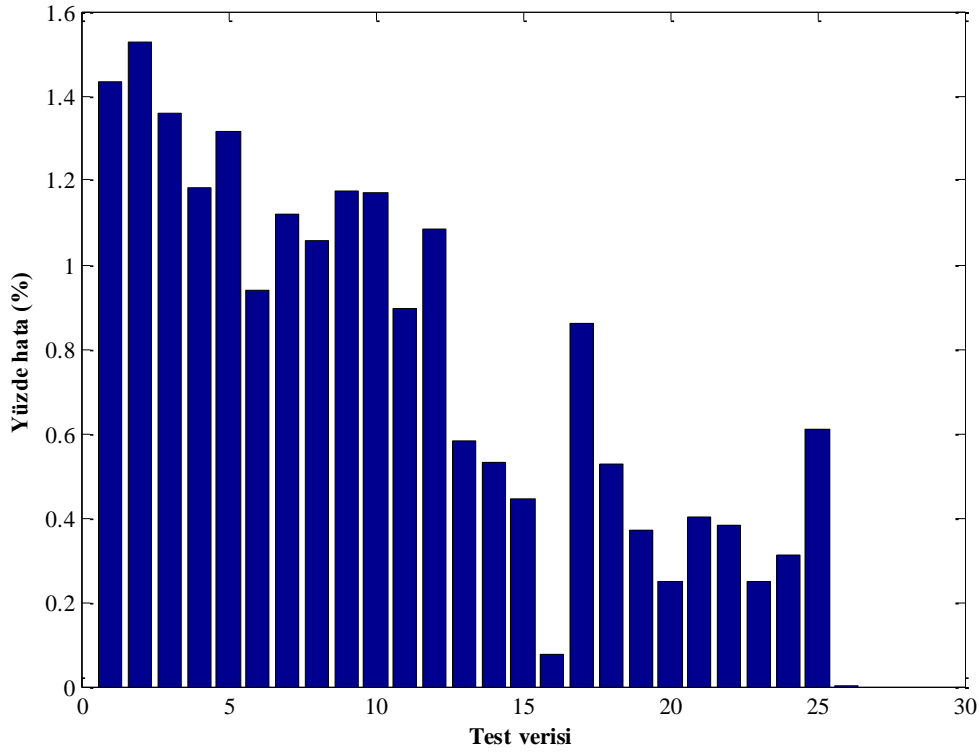
hata yüzdeleri ise Şekil 14 ve 15 'te verilmiştir. LM' ye ait hata yüzde grafiğinin, BR ve RPROP hata yüzde grafiklerine göre daha hızlı ideal sonuca yakınsamaya çalıştığı görülmüştür.



Şekil 13. LM Algoritması ile Model Testindeki Hata Yüzdeleri



Şekil 14. BR Algoritması ile Model Testindeki Hata Yüzdeleri



Şekil 15. RPROP Algoritması ile Model Testindeki Hata Yüzdeleri

Çalışmadaki bütün sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, tasarlanan YSA tabanlı modelin uygun şekilde eğitildiği zaman POLQA yöntemi ile ölçülen MOS değerlerini yüksek doğrulukta tahmin edebildiği gösterilmiştir. Elde edilen değerler bu sonucu destekler niteliktedir. Modellere ait ortalama yüzde hatalar da dikkate alındığında LM algoritması kullanılan YSA modelin biraz daha öne çıkan bir yaklaşım olduğunu söylemek yanlış olmayacaktır. Ayrıca, MOS tahmin probleminin çözümünde, önerilen YSA tabanlı modelin, mevcut yöntemlere alternatif olacağı da söylenebilir.

## 5. Sonuçlar

VoIP, internet platformunda en çok talep gören uygulamalardan biridir. Bu çalışmada, gerçek zamanlı IP ağları üzerindeki ses kalitesini (MOS) analiz etmek amacıyla çok katmanlı YSA model tasarlanmıştır. Burada ki esas odak noktası ITU-T tarafından önerilen POLQA yöntemindeki gibi herhangi referans ve bozulmuş ses sinyaline ihtiyaç duymadan alıcı tarafında sesin MOS kalite değerini hesaplayabilmektir. Testlerde farklı paket kayıp oranı ve delay sürelerine sahip ses paketleri için POLQA modeli kullanılarak MOS değerleri ayrı ayrı ölçülmüştür. Simülasyon sonuçları, YSA ile tasarlanan model yapısının ITU-T P.863 standardı olan POLQA model ile elde edilen MOS değerlerini yüksek doğrulukta tahmin edebildiğini göstermiştir. Önerilen model, YSA 'nın öğrenme yeteneği sayesinde MOS kalite değerini, herhangi insan görüşüne ihtiyaç duymadan ağdaki değişimlere kolaylıkla adapte olarak belirleyebilmektedir.

Bu çalışma ile MOS değerinin, IP ağındaki QoS parametreleri dikkate alınarak hesaplanabileceği ortaya konulmuştur. Çalışmada farklı kural yapılarında YSA modelleri tasarlanmıştır. Bu modellerin eğitiminde ise LM, BR ve RPROP algoritmasından yararlanılmış ve algoritmaların performansları karşılaştırılmıştır. En iyi sonuçlar, LM için (3x4) kural yapısında (MSE: 2,7581 e-04), BR için (4x4) kural yapısında (MSE: 3,9588 e-04), RPROP için (4x5) kural yapısında (MSE: 3,6987 e-04) elde edilmiştir. Model yapılarına ait en iyi sonuçların birbirine yakın olduğu gözlenmiştir. Modeller, minimum (% hata), maximum (% hata), ortalama (% hata) ve MSE kriterleri gözönüne alınarak değerlendirildiğinde ise LM 'nin öne çıktığı gözlenmiştir. Tasarlanan YSA modellerde, 4 ara katmana sahip olanların daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Modellerin başarısını arttırmak için farklı iterasyon sayılarının, kural yapılarının ve algoritmaların kullanılabileceği söylenebilir. Bu çalışma ile YSA temelli modellerin, ITU-T G.107 standardı olan E-model yapısına bir alternatif olarak kullanılabileceği gösterilmiştir. Gelecekte daha başarılı MOS tahmini yapabilmek için farklı ağ parametreleri de dahil edilebilir. Bu çalışmada sadece SIP temelli yaklaşım kullanılmış olup gelecekte farklı VoIP protokolleri kullanılarak elde edilen sonuçlar da karşılaştırılabilir.

## Kaynakça

- 1- Çalık, O., Ircioğlu, U., Karabulut Kurt, G., Pusane, A.E., Demiroğlu, A.S., & Kayık, G. (2016). Impact of retransmissions on the quality of experience in VoIP systems. *Elektrik-Elektronik-Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu ve Fuarı (ELECO)*, Bursa, 617-621.
- 2- Pala, Z. (2017). Kampüs ağlarında arkaplan trafiğin IP-tabanlı telefon sistemlerin ses kalitesi üzerindeki etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 55-63.

- 3- Al-Wahshat, H., Al-Maitah, M., & Al-Smadi, T. (2017). Voice quality for internet protocol based on neural network model. *Journal of Signal and Information Processing*, 8, 195-202. (<https://doi.org/10.4236/jsip.2017.84013>)
- 4- Agrisani, L., Capriglinoe, D., Ferrigno, L., & Miele, G. (2016). Measurement of the IP packet delay variation for a reliable estimation of the mean opinion score in VoIP services. *IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings*, Taipei, Taiwan, 1-6. (<https://doi.org/10.1109/I2MTC.2016.7520492>)
- 5- Hartpence, B. (2013). Packet Guide to Voice over IP. *O'Reilly press*.
- 6- Kadioğlu, R., Dalveren, Y., & Kara, A. (2015). Quality of service assessment: a case study on performance benchmarking of cellular network operators in Turkey. *Turk J Elec Eng & Comp Sci*, 23, 548-559. (<https://doi.org/10.3906/elk-1302-191>)
- 7- Nipp, O., Kuhn, M., Wittneben, A., & Schweinhuber, T. (2007). Speech quality evaluation and benchmarking in cellular mobile networks. *IEEE 2007 Mobile and Wireless Communications Summit*, Budapest, Hungary, 1-5. (<https://doi.org/10.1109/ISTMWC.2007.4299219>)
- 8- Mossavat, I. (2012). A hierarchical Bayesian approach to modeling heterogeneity in speech quality assessment. *IEEE T Audio Speech*, 20, 136-146. (<https://doi.org/10.1109/TASL.2011.2158421>)
- 9- ITU-T (1996). Recommendation P. 861, Objective quality measurement of telephone band (300 - 3400 Hz) speech codecs. (<https://www.itu.int/rec/T-REC-P.861-199608-S/en>), (Erişim Tarihi: Mayıs 2020).
- 10- Kuipers, F., Kooij, R., De Vleeschauwer, D., & Brunnström, K. (2010). Techniques for measuring quality of experience. *International Conference on Wired/Wireless Internet Communications (WWIC)*, Lulea, Sweden, 216-227.
- 11- Opticom GmbH. (2005). PESQ - Perceptual evaluation of speech quality. (<http://www.opticom.de/technology/pesq.php>), (Erişim Tarihi: Mayıs 2020).
- 12- Jelassi, S., Rubino, G., Melvin, H., Youssef, H., & Pujolle, G. (2012). Quality of experience of VoIP service: a survey of assessment approaches and open issues. *IEE Communications Surveys & Tutorials*, 14, 491-513. (<https://doi.org/10.1109/SURV.2011.120811.00063>)
- 13- Pocta, P., Cinar, Y., & Melvin, H. (2016). Black-box analysis of the extent of time-scale modification introduced by WebRTC adaptive jitter buffer and its impact on listening speech quality. *Journal Communications*, 18(1), 17-22.
- 14- Hines, A., Skoglund, J., Kokaram, A., & Harte, N. (2013). Robustness of speech quality metrics to background noise and network degradations: comparing VISQOL, PESQ and POLQA. *IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP)*, Canada, 3697-3701. (<https://doi.org/10.1109/ICASSP.2013.6638348>)
- 15- Gaoxiong, Y., & Wei, Z. (2012). The Perceptual objective listening quality assessment algorithm in telecommunication: introduction of ITU-T new metrics POLQA. *1st IEEE International Conference on Communications in China (ICCC)*, Beijing, China, 351-355. (<https://doi.org/10.1109/ICCCChina.2012.6356906>)
- 16- POMY, J. (2011). POLQA- The next-generation mobile voice quality testing standard. *ZNIIS / ITU Workshop*. ([https://www.itu.int/ITU-D/tech/events/2011/Moscow\\_ZNIIS\\_April11/Presentations/09-Pomy-POLQA.pdf](https://www.itu.int/ITU-D/tech/events/2011/Moscow_ZNIIS_April11/Presentations/09-Pomy-POLQA.pdf)), (Erişim Tarihi: Mayıs 2020).
- 17- Gerlach, O. (2012). Next-generation (3G/4G) voice quality testing with POLQA. ([https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl\\_downloads/dl\\_application/application\\_notes/1ma202/1MA202\\_1e\\_3G4G\\_voice\\_quality\\_testing\\_POLQA.pdf](https://scdn.rohde-schwarz.com/ur/pws/dl_downloads/dl_application/application_notes/1ma202/1MA202_1e_3G4G_voice_quality_testing_POLQA.pdf)), (Erişim Tarihi: Mayıs 2020).
- 18- Mishra, K.C., & Das, P.C. (2015). Measuring quality of service of VoIP based on artificial neural network approach. *International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering*, 5(3), 657-661.
- 19- Ren, J., Mao, D., & Wang, Z.W. (2009). A neural network based model for VoIP speech quality prediction. *Proceedings of the 2nd International Conference on Interaction Sciences: Information Technology, Culture and Human*, Seoul, Korea, 1244-1248. (<https://doi.org/10.1145/1655925.1656152>)
- 20- AL-Akhras, M., ALMomani, I., & Sleit, A. (2011). An improved E-model using artificial neural network VoIP quality predictor. *Neural Network World*, 21(1), 3-26. (<https://doi.org/10.14311/NNW.2011.21.001>)
- 21- Sun, L., & Ifeachor, E.C. (2002). Perceived speech quality prediction for voice over IP-based networks. *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, New York, USA, 1-5. (<https://doi.org/10.1109/ICC.2002.997307>)
- 22- Larijani, H., & Radhakrishnan, K. (2010). Voice quality in VoIP networks based on random neural networks. *Ninth International Conference on Networks*, Menuires, France, 89-92. (<https://doi.org/10.1109/ICN.2010.23>)
- 23- Konar, M. (2019). GAO algoritma tabanlı YSA modeliyle İHA motorunun performansının ve uçuş süresinin maksimizasyonu. *European Journal of Science and Technology*, 15, 360-367. (<https://doi.org/10.31590/ejosat.529093>)
- 24- Haykin, S. (1999). Neural networks-a comprehensive foundation, *Prentice Hall*, 2nd ed.
- 25- Öztürk, C. (2011). Yapay sinir ağlarının yapay arı kolonisi algoritması ile eğitilmesi. *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü*, (Doktora Tezi).
- 26- Kılıç, E., Özbalcı, U., & Özçalık, H.R. (2012). Lineer olmayan dinamik sistemlerin yapay sinir ağları ile modellenmesinde MLP ve RBF yapılarının karşılaştırılması. *Elektrik - Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu (ELECO)*, Bursa, 694-698.
- 27- Bağış, A., & Konar, M. (2010). Uçuş kontrol sistemi yakıt parametresinin yapay sinir ağları kullanılarak belirlenmesi. *Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu (ASYU'2010)*, Kayseri, Türkiye, 104-108.
- 28- Konar, M., & Bağış, A. (2016). Simultaneous computation of the speed and fuel parameters of flight control system by using Anfis and artificial neural networks. *24th Signal Processing and Communication Application Conference (SIU 2016)*, 1389-1392. (<https://doi.org/10.1109/SIU.2016.7496008>)
- 29- Oktay, T., Arik, S., Turkmen, I., Uzun, M., & Celik, H. (2018). Neural network based redesign of morphing UAV for simultaneous improvement of roll stability and maximum lift/drag ratio. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*, 90(8), 1203-1212. (<https://doi.org/10.1108/AEAT-06-2017-0157>).



# Tutumlu Bilgi Sistemleri Üzerine Bir İnceleme

Dilek Özdemir Güngör\*

<sup>1</sup> İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000- 0003-1661-3226)

(İlk Geliş Tarihi 21 Şubat 2020 ve Kabul Tarihi 6 Temmuz 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.692488)

**ATIF/REFERENCE:** Özdemir Güngör, D. (2020). Tutumlu Bilgi Sistemleri Üzerine Bir İnceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 691-702.

## Öz

Bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT) hayatımızın her alanında çeşitli sorunları çözmek için kullanılmaktadır. İnsanlar bir tür BİT bağımlısı haline geldikçe, tereddüt etmeden teknolojiye yatırım yapar hale de gelmiştir. Ancak, BİT herkes için görüldüğü kadar kolay ulaşılabilir bir kaynak değildir. Ayrıca geçtiğimiz yüzyılın başlarından itibaren doğal kaynakların mürifçe kullanılması nedeniyle Dünya'mız ciddi sürdürülebilirlik sorunları ile yüzleşmek durumunda kalmıştır. Günümüzde, tüketim trendlerinin sürdürülebilirlik lehine değiştirmek için ciddi bir çaba mevcuttur. BİT üretirken kullanılan kaynaklar düşünülecek olursa, bu alanda yatırım kararlarının zekice alınmasının ne kadar önemli olduğu anlaşılabilir. Bu çalışmada, tutumlu inovasyon yaklaşımının BİT projelerine nasıl uygulandığı ve tutumlu bilgi sistemlerinin (TBS) spesifik özelliklerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Tutumlu inovasyon, inovasyon tarihiyle karşılaştırıldığında yeni bir alan olduğundan, BİT yazımında tutumluluk kavramı üzerine istatistiksel yöntemler uygulamak için yeterli sayıda çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle meta-sentez metodolojisi tercih edilmiştir. Meta-sentez metodolojisi, örnek olayları inceleyerek konu hakkında derinlemesine bilgi edinilmesini sağlamakta ve çalışmanın amacına mükemmel bir şekilde uymaktadır. BİT ve mühendislik alanlarındaki yüksek kaliteli makalelere erişim sağladığından veri kaynağı olarak Web of Science ve SCOPUS veritabanları kullanılmıştır. Veri tabanlarından elde edilen çalışmalar arasında on örnek olay çalışması kalite kriterlerini karşılamıştır. Bu örnek olay çalışmaları meta-sentez yöntemi kullanılarak incelenmiştir. Bulgular, tutumlu BİT'in, BİT'den temel beklentileri karşılayabildiğini açıkça göstermektedir. Tutumlu yenilik yaklaşımını uygulayarak toplumun gelir düzeyi düşük kesimi için sosyal fayda sağlanması, kârlı iş modelleri geliştirilmesi, sürdürülebilirliğin desteklenmesi ve tasarruf edilmesi mümkündür.

**Anahtar Kelimeler:** Tutumlu İnovasyon, Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT), Tutumlu Bilgi Sistemleri, Sosyal Fayda, Sürdürülebilirlik

## A Study on Frugal Information Systems

### Abstract

Information and communication technologies (ICT) are used in every aspect of our lives in order to solve various problems. As people have become a kind of addicted to ICT, they invest in technology without hesitation. Yet, ICT is not a resource that is as easily available as it seems for everyone. Moreover, since the beginning of the last century, natural resources have been consumed so extravagantly that our world faces serious sustainability issues. Currently, there is a serious effort to shift consumption trends in favor of sustainability. Considering the resources used during ICT production, it can be understood how important it is to make investment decisions wisely. In this paper, it is aimed to understand how the frugal innovation approach is applied to ICT projects, and what specific characteristics frugal information systems have. As frugal innovation itself is a new area when compared to the history of innovation, there are not enough studies on the frugality concept in ICT literature to apply statistical methods. Therefore, meta-synthesis methodology is preferred. Meta-synthesis methodology helps to get in-depth insights into the subject by studying cases, and it perfectly fits the aim of the study. Web of Science and SCOPUS databases are used as these databases provide access to high-quality papers in the ICT and engineering areas. Among the papers from the databases, and ten case studies meet the quality criteria. The cases studies are investigated

\* Sorumlu Yazar: İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, İktisadi İdari Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000- 0003-1661-3226) [dilekozdemir@gmail.com](mailto:dilekozdemir@gmail.com)



by applying meta-analysis methodology. Findings clearly show that frugal ICT can satisfy basic expectations from ICT. By applying the frugal innovation approach, it is possible to provide social benefit for economically disadvantaged groups in society, develop profitable business models, support sustainability and save money.

**Keywords:** Frugal Innovation, Information and Communication Technologies (ICT), Frugal Information Systems, Social Benefit, Sustainability.

## 1. Giriş

İnsanlık tarihinin başından beri inovasyon hayatın bir parçasıdır. Günay ve Çalık inovasyonu “Daha iyi bir Dünya arayışı” olarak tanımlar (2019). Bu arayış mikro düzeyde şirketlerin, makro düzeyde ise ülkelerin geleceklerini etkileyen; önemli ekonomik sonuçlar doğuran bir arayış olduğundan (Kiraz, Canpolat, Erkan, ve Albayrak, 2018; Oralhan ve Büyüktürk, 2019) iş dünyasında ve akademik dünyada sürekli tartışılan, üzerinde kafa yorulan bir alan haline gelmiştir.

Temelde inovasyon teknolojik gelişim ve pazar beklentisi olmak üzere iki model ile açıklanmaktadır. İlk durumda yapılan bilimsel çalışmaların sonucu olarak inovasyon ortaya çıkar. Talep ürününün ortaya çıkmasından sonra oluşur. Bu model “teknolojinin itme gücü” olarak adlandırılır. İkinci durumda ise pazarda karşılanamayan bir ihtiyaç vardır. Bu ihtiyacı fark eden girişimci ya da girişimciler boşluğu kapatarak yüksek kar elde etmek amacıyla ihtiyaca yönelik araştırma geliştirme faaliyetleri yürütür ve inovasyonu gerçekleştirir. Bu nedenle de ikinci model “pazarın çekme gücü” adını almıştır. Ancak yapılan çalışmalar, inovasyonun çok daha karmaşık bir süreç olduğunu ortaya koymaktadır (Smith, 1987).

Alandaki bilgi birikimi ilerledikçe inovasyon farklı açılardan ele alınmış ve farklı inovasyon türleri tanımlanmıştır. Örnek olarak inovasyonun gerçekleştirildiği alana göre sınıflandırılması olan ürün, hizmet, organizasyonel ve pazarlama inovasyonları (Eraslan, Bulu, ve Bakan, 2008); getirilen yenilik düzeyine göre basit iyileştirmelerden radikal inovasyona kadar farklı sınıflara ayrılması (Özdemir Güngör ve Gözlü, 2012) verilebilir.

Bilgi teknolojilerinin hızla gelişip yaygınlaşması ile inovasyon süreçlerinde de ciddi değişiklikler meydana gelmiştir. İnovasyona katkıda bulunan aktörler, görevler, inovasyonun gerçekleştirildiği platformlar başta olmak üzere bir çok alanda değişim zorunluluk halini almıştır. İnovasyon hedefi olan tüm organizasyonların inovasyon süreçlerini değiştirmesi, bazılarını baştan tasarlaması ve dış kaynakları da bu süreçlere entegre etmesi gerekmektedir. Bu değişim yeni bakış açıları ve yeni inovasyon türlerinin doğmasına neden olmuştur (Satish Nambisan, Kalle Lyytinen, Ann Majchrzak, 2017).

İnovasyonlara yön veren bir başka konu da “sürdürülebilirlik”tir. İmaj oluşturma, toplumun üst sınıflarında yer aldığı gösterme, maddi gücünü kanıtlama gibi çabalarla gösterişçi bir tüketim davranışı benimseyen insanoğlu (Özgören-Kınlı, 2018; Shao, Grace, ve Ross, 2019) günümüzde kaynaklarının sınırsız olmadığı gerçeğiyle acı bir şekilde yüzleşmek durumunda kalmıştır (Huang ve Rust, 2011). Çevre bilincinin olduğu toplumlarda lüks tüketimden daha basit, sürdürülebilir tasarımlara doğru bir kayış olduğu görülmektedir (Martinez León ve Calvo-Amodio, 2017; White, Habib, ve Hardisty, 2019).

Klarin bibliometrik analiz kullanarak inovasyon tipolojisini incelediği makalesinde inovasyon türlerini radikal inovasyon, arttırımsal inovasyon, taklitçi inovasyon, yıkıcı inovasyon, sürdürülebilir inovasyon, tutumlu inovasyon, değer inovasyonu, tersine inovasyon ve Jugaad inovasyonu olarak tanımlamıştır. Gerçekleştirilen bir inovasyon, bu inovasyon türlerinden sadece birine ait olmak zorunda değildir. Bir inovasyon farklı inovasyon tiplerinin karakteristik özelliklerini taşıyabilir (Klarin, 2019). Kısacası inovasyon kavramı Dünya ile birlikte değişen ve gelişen bir kavramdır. Yeni koşullara ve kısıtlara göre yeni formlar alabilmektedir.

Bu çalışmanın odak noktası da tutumlu inovasyon ürünü olan tutumlu bilgi sistemleridir. Bilgi sistemlerinin günümüz ekonomisindeki yeri artık herkes tarafından bilinmekte, bu alanda yapılan inovatif faaliyetlere önem verilmektedir. Ancak Dünya’deki kaynakların çok hızlı tükenmesi, tüketimin sürdürülebilirliğini sağlamak için azaltılması zorunluluğu, inovasyon faaliyetlerinde sadece gelişmekte olan ülkelerin değil, herkesin kaynakları çok daha akılcı kullanması gerektiği de bilinen gerçeklerdir. Bu nedenle, tutumlu inovasyonun bilgi sistemleri alanında uygulanabilmesi önem arz etmektedir. Çalışmanın ilerleyen bölümlerinde öncelikle tutumlu inovasyon kavramı ve bilgi sistemleri ile arasındaki ilişki incelenmiştir. Sonrasında kullanılan metodoloji açıklanmış, sonuçlar paylaşılmıştır. Son olarak tartışma ve sonuç bölümlerine yer verilmiştir.

### 1.1. Tutumlu İnovasyon

Tutumlu inovasyon, ilk olarak 2006 yılında Renault-Nissan CEO’su Carlos Ghosn tarafından Tata Motor’un Nano modelini tanımlamak için kullanılan (wharton.upenn.edu, 2009); 2010 yılında The Economist dergisinde çıkan “First Break All the Rules” adlı makale ile ilgiyi üzerine çeken bir kavramdır. Kullanıcı temel ihtiyaç ve değerinden ödün vermeksizin ürünlerdeki, hizmetlerdeki ya da sistemlerdeki teknolojik karmaşıklığın ve maliyetin düşürüldüğü; mühendislik alanından doğan bir inovasyon türüdür. Kısıtlı kaynak ve mümkün olan en az yatırımla, eldeki kaynaklar kullanarak toplumun ekonomik olarak en alt seviyesinde bulunan, yoksul bireylerinin ihtiyaçlarının karşılanmasına yönelik yapılan inovasyonlardır. Basu ve diğerleri yapmış oldukları çalışmada tutumlu inovasyonun karakteristik özelliklerini sağlamlık, hafiflik (taşınabilirlik), mobil çözümler içermek, insan merkezli tasarım, basitlik, yeni dağıtım kanalları kullanma, mevcut ürünlerin adaptasyonu, yerel kaynakların kullanımı, yeşil teknolojiler ve ödenebilirlik (maliyet etkin) olarak

belirlemiştir (Basu, Banerjee, ve Sweeny, 2013). Tutumlu inovasyonun ortaya çıkışı teknoloji, tasarım, yönetim, yönetişim ve ekonomik gelişme alanlarında tamamen yeni, çok disiplinli bir araştırma alanı doğurmuştur (Altamirano ve Beers, 2017).

Tutumlu inovasyon etkileri doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki farklı açıdan incelenebilir. Doğrudan etkilerin anlaşılması için hedef kitleye bakılması gerekir. Hedeflenen kitle hali hazırda rafta bulunan en ucuz ürünü ya da verilmekte olan en ucuz hizmeti alacak ekonomik güce sahip olmayan kitledir. Dolayısıyla tutumlu inovasyon için en ucuzdan daha ucuz ürün ya da hizmet inovasyonudur denilebilir (Altamirano ve Beers, 2017; Rao, 2013). Bu nedenle de başta Çin ve Hindistan olmak üzere kıt kaynaklarla faaliyet gösteren firmaların bulunduğu gelişmekte olan ülkelere atfedilmiş; zamanla gelişmiş ülkelerin de ilgi alanına girmiştir (Altamirano ve Beers, 2017).

Dolaylı etkileri açısından incelendiğinde ise, toplumun ekonomik açıdan en alt seviyesinde bulunan bireylere yönelik ürün ve hizmetlerin sunulmasıyla yeni bir pazarın ortaya çıkmasını sağladığı ve yeni ekonomik faaliyetler başlattığı görülür. Tutumlu inovasyon örneklerine bakıldığında bu etki genellikle lokal düzeydedir. Yani lokal bir girişimin ürün ya da hizmetlerinden yine aynı lokasyondaki kitle faydalanır (Altamirano ve Beers, 2017; Rao, 2013).

Tata'nın Hindistan pazarı için tasarlayarak piyasaya sunmuş olduğu Nano, tutumlu inovasyonun en güzel örneklerindedir (Gaur ve Sahdev, 2015; M. Zeschky, Widenmayer, ve Gassmann, 2011). Benzer şekilde bir Çin firması olan Haier'in Mini Magical Child adını verdiği küçük çamaşır makinesi, yine bir Çin firması olan Galanz'ın küçük mikrodalga fırını yerel firmaların tutumlu inovasyon örnekleri olarak gösterilir. Bahsi geçen çamaşır makinesi ve mikrodalga fırın daha sonra Amerika pazarında da satışa sunulmuştur (M. Zeschky vd., 2011).

Tutumlu inovasyon ürünleri arasında katma değeri yüksek, gelişmekte olan ülkelere geliştirilerek gelişmiş ülkelere de alıcı bulan ürünler teknoloji ticaretinin yönünü değiştirmektedir. Gelişmekte olan ülke teknolojiyi ihraç eden, gelişmiş ülke ise teknolojiyi ithal eden konumuna gelir. Bu tip, teknoloji ticaretinin yönünü değiştiren inovasyonlar "Tersine İnovasyon" olarak adlandırılmaktadırlar. Bu açıdan bakıldığında tutumlu inovasyon ile tersine inovasyon arasında ciddi bir bağlantı vardır. Tutumlu inovasyon, hedeflenen kitleyi aşma potansiyeline sahiptir (Malodia, Gupta, ve Jaiswal, 2019; Winter ve Govindarajan, 2015).

Tutumlu inovasyonun oluşturduğu yeni pazarlar ve gelişmiş ülkelerin pazarlarındaki başarısı zamanla çok uluslu şirketlerin de ilgisini çekmiş, bu şirketlerde de ilgili pazarlara yönelik ürün ve hizmetler geliştirilmeye başlanmıştır. Tutumlu inovasyonun potansiyelini ilk fark eden çok uluslu şirketlerden biri General Electric'tir (GE). GE'nin Çin'deki sağlık teknolojileri bölümünde geliştirilen portatif ultrason; Hindistan'daki ARGE faaliyetlerinin ürünü, elde taşınabilir elektrokardiyogram modelleri olan Mac 400® ve Mac 800® sıklıkla çok uluslu şirketlerin tutumlu inovasyon örnekleri olarak gösterilmektedir (Rao, 2013). Hatta, The Economist dergisinin adı geçen makalesinde Mac 400®'ten "sadeleşmede bir başarı" olarak bahsedilir. Bu cihazda buton sayısı dörde indirilmiş ve portatif bilek makinelerinde kullanılan küçük yazıcı kullanılmıştır. Cihaz sırt çantasına sığabilecek boyutta indirgenmiş ve standart bir EKG cihazına göre çok daha ucuz hale gelmiştir (Ryder, 2010). Çok uluslu şirketlerin Hindistan'daki tutumlu inovasyon faaliyetlerini 3M ve Bosch örnekleri üzerinden inceleyen Ojha'ya göre her iki şirket de lokal pazarda başarının sırrının lokalde faaliyet gösteren, özerklik sahibi ARGE birimine bağlı olduğu sonucuna varmışlardır. Tutumlu inovasyonun başarısı, ARGE faaliyetlerinin tutumlu inovasyonu gerektiren bir ekonomik çevre içerisinde gerçekleşmesiyle artmaktadır (Ojha, 2014).

Tutumlu inovasyonun yıkıcılığının tartışıldığı bir çok makalede, tutumlu inovasyonun aynı zamanda yıkıcı inovasyon olduğu sonucuna da varılmıştır (Altamirano ve Beers, 2017; Malodia vd., 2019; Rao, 2013; Soni ve Krishnan, 2014). Yıkıcı inovasyon, küçük firmaların az kaynakla pazara girip, pazara hakim firmalara kafa tutması olarak tanımlanabilir. Pazara hakim büyük firmalar genellikle karlılığı en yüksek müşteri kitlesine odaklanırken, pazarda ihtiyaçları karşılanmamış, görece karlılığı düşük müşteriler kalır. Küçük firma pazardaki bu kitleyi ya da pazarda hiç yer almayan yoksul kitleyi müşteri kitlesi olarak hedefler ve bu kitleye uygun ürün ve hizmetler sunar. Zamanla küçük firmanın ürünleri pazardaki diğer müşteriler tarafından da kullanılarak ana akım ürünler haline gelir ve büyük firmalar açısından yıkıcılık gerçekleşmiş olur (Christensen, Raynor, Rory, ve McDonald, 2015). Bu nedenle de çok uluslu şirketlerin, gelir düzeyi düşük ülkelerdeki pazarları hedeflesinler ya da hedeflemesinler, tutumlu inovasyon felsefesini görmezden gelmeleri risklidir (Ojha, 2014). Sonuç olarak tutumlu inovasyon başta yoksul kitle olmak üzere herkes için katma değer yaratabilir (M. B. Zeschky, Winterhalter, ve Gassmann, 2014).

## **1.2. Tutumlu İnovasyon ve Bilgi Sistemleri**

20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren şahit olduğumuz üretkenlik artışı, sosyal ve ekonomik değişim "Bilgi Toplumu"nun oluşmasını sağlarken, bilgi toplumundan da beslenmiştir. Bu dönüşümün temelinde bilgi ve iletişim teknolojilerindeki (BİT) hızlı gelişme yer alır. BİT'in ekonomik büyüme üzerindeki etkileri incelendiği birçok çalışma anlamlı bir etkinin varlığını desteklemektedir. Bu çalışmalara göre BİT, ülkelerin diğer pazarlara entegrasyonunu ve uzun vadeli ekonomik büyümeyi sağlar (Cortés ve Navarro, 2011; Irawan, 2014). Ancak yapılan bazı araştırmalar BİT'in gelişmekte olan ülkelerin lehine olduğunu göstermektedir. Teknolojiyi geliştiren ülkeler o teknolojiyi nasıl kullanacaklarını bilir ve kendi ihtiyaçlarına uygun geliştirirken; gelişmekte olan ülkeler BİT'e yönelik bir stratejileri olmadan, teknoloji transfer ederek kullanmaya çalışırlar. Dolayısıyla BİT kullanımı gelişmekte olan ülkeler ile gelişmiş ülkeler arasındaki farkı kapatmamakta; hatta bu farkın artmasına neden olabilmektedir (Avgerou, 2003).

"BİT gelişme için ne yapabilir" sorusu ilk olarak bilgisayar bilimleri alanında ortaya konulmuş; zamanla sorunun çok boyutlu olduğu, bir çok disiplinin farklı açılardan konuyu ele alması gerektiği anlaşılmıştır. BİT'in toplumsal gelişmeye destek olabilmesi için çok

disiplinli çalışmaların BİT geliştirme projelerini desteklemesi gerekmektedir (Walsham, 2017). Teknolojinin fiziki olarak erişilebilir olması da çoğu zaman gelişmeyi desteklemekte yetersiz kalmaktadır. Gerçek anlamda bir katkı, kullanıcıların teknoloji okur yazarlıklarının, mevcut teknolojiyen faydalanacak düzeyde olması ile mümkündür (Alderete, 2017).

Avgerou BİT'in geliştirmekte olan toplumlarda inovasyon süreçleri ve gelişme üzerindeki etkisinin difüzyon teorilerinden sosyal yerleşiklik perspektifinden incelenmesinin daha etkili olacağını savunmuştur. Bu perspektiften BİT yerel olarak anlamlı, toplumca arzu edilen, sosyal dinamiklere uygun olarak geliştirilmeli; kapsayıcı olmalıdır. Avgerou'ya göre geliştirmekte olan ülkelerdeki BİT toplumun ekonomik olarak dezavantajlı gruplarının ihtiyaçları doğrultusunda geliştirilir ve toplumdaki tüm bireyleri kapsar hale gelirse, sosyoekonomik açıdan iyileşmelerin gerçekleşmesine katkıda bulunabilir. Teknoloji, kullanılacağı ekosisteme uygun olarak geliştirilmelidir (Avgerou, 2010; Nielsen, 2017). Tutumlu inovasyonun etkileri incelendiğinde, toplumun ürün ya da hizmetten yoksun kesimini hedefleyerek kapsayıcılığı arttırdığı, yeni pazarlar oluşturarak sosyo-ekonomik gelişmeyi desteklediği görülmektedir (Nari Kahle, Dubiel, Ernst, ve Prabhu, 2013). Dolayısıyla tutumlu inovasyon prensiplerinin BİT projelerinde uygulanması, gelişim amaçlı BİT kullanımını da destekleyebilir.

Tutumlu inovasyonun prensiplerinin bilgi sistemlerinin tasarımında uygulanması ile "Tutumlu Bilgi Sistemleri (TBS)" ortaya çıkar. TBS kullanıcının temel ihtiyacını karşılamaya yönelik, minimum kaynak ile geliştirilen inovatif sistemlerdir. Bilgi sistemi geliştirme projeleri zaman, maliyet ve kapsam olmak üzere üç kısıt altında gerçekleştirilir. TBS'nin ise maliyet etkin projeler olması gerektiğinden genellikle taviz verilen kısıt kapsamıdır. Her ne kadar kullanıcının temel ihtiyacının karşılanması zorunlu olsa da ikincil ihtiyaçlar çoğu zaman TBS projelerinde karşılanmaz. Genellikle tek ve temel ihtiyacın karşılanmasına odaklanılır (Watson, Kunene, ve Islam, 2013).

TBS'nin toplum üzerindeki etkisini inceleyen az sayıdaki çalışma, kitlesel faydalar yaratılabileceğini göstermektedir. Örneğin ekonominin içinde ciddi bir orana sahip olan mikro boyuttaki işletmelere yönelik web tabanlı finansal yönetim sistemi, işletmelerin karlılığını arttırabilmektedir (Khubisa, 2017). Güneş enerjisi ile çalışan ATM'ler, Hindistan'ın elektrik bağlantısı olmayan kırsal kesimlerinde, altyapı yatırımı gerektirmeksizin, ATM üzerinden gerçekleştirilebilen bankacılık hizmetlerine erişim sağlamaktadır (Agarwal ve Brem, 2017). Zhang'a göre tutumlu BİT, yüksek teknoloji ürünü BİT'ne göre daha hızlı yayılmaktadır (Zhang, 2018). Bu nedenle ciddi toplumsal sorunları çözmede kullanılabilir (Agarwal ve Brem, 2017).

TBS'nin geliştirilme koşulları klasik anlamda bilgi sistemlerinin geliştirilme metodolojilerinin kullanımını güçleştirebilir ya da imkansız hale getirebilir. Yine de tüm bilgi sistemlerinin dört temel yapıyı karşılaması gerekmektedir. Bu yapılardan ilki "aynı anda her yerde olabilme"dir. Bir bilgi sisteminin aynı anda her yerde olabilmesi için erişilebilir, ulaşabilir ve taşınabilir olması gerekir. İlk yapı bireyin her yerden bilgi sistemine, bilgi sisteminin de herhangi bir yerdeki bireye ulaşabilmesi ile ilgilidir. Zaman ve mekan kısıtı olmaksızın bilgiye erişim olarak da tanımlanabilir. Bir başka deyişle, kesintisiz bir bağlantı söz konusudur. Bir diğer yapı "tekillik"tir. Tekillik de lokalleştirme, özdeşleştirme ve taşınabilirlik gerektirir. Teklik koşulunu sağlayan bir sistem ile bağlantılı varlıkların ya da bireylerin coğrafi yeri ve tanımlayıcı temel özellikleri yani kimlik bilgileri elde edilebilir. Fiziki bir varlık dijital olarak tanımlanabilir. Bu sistemler bilgi kirliliği içermez. Üçüncü yapı "evrensellik"tir. Mobil ağlar ve mobil cihazlar üzerinden kullanılabilen sistemler donanım kısıtına takılmaksızın çalışabilirler. Son yapı "uyumluluk"tur. Kullanılan cihazdan bağımsız olarak mobil uygulamalar ve veri senkronizasyonu ile bilgiye erişim sağlanır (Junglas ve Watson, 2006).

Watson ve diğerleri bilgi sistemleri projelerindeki deneyimlerinden yola çıkarak, bilgi sistemlerinde tutumluluğun sağlanması için açık kaynak yazılımların kullanılması, kamu veya sivil toplum kuruluşları tarafından sağlanan veriden faydalanılması, değişim mühendisliği prensiplerinin uygulanması, kitle kaynaklı çalışmalar gerçekleştirilmesi, projelerde öğrenciler stajyerler gibi kısıtlı bütçelerle yaşamını sürdüren bireylere görev verilmesi gibi önerilerde bulunulmuştur. Önerilerinin geçerliliğini de iki örnek olay üzerinde incelemişler (2013). Yazına bakıldığında, TBS'ler ile ilgili örnek olay çalışmalarının yapıldığı görülmüş, ancak Başarılı TBS'nin karakteristik özelliklerinin incelendiği, bir geliştirme metodolojisinin önerildiği herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada da, yazından elde edilen örnek olaylar incelenerek TBS'nin karakteristik özellikleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

## **2. Metot ve Materyal**

### **2.1. Metod**

Bu çalışmada kalitatif meta-sentez metodu kullanılarak tutumlu bilgi sistemleri incelenmiştir. Kalitatif meta-sentez aynı konu üzerine yapılmış, kalitatif çalışmaların bulgularının sistematik olarak incelenerek sentezlenmesidir (Rahimi, Vimarlund, ve Timpka, 2009). Kalitatif çalışmalar, kantitatif çalışmaların tam olarak açıklayamadığı, beklenmeyen, anormal olarak kabul edilen sonuçların açıklanmasını sağlayabilmektedir. Kalitatif çalışmaların sistematik olarak incelenmesi ise daha kapsayıcı, genelleştirilebilir açıklamalara erişilmesini sağlar, teori oluşturmada etkili olur ve girişimlerin başarısını etkileyen nedenler hakkında ip uçları verir (Atkins vd., 2008). Bu çalışmada Noblit ve Hare (2008) tarafından ortaya konulan, Atkins ve diğerlerinin (2008) üzerinde önerilerde bulunarak geliştirdiği yedi adımlık meta-sentez sürecinden faydalanılmıştır. Metodolojinin tercih edilmesinin sebebi başta çıkış noktası olan tıp bilimi dışında birçok farklı alandaki çalışmalarda kullanılmış ve kendini kanıtlamış bir yöntem olmasıdır (Brody vd., 2017; Lazazzara, Tims, ve de Gennaro, 2019; Oya, Schaefer, ve Skalidou, 2018; Suthar vd., 2019). Metodolojinin adımları şöyledir;

**Adım 1:** Araştırma sorusunun tanımlanması. Bu aşama araştırma sorusu ve araştırma sınırlarının belirlendiği aşamadır.

**Adım 2:** İncelenmesi gereken çalışmaların belirlenmesi. Araştırmanın odak noktasına katkısı olabilecek yayınların belirlendiği ve kalite kriterlerine göre elendiği aşamadır.

**Adım 3:** Yayınların okunması. Bir önceki adımda belirlenen yayınların detaylı olarak okunması ve yayınlardan verinin derlenmesi aşamasıdır.

**Adım 4:** Yayınlar arasındaki ilişkilerin ortaya konulması: Bu adımda, bir önceki adımda belirlenen özelliklerin listelenir; ortak ve ayrışan özelliklerin belirlenir.

**Adım 5:** Çalışmaları birbirine çevirme: Bu aşamada incelenen tüm çalışmalar için, bir çalışmada geçen kavramların diğer çalışmalardaki varlığı ve bu kavram ile ilgili bulgu ve yorumlar incelenir. Araştırmaların kronolojik sıra ile incelenmesini önerilmektedir.

**Adım 6:** Bulguları sentezlenme: Çalışmada tanımlayıcı analizden, açıklayıcı analize geçildiği aşamadır. Eldeki veriden çıkarımlar yapılır. Bu aşamada tablo grafik gibi görseller kullanılarak gözlem birimlerinin ortak özellikleri belirlenir. Özel durumlar tanımlanır. Konu ile ilgili genel çıkarımlar yapılır.

**Adım 7:** Sentezin açıklanma: Bulguların yorumlandığı aşamadır.

Metodun detayları Atkins ve diğerlerinin (2008) çalışmasında yer almaktadır.

## 2.2. Materyal

Bu çalışmanın araştırma sorusu “Tutumlu inovasyonun bilgi sistemlerindeki yansımaları olan tutumlu bilgi sistemlerinin karakteristik özellikleri nelerdir?” olarak tanımlanmıştır. Çalışmanın amacı doğrultusunda, tutumlu bilgi sistemlerinin incelendiği örnek olaylara odaklanılması uygun görülmüştür. Örnek olay analizlerinin tercih edilmesinin nedeni yazarların yorumlarını bulgu ve deneyimlerine dayandırması ve olayla ilgili detaylı bilgi paylaşmasıdır.

Bu adımda uygun çalışmalara ulaşabilmek amacıyla Web of Science (WoS) ve Scopus veri tabanlarından faydalanılmıştır. Bu veri tabanları mühendislik ve bilgi teknolojileri ile ilgili belirli kalite standartlarını tutturmuş yayınlara erişim sağladıklarının güvenilir kaynaklar olarak kabul edilmektedir. Kullanılan sorgular ve elde edilen yayın sayıları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1 Veritabanlarında Kullanılan Sorgular ve Yayın adetleri

Veri Tabanı	Yayın Adedi	Sorgu
WoS	37	TS=((frugal AND (innovation* OR design*)) AND (information AND ( technolo* OR system*)))
Scopus	150	TITLE-ABS-KEY-AUTH ( frugal AND information AND ( technology OR technologies OR system OR systems ) )

Listeler birleştirilerek tekrarlanan yayınlar listeden çıkarıldığında 162 adet yayın olduğu görülmüştür. Listedeki yayınlar arasından analizde kullanılacak olan yayınlar başlık ve özetlerin okunması ile ayıklanmıştır. Ancak başlık ve özetin karar vermede yetersiz kaldığı durumlarda, analize katkı sağlayabilecek bir çalışmayı göz ardı etmemek amacıyla metnin tamamı okunmuştur. Analizde kullanılan yayınlar seçilirken kullanılan kriterler Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2 Değerlendirme Kriterleri

Değerlendirme Kriteri	Alt-kriter
Vaka analizi olması	Çalışmada bir ya da daha fazla vaka analizinin yapılmış olması
	Çalışmada tutumlu inovasyona örnek olabilecek bir sistemin incelenmiş olması
İçeriğin yeterliliği	Problemin ve karşılaşılan zorlukların net olarak tanımlanması
	Paydaşların sorunlarına çözüm sunmak için bilgi sisteminin nasıl kullanıldığının betimlenmiş olması
Yazım kalitesi	Konuyla ilgili daha fazla düşünmeyi ve tartışmayı teşvik etmesi
	Çalışmanın akışı
Çalışmanın faydası	Kullanılan dilin anlaşılabilirliği
	Uzun vadeli bir etki yaratabilmesi
Genel	Değerlendirici üzerinde bıraktığı etki

Değerlendirme süreci sonunda 6 yayının kullanılması uygun görülmüştür. Yayın listesi WoS ve SCOPUS’tan alındığından düşük yazım kalitesi nedeniyle elenen yayın olmamıştır. Ancak çalışmaların büyük bir kısmı ilk kriter olan vaka analizi olma kriterini karşılayamamıştır. Özellikle Scopus veri tabanından gelen yayınların arasında çok sayıda hızlı ve tutumlu algoritmaların geliştirilmesine yönelik yayınlar bulunmaktadır. Bu yayınların bir kısmı vaka analizi olsa da doğrudan tutumlu bilgi sistemi olarak tanımlanamadıklarından analiz dışı bırakılmıştır.

Uygun örnek olayların içeren yayınlar listesinin belirlenmesinden sonra, listedeki tüm çalışmalar baştan okunmuş ve TBS ile ilgili öne çıkan özellikler belirlenmiştir. Çalışma kapsamında altı yayından elde edilen on örnek olay incelenmiştir. İncelenen örnek olaylar şöyledir;

Örnek Olay 1: Ushahidi.com 2007 seçimleri sonrası Kenya’da hükümet yanlıları ve karşıtları arasında çıkan çatışmalar esnasında, hükümetin ana akım medyanın faaliyetleri engellemesi sonucu, toplumun bilgi paylaşabilmesi için geliştirilmiş web ve mobil telefon tabanlı bir sistemdir. Kenyalı bir aktivist olan Oryo Okolloh’un ülkedeki şiddet olaylarını bloğu aracılığıyla paylaşması ve halkı



karşılaştıkları şiddet olaylarını bildirmeye çağırması ile temelleri atılmış; ancak yoğun ilgi sonucu bilgi akışı manuel olarak idare edilemez duruma gelince Orkolloh takipçileri arasındaki teknoloji uzmanlarından destek istemiş ve üç gün içerisinde Ushahibi.com'un ilk beta versiyonu kullanıma alınmıştır. Kısa zamanda sistem web ve kısa mesajları harita üzerinde gösterir hale getirilmiştir. Birkaç ay sonra Güney Afrika'da yaşanan olaylar esnasında UnitedforAfrica.co.za'nın oluşturulmasında kullanılmıştır. Sistem daha sonra Kongo Demokratik Cumhuriyeti, Haiti, Yeni Zelanda ve Japonya'da doğal afet ve toplumsal olaylarda kullanılmıştır (Watson vd., 2013). Günümüzde ticari olarak faaliyetlerine devam etse de açık kaynak olarak kullanılabilen V2 ve V3 versiyonları mevcuttur ("Donate - Ushahidi", y.y.).

Örnek Olay 2: PalliNet Bangladeş'te çiftçilerin pazarda oluşan başta fiyat bilgisi olmak üzere pazar ile ilgili doğru bilgiye erişmesini sağlamak üzere oluşturulmuş, cep telefonu üzerinden erişilebilen bir tarımsal pazar bilgi sistemidir. Toplumun en yoksul kesimini oluşturan çiftçilerin ürünlerini satarken pazar bilgisine erişememeleri, kar oranlarının da düşük kalmasına neden olmaktadır. Devlet tarafından oluşturulan web tabanlı bilgi sistemi çiftçilerin bilgiye ulaşımını sağlayamadığından başarısız olmuş; hedef kitlenin bilgilendirilmesini sağlayacak bir bilgi sisteminin oluşturulması gerekmiştir. PalliNet temelde önceden kayıt edilmiş çiftçilere, en yakın pazarda oluşan fiyatların bildirilmesi için oluşturulmuş bir sistemdir. Sisteme önceden tanımlanmış veri toplayıcılar her sabah topladıkları veriyi SMS ile sunucuya göndermekte ve bu bilgi kullanıcıların erişimine sunulmaktadır. Kullanıcılar arasında elektrik güç kaynağına erişimi kısıtlı olanlar, okumayı bilmediği için yardım almadan bilgiye erişemeyenlerin oranı yüksek olmasına rağmen çiftçiler sistemden memnun olduklarını, temel ihtiyaçlarının karşılandığını ve pazarlık güçlerinin arttığını belirtmişlerdir (Islam ve Grönlund, 2010; Watson vd., 2013).

Örnek Olay 3: 2011 yılında Japonya'da meydana gelen deprem iletişim sisteminin çökmesine neden olmuş; haberleşme ağı uzun süre kullanılamamıştır. İletişim alt yapısının kullanılabilir olduğu yerlerde de uzun süreli elektrik kesintisi ve acil güç jeneratörlerinin yetersiz olmasından dolayı iletişim sisteminden faydalanılamamıştır. Bu nedenle deprem gibi doğal afet durumlarında daha esnek, daha hızlı ayağa kaldırılabilen, afet sonrası faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için elverişli sistemlere ihtiyaç duyulmaktadır. Sistemin temel yetkinliklere sahip olması ve temel iletişimi sağlayacak band genişliğine sahip olması yeterlidir. Deprem sonrası ilk günlerde bilgi sisteminden temel beklenti deprem mağdurlarının yerinin ve durumunun belirlenmesi, acil desteğe ulaşabilmelerinin sağlanması ve kayıpların belirlenmesidir. Sistem, doğal afet durumlarından kullanılacak bir akıllı telefon uygulamasıdır (Sakurai, Watson, Abraham, ve Kokuryo, 2014).

Örnek Olay 4: Bills ve diğerleri ise Kenya gibi şehirleşmenin hızlı olduğu yerlerde yol kalitesini izlemek için kullanılacak, GPS verisi kullanarak çalışan bir izleme sistemi önermiş ve kullanılabilirliğini Nairobi örneği üzerinden göstermişlerdir. Önerilen sistem ile GPS verisi trafik akışındaki dalgalanmaları izleyerek yollardaki bozulmaların ve bozulmaların türlerinin tanımlanmasında kullanılabilir (Bills, Bryant, ve Bryant, 2014).

Örnek Olay 5: Weqia.com, 2013 yılında Çin'de kurulmuş ve hizmet olarak yazılım formunda geliştirilen bir kurumsal sosyal ağ (KSA) platformudur. Firmanın vizyonu mobil teknolojiler kullanarak organizasyon çalışanları arasındaki iletişimi sağlayacak taşınabilir, güvenli ve özel bir sistem oluşturmaktır. Firmanın kuruluş aşamasında piyasada hali hazırda yer alan KSA seçeneklerinin sadece bilgisayarlarda kullanılabilmesi, cep telefonlarının hızla yaygınlaşıyor olması ve mevcut çözümlerin süreçlerdeki hantallığı giderememesi Weqia.com fikrinin ortaya çıkmasını ve gelişmesini sağlamıştır. Birçok çalışanın çalışırken mobil mesajlaşma uygulaması olan WeChat kullanıyor oluşu, WeChat benzeri kurumsal bir uygulama geliştirilmesi fikrini doğurmuştur. Weqia uygulaması bilinçli olarak WeChat'e benzer olarak tasarlanmış ve kurumsal ihtiyaçlara uyarlanmıştır. Bir start-up olarak az sayıda çalışanla kurulan firma temel müşteri ihtiyaçlarının ve değişmekte olan iş çevresinin analizini doğru yaparak, düşük bir bütçe ile piyasaya girmiş ve hızla pazar payını arttırmayı başarmıştır. Müşteri beklentileri doğrultusunda gerçekleştirilen geliştirmeler firmanın başarısını desteklemiş, 2016 yılına gelindiğinde büyük bir kısmı kobi olan 150.000'den fazla firmada kullanılan bir platform halini almıştır (Sun, Cao, Tan, ve Shang, 2016).

Örnek Olay 6, 7 ve 8: Altamirano ve Beers çalışmalarında Kenya'da verilmekte olan üç hizmeti örnek olay olarak incelemişler. Bunlardan ilki M-Pesa, Vodafone ve Safari.com tarafından sunulan, banka hizmetlerinden faydalanabilecek gücü olmayanlara yönelik, düşük eğitim düzeyindeki bireylerin kullanabileceği kadar basit tasarlanmış bir fon transfer sistemidir. Önceden kayıt olmuş kullanıcılar bayiilerden hesaplarına para yatırabilmekte ve çekebilmektedirler. Ayrıca kullanıcılar kısa mesaj yoluyla fon transferi de gerçekleştirebilmektedirler. M-Pesa üç buçuk yıl içerisinde Kenya halkının %70'i tarafından kullanılmaya başlanmıştır. Kullanıcılarının %50'si kırsal kesimde yaşayan, gelir düzeyi düşük çiftçilerdir. Çalışmaya konu olan bir diğer örnek olay Kilimo-Salama, M-Pesa sistemi üzerine kurulan, çiftçilere yönelik bir mikro sigorta sistemidir (Altamirano ve Beers, 2017). Syngenta Sürdürülebilir Tarım Vakfı, UAP Sigortacılık ve Safaricom'un ortaklığı ile verilen bir hizmettir. Sistemde sigorta primleri ekilen alanın yüz ölçümüne göre belirlenir. Çiftçiler cep telefonu üzerinden sisteme kayıt yaptırır. Hava koşullarının otomatik olarak indekslendiği bir sistem kullanılarak yıllık yağış düzeyi izlenir. Yağış düzeyinin belirli limitlerin dışında kalması durumunda her hangi bir başvuru gerektirmeksizin çiftçilere sigorta ödemesi yapılır. Ödemeler bayiiler üzerinden gerçekleşir (Kilimo-Salama, 2015). Çalışmadaki son vaka olan M-Farm PalliNet ile aynı amacı güden özel bir şirkettir. Sistemdeki araçlar farklı pazarlardaki talep miktarı ve fiyat bilgisini çiftçilerle paylaşır. Çiftçilerde kendileri için uygun buldukları teklifleri değerlendirerek ürünlerini satarlar. Ürünün kalitesinden araçlar sorumludur. Sistem çiftçilerin gelirlerinde %100'ün üzerinde artış olmasını sağlamıştır (Altamirano ve Beers, 2017).

Örnek Olay 9: Kleczka ve diğerleri vaka olarak Kenya'daki sağlık sisteminde klinik uygulama klavuzlarının kullanımını arttırmak ve izlemek amacıyla gerçekleştirilmiş bir projenin pilot uygulamasını incelemişlerdir. Kenya'daki sağlık hizmetlerinin büyük bir kısmını tıp eğitimi almamış sağlık personeli vermektedir. Bu personelin doğru adımları takip ederek hizmet sunmasını sağlamak ve verilen hizmetleri izleyebilmek amacıyla pilot uygulama için seçilen üç hastalığın klinik uygulamaya klavuzu oluşturulmuş ve bu klavuzlar için kauçuk baskı şablonları hazırlanmıştır. Kauçuk baskılar hizmet birimlerine dağıtılmış; böylelikle birimlerde bilgisayar ve yazıcı



bulundurma zorunluluğunun üstesinden geldiği gibi klavuzların önceden yüksek miktarda basılarak dağıtılması zorunluluğu da ortadan kalkmıştır. Veri toplamak için de her birime uygun fiyatlı akıllı cep telefonlarından birer adet bırakılmıştır.

Sistem son kullanıcı açısından çok basit bir şekilde çalışmaktadır. Sağlık personeli hasta geldiğinde kauçuk baskıyı kullanarak bir adet kağıt klavuz oluşturur. Klavuzdaki adımları takip ederek hizmeti verir. Bu esnada klavuzda doldurulması gereken alanları da doldurur. Sonrasında doldurulmuş olan klavuzun fotoğrafını çekerek uygulama aracılığıyla merkeze gönderir. Projenin ilerleyen adımlarında görüntü işleme yöntemleri ile fotoğraflardaki bilginin dijitale dönüştürülmesi hedeflenmektedir (Klecza vd., 2018).

Örnek Olay 10: INTPART, Hindistanda bir hastane için eldeki donanımı ve açık kaynak kodlarını kullanarak hasta merkezli bir hastane bilgi sisteminin geliştirilmesi projesidir. Proje ortak bir araştırma projesi olarak Oslo Üniversitesi'nin Informatic bölümü ve Chandigarh'da kurulmuş olan Tıp ve Eğitim Araştırmaları Enstitüsü tarafından gerçekleştirilmiştir. Projede yerel bir sivil toplum örgütü olan HISP de yer almış; ayrıca proje Norveç Araştırma Konseyi tarafından desteklenmiştir. Proje, projenin gerçekleştirilmesi için seçilmiş olan hastanede kurulan bir yaşam laboratuvarında yürütülmüş; projenin çekirdek ekibini seçilmiş hastane çalışanları, bir yazılım geliştirici ve bir veri giriş operatörü oluşturmuştur. Proje ile tüm veriler tek bir veritabanında tutulur hale getirilmiş; hekimlerin hasta bilgisine dijital ortamda erişebilmesi sağlanmıştır. Hastalar için de yerel alfabenin kullanıldığı kısa mesajlarla randevu hatırlatma sistemi oluşturulmuş; sağlık hizmetlerine erişimleri kolaylaştırılmıştır (Sahay, Faujdar, Nielsen, Kumar, ve Mukherjee, 2018).

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Araştırmanın Sonuçları

Örnek olaylardaki kavramların çıkarılması için altı makale detaylı olarak okunmuş ve Tablo 3 oluşturulmuştur. Tablo 3'te örnek olaylarda yazarların özellikle üzerinde durduğu noktalar verilmiştir. Atkins ve diğerlerinin (2008) önerisi doğrultusunda örnek olaylar yayın tarihlerine göre en eskiden yeniye doğru sıralanarak verilmiştir. Tekrarlanan özelliklere Tablo 3'te yer verilmemiştir.

Tablo 3 Çalışmalarda öne çıkan karakteristik özellikler

Çalışma	Öne Çıkan Özellikler	Örnek Olay*
“Frugal Information Systems (IS)” Yayın yılı: 2013	1. Aynı anda her yerde olma 2. Tekillik 3. Evrensellik 4. Uyumluluk 5. Mobil cihazların kullanımı 6. Kullanıcı-odaklılık	Örnek Olay 1: Ushahidi.com Örnek Olay 2: PalliNet
“Sustaining Life During the Early Stages of Disaster Relief with a Frugal Information System: Learning from the Great East Japan Earthquake” Yayın yılı:2014	7. Minimum düzeyde enerji gereksinimi 8. İletişim teknolojilerine ve araçlarına aşinalık 9. Çok yönlü uygulamalar 10. Veri tutarlılığı için kamu ve özel sektörün ortak çalışması	Örnek Olay 3
“Towards a Frugal Framework for Monitoring Road Quality” Yayın yılı:2014	11. GPS verisi kullanımı	Örnek Olay 4
“Developing Frugal IS Innovations: Applied insights from Weqia.com” Yayın yılı:2016	12. Stratejik imitasyon 13. Ürün viralliliği	Örnek Olay 5: Weqia.com
“Frugal Innovations in Technological and Institutional Infrastructure: Impact of Mobile Phone Technology on Productivity, Public Service Provision and Inclusiveness” Yayın yılı:2017	14. Kapsayıcılık 15. Üretkenlik 16. Toplumsal hizmet sunumu 17. İşlem maliyetlerini düşürme 18. Bilgi asimetrisinin azaltılması	Örnek Olay 6: M-Pesa Örnek Olay 7: Kilimo-Salama Örnek Olay 8: M-Farm
“Rubber stamp templates for improving clinical documentation: A paper- based, m-Health approach for quality improvement in low-resource settings” Yayın yılı:2018	19. Kağıt-dijital hibrit sistem	Örnek Olay 9
“Frugal digital innovation and living labs: A case study of innovation in public health in India”	20. Açık kaynak kullanımı 21. Lokal paydaşlarla ortaklık 22. Yaşam laboratuvarı kullanımı	Örnek Olay 10: INTPART

Yayın yılı:2018

\*Sadece bir ürün ya da hizmet olarak sunulmuş olan vakaların isimleri bulunmaktadır.

Bir sonraki adım ortak ve ayrılan özelliklerin belirlenmesidir. Atkins ve diğerleri (2008) bu aşamanın karmaşık olduğunu, kendilerinin inceledikleri çalışmalardan çıkardıkları temaların örtüşmemesi sorununu yaşadıklarını belirtmişler. Ancak bu çalışmada hem örnek olay sayısının az olması hem de yayınlarda öne çıkan özelliklerin çok benzer olmasından dolayı, belirtilen sorun yaşanmamıştır.

Bu adımda bir hafta ara ile altı makale iki kez okunmuş ve Tablo 4 hazırlanmıştır. Tablo 4 ile örnek olaylar arasındaki ilişki görselleştirilmeye çalışılmıştır. Tablo'daki "+" işaretleri örnek olaylarda geçen ve yazarların doğrudan kullandığı terimler; "\*" işaretleri ise yazarların doğrudan kullanmadığı ancak üzerinde durdukları terimlerdir. Örneğin ilk özellik olan "aynı anda her yerde olma" örnek olay 1,2,3 ve 5'te doğrudan yazarlar tarafından yazılmıştır. Diğer çalışmalarda ise yazarlar geliştirilen bilgi sisteminin ilgili hizmete erişimi zaman ve yer kısıtı olmaksızın sağladığından bahsetmektedirler. Bir diğer işaret olan "-" işareti ise ilgili özelliğe örnek olayda değinilmediğini göstermektedir.

Tablo 4 Karakteristik özellikler ve örnek olaylar arasındaki ilişkiler

Tutumlu Bilgi Sistemlerinin Öne Çıkan Özellikleri	Örnek Olaylar										TOPLAM	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	+	*
Aynı anda her yerde olma	+	+	+	*	+	*	*	*	*	*	4	6
Tekillik	+	+	+	*	*	*	*	*	*	*	3	7
Evrensellik	+	+	+	*	*	*	*	*	*	*	3	7
Uyumluluk	+	+	+	*	*	*	*	*	*	*	3	7
Mobil cihazların kullanımı	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	10	0
Kullanıcı-odaklılık	+	+	+	-	+	+	*	*	*	*	5	5
Minimum düzeyde enerji gereksinimi	*	*	+	*	-	-	-	-	-	-	1	3
İletişim teknolojilerine ve araçlarına aşinalık	*	*	+	-	*	*	*	*	-	*	1	7
Çok yönlü uygulamalar	-	-	+	-	*	*	-	-	-	*	1	3
Veri tutarlılığı için kamu ve özel sektörün ortak çal.	*	*	+	*	-	-	-	-	-	-	1	3
Açık veri kullanımı (GPS, meteoroloji vb.)	-	-	*	+	-	-	-	*	-	-	1	1
Stratejik imitasyon	-	-	-	-	+	*	-	-	-	-	1	1
Ürün virallliği	*	-	*	-	+	*	-	-	-	-	1	3
Kapsayıcılık	*	*	*	-	*	+	+	+	*	*	3	6
Üretkenlik	-	-	*	*	*	+	+	+	*	+	4	4
Toplumsal hizmet sunumu	*	*	*	*	-	+	+	+	*	*	3	6
İşlem maliyetlerini düşürme	*	*	*	*	*	+	+	+	*	*	3	7
Bilgi asimetrisinin azaltılması	*	*	*	-	*	+	+	+	*	*	3	6
Kağıt-dijital hibrit sistem	-	-	-	-	-	-	-	-	+	-	1	0
Açık kaynak kullanımı	-	-	-	*	-	-	-	-	-	+	1	1
Lokal paydaşlarla ortaklık	*	*	*	-	*	*	*	*	-	+	1	7
Yaşam laboratuvarı kullanımı	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	1	0

Tablo 4'e bakıldığında "mobil cihaz kullanımı"nın tüm örnek olaylarda öne çıktığı görülmektedir. Mobil cihaz kullanımını "kullanıcı odaklılık", "aynı anda her yerde olma", "tekillik", "evrensellik", "uyumluluk" ve "işlem maliyetlerinde düşüş" özellikleri izlemiştir. Bu özelliklerin hepsi on örnek olayda da yer almaktadır. Bu özellikleri "kapsayıcılık", "toplumsal hizmet sunumu" ve "bilgi asimetrisinin azaltılması" özellikleri izlemektedir. Her üç özelliğe de on örnek olaydan dokuzunda değinilmiştir. "İletişim teknolojilerine ve aşinalık", "lokal paydaşlarla ortaklık" ve "üretkenlik" özelliklerine sekiz örnek olayda yer verilmiştir. Bu noktada bir kırılma yaşanmış; bu özellikleri takip eden "minimum düzeyde enerji gereksinimi", "çok yönlü uygulamalar", "veri tutarlılığı için kamu ve özel sektörün ortak çalışması" ve "ürün virallliği" özellikleri sadece dört örnek olayda görülmüştür. Geri kalan özellikler ise üç ya da daha az örnek olayda ortaya çıkmıştır.

### 3.2. Tartışma

Bu çalışma yazında yer alan örnek olayların analizinden yola çıkarak TBS'nin karakteristik özelliklerini ortaya koymayı hedeflemiştir. Bu nedenle çalışmada yaşanan en önemli kısıt, örnek olay sayısıdır. Sayının az olması yapılan çalışmalarda yazında yeterince yer verilmemesi ya da bu çalışmaların tutumlu inovasyon kavramı ile ilişkilendirilmemiş olması olabilir. Sayı, bulguların geliştirilmesine yetecek düzeyde olmasa da TBS hakkında bir fikir sahibi olunmasına yetecek düzeydedir.

Örnek olaylara bakıldığında ortak özellikler olduğu gibi, incelenen örnek olaya has özelliklerin de bulunduğu söylenebilir. Örnek olay dokuzda kullanılan kağıt-dijital hibrit sistem diğer örnek olayların hiçbirinde yer almamaktadır. Örnek olay üç ve dokuzdaki akıllı

telefon kullanımları karşılaştırılacak olursa, tutumluluk kavramının ne kadar göreceli olduğu anlaşılabilir. Örnek olay dokuzda akıllı telefonu sahibi olmayan bireylerden hiç bahsedilmezken, örnek olay üçte kullanıcıların hiçbirinin akıllı telefon sahibi olmadığı varsayımı ile sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. Hatta örnek olay dokuz donanım yatırımı yapılan tek proje olduğundan, tutumlu inovasyon tanımını zorlayabilecek niteliktedir. Öyleyse, TBS'nin geliştirildiği ortama göre ciddi farklılıklar gösterebileceği ortadadır. Ortak özelliklerine bakıldığında ise her hangi bir bilgi sisteminden olan temel beklentilerin karşılandığı görülmektedir. Yine toplumsal hizmet sunumu, bilgi asimetrisinin azaltılması, ilgili kitle lehine işlem maliyetlerinde düşüş, üretkenlik artışı ve kapsayıcılık TBS öne çıkan özellikleridir.

Junglas ve Watson'a (2006) göre tüm bilgi sistemlerinin sağlaması gereken özellikler, Tablo 4'teki ilk dört özelliktir. İlk iki örnek olay yine Junglas ve Watson'ın (2006) çalışmalarından alındığından bu dört özelliği taşımaları beklenen bir durumdur. Ancak geri kalan sekiz örnek olayda da bu özelliklere değinilmiş olması, araştırmacıların tespitlerinin doğruluğunu kanıtlamaktadır. Aynı araştırmacılar TBS için açık kaynak yazılımların kullanılması, kamu veya sivil toplum kuruluşları tarafından sağlanan veriden faydalanılması, değişim mühendisliği prensiplerinin uygulanması, kitle kaynaklı çalışmalar gerçekleştirilmesi, projelerde öğrenciler stajyerler gibi kısıtlı bütçelerle yaşamını sürdüren bireylere görev verilmesi gibi önerilerde bulunulmuştur.

Link ve diğerlerinin bulguları Junglas ve Watson'ı destekler niteliktedir. Link ve diğerleri çalışmalarında açık kaynaklara katkı düzeyi ile ülkelerin gelişme göstergeleri ve girişimcilik faaliyetleri arasında pozitif ilişki olduğunu göstermiştir (Link, Kowal, ve Qureshi, 2020). Açık kaynak yazılımlara dayalı iş modelleri de ekonomik olarak değerini hızla kanıtlamıştır (Volpi, 2019). Örnek olaylara bakıldığında ise açık kaynak kullanımına sadece iki örnek olayda değinildiği görülmektedir. Bu durum ortaya çıkmasında farklı nedenler olabilir. Örneğin, kıt kaynaklar ile bir bilgi sistemi geliştirilirken açık kaynak alternatifinin yerine lisanslı bir yazılım kullanmanın akılcı olmayacağı herkesce bilindiğinden, yazarlar değinme ihtiyacı duymamış olabilirler. Bir başka alternatif açıklama ise TBS'nin tasarımcısı olan, bir başka deyişle örnek olaydaki hizmetleri sunan tarafın elindeki kaynakların açık kaynak kullanımını zorunlu kılmaması olabilir. Örnek olay altında proje ortakları arasında Vodafone ve Safari.com da bulunmaktadır. Bu şirketler zaten teknoloji şirketleri arasında yer aldığından, ilgili projede açık kaynak kullanımına ihtiyaç duymamış olabilir.

Kamu veya sivil toplum kuruluşları tarafından sağlanan veriden faydalanılması önerisi de sadece örnek olay üç ve dördte GPS verisinin kullanılması, örnek olay sekizde ise meteoroloji verisinin kullanımı ile görülmektedir. Bu örnek olaylar dışında, diğer örnek olaylarda açık verinin kullanılacağı bir nokta bulunmamaktadır. Öyleyse, ihtiyaç halinde açık veriden faydalanılması TBS'nin özelliklerinden biridir denilebilir.

Kitle kaynaklı çalışmalar gerçekleştirilmesi inovasyon bütçesinden bağımsız olarak her firmanın inovasyon potansiyelini arttıran bir yaklaşımdır (Munir, Linåker, Wnuk, Runeson, ve Regnell, 2018; Neinstein vd., 2016). İnovasyon sürecinde kitlesel yaratıcılıktan faydalanılmasını sağlar (Kohler ve Chesbrough, 2019). Ancak incelenen örnek olayların hiçbirinde tam anlamıyla uygulandığı söylenemez. Örnek olay birde Oryo Okolloh'nun takipçilerinden destek istemesi, örnek olay onda ise yaşam laboratuvarı kurularak hastane bilgi sistemi kullanıcılarının geliştirme sürecine dahil edilmesi kitle kaynaklarından faydalanmaya en yakın örnekler olarak değerlendirilebilir.

Junglas ve Watson'ın son önerisi ise zaten kısıtlı bir bütçe ile hayatını sürdürmek durumunda olan bireylerin TBS geliştirilmesinde aktif rol oynamasıdır. Örnekler olayların bazılarında az sayıda çalışan ile projelerin gerçekleştirildiğine değinilmiş olsa da çalışan profilinden bahsedilmemiştir. Bu nedenle bu öneri üzerinde yorum yapılamamaktadır.

Örnek olaylarda öne çıkan bir başka sonuç ise hizmet sağlayıcı noktasında TBS'lerinin de ileri teknoloji kullanabileceğidir. Örnek olay dokuzda son kullanıcıların akıllı telefonları yokken, toplanan veri üzerinde görüntü işleme tekniklerinin kullanılmasının planlanması ileri teknoloji kullanımı için güzel bir örnektir.

TBS, tutumlu inovasyonun bilgi sistemleri alanına uygulanması sonucu ortaya çıkan bir kavram olduğundan tutumlu inovasyon özelliklerini de taşıması beklenebilir. Yazında tutumlu inovasyonun karakteristik özelliklerini sağlamlık, hafiflik (taşınabilirlik), mobil çözümler içermeye, insan merkezli tasarım, basitlik, yeni dağıtım kanalları kullanma, mevcut ürünlerin adaptasyonu, yerel kaynakların kullanımı, yeşil teknolojiler ve ödenebilirlik (maliyet etkin) olarak belirtilmiştir (Basu vd., 2013). İncelenen örnek olaylarda belirlenen özelliklerle karşılaştırıldığında, sağlamlık ve yeşil teknolojiler özelliklerine hiç değinilmemiş olduğu görülür. Bu özelliklere değinilmemesinin nedeni TBS oluşturulurken örnek olay dokuz dışında hiçbir örnek olayda donanım yatırımı yapılmamış olması olabilir. Sadece örnek olay dokuzda, sağlık birimlerine dağıtılmak üzere düşük maliyetli akıllı telefon alındığından bahsedilmektedir. Diğer tüm örnek olaylarda sadece eldeki donanım kullanılarak inovasyonlar gerçekleştirildiğinden bu iki özelliğe rastlanmaması bir çelişki olarak değerlendirilmemelidir.

Taşınabilirlik ve mobil çözümler içermeye zaten tüm örnek olaylarda inovasyonun mobil telefon teknolojisi üzerine kurulmuş olması ile belirgin bir şekilde ortaya çıkmaktadır. İnsan merkezli tasarım, basitlik, yeni dağıtım kanalları kullanma, mevcut ürünlerin adaptasyonu özellikleri de kullanıcı odaklılık ve iletişim teknolojilerine ve araçlarına aşinalık özellikleri ile karşılanmaktadır. Örnek olaylar üç, dört ve beş dışındaki tüm örneklerde hedeflenen kitlelerin tek ortak özellikleri gelir düzeylerinin çok düşük olması değildir. Aynı zamanda eğitim düzeyleri de düşük olan bireylere TBS aracılığıyla hizmet götürülmesi hedeflenmiştir. Bu nedenle örnek olaylardaki hizmetler hedef kitlenin kullanabileceği kadar basit ve hali hazırda ellerinde var olan mobil telefonlarının teknik özelliklerine uygun olarak tasarlanmıştır. Örnek olayların bir çoğunda SMS kullanılmasının nedeni hedef kitledeki bireylerin akıllı telefonlarının bulunmamasıdır. Örnek olay üç Japonya'daki doğal afet sonrasında arama, kurtarma ve yardım faaliyetlerinin gerçekleştirilmesinde kullanılmak üzere tasarlanan bir uygulamadır. Japonya'da akıllı telefon kullanımının yaygın olması nedeniyle herhangi bir kişinin akıllı telefonunu olmaması durumuna bu örnek olayda değinilmemiştir. Örnek olay dört yol bakım çalışmalarında kullanılmak üzere tasarlanmıştır. Son kullanıcı belediyelerdir. Cep telefonları ise sadece veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Örnek olay beş ise kurumsal bir bilgi sisteminin tutumlu inovasyon olarak tasarlanmasını konu almaktadır. Hedeflenen kitle yoksul bireyler

değil; kısıtlı kaynakla faaliyet gösteren mikro işletmeler ya da kobilerdir. Hizmetler de bu kitlenin maddi olarak erişebileceği şekilde tasarlanmıştır. Dolayısıyla bu örnek olaylar uygulama alanları ve kullanıcıları açısından da diğerlerinden ayrılmaktadırlar. Yerel kaynakların kullanımı ve ödenebilirlik ise lokal paydaşlarla ortaklık ve işlem maliyetlerini düşürme olarak ortaya çıkmakta ve finansal bir hizmetin verilmesi amacıyla geliştirilen tüm örnek olaylarda açıkça görülmektedir.

TBS ile yazında sıklıkla yer alan tutumlu inovasyon örnekleri karşılaştırılacak olursa, ciddi farklar ortaya çıktığı görülebilir. Öncelikle yazında geçen tutumlu inovasyon örneklerinin hepsi ticari bir amaçla geliştirilmiş ürünlerdir. Örnek olaylara bakıldığında ise daha heterojen bir yapı ile karşılaşılmaktadır. Örnek olay beş, doğrudan az sayıda çalışanla yola çıkan, kar amacı güden bir işletmeyi konu almaktadır. Bu örnek olaydaki işletme pazardaki fırsatları iyi takip etmiş, inovatif çözümler sunarak pazarda karşılanmadan kalan bir ihtiyacı karşılamayı başarmıştır. Ancak diğer örnek olayların hiçbirinde ticari bir kaygıdan bahsedilmemektedir. Finansal hizmetleri konu alan örneklerde de kullanıcının finansal kazançlarından bahsederken, hizmet sağlayıcının kazanımlarına değinilmemiştir. Örnek olaylar bir, üç, dokuz ve onda ise hizmet sağlayıcının finansal bir kazancı bulunmamaktadır. Bu projelerde sosyal boyutun öne çıktığı söylenebilir. Dolayısıyla eldeki örnek olaylardan yola çıkarak TBS'nin tersine inovasyon potansiyelinin olduğu söylemek mümkün değildir. Ancak örnek olay bir gibi sosyal bir proje olarak başlayarak ticari bir girişime dönüşmesi yine de mümkündür.

Bir başka fark ise, TBS'lerin her zaman gelir düzeyi düşük bireyler için tasarlanması gerektiğidir. Örnek olay bir toplumsal bir kriz durumunda, örnek olay üç ise afet durumunda TBS'ye ihtiyaç duyulabileceğini göstermiştir. Bu nedenle kısıtlı zaman ve kaynakla gerekli bilgi akışını sağlayacak sistemleri tasarlayabilme yetisi, ekonomik gelişmişlikten bağımsız olarak tüm toplumlar için gereklidir yorumu yapılabilir.

#### 4. Sonuç

Bulgular, hızla değişen koşullar altında başta ekonomik nedenler olmak üzere doğal afetler, toplumsal olaylar gibi farklı nedenlerle TBS'ye ihtiyaç duyulabileceğini göstermiştir. Tutumluluk bu anlamda sadece finansal kısıtların ortaya çıkardığı bir zorunluluk değildir. İhtiyaç durumunda, ihtiyaçları karşılayabilecek bilgi sistemlerinin tasarlanabilmesi için eldeki teknolojik olanakları iyi tanımak ve yaratıcı çözümler geliştirebilme yetkinliğine sahip olmak gerekmektedir.

Ayrıca örnek olaylar, yüksek yatırımlar gerekmez, yaratıcı çözümler ve ihtiyaçların doğru anlaşılması ile düşük bütçeli ancak başarılı girişimler yapılabilmesini de göstermiştir. Bankacılık hizmetlerinden yoksun gruplar için geliştirilmiş hizmetlerin yayılma hızı, TBS'lerinin toplumsal fayda açısından ne kadar önemli bir rol oynayabileceğini göstermektedir. Örnek olay altı, örnek olay yedi ve sekiz için gerekli zemini oluşturmuştur. Yani, TBS'leri yeni tutumlu hizmetler için uygun koşulları oluşturarak da fayda yaratmaktadır. Ayrıca bu hizmetler tasarlanırken hedeflenmemiş olan farklı faydalar da ortaya çıkmaktadır. Örnek olaylar arasında yer alan para transfer sistemleri zaman içerisinde kullanıcılar tarafından bir birikim aracı olarak da kullanılmaya başlanmıştır. Bu sistemlerin kullanımının hızla yayılması, hizmet sağlayıcı açısından da ciddi karların elde edilebileceğini göstermektedir. Birim kar düşük olsa da, işlem hacmi yüksektir.

Sonuç olarak, TBS toplumsal sorunların çözümünden, ticari başarının elde edilmesine kadar birçok farklı alanda fayda sağlayabilir. Önemli olan ihtiyaçların doğru tanımlanması, eldeki teknolojik imkanların iyi tanınması ve çözüm odaklı bir mühendislik yaklaşımının sergilenmesidir. Bu çalışma TBS'lerin sağlayabileceği faydaları ortaya koyarken, TBS'lerinin geliştirilmesinde kullanılabilecek bir metodolojinin bulunmadığını göstermiştir. Gelecek çalışmalarda TBS'lerine yönelik metodolojilere odaklanılabilir. Hali hazırda bilgi sistemlerinin geliştirilmesinde kullanılan metodolojilerin aynı zamanda tutumlu olabilmesi için eklenmesi gereken adımlar araştırılabilir. Çalışma aynı zamanda TBS'lerine ilişkin yazında yeterince örnek olay olmadığını da ortaya koymuştur. TBS kavramının daha sağlam bir zemine oturulması ve daha geniş çevrelere yayılabilmesi için alanda daha fazla örnek olay incelemesine dayalı çalışmalar gerçekleştirilmelidir.

#### Kaynakça

- Agarwal, N., ve Brem, A. (2017). The Frugal Innovation Case of Solar-powered Automated Teller Machines (ATMs) of Vortex Engineering in India. *Journal of Entrepreneurship and Innovation in Emerging Economies*, 3(2), 115–126.
- Alderete, M. V. (2017). Examining the ICT access effect on socioeconomic development: the moderating role of ICT use and skills. *Information Technology for Development*, 23(1), 42–58.
- Altamirano, M. A., ve Beers, C. P. V. Van. (2017). Frugal Innovations in Technological and Institutional Infrastructure : Impact of Mobile Phone Technology on Productivity , Public Service Provision and Inclusiveness. *The European Journal of Development Research*, 30(1), 84–107.
- Atkins, S., Lewin, S., Smith, H., Engel, M., Fretheim, A., ve Volmink, J. (2008). Conducting a meta-ethnography of qualitative literature: Lessons learnt. *BMC Medical Research Methodology*, 8, 1–10.
- Avgerou, C. (2003). The Link between ICT and Economic Growth in the Discourse of Development. İçinde *Organizational Information Systems in the Context of Globalization* (ss. 373–386).
- Avgerou, C. (2010). Discourses on ICT and Development. *Discourses on ICT and Development*, 6(3), 1–18.
- Basu, R., Banerjee, P., ve Sweeny, E. (2013). Frugal Innovation: Core Competencies to Address Global Sustainability. *Journal of Management for Global Sustainability*, 1(2), 63–82. <https://doi.org/10.13185/jm2013.01204>
- Bills, T., Bryant, R., ve Bryant, A. W. (2014). Towards a frugal framework for monitoring road quality. İçinde *2014 17th IEEE International Conference on Intelligent Transportation Systems, ITSC 2014* (ss. 3022–3027). Qingdao, China: IEEE.
- Brody, C., de Hoop, T., Vojtkova, M., Warnock, R., Dunbar, M., Murthy, P., ve Dworkin, S. L. (2017). Can self-help group programs improve women's empowerment? A systematic review. *Journal of Development Effectiveness*, 9(1), 15–40.



- Christensen, C. M., Raynor, M. E., Rory, M., ve McDonald, R. (2015). What is disruptive innovation. *Harvard Business Review*, 93(12), 44–53.
- Cortés, E. A., ve Navarro, J. L. A. (2011). Do ICT Influence Economic Growth and Human Development in European Union Countries? *International Advances in Economic Research*, 17(1), 28–44.
- Donate - Ushahidi. (y.y.). 27 Ocak 2020 tarihinde, <https://www.ushahidi.com/donate> adresinden erişildi.
- Eraslan, H., Bulu, M., ve Bakan, İ. (2008). Kümelenmeler ve novasyona Etkisi : Türk Turizm Sektöründe Uygulamalar. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 5(3), 15–29.
- Gaur, L., ve Sahdev, S. L. (2015). Frugal innovation in India: The case of Tata Nano. *International Journal of Applied Engineering Research*, 10(7), 17411–17420.
- Günay, D., ve Çalık, A. (2019). İnovasyon , İcat , Teknoloji ve Bilim Kavramları Üzerine. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1–11.
- Huang, M. H., ve Rust, R. T. (2011). Sustainability and consumption. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 39(1), 40–54.
- Irawan, T. (2014). ICT and economic development: Comparing ASEAN member states. *International Economics and Economic Policy*, 11(1–2), 97–114.
- Islam, M. S., ve Grönlund, Å. (2010). An agricultural market information service (AMIS) in Bangladesh: Evaluating a mobile phone based e-service in a rural context. *Information Development*, 26(4), 289–302.
- Junglas, I., ve Watson, R. T. (2006). The U-Constructs: Four Information Drives. *Communications of the Association for Information Systems*, 17, 569–592.
- Khubisa, F. M. (2017). *Developing A Frugal Information System to Support Very Small Enterprise Business Transaction*.
- KilimoSalama. (2015). *Fact sheet: Kilimo Salama*. 30.01.2020 tarihinde, <https://kilimosalama.files.wordpress.com/2010/02/kilimosalama-fact-sheet-final11.pdf> adresinden erişildi.
- Kiraz, A., Canpolat, O., Erkan, E. F., ve Albayrak, F. (2018). İki Aşamalı Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS Yöntemleri Kullanılarak Ar-Ge Projelerinin Değerlendirilmesi. *European Journal of Science and Technology*, (14), 49–53.
- Klarin, A. (2019). Mapping product and service innovation: A bibliometric analysis and a typology. *Technological Forecasting and Social Change*, 149 (Mayıs).
- Klecza, B., Musiega, A., Rabut, G., Wekesa, P., Mwaniki, P., Marx, M., ve Kumar, P. (2018). Rubber stamp templates for improving clinical documentation: A paper-based, m-Health approach for quality improvement in low-resource settings. *International Journal of Medical Informatics*, 121–129.
- Kohler, T., ve Chesbrough, H. (2019). From collaborative community to competitive market: the quest to build a crowdsourcing platform for social innovation. *RveD Management*, 49(3), 356–368.
- Lazazzara, A., Tims, M., ve de Gennaro, D. (2019). The process of reinventing a job: A meta-synthesis of qualitative job crafting research. *Journal of Vocational Behavior*, (January), 103267.
- Link, G. J. P., Kowal, J., ve Qureshi, S. (2020). Open Source in Development: Enabling Business and Services. *Information Systems Management*, 37(1), 52–74.
- Malodia, S., Gupta, S., ve Jaiswal, A. K. (2019). Reverse innovation: a conceptual framework. *Journal of the Academy of Marketing Science*, 1–21.
- Martínez León, H. C., ve Calvo-Amodio, J. (2017). Towards lean for sustainability: Understanding the interrelationships between lean and sustainability from a systems thinking perspective. *Journal of Cleaner Production*, 142, 4384–4402. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.11.132>
- Munir, H., Linäker, J., Wnuk, K., Runeson, P., ve Regnell, B. (2018). Open innovation using open source tools: a case study at Sony Mobile. *Empirical Software Engineering*, 23(1), 186–223.
- Nari Kahle, H., Dubiel, A., Ernst, H., ve Prabhu, J. (2013). The democratizing effects of frugal innovation: Implications for inclusive growth and state-building. *Journal of Indian Business Research*, 5(4), 220–234.
- Neinstein, A., Wong, J., Look, H., Arbitter, B., Quirk, K., McCanne, S., Adi, S. (2016). A case study in open source innovation: Developing the Tidepool Platform for interoperability in type 1 diabetes management. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 23(2), 324–332.
- Nielsen, P. (2017). Digital Innovation: A Research Agenda for Information Systems Research in Developing Countries. İçinde *IFIP Advances in Information and Communication Technology* (ss. 269–279).
- Noblit, G. W., ve Hare, R. D. (2008). *Meta-ethnography: Synthesizing qualitative studies*. SAGE Publications.
- Ojha, A. K. (2014). MNCs in India: Focus on frugal innovation. *Journal of Indian Business Research*, 6(1), 4–28.
- Oralhan, B., ve Büyüktürk, M. A. (2019). Avrupa Birliği Ülkeleri Ve Türkiye'nin İnovasyon Performansının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle Kıyaslanması. *European Journal of Science and Technology*, Ağustos(16), 471–484.
- Oya, C., Schaefer, F., ve Skalidou, D. (2018). The effectiveness of agricultural certification in developing countries: A systematic review. *World Development*, 112, 282–312.
- Özdemir Güngör, D., ve Gözülü, S. (2012). Influencing factors of innovation for Turkish companies. *International Journal of Quality and Service Sciences*, 4(4), 374–386.
- Özgören-Kınlı, İ. (2018). Elitlerin Gösterişçi Tüketimi ve ELias'ın Saray Toplumu, 1023–1038.
- Rahimi, B., Vimarlund, V., ve Timpka, T. (2009). Health information system implementation: A qualitative meta-analysis. *Journal of Medical Systems*, 33(5), 359–368.
- Rao, B. C. (2013). How disruptive is frugal? *Technology in Society*, 35(1), 65–73.
- Ryder, B. (2010). First break all the rules. *The Economist*, 395(8678), 1–11.
- Sahay, S., Faujdar, D., Nielsen, P., Kumar, R., ve Mukherjee, A. (2018). Frugal digital innovation and living labs: A case study of innovation in public health in India. *International Conference on Information Systems 2018, ICIS 2018*, (Eylül).
- Sakurai, M., Watson, R. T., Abraham, C., ve Kokuryo, J. (2014). Sustaining life during the early stages of disaster relief with a frugal



- information system: Learning from the great east Japan earthquake. *IEEE Communications Magazine*, 52(1), 176–185.
- Satish Nambisan, Kalle Lyytinen, Ann Majchrzak, M. S. (2017). Digital Innovation Management : Reinventing Innovation Management Research *MIS Quarterly*, 41(1), 223–238.
- Shao, W., Grace, D., ve Ross, M. (2019). Investigating brand visibility in luxury consumption. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 49(April), 357–370.
- Smith, R. (1987). The roots of innovation. *Research Policy*, 295, 1335–1338.
- Soni, P., ve Krishnan, R. T. (2014). Frugal innovation: Aligning theory, practice, and public policy. *Journal of Indian Business Research*, 6(1), 29–47.
- Sun, Y., Cao, H., Tan, B., ve Shang, R. (2016). Developing Frugal IS Innovations : Applied insights from Weqia . com. *International Journal of Information Management*, 36(6), 1260–1264.
- Suthar, A. B., Khalifa, A., Yin, S., Wenz, K., Fat, D. M., Mills, S. L., ... Mrkic, S. (2019). Evaluation of approaches to strengthen civil registration and vital statistics systems: A systematic review and synthesis of policies in 25 countries. *PLoS Medicine*, 16(9), 1–21.
- Volpi, M. (2019). How open-source software took. 20 Şubat 2020 tarihinde, <https://techcrunch.com/2019/01/12/how-open-source-software-took-over-the-world/> adresinden erişildi.
- Walsham, G. (2017). ICT4D research: reflections on history and future agenda. *Information Technology for Development*, 23(1), 18–41.
- Watson, R. T., Kunene, K. N., ve Islam, M. S. (2013). Frugal information systems (IS). *Information Technology for Development*, 19(2), 176–187.
- wharton.upenn.edu. (2009). Renault-Nissan CEO Carlos Ghosn : ‘ Now Is the Time for the Electric Car ’. 27 Aralık 2019 tarihinde <https://knowledge.wharton.upenn.edu/article/renault-nissan-ceo-carlos-ghosn-now-is-the-time-for-the-electric-car/> adresinden erişildi.
- White, K., Habib, R., ve Hardisty, D. J. (2019). How to SHIFT consumer behaviors to be more sustainable: A literature review and guiding framework. *Journal of Marketing*, 83(3), 22–49.
- Winter, A., ve Govindarajan, V. (2015). Engineering reverse innovations. *Harvard Business Review*, (July-August).
- Zeschky, M. B., Winterhalter, S., ve Gassmann, O. (2014). From cost to frugal and reverse innovation: Mapping the field and implications for global competitiveness. *Research Technology Management*, 57(4), 20–27.
- Zeschky, M., Widenmayer, B., ve Gassmann, O. (2011). Frugal Innovation in Emerging Markets. *Research-Technology Management*, 54(4), 38–45.
- Zhang, X. (2018). Frugal innovation and the digital divide: Developing an extended model of the diffusion of innovations. *International Journal of Innovation Studies*, 2(2), 53–64.



## Dilovası Hava Kalitesinin Ulusal Mevzuata Göre Değerlendirilmesi

Merve Yılmaz<sup>1\*</sup>, Hande Emanet Beba<sup>2</sup>, Umur Dinç<sup>3</sup>, Zeynep Feriha Ünal<sup>4</sup>, Hüseyin Toros<sup>5</sup>, Zübeyde Öztürk<sup>6</sup>

<sup>1</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1434-6120)

<sup>2</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Ulaştırma Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7985-9955)

<sup>3</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2439-8757)

<sup>4</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6849-7637)

<sup>5</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3028-6308)

<sup>6</sup> İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, Ulaştırma Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2962-6459)

(İlk Geliş Tarihi 14 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 6 Temmuz 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.703579)

**ATIF/REFERENCE:** Yılmaz, M., Emanet Beba, H., Dinç, U., Ünal, Z. F., toros, H. & Öztürk, Z. (2020). Xxxx Xxxx Xxxx. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 703-714.

### Öz

Türkiye’de hava kalitesinin kontrolü Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği ile sağlanmaktadır. 01.01.2014 tarihi itibarıyla her yıl kademeli olarak azalan tolerans paylarıyla birlikte o yıla ait limit değerler hesaplanarak 2024 yılına kadar tüm kirleticiler için AB limitlerine ulaşılması planlanmıştır. Dilovası’nda bulunan dört adet hava kalitesi istasyonunda SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO ve O<sub>3</sub> konsantrasyonları saatlik olarak ölçülmektedir. 2014-2019 yılları arasında ölçülen kirlilik seviyeleri, Yönetmelik’te her yıl için belirlenmiş limit değerler ile kıyaslanarak Dilovası hava kalitesi için bir değerlendirme yapılmıştır. Kocaeli OSB istasyonunda yapılan ölçümlere göre NO<sub>2</sub> kirliliği insan sağlığı için risk oluşturacak seviyelerdedir. Yönetmelik tarafından 2018 yılında NO<sub>2</sub> için geçerli saatlik limit değerinin (260 µg/m<sup>3</sup>) bir yılda maksimum 18 kez aşılmasına izin verilmesine rağmen, yıl boyunca ölçülen saatlik NO<sub>2</sub> konsantrasyonları 73 kez limit değerinin üstüne çıkmıştır. Kocaeli Dilovası istasyonunda yapılan ölçümler ise bölgede gözlenen PM<sub>10</sub> kirliliğinin insan sağlığı açısından önemli bir risk oluşturduğunu göstermektedir. Özellikle 2017 ve 2018 yıllarında ölçülen günlük PM<sub>10</sub> seviyelerinde ani artışlar yaşandığı görülmüştür. Yönetmelik’te günlük PM<sub>10</sub> limitlerinin bir yıl boyunca maksimum 35 defa aşılabileceği söylenmesine rağmen, bu yıllarda limit değerinin üstüne çıkılan gün sayısı sırasıyla 91 ve 113’tür. Değerlendirilen diğer iki istasyon Dilovası İMES OSB arazisi içinde yer almaktadır. İMES OSB 1 ve İMES OSB 2 istasyonlarında 2015 yılının sonlarında ölçüm yapılmaya başlandığı için bu istasyonların değerlendirilmesi son üç yılı (2016-2019) kapsamaktadır. İMES OSB 1 istasyonunda yapılan ölçümlere bakıldığında insan sağlığı açısından en riskli kirleticinin PM<sub>10</sub> olduğu görülmüştür. 2016, 2017 ve 2018 yıllarında insan sağlığını korumak amacıyla belirlenmiş günlük PM<sub>10</sub> limitleri bir yıl boyunca 42, 92 ve 73 defa aşılmıştır (>35 gün). İMES OSB 2 istasyonunda izlenen kirlilik değerleri ise Yönetmelik’e göre herhangi bir tehdit oluşturmayacak seviyelerdedir. Öte yandan Kocaeli OSB, Kocaeli Dilovası ve İMES OSB 1 istasyonlarında ölçülen yıllık ortalama NO<sub>x</sub> konsantrasyonları her yıl ekosistemin korunması amacıyla belirlenmiş yıllık NO<sub>x</sub> limit değerinin (30 µg/m<sup>3</sup>) üzerine çıkmıştır. Kocaeli OSB ve Kocaeli Dilovası’nda ölçülen SO<sub>2</sub> kirlilik seviyeleri zaman zaman limit değerlerin ve uyarı eşliğinin üstünde gözlenirse de PM<sub>10</sub> ve NO<sub>x</sub> kirlilikleri kadar büyük boyutlarda değildir. Kocaeli Dilovası, İMES OSB 1 ve İMES OSB 2 istasyonlarında ölçülen CO ve O<sub>3</sub> kirlilikleri ise limit değerlerin çok altında gözlemlendiğinden Dilovası’nda insan sağlığı ve ekosistem için herhangi bir risk oluşturmamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Hava Kalitesi, Hava Kirliliği, Dilovası, Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği.

## Evaluation of Dilovası Air Quality Accordance with National Legislation

### Abstract

Air quality in Turkey is controlled by Air Quality Assessment and Management (HKDY) Regulation provided by Ministry of Environment and Urban Planning. EU limits are targeted for the air quality limit values determined in the Regulation. By 01.01.2014, it is planned to reach the EU limits for all pollutants in 2024 by calculating the limit values for that year with the gradually decreasing

\* Sorumlu Yazar: İstanbul Teknik Üniversitesi, Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi, Meteoroloji Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, [merveeyilmazz89@gmail.com](mailto:merveeyilmazz89@gmail.com)

tolerance shares every year. SO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO and O<sub>3</sub> concentrations are measured hourly at four air quality stations in Dilovası. The pollution levels measured between 2014-2019 are compared with the limit values determined for each year together with the tolerance values. According to the Kocaeli OSB measurements, NO<sub>2</sub> pollution levels pose risk for human health. Although, the number of days exceeding the hourly limit value allowed in the Regulation is 18 for a year, the hourly NO<sub>2</sub> limit (260 µg/m<sup>3</sup>) was exceeded 73 times in 2018. According to the measurements at the Kocaeli Dilovası, PM<sub>10</sub> pollution poses risk for human health. Although it is stated in the Regulation that the daily PM<sub>10</sub> limits can be exceeded a maximum of 35 times a year, the number of days exceeding the limits are 91 and 113 in 2017 and 2018 respectively. The other two stations are located in Dilovası İMES OSB land. Because the measurements started at the end of 2015, the evaluation of these stations covers the last three years (2016-2019). According to the İMES OSB 1 measurements, the most dangerous pollutant in terms of human health is PM<sub>10</sub>. The daily PM<sub>10</sub> limits were exceeded 42, 92 and 73 times during 2016, 2017 and 2018 respectively (> 35 days). The pollution levels at İMES OSB 2 are not threatening. On the other hand, NO<sub>x</sub> pollution observed in Kocaeli OSB, Kocaeli Dilovası and İMES OSB 1 stations is dangerous for the ecosystem for all years. The annual average NO<sub>x</sub> concentrations measured at these stations exceeded every year the annual NO<sub>x</sub> limit value (30 µg/m<sup>3</sup>) determined to protect the ecosystem. Although SO<sub>2</sub> pollution levels measured in Kocaeli OSB and Kocaeli Dilovası are sometimes observed above the limit values and warning threshold, they are not as hazardous as PM<sub>10</sub> and NO<sub>x</sub> pollution. Since CO and O<sub>3</sub> pollution measured at Kocaeli Dilovası, İMES OSB 1 and İMES OSB 2 stations are observed below the limit values, they do not pose any risk for human health and ecosystems in Dilovası.

**Keywords:** Air Quality, Air Pollution, Dilovası, Air Quality Assessment and Management Regulation.

## 1. Giriş

Hava kirliliği, atmosferde bulunan gazların, su buharının ve partiküler maddelerin konsantrasyonlarının normal değerlerin üzerinde gözlenmesi olarak tanımlanır ve hava kirleticilerinin başında partiküler maddeler (PM<sub>2.5</sub> ve PM<sub>10</sub>), karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO), kükürt dioksit (SO<sub>2</sub>), azot oksitler (NO<sub>x</sub>) ve uçucu organik bileşikler (VOC) gelmektedir (Vallero, 2014). Artan nüfus ve gelişen teknoloji, kentlerin büyümesine ve sanayi kuruluşlarının yaygınlaşmasına, dolayısıyla hava kirliliğinin artmasına sebep olmaktadır. Isınma amaçlı yakılan fosil yakıtlar, endüstriyel emisyonlar, trafikteki taşıtlardan salınan egzoz gazları, termik santraller ve çimento fabrikaları başlıca hava kirliliği kaynakları olarak kabul edilir (Güler, 1993). Kirletici emisyonlarının yanısıra bir bölgede gözlenen hava kirliliği seviyelerinin rüzgar, sis ve yüksek basınç gibi meteorolojik etmenler ile ilişkili olarak yükseldiğini ortaya koyan çeşitli çalışmalar mevcuttur (Özdemir, 2019; Özdemir ve diğ., 2018; Unal ve diğ., 2011).

Dünya Sağlık Örgütü'ne göre hava kirliliği, özellikle partiküler madde kirliliği, insan ve çevre sağlığını etkileyen temel çevre sorunlarının başında gelmektedir (WHO, 2003). Partiküler maddeler atmosferde standart şartlarda katı ya da sıvı olarak bulunan, boyutları 0,1-100 µm arasında değişen taneciklerdir. Aeorodinamik çapı 2,5 µm'ye kadar olan partiküller PM<sub>2.5</sub>, 10 µm'ye kadar olan partiküller ise PM<sub>10</sub> olarak tanımlanmaktadır. Solunum yoluyla vücuda alınan partiküller, solunum rahatsızlıkları ve kardiovasküler rahatsızlıklar sebebiyle hastanelere yapılan başvuruların ve ölümlerin artmasına sebep olmaktadır (Brunekreef ve Holgate, 2002; Çapraz ve diğ., 2017). Katı veya sıvı halde bulunan bu parçacıklar, aynı zamanda dünyanın enerji dengesini, hidrolojik çevrimi ve atmosfer sirkülasyonunu etkileyerek atmosferdeki sera etkisine katkı yapmaktadır (EPA, 2012). Çimento fabrikaları, metal işleyen endüstriyel tesisler, taşıtlar ve evlerde yakılan kömürler partiküler madde kirliliğinin antropojenik sebepleri olarak gösterilebilir (Mazzei ve diğ., 2008). Bunların yanında kuvvetli rüzgarlar ile toz taşınması bazı bölgelerde partiküler madde kirliliğinin yükselmesine sebep olmaktadır. Örneğin, Akdeniz'de oluşan kuvvetli siklonlar zaman zaman Sahra Çölü üzerinden Türkiye'ye çöl tozu taşıyarak ülkemizin batı ve iç bölgelerinde partiküler madde kirliliğini artırmaktadır (Özdemir, 2019). Ülkemizde PM<sub>2.5</sub> kirliliğini kapsayacak yasal düzenleme henüz yapılmadığından, partiküler madde kirliliği konusunda sadece PM<sub>10</sub> parametresi dikkate alınmaktadır (HKDYY, 2008). Bir diğer önemli kirlilik parametresi olan CO, karbon temelli fosil yakıtların tam yanmaması sonucunda atmosfere salınan bir bileşiktir ve kararlı bir yapıya sahip olduğundan atmosferde iki aydan fazla süreyle kalabilmektedir (Tam ve diğ., 2012). Kan hücrelerinin içinde bulunan hemoglobine bağlanarak hücrelerin ihtiyacı olan oksijeni almalarına engel olmakta, bu sebeple ölümlere sebep olabilmektedir (Raub ve diğ., 2000). Yetersiz kalitede kömürlerin kullanıldığı, eski yanma teknolojileri ile işletilen termik santraller ve trafikte bekleyen araçlar CO kirliliğinin başlıca sebeplerindendir (Andre ve diğ., 2009). Atmosferde bulunan SO<sub>2</sub>'nin başlıca kaynakları ise evsel ısınmada, ulaşımda ve endüstriyel tesislerde kükürt içeriği yüksek fosil yakıt kullanımı ve volkanik patlamalardır. Atmosferdeki SO<sub>2</sub> varlığı solunum yolu hastalıklarına sebep olmalarının yanı sıra asit yağmurlarına da yol açabilmektedir (Wigenstam ve diğ., 2016; Toros, 2000). Azot monoksit (NO) ve azot dioksit (NO<sub>2</sub>) kirleticileri, konsantrasyonlarının toplanması suretiyle NO<sub>x</sub> parametresi ile temsil edilmekte ve genellikle taşıt emisyonları olarak bilinmektedir (HKDYY, 2008). NO renksiz, kokusuz bir gaz olup yüksek sıcaklık altında yanma işlemi sırasında havadaki azot (N<sub>2</sub>) ve oksijenin (O<sub>2</sub>) tepkimesi sonucunda ortaya çıkar ve yanmanın tüm şekillerinde meydana gelmektedir (Iwamoto ve Hamada, 1991). İnsan kaynaklı NO<sub>2</sub> ise gübreleme gibi noktasal kaynaklardan ve taşıtlar gibi çizgisel kaynaklardan atmosfere salınmaktadır. Azot oksitler göz ve solunum yolu hastalıkları ile asit yağmurlarına sebep olmaktadır (Chen ve diğ., 2007). Ozon (O<sub>3</sub>) kirliliği ise atmosferde bulunan NO<sub>x</sub> ve VOC sebebiyle başlayan bir dizi fotokimyasal reaksiyon sonucunda meydana gelmektedir. (Ebi ve McGregor, 2008).

Halk ve çevre sağlığını hava kirliliğinin olumsuz etkilerinden korumak için etkin bir hava kalitesi yönetiminin geliştirilmesi ve uygulanması oldukça önemlidir (MARKA, 2012). Bu sebeple ülkemizde sürekli olarak hava kalitesi ölçümleri yapılmakta ve sonuçları kamuoyu ile anlık olarak paylaşılmaktadır (ÇŞB, 2019a). Hava kirliliğinin durumunu kamuoyuna açıklarken halkın kolayca anlayabileceği bir sınıflama sistemi kullanılmaktadır. Tüm dünyada yaygın olarak kullanılan, Hava Kalitesi İndeksi (HKİ) denilen bu sınıflama sistemi ile havadaki kirleticilerin konsantrasyonlarına göre hava kalitesi iyi, orta, kötü, tehlikeli vb. şeklinde derecelendirilmektedir. Dünyanın pek çok ülkesinde indeks hesaplanmasında kullanılan yöntem ve kriterler, kendi ülkelerinde uygulanan hava kalitesi standartlarına uygun şekilde oluşturulmuştur. Ulusal Hava Kalitesi İndeksi (UHKİ), Amerika Birleşik Devletleri Çevre Koruma Ajansı (EPA) Hava Kalitesi İndeksi'nin ulusal mevzuatımız ve sınır değerlerimize uyarlanması sonucu oluşturulmuştur. Tablo 1'de PM<sub>10</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> ve O<sub>3</sub> için belirlenen UHKİ kesme noktaları verilmektedir.

Tablo 1. UHKİ Kesme Noktaları (ÇŞB, 2019a)

İndeks	HKİ	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [µg/m <sup>3</sup> ]	O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
		1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
İyi	0 – 50	0-100	0-100	0-5500	0-120	0-50
Orta	51 – 100	101-250	101-200	5501-10000	121-160	51-100
Hassas	101 – 150	251-500	201-500	10001-16000	161-180	101-260
Sağlıksız	151 – 200	501-850	501-1000	16001-24000	181-240	261-400
Kötü	201 – 300	851-1100	1001-2000	24001-32000	241-700	401-520
Tehlikeli	301 – 500	>1101	>2001	>32001	>701	>521

Anlık olarak ölçülen kirlilik seviyelerinin HKİ sistemi kullanılarak kamuoyuyla paylaşılması halkın ve sorumlu kuruluşların günlük faaliyetlerini planlamaları açısından oldukça önemlidir. Bununla birlikte gelecek faaliyetlerin planlanması ve tehlike anında uygulanması gereken tedbirlerin belirlenmesi için veri madenciliği yöntemleri ile HKİ tahmini son yıllarda üzerinde durulan konulardan biridir (Zheng ve diğ., 2015; Freeman ve diğ., 2018; Li ve diğ., 2019). Ancak hava kalitesi sorunlarının çözümünde en etkili adım bütünsel bir mevzuat yardımıyla kusursuz işleyecek bir hava kalitesi yönetim sistemi oluşturmaktır (Feng ve Liao, 2016). Hava kirliliğinin insan ve çevre sağlığını olumsuz yönde etkilemeye başlayacağı seviyeleri belirlemek ve tehlikeli seviyelere ulaşılması durumunda uygulanacak yaptırımları ortaya koymak için hükümetler tarafından kanunlar ve yönetmelikler hazırlanmaktadır. Bu doğrultuda Avrupa Birliği (AB) tarafından hava kalitesi direktifleri hazırlanmış ve AB'ye üye tüm ülkeler için hedefler belirlenmiştir (Gemmer ve Bo, 2013). 2008 yılında yayımlanan Yeni Hava Kalitesi Direktifi'nde başlıca kirleticiler için tanımlanmış sınır değerler Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. İndeksi Hesaplanan Parametrelerin AB Sınır Değerleri (CEC, 2008)

Parametreler	SO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	NO <sub>2</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	CO [µg/m <sup>3</sup> ]	O <sub>3</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]	PM <sub>10</sub> [µg/m <sup>3</sup> ]
	1 Sa. Ort.	1 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	8 Sa. Ort.	24 Sa. Ort.
Sınır Değerler	350	200	10.000	120	50

Türkiye'de ise hava kalitesinin izlenmesi ve hava kirliliğinin ölçümü çalışmaları 1986 yılında yürürlüğe giren Hava Kalitesinin Kontrolü Yönetmeliği ile başlamıştır. Söz konusu yönetmelik uzun yıllar boyunca Sağlık Bakanlığı Hıfzıssıhha Enstitüsü tarafından uygulanmış ve 2005 yılında hava kalitesi izleme yükümlülüğü Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na geçmiştir (Gemici ve diğ., 2017). Günümüzde hava kalitesinin korunması için geçerli olan Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği Resmi Gazete'de 06.06.2008 tarih ve 26898 sayılı ile yürürlüğe girmiştir. 09.08.1983 tarihli ve 2872 sayılı Çevre Kanununun Ek 6 ncı maddesi ile 01.05.2003 tarihli ve 4856 sayılı Çevre ve Orman Bakanlığının Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanununun 1 inci, 2 nci ve 9 uncu maddelerine dayanılarak ve Avrupa Birliği'nin 96/62/EC, 99/30/EC, 2000/69/EC, 2002/3/EC ve 2004/107/EC sayılı direktiflerine paralel olarak hazırlanmıştır (HKDYY, 2008). Yönetmelik'in amacı, hava kirliliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki zararlı etkilerini önlemek veya azaltmak için hava kalitesi hedeflerini tanımlamak ve oluşturmak, tanımlanmış metotları ve kriterleri esas alarak hava kalitesini değerlendirmek, hava kalitesinin iyi olduğu yerlerde mevcut durumu korumak ve diğer durumlarda iyileştirmek, hava kalitesi ile ilgili yeterli bilgi toplamak ve uyarı eşikleri aracılığı ile halkın bilgilendirilmesini sağlamaktır (HKDYY, 2008). Söz konusu yönetmeliğin yürürlüğe girmesiyle 1986 yılında yayımlanan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği yürürlükten kaldırılmıştır.

Bu çalışmada Kocaeli ilinin Dilovası ilçesinde gözlenen hava kirliliği seviyeleri HKDYY'ne göre değerlendirilmiştir. Dilovası'nda sanayi bölgelerinin yoğunluğu ve ilçenin oldukça sık kullanılan D100 ve TEM karayolları güzergâhında bulunması ilçede gözlenen hava kirliliği sorunlarını artırmaktadır. Bir bölgede gözlenen hava kirliliği sorunlarını çözmek için atılacak ilk adımın kirlilik seviyelerinin geçerli mevzuata göre değerlendirilmesi olduğu düşünülmektedir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği

Türkiye, hava kalitesi sınır değerleri için AB limit değerlerini kendisine hedef olarak almıştır. Ancak ölçüm sistemlerinin ve hava kalitesinin istenen seviyelere ulaşması için belirli bir zaman dilimi geçiş dönemi olarak tanımlanmıştır. Yönetmelik'in yürürlüğe girdiği 06.06.2008 tarihinden 31.12.2013 tarihine kadar uzanan geçiş dönemi için kısa ve uzun vadeli hedefler belirlenmiştir. 01.01.2014 tarihi itibarıyla AB sınır değerleri, her yıl kademeli olarak azalan tolerans paylarıyla birlikte yeni limit değerler olarak geçerlilik kazanmıştır. En son 2024 tarihinde NO<sub>2</sub> limit değerlerine ulaşacak olan Türkiye, bu tarihten itibaren tüm kirletici parametreler için AB mevzuatını uygulayacaktır (HKDYY, 2008).

Ülke genelinde kurulu bulunan istasyonlarda ölçülen SO<sub>2</sub> ve PM<sub>10</sub> parametrelerin yanı sıra NO, NO<sub>x</sub>, CO, O<sub>3</sub>, PM<sub>2.5</sub>, kurşun, benzen, arsenik, nikel, kadmiyum, benzo(a)piren parametreleri için sınır değerler tanımlanmıştır. Ayrıca, kirlilik konsantrasyonlarına sebep olan emisyon kaynaklarını saptamaya yardım etmek, emisyon envanterlerinin tutarlılığını kontrol etmek, emisyon azaltım stratejilerinin verimliliğini kontrol etmek amacıyla ozon öncüllerinin de ölçülmesi yükümlülüğü Yönetmelik'te tanımlanmıştır. Ozon öncül maddeleri, NO<sub>x</sub>'leri ve bazı VOC'leri kapsamaktadır. Yönetmelik'e göre temel kirleticiler için belirlenmiş değerlendirme limitleri Tablo 3'te verilmiştir:



Tablo 3. HKDY Yönetmeliği'nde Verilen Limit Değerler, Tolerans Payları ve Bir Yılda İzin Verilen Maksimum Aşım Sayıları

Parametre	Periyot	Limit değer/bir yılda izin verilen maksimum aşım sayısı (#)	Tolerans payı				
			2014	2015	2016	2017	2018
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Saatlik <sup>1</sup>	350/24	150	120	90	60	30
	Günlük <sup>1</sup>	125/3	125	100	75	50	25
	Yıllık <sup>2</sup>	20	-	-	-	-	-
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Saatlik <sup>1</sup>	200/18	100	90	80	70	60
	Yıllık <sup>1</sup>	40	20	18	16	14	12
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Yıllık <sup>2</sup>	30	-	-	-	-	-
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Günlük <sup>1</sup>	50/35	50	40	30	20	10
	Yıllık <sup>1</sup>	40	20	16	12	8	4
CO (mg/m <sup>3</sup> )	Günlük (8 saatlik ortalama) <sup>1</sup>	10	6	4	2	-	-
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Günlük (8 saatlik ortalama) <sup>3</sup>	120/25	-	-	-	-	-
	Beş yıllık AOT40 ortalaması <sup>4</sup>	18000	-	-	-	-	-

<sup>1</sup> İnsan sağlığının korunması için

<sup>2</sup> Ekosistemler ve vejetasyonun korunması için

<sup>3</sup> İnsan sağlığının korunmasında 2022 için hedef değer

<sup>4</sup> 2022 için Mayıs ayından Temmuz ayına kadar 1 saatlik değerlerden hesaplanacak hedef değer. AOT40 ( (µg/m<sup>3</sup>) saat olarak ifade edilir), her gün, Merkez Avrupa Saat Dilimi 8:00 ve 20:00 arasında ölçülen sadece 1 saatlik değerler kullanılarak belirli bir zaman dilimi sonunda, 80 µg/m<sup>3</sup> ile 80 µg/m<sup>3</sup> (=40ppb) den daha büyük saatlik konsantrasyonlar arasındaki farkın toplamı demektir.

NO<sub>x</sub> için tanımlı limit konsantrasyon değeri, milyar başına parça (ppb) cinsinden NO ve NO<sub>2</sub> konsantrasyonlarının metre küp başına mikrogram NO<sub>2</sub> olarak ifade edilen toplamıdır. CO ve O<sub>3</sub> parametreleri için belirlenmiş olan limit değerler maksimum günlük sekiz saatlik ortalamaların hesaplanmasını gerektirmektedir. Maksimum günlük sekiz saatlik ortalama konsantrasyon, saatlik verilerden hesaplanıp her saat güncellenen sekiz saatlik dinamik ortalamalar incelenerek seçilir. Böyle hesaplanan her sekiz saatlik ortalama, sona erdiği güne ait olur, diğer bir ifade ile herhangi bir gün için ilk hesaplama süresi önceki günün 17:00'dan o günün 01:00'a kadarki süredir. Herhangi bir gün için son hesaplama süresi ise o günün saat 16.00'dan 24:00'a kadar olan süredir.

HKDY Yönetmeliği'nin 10. maddesinde, limit değerlerin aşılması durumunda il çevre ve orman müdürlüklerinin ilgili kurum ve kuruluşlarla koordinasyon içerisinde söz konusu limit değerlere ulaşılmasını sağlamak için gerekli önlemleri ortaya koyan bir temiz hava planı hazırlaması veya hazırlatması gerektiği söylenmiştir. Temiz hava planları hazırlanırken halkın katılımının da sağlanması ve bu planın kamuoyuna sunulması gerekmektedir. Dış ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi için temiz hava planına dâhil edilecek bilgiler Yönetmelik'in IV numaralı ekinde belirtilmiştir. (HKDYY, 2008).

Yönetmelik tarafından insan sağlığı ve ekosistemin korunması amaçlarına yönelik limit değerler belirlenmesinin yanı sıra hava kalitesi izleme istasyonu kurulum koşulları da belirlenmiştir. İnsan sağlığını korumaya yönelik olarak kurulacak istasyonların öncelikle alansal olarak kentsel ve kent çevresini, kentsel alanda kurulacak istasyonların hava kirlilik kaynaklarından ısınma, ulaşım ve sanayi kaynağını, kent çevresinde kurulacak istasyonların ise ağırlıklı olarak sanayi kaynağını temsil etmesi gerekmektedir. Dilovası'nda yer alan dört istasyon kirlenici kaynaklarına göre sanayi sınıfına ait istasyonlardır.

Bir ilde yapılacak hava kalitesi izleme faaliyetinin sürekli veya kısa dönemli olup olmayacağına ve kaynak envanteri ve modelleme çalışmalarının yapılıp yapılmayacağına karar verirken Tablo 4'te verilen eşik değerler kullanılır.

Tablo 4. Değerlendirme ve Uyarı Eşikleri (HKDYY, 2008)

Parametre	Periyot	Üst değerlendirme eşiği	Alt değerlendirme eşiği	Uyarı eşiği
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Saatlik	-	-	500
	Günlük	75	50	-
	Yıllık (Ekosistem)	12	8	-
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Saatlik	140	100	400
	Yıllık	32	26	-
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Yıllık (Ekosistem)	24	19,5	-
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	Günlük	30	20	-
	Yıllık	14	10	-
CO (mg/m <sup>3</sup> )	Günlük (8 saatlik ortalama)	7	5	-

Hava kalitesi istasyonlarında saatlik olarak ölçülen konsantrasyon değerlerinin Tablo 4'te verilen periyotlara göre hesaplanan ortalamaları eşik değerler ile kıyaslanır. Uyarı eşiği, ilgili yetkili merci tarafından acil önlemlerin alınacağı seviyedir ve bu seviyenin aşılması halinde nüfusun geneli için kısa süreli maruz kalmadan dolayı insan sağlığına bir risk söz konusudur. Her bir kirlenici parametre için üst değerlendirme eşiği ve uyarı eşiğinin aşılması durumunda, bu kirleniciler sürekli olarak sabit istasyonlarda ölçülmeli; ölçümler,



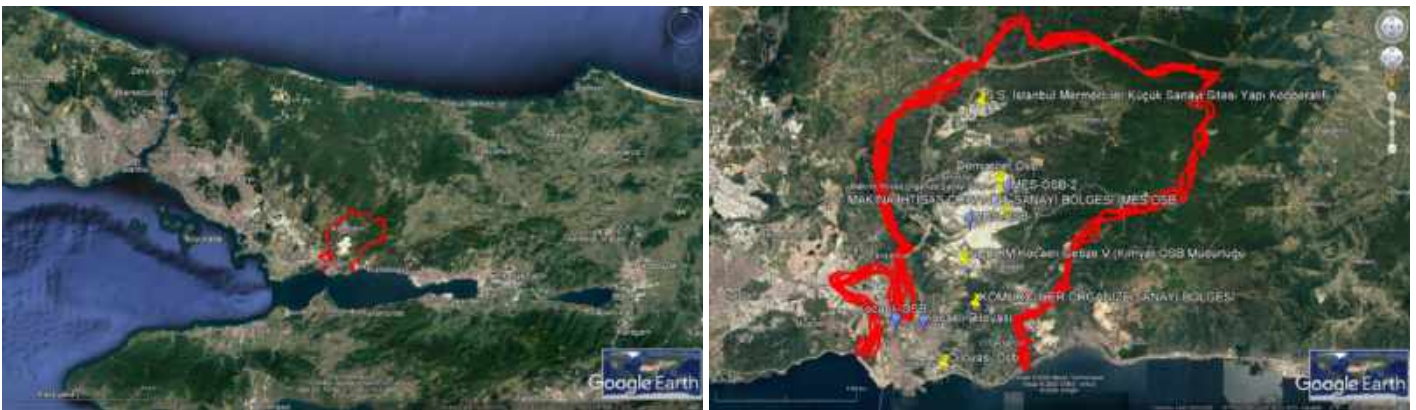
istasyonun temsil alanından toplanan kaynak envanteri ve hava kalitesi modelleme sonuçları ile desteklenmelidir. Kirlenici konsantrasyonları üst ve alt eşik değerler arasında kaldığında, o kirlenicilerin sabit ölçümlerle ölçülmesi ve ölçümlerin hava kalitesi modelleme sonuçları ile desteklenmesi gerekir. Konsantrasyonlar eşik değerinin altında ise; sadece kaynak envanteri ve hava kalitesi modelleme sonuçları kullanılır.

Yönetmelik'in 11. maddesine göre uyarı eşiği ve limit değerlerin aşılması riski söz konusuysa il çevre ve orman müdürlükleri tarafından bu aşımaların süresini kısıtlamak ve riski azaltmak için kısa vadede alınacak önlemleri içeren bir eylem planı hazırlanması gerekmektedir. Eylem planları temiz hava planlarının bir parçası olabilir. Yönetmelik'e göre bu planlar, özel duruma bağlı olarak, limit değerlerin aşılmasına katkıda bulunan motorlu araç trafiğini de içeren faaliyetleri kontrol etmek ve gerektiğinde askıya almak için gerekli önlemleri içerebilir. Uyarı eşiklerinin aşılması insan sağlığı için risk oluşturduğundan uyarı eşiklerinin aşılması durumunda kamuoyunun bilgilendirilmesi gerekliliği ve kamuoyu ile paylaşılacak asgari bilgiler Yönetmelik'te bildirilmiştir.

## 2.2. Çalışma Alanı

Kocaeli iline bağlı bir ilçe olan Dilovası; kuzeyde ve batıda Gebze ilçesi, doğuda Körfez ilçesi, güneyde İzmit körfezi ile çevrilidir. Gebze'ye 8 km, İzmit'e 25 km ve İstanbul'a 45 km uzaklıktadır. Üç tepenin arasındaki bir ovada yer alan Dilovası, adını bu ovadan almaktadır. Günümüzde Anadolu'yu İstanbul'a ve Avrupa'ya bağlayan deniz, kara ve demiryolu ağları üzerinde önemli bir konuma sahiptir. Dilovası üzerinden geçen otoyol (E-80) ve devlet karayolu (D-100) trafiğini rahatlatmak için Gebze - İzmit Otoyolu Projesi dahilinde İzmit Körfezi üzerinde inşa edilen Osmangazi Köprüsü Dilovası-Hersek Burnu arasında yer almaktadır. Kuru ve sıvı yük tahmil ve tahliyesine uygun yüksek kapasiteli önemli limanların bulunduğu ilçe aynı zamanda Sabiha Gökçen Havalimanı'na 30 km mesafededir (Öztürk ve diğ. 2019). Ulaşım imkanlarının, ticaret merkezleri ile her yönden bağlantı kurmaya elverişli olması Dilovası ilçesinde sanayileşmenin hızla gelişmesine sebep olmuştur (Dilovası Belediyesi, 2019). Dilovası nüfusu da yıllara göre artış eğilimi göstermektedir. 2019 yılında toplam nüfus 50.551'i bulmuştur. (TÜİK, 2020). İş imkanları dolayısıyla endüstriyel tesislerin çevresindeki yerleşim bölgeleri çoğalmakta, bu durum hava kirliliğinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkisini de artırmaktadır. Enerji temini amacıyla fosil yakıtların yakılması, proses atığı veya yan ürünü olarak çıkan gazların bacalardan salınması ve açık depolama alanlarından çevre havasına partiküllerin yayılması Dilovası'ndaki sanayi bölgelerinden kaynaklanan hava kirliliğinin sebeplerindedir (MARKA, 2012). Hava kirliliği incelemelerinde topografik ve meteorolojik koşulların göz önünde bulundurulması kirlilik maruziyeti ve kirliliğin dağılımı açısından oldukça önemlidir. Yerleşimin yoğun olduğu Dilovası ilçe merkezi, çevresine göre daha alçak bir konumda bulunmaktadır. Bu durum bölge havasının rüzgarla yeterince karışmamasına ve zaman zaman bölge üzerinde yüksek atmosferik basınç oluşmasına sebep olmaktadır. Bölge üzerinde çöken hava, kirliliğinin dağılamamasına ve bölgede yaşayan insanların hava kirlenicilerine maruz kalma sürelerinin artmasına sebep olabilmektedir (Yılmaz ve diğ., 2019).

Dilovası ilçesinde yer alan Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) yaklaşık 2200 hektarlık sanayi alanını kapsamaktadır (Dilovası Belediyesi, DOSB ve İMES OSB, 2019). Dilovası'nda faaliyet gösteren OSB'ler; Dilovası OSB, IV Makina OSB, V GEBKİM (Kimyacılar) OSB, VI. Makine İhtisas (İMES) OSB, Kömürcüler OSB, Mermerciler Sanayi Sitesi'dir. Bölgedeki konut yerleşimleri Dilovası OSB ile bölgeden geçen D-100 ve E-80 karayollarının iki yanında yer almaktadır. 2002 yılında kurulan Dilovası OSB karma nitelikli olup, bölgede ağırlıklı olarak metal ve kimya sektöründe sanayi kuruluşları yer almaktadır Dilovası OSB'den sonra kurulan sanayi bölgeleri yerleşimden biraz daha uzağa, yerleşim bölgelerinin kuzey ve kuzeydoğusundaki yüksek arazilere inşa edilmiştir. VI İMES OSB, Dilovası ilçe merkezinin kuzeydoğusunda yaklaşık 300 m. yükseklikte bir arazide yer almaktadır. Dilovası İMES OSB'de yer alan tesisler makine, makine yan sanayi, demir-çelik, otomotiv yan sanayi, plastik enjeksiyon, ısıl işlem, cam sanayi vb. alanlarda faaliyet göstermektedir (İMES OSB, 2019). Şekil 1'de Dilovası ilçesinde yer alan OSB'ler ve hava kalitesi izleme istasyonlarının konumları gösterilmiştir.



Şekil 1. Dilovası İlçesi, Dilovası'nda Faaliyet Gösteren OSB'ler ve Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarının Konumları

### 2.3. Hava Kalitesinin Ölçümü

Bölgenin hava kalitesinin sağlanması ve korunması özellikle Dilovası'nda yaşayan ve burada bulunan tesislerde çalışan insanlar için son derece önemlidir. Bu sebeple ilçede bir tanesi T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB)'na, bir tanesi Dilovası Organize Sanayi Bölgesi (DOSB)'ne ve iki tanesi Marmara Temiz Hava Merkezi (MHTM)'ne ait toplam dört adet hava kalitesi izleme istasyonu yer almakta ve sürekli olarak ölçüm yapmaktadır (ÇŞB, 2019b). Şekil 1'de konumları gösterilen bu dört istasyonda ölçülen kirletici parametreler Tablo 5'te verilmiştir. Tüm istasyonlarda kirletici konsantrasyonları saatlik olarak ölçülmekte ve sonuçlar kaydedilmektedir. Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı'na ait web sitesinden geçmiş yıllara ait ölçüm sonuçlarına ulaşılabilmektedir. Her bir istasyon verisi, istasyon konumu göz önünde bulundurularak ayrı ayrı incelenmiştir. Yerleşim bölgelerine daha yakın konumda bulunan Kocaeli OSB ve Kocaeli Dilovası istasyonlarında 2014-2019 yılları arasında yapılan beş yıllık ölçüm sonuçları kullanılmıştır. HKDYY'ne göre 01.01.2014 tarihi itibariye kirliliğin değerlendirilmesi için uzun ve kısa vadeli hedeflerin tanımlandığı geçiş dönemi sona ermiş ve kirlilik seviyeleri için AB sınır değerleri yeni hedef olarak belirlenmiştir. Bu sebeple 2014 yılından bu yana ölçülen kirlilik seviyelerinin değerlendirilmesinin uygun olacağı düşünülmüştür. Ancak İMES OSB 1 ve İMES OSB 2 istasyonlarında 2015 Aralık ayından itibaren ölçüm yapılmaya başlandığı için 2016-2019 yılları arasındaki üç yıllık ölçüm sonuçları değerlendirmeye alınmıştır.

Tablo 5. Dilovası'nda Yer Alan Hava Kalitesi İzleme İstasyonlarına Ait Bilgiler

İstasyon Adı	İstasyon Sahibi	Ölçülen Kirletici Parametreler
Kocaeli OSB	ÇŞB	PM <sub>10</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub>
Kocaeli Dilovası	DOSB	PM <sub>10</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , SO <sub>2</sub> , O <sub>3</sub> , CO
Kocaeli Dilovası İMES OSB 1	MTHM	PM <sub>10</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO
Kocaeli Dilovası İMES OSB 2	MTHM	PM <sub>10</sub> , NO, NO <sub>2</sub> , NO <sub>x</sub> , CO

Analizlerin öncesinde veri temizleme işlemi uygulanmış, eksik ve gürültülü veri analizlere dahil edilmemiştir. Veri kalite analizi için öncelikle aykırı konsantrasyon değerleri gözden geçirilmiş ve bu değerlerden birkaç saat önceki ve sonraki konsantrasyon değerleri göz önünde bulundurularak anlam ilişkisi bulunamayan aykırı değerler veri setinden çıkarılmıştır. Her bir kirletici için ayrı ayrı veri kalite analizi yapılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen değerler her yıl için Yönetmelik'te tolerans paylarıyla birlikte verilen limit değerlerle kıyaslanmıştır. Yönetmelik'e göre, sürekli sabit ölçüm sonuçlarının değerlendirilmesinde veri kalitesinin sağlanabilmesi için veri alımının minimum %90 olması gerekmektedir.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Kocaeli OSB istasyonu

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait Kocaeli OSB Hava Kalitesi İzleme İstasyonu D-100 ve E-80 karayollarının arasında Dilovası Organize Sanayi Bölgesi'nin (DOSB) içinde yer almaktadır. İstasyonda ölçülen kirletici parametreler PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub>'dir. Bu istasyonda 2007 yılının Mayıs ayından bu yana kirlilik ölçümü yapılmaktadır ancak bu çalışmada 01.01.2014 ve 01.01.2019 tarihleri arasındaki beş yıllık ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Bu istasyonda ölçülen PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarının yıllık ortalama değerleri, Yönetmelik'te insan sağlığının korunması için belirlenmiş yıllık ortalama limit değerlerinin altında kalmıştır. İnsan sağlığının korunması amacıyla PM<sub>10</sub> kirliliği için belirlenmiş bir diğer kısıt, günlük (24 saatlik) ortalama değerlerin günlük limit değerleri aştığı gün sayısıdır. Her yıl için tolerans payları sebebiyle limit değerler değişse de bir yılda limit değerini aşılmasına izin verilen maksimum gün sayısı 35'tir. Beş yıl boyunca günlük aşım sayıları limit değer için izin verilen aşım sayısının altında kalmıştır (Tablo 6).

Tablo 6. Kocaeli-OSB İstasyonunda Ölçülen PM<sub>10</sub> Konsantrasyonlarının Limit Değerlerle Kıyaslanması

PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2014	2015	2016	2017	2018
Günlük ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	253-%69	256-%70	349-%95	353-%97	315-%86
Günlük en yüksek değer	173	93	138	100	51
Günlük limit değer*	100	90	80	70	60
Günlük limit değer için izin verilen aşım sayısı	35	35	35	35	35
Günlük aşım sayısı	24	1	5	6	0
Yıllık limit değer*	60	56	52	48	44
Yıllık ortalama değer	52	32	32	27	17
Standart sapma	53	24	31	25	14

\* İnsan sağlığının korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

Tablo 7'de Kocaeli OSB istasyonunda ölçülen SO<sub>2</sub> kirliliğinin değerlendirilmesi verilmiştir. Yıllık ortalama değerlere bakıldığında diğer yıllara kıyasla 2018'de SO<sub>2</sub> kirlilik ortalamasının hayli azaldığını söylemek mümkündür. HKDY Yönetmeliği'nde insan sağlığının korunması amacıyla SO<sub>2</sub> kirleticisi için saatlik ve günlük limit değerler ve bu limit değerlerin bir yıl içinde aşılmasına izin verilen maksimum saat ve gün sayısı belirlenmiştir. Ayrıca ekosistemin korunması için yıllık limit değer tanımlanmıştır. Hesaplanan yıllık ortalamasının ve uyarı eşiği aşım sayısının nispeten yüksek olduğu 2016 ve 2017 yıllarında bile saatlik ve günlük limit değerlerin aşım sayısı izin verilen aşım sayılarının altında kalmıştır. 2016 yılında yıllık ortalama değer limit değeri aştığı, 2016 dışında her yıl uyarı eşiğinin aşıldığı gözlenmiştir.

Tablo 7. Kocaeli OSB İstasyonunda Ölçülen SO<sub>2</sub> Konsantrasyonlarının Limit Değerlerle Kıyaslanması

SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2014	2015	2016	2017	2018
Saatlik ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	5690-%65	6982-%80	8248-%94	8476-%97	7202-%82
Saatlik en yüksek değer	612	549	439	871	410
Saatlik limit değer*	500	470	440	410	380
Saatlik limit değer için izin verilen aşım sayısı	24	24	24	24	24
Saatlik aşım sayısı	2	1	0	14	1
Uyarı eşiği	500	500	500	500	500
Uyarı eşiği aşım sayısı	2	1	0	10	1
Günlük ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	246-%67	294-%81	349-%95	356-%98	315-%86
Günlük en yüksek değer	103	130	114	177	76
Günlük limit değer*	250	225	200	175	150
Günlük limit değer için izin verilen aşım sayısı	3	3	3	3	3
Günlük aşım sayısı	0	0	0	1	0
Yıllık limit değer**	20	20	20	20	20
Yıllık ortalama değer	13	18	25	19	7
Standart sapma	25	21	25	31	16

\* İnsan sağlığının korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

\*\* Ekosistemin korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

Hava kalitesi izleme istasyonlarında ölçülen NO<sub>x</sub> konsantrasyonları, NO<sub>2</sub> ve NO konsantrasyonlarının toplamını ifade etmektedir. Yönetmelik'te hem NO<sub>x</sub> hem de NO<sub>2</sub> için limit değerler belirlendiği için tüm azot oksit parametreleri ayrı ayrı incelenmiştir. Yönetmelik'te NO<sub>x</sub> kirliliğine yönelik ekosistemlerin ve vejetasyonun korunması amacıyla sürekli olarak ölçülen değerlerin yıllık ortalaması için 20 µg/m<sup>3</sup> seviyesinde bir limit değer belirlenmiştir. Kocaeli OSB istasyonunda ölçülen yıllık ortalama NO<sub>x</sub> konsantrasyonları beş yıl boyunca bu limit değerinin oldukça üstündedir. Tablo 8'de görüldüğü üzere 2014, 2015 ve 2016 yıllarında yıllık ortalama NO<sub>x</sub> konsantrasyonları limit değerinin yaklaşık olarak üç katı seviyelerindeyken, 2017 ve 2018 yıllarında beş katı seviyelerine çıkmıştır.

Tablo 8. Kocaeli OSB İstasyonunda Ölçülen NO<sub>x</sub> Konsantrasyonlarının Limit Değerlerle Kıyaslanması

NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2014	2015	2016	2017	2018
Saatlik ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	3369-%38	6140-%70	7869-%90	7667-%88	7208-%82
Yıllık ortalama değer	60	67	52	106	118
Standart sapma	40	41	64	90	91
Yıllık limit değer*	30	30	30	30	30

\* Ekosistemin korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

Tablo 9'da verilen NO<sub>2</sub> değerlendirmesine göre yıllık ortalama NO<sub>2</sub> değerleri 2017 ve 2018 yıllarında insan sağlığının korunması için belirlenmiş yıllık limit değerlerinin üstünde gözlenmiştir. Her iki yılda da saatlik limit değer için izin verilen maksimum aşım sayılarının üstünde aşım sayısı kaydedilmiş, özellikle 2018 yılında izin verilen aşım sayısının üç katına çıktığı gözlenmiştir. Ayrıca 2018 yılında üç kez uyarı eşiğinin üstüne çıkmıştır. Bu durum NO<sub>2</sub> kirliliğinin bölgedeki insanların sağlığının korunması için risk oluşturduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 9. Kocaeli OSB İstasyonunda Ölçülen NO<sub>2</sub> Konsantrasyonlarının Limit Değerlerle Kıyaslanması

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2014	2015	2016	2017	2018
Saatlik ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	3369-%38	6048-%69	7869-%90	7666-%88	7208-%82
Saatlik en yüksek değer	86	222	231	370	468
Saatlik limit değer*	300	290	280	270	260
Saatlik limit değer için izin verilen aşım sayısı	18	18	18	18	18
Saatlik aşım sayısı	0	0	0	19	73
Uyarı eşiği	400	400	400	400	400
Uyarı eşiği aşım sayısı	0	0	0	0	3
Yıllık limit değer*	60	58	56	54	52
Yıllık ortalama değer	23	27	31	78	79
Standart sapma	9	18	31	49	56

\* İnsan sağlığının korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

### 3.2. Kocaeli Dilovası istasyonu

Kocaeli Dilovası istasyonu bölgedeki diğer hava kalitesi istasyonlarından farklı olarak herhangi bir OSB içinde değil; yerleşim alanı içinde, Dilovası Mehmet Zeki Obdan İlkokulu bahçesinde yer almaktadır. Doğrudan Dilovası'nda yaşayan insanların soluduğu hava kalitesini izlemektedir. Mart 2007'de kurulan istasyonda PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO ve O<sub>3</sub> parametrelerinin saatlik konsantrasyon ölçümleri yapılmaktadır. Bu çalışmada 01.01.2014 ve 01.01.2019 tarihleri arasındaki beş yıllık süre boyunca yapılan ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. Kocaeli Dilovası istasyonunda ölçümü yapılan PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarına ait veri analizi özeti ve limit değerlerle kıyaslanması Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Kocaeli Dilovası İstasyonunda Ölçülen PM<sub>10</sub> Konsantrasyonlarının Limit Değerlerle Kıyaslanması

PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2014	2015	2016	2017	2018
Günlük ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	324-%89	334-%92	363-%99	338-%93	363-%99
Günlük en yüksek değer	541	606	385	214	163
Günlük limit değer*	100	90	80	70	60
Günlük limit değer için izin verilen aşım sayısı	35	35	35	35	35
Günlük aşım sayısı	80	80	73	91	113
Yıllık limit değer*	60	56	52	48	44
Yıllık ortalama değer	84	73	55	56	55
Standart sapma	64	68	56	43	38

\* İnsan sağlığının korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

Yıllık ortalama değerlere ve günlük limit değerlerin aşıldığı gün sayılarına bakıldığında PM<sub>10</sub> kirliliğinin bu istasyon çevresinde yaşayan insanların sağlığı için ciddi bir risk oluşturduğu söylenebilir. Ölçülen yıllık ortalama değerler 2014 yılına kıyasla azalma eğilimi gösterse de 2017 ve 2018 yıllarında PM<sub>10</sub> konsantrasyonlarında gözlenen ani artışlar günlük limitlerin çok üstünde kalarak daha riskli bir durum oluşturmaktadır. Son iki yılda gözlenen günlük aşım sayıları, Yönetmelik'te günlük limit değer için izin verilen aşım sayısının çok üstündedir.

Kocaeli Dilovası istasyonunda ölçülen hava kalitesi SO<sub>2</sub> parametresi açısından incelendiğinde SO<sub>2</sub> kirliliğinin PM<sub>10</sub> kirliliği kadar riskli bir durum oluşturmadığı söylenebilir. SO<sub>2</sub> veri analizi sonuçları ve Yönetmelik'teki limit değerlerle kıyaslanması Tablo 11'de verilmiştir. Ölçülen SO<sub>2</sub> konsantrasyonları Yönetmelik'te insan sağlığının korunması amacıyla belirlenen saatlik ve günlük limit değerlerle kıyaslandığında saatlik limit değerlerin 2015 yılında bir kez, 2016 yılında altı kez, 2017 yılında ise üç kez aşıldığı; günlük ortalama değerlerin beş yıl boyunca limit değerler altında kaldığı gözlenmiştir. Yönetmelik'te ekosistemlerin korunması amacıyla yıllık limit değer olarak 20 µg/m<sup>3</sup> değeri belirlenmiş ve ölçülen konsantrasyonların yıllık ortalama değerleri bu değerle kıyaslanmıştır. Sadece 2017 yılında 21 µg/m<sup>3</sup> değeri ile yıllık limit değer aşılmıştır.

Tablo 11. Kocaeli Dilovası İstasyonunda Ölçülen SO<sub>2</sub> Konsantrasyonlarının Limit Değerlerle Kıyaslanması

SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2014	2015	2016	2017	2018
Saatlik ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	7442-%85	8125-%93	8558-%97	8519-%97	8700-%99
Saatlik en yüksek değer	393	537	717	540	218
Saatlik limit değer*	500	470	440	410	380
Saatlik limit değer için izin verilen aşım sayısı	24	24	24	24	24
Saatlik aşım sayısı	0	1	6	3	0
Uyarı eşiği	500	500	500	500	500
Uyarı eşiği aşım sayısı	0	1	3	1	0
Günlük ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	317-%87	361-%99	366-%100	362-%99	365-%100
Günlük en yüksek değer	77	84	121	137	50
Günlük limit değer*	250	225	200	175	150
Günlük limit değer için izin verilen aşım sayısı*	3	3	3	3	3
Günlük aşım sayısı	0	0	0	0	0
Yıllık limit değer**	20	20	20	20	20
Yıllık ortalama değer	16	13	16	21	11
Standart sapma	20	21	28	27	15

\* İnsan sağlığının korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

\*\* Ekosistemin korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

Yönetmelik'e göre insan sağlığının korunması için NO<sub>2</sub> parametresine, ekosistemin korunması için NO<sub>x</sub> parametresine dikkat edilmelidir. NO<sub>2</sub> parametresi için saatlik ve yıllık limit değerler, NO<sub>x</sub> parametresi için sadece yıllık limit değer belirlenmiştir. Ölçülen NO<sub>2</sub> kirlilik seviyeleri beş yıl boyunca yıllık limit değerlerinin altında kalmış ve en düşük kirlilik seviyesi 2018 yılında gözlenmiştir. Ancak Tablo 12'de NO<sub>2</sub> ve NO konsantrasyonlarının toplamı olarak hesaplanan yıllık ortalama NO<sub>x</sub> değerlerine bakıldığında her yıl limit değerlerin aşıldığı görülmektedir.



Tablo 12. Kocaeli Dilovası İstasyonunda Ölçülen NO<sub>x</sub> Konsantrasyonlarının Limit Değerlerle Kıyaslanması

NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2014	2015	2016	2017	2018
Saatlik ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	8522-%97	8083-%92	7993-%91	8324-%95	8437-%96
Yıllık limit değer*	30	30	30	30	30
Yıllık ortalama değer	55	61	58	42	30
Standart sapma	52	55	62	62	52

\* Ekosistemin korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

Tablo 13'te Kocaeli Dilovası istasyonunda ölçülen CO kirliliğinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Yönetmelik'te CO kirliliği parametresi için insan sağlığının korunması amacıyla günlük (maksimum 8 saatlik ortalama) limit değer belirlenmiştir. Saatlik olarak ölçülen CO konsantrasyonlarının günlük maksimum sekiz saatlik ortalamaları hesaplanmış ve bu değerlerin limit değerlerin çok altında olduğu görülmüştür. Dolayısıyla Kocaeli-Dilovası istasyonu çevresinde CO kirliliğinin insan sağlığı açısından bir risk oluşturmadığı söylenebilir. Her yıl için hesaplanmış maksimum günlük 8 saatlik ortalama değerlerin Yönetmelik'te belirlenen alt değerlendirme eşliğinin dahi altında kaldığı gözlenmiştir. Dolayısıyla Yönetmelik'e göre; bu istasyon için CO kirliliğinin sürekli ölçümüne ihtiyaç duyulmadığı, sadece kaynak envanteri ve hava kalitesi modelleme sonuçlarının CO kirliliğinin izlenmesinde yeterli olacağı söylenebilir.

Tablo 13. Kocaeli Dilovası İstasyonunda Ölçülen CO Konsantrasyonlarının Limit Değerlerle Kıyaslanması

CO (µg/m <sup>3</sup> )	2014	2015	2016	2017	2018
Günlük (maksimum 8 saatlik ortalama) ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	316-%87	345-%95	357-%98	361-%99	360-%99
Günlük (maksimum 8 saatlik ortalama) en yüksek değer	4306	4412	3142	3603	2747
Günlük (maksimum 8 saatlik ortalama) alt değerlendirme eşliği	5000	5000	5000	5000	5000
Günlük (maksimum 8 saatlik ortalama) limit değer*	16000	14000	12000	10000	10000
Günlük (maksimum 8 saatlik ortalama) aşım sayısı	0	0	0	0	0

\* İnsan sağlığının korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

Yönetmelik'te O<sub>3</sub> parametresi için insan sağlığının korunması amacıyla belirlenen limit değer 2022'de ulaşılması gereken hedef değerdir. Günlük maksimum sekiz saatlik ortalama hedef değer 120 µg/m<sup>3</sup> ve bu değer aşılması için izin verilen maksimum gün sayısı 25'tir. O<sub>3</sub> kirliliğinin beş yıllık değerlendirmesi Tablo 14'te verilmiş ve değerlendirme sonucunda günlük limit değer için izin verilen aşım sayısının üstüne çıkmadığı görülmüştür.

Tablo 14. Kocaeli Dilovası İstasyonunda Ölçülen O<sub>3</sub> Konsantrasyonlarının Limit Değerlerle Kıyaslanması

O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2014	2015	2016	2017	2018
Saatlik ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	6336-%72	8065-%92	7991-%91	8289-%95	7545-%86
Saatlik en yüksek değer	237	208	139	245	186
Yıllık ortalama değer	39	43	36	37	44
Standart sapma	28	29	24	30	30
Günlük (maksimum 8 saatlik ortalama) ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	278-%76	351-%96	345-%94	361-%99	313-%86
Günlük (maksimum 8 saatlik ortalama) en yüksek değer	149	140	101	163	144
Günlük (maksimum 8 saatlik ortalama) limit değer*	120	120	120	120	120
Günlük (maksimum 8 saatlik ortalama) limit değer için izin verilen aşım sayısı*	25	25	25	25	25
Günlük (maksimum 8 saatlik ortalama) aşım sayısı	1	4	0	14	5

\*İnsan sağlığının korunmasında 2022 için hedef değer

### 3.3. Kocaeli Dilovası İMES OSB istasyonları

Dilovası İMES OSB alanı içinde MTHM'ne ait iki adet hava kalitesi istasyonu bulunmaktadır. Her iki istasyonda da PM<sub>10</sub>, NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve CO kirlilik parametreleri ile meteorolojik parametrelerin saatlik ölçümleri yapılmaktadır. İki istasyonda da 2015 yılının son aylarında ölçüm yapılmaya başlandığından 01.01.2016 ve 01.01.2019 tarihleri arasındaki 3 yıllık ölçüm sonuçları değerlendirilmiştir. İMES OSB 1 istasyonu OSB arazisinin merkezine yakın bir konumda, İMES OSB 2 istasyonu ise OSB alanının kuzeydoğusunda, bölgenin sınırında bir noktada yer almaktadır.

Tablo 15'te İMES OSB 1 istasyonunda üç yıl boyunca ölçülen PM<sub>10</sub> kirlilik seviyeleri verilmiştir. Yıllık ortalama değerlere göre en yüksek kirlilik seviyesi 2017 yılında gözlenmiştir. Yıllık limit değer sadece 2017 yılında aşılmış olsa da üç yıl boyunca günlük limit değer aşıldığı gün sayısı bir yıl için izin verilen aşım sayısının çok üstünde gözlenmiştir. Dolayısıyla üç yıldır bölgede çalışan insanların sağlığının Yönetmelik'e göre tehdit altında olduğu söylenebilir.



Tablo 15. Kocaeli Dilovası İMES OSB 1 İstasyonunda Ölçülen PM<sub>10</sub> Konsantrasyonlarının Limit Değerlerle Kıyaslanması

PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2016	2017	2018
Günlük ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	351-%96	338-%93	341-%93
Günlük en yüksek değer	445	260	187
Günlük limit değer*	80	70	60
Günlük limit değer için izin verilen aşım sayısı*	35	35	35
Günlük aşım sayısı	42	92	73
Yıllık limit değer*	52	48	44
Yıllık ortalama değer	50	56	39
Standart sapma	47	49	38

\* İnsan sağlığının korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

Tablo 16'da ise İMES OSB 2 istasyonunda ölçülen PM<sub>10</sub> kirliliğinin değerlendirilmesi verilmiştir. Yıllık ortalama ve günlük limit değerlerin aşıldığı gün sayıları 2018 yılında PM<sub>10</sub> kirliliğinin önceki yıllara kıyasla arttığını ancak limit değerler dâhilinde kaldığını göstermektedir. Dolayısıyla İMES OSB 2 istasyonu çevresinde gözlenen PM<sub>10</sub> kirliliğinin insan sağlığı için tehlikeli boyutlarda olmadığı söylenebilir.

Tablo 16. Kocaeli Dilovası İMES OSB 2 İstasyonunda Ölçülen PM<sub>10</sub> Konsantrasyonlarının Limit Değerlerle Kıyaslanması

PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2016	2017	2018
Günlük ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	353-%96	360-%99	356-%98
Günlük en yüksek değer	174	78	153
Günlük limit değer*	80	70	60
Günlük limit değer için izin verilen aşım sayısı*	35	35	35
Günlük aşım sayısı	2	1	25
Yıllık limit değer*	52	48	44
Yıllık ortalama değer	20	21	28
Standart sapma	20	17	30

\* İnsan sağlığının korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

NO<sub>2</sub> kirlilik analizi sonuçlarına göre her iki istasyonda da yıllık ortalama NO<sub>2</sub> konsantrasyonu yıllık limit değerinin altında kalmıştır. Ayrıca tüm yıllar için ölçülen saatlik konsantrasyonlar insan sağlığının korunması amacıyla belirlenen saatlik limitler dâhilindedir. Dolayısıyla bölgede gözlenen NO<sub>2</sub> kirliliğinin insan sağlığı açısından ciddi bir tehlike oluşturmadığı yorumu yapılabilir.

Tablo 17'de İMES OSB 1 istasyonun da ölçülen NO<sub>x</sub> kirlilik değerlendirmesi verilmiştir. Bu taboda verilen yıllık ortalama NO<sub>x</sub> konsantrasyonları ekosistemin korunması için belirlenmiş olan yıllık limit değer ile kıyaslandığında üç yılda da limit değerinin aşıldığı gözlenmiştir. 2017 yılında hem kirlilik ortalaması hem de standart sapma diğer yıllara kıyasla çok daha yüksek seviyelerde gözlenmiştir. Bu sapmalar NO parametresinden kaynaklanmaktadır. İMES OSB 2 istasyonunda ise NO<sub>x</sub> kirliliği ekosistem açısından bir tehdit oluşturmamaktadır.

Tablo 17. Kocaeli Dilovası İMES OSB 1 İstasyonunda Ölçülen NO<sub>x</sub> Konsantrasyonlarının Limit Değerlerle Kıyaslanması

NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	2016	2017	2018
Saatlik ölçüm sayısı-ölçüm yüzdesi	6988-%80	6124-%70	7045-%80
Yıllık limit değer*	30	30	30
Yıllık ortalama değer	41	69	40
Standart sapma	53	92	46

\* Ekosistemin korunması için, yıllık tolerans paylarıyla birlikte hesaplanmış limit değerler.

Her iki istasyonda ölçülen CO konsantrasyonları Yönetmelik limit değerleriyle kıyaslandığında ise kirlilik seviyelerinin çok düşük olduğu, üç yıl boyunca gözlenen günlük en yüksek değerlerin limit değerler dahilinde ve alt değerlendirme eşliğinin altında olduğu görülmüştür.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada Dilovası'nda yer alan dört adet hava kalitesi izleme istasyonunda son yıllarda ölçülen kirlilik konsantrasyonları analiz edilmiş ve her bir istasyonda ölçülen kirlilik seviyeleri Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi (HKDY) Yönetmeliği'ne göre değerlendirilmiştir. Yönetmelik'te insan sağlığının ve ekosistemin korunması amacıyla her bir kirlilik parametresi için saatlik, günlük ya da yıllık limit değerler belirlenmiş ve bu limit değerlerin aşılması halinde yapılması gereken faaliyetler açıklanmıştır. Ayrıca istasyonlarda hava kalitesinin sürekli sistemlerle izlenmesi gerekliliğini ortaya koyan alt ve üst eşik değerleri ile insan sağlığı için ciddi risk seviyesi anlamına gelen uyarı eşik seviyeleri tanımlanmıştır.

D-100 ve E-80 karayollarına yakın bir konumda ve Dilovası Organize Sanayi Bölgesi'nin (DOSB) içinde yer alan Kocaeli OSB hava kalitesi izleme istasyonunda ölçülen kirlilik seviyelerine göre insan sağlığı ve ekosistem için en fazla risk oluşturan kirleticiler NO<sub>x</sub> bileşikleridir. NO<sub>2</sub> ve NO<sub>x</sub> konsantrasyonları beş yıl boyunca limit değerlerin çok üstünde gözlenmiştir. Özellikle 2017 yılından itibaren yıllık ortalama NO<sub>x</sub> konsantrasyonları katlanarak artmış ve ekosistem üzerindeki tehditi artırmıştır. SO<sub>2</sub> kirliliği zaman zaman uyarı eşiğini aşacak seviyelere ulaşmıştır ancak Yönetmelik'te insan sağlığının korunması için saatlik ve günlük limit değerler için izin verilen aşım sayılarının altında kalmıştır. PM<sub>10</sub> kirlilik seviyeleri ise beş yıl boyunca insan sağlığının korunması amacıyla belirlenmiş limit değerler dahilinde gözlenmiştir.

Kocaeli Dilovası istasyonu D-100 karayolu yakınında, yerleşim bölgesi içinde bir ilkokul bahçesinde yer almaktadır. Dolayısıyla doğrudan ilçede yaşayan insanların maruz kaldıkları hava kirliliğini ölçtüğü düşünülebilir. Bu istasyonda ölçülen parametreler arasında en tehlikeli kirletici PM<sub>10</sub>'dur. Beş yıl boyunca ölçülen kirlilik seviyeleri, günlük ve yıllık limit değerlerin çok üstünde gözlenmiş ve insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşmıştır. SO<sub>2</sub> konsantrasyonları uyarı eşiğini ve limit değerleri zaman zaman aşmış olsa da insan sağlığı açısından oluşturduğu risk PM<sub>10</sub> kirliliği kadar değildir. NO<sub>2</sub> konsantrasyonları da limit değerler dahilinde gözlenmiş ancak yıllık ortalama NO<sub>x</sub> konsantrasyonları ekosistemin korunması amacıyla belirlenmiş limit değerleri beş yıl boyunca aşmıştır. Bu istasyonda CO ve O<sub>3</sub> ölçümleri de yapılmaktadır. Ölçülen kirlilik seviyelerine göre bu kirleticilerin insan sağlığı açısından bir risk oluşturmadığı görülmüştür. Hatta, CO konsantrasyonları alt değerlendirme eşiğini aşmadığından Yönetmelik'e göre bu istasyon için CO kirliliğinin sürekli ölçümüne ihtiyaç duyulmadığı, sadece kaynak envanteri ve hava kalitesi modelleme sonuçlarının CO kirliliğinin izlenmesinde yeterli olacağı söylenebilir.

Dilovası İMES OSB alanı içinde bulunan iki istasyonda PM<sub>10</sub>, NO<sub>2</sub> bileşikleri ve CO kirleticilerinin konsantrasyon ölçümleri yapılmaktadır. İMES OSB 1 istasyonu OSB arazisinin merkezine yakın bir konumda, tesislerin arasında; İMES OSB 2 istasyonu ise OSB alanının kuzeydoğusunda, bölgenin sınırında, orman arazisine yakın bir noktada yer almaktadır. İMES OSB 1 istasyonunda ölçülen PM<sub>10</sub> kirlilik seviyeleri limit değerlerin çok üstünde olup insan sağlığını tehdit edecek boyutlara ulaşmışken, İMES OSB 2 istasyonunda ölçülen PM<sub>10</sub> kirliliği limit değerlerin altında gözlenmiştir. NO<sub>2</sub> kirliliği her iki istasyondaki ölçüm sonuçlarına göre bölgede insan sağlığı açısından bir risk oluşturmamaktadır. Ancak İMES OSB 1 istasyonunda ölçülen yıllık ortalama NO<sub>x</sub> konsantrasyonları ekosistemin korunması amacıyla belirlenmiş yıllık limit değerlerin üstündedir. Her iki istasyonda da ölçülen CO kirlilik seviyeleri limit değerlerin ve alt değerlendirme eşiğinin altındadır.

Yönetmelik'e göre, limit değerlerin aşılması halinde il çevre ve orman müdürlükleri ilgili kurum ve kuruluşlarla koordinasyon içerisinde bir temiz hava planı hazırlamalıdır. Temiz hava planları, limit değerlere ulaşmak için alınması gereken önlemleri içermeli ve kamuoyuna sunulmalıdır. Uyarı eşiklerinin aşılması insan sağlığı için risk oluşturduğundan uyarı eşiklerinin aşılması durumunda da kamuoyunun bilgilendirilmesi gerekmektedir. Uyarı eşiklerinin aşılması durumunda aşımın süresini kısıtlamak ve aşım risklerini azaltmak için kısa vadede alınacak önlemleri içeren bir eylem planı hazırlanmalıdır. Eylem planları, hava kirliliğini artıran motorlu araç trafiğini de içeren faaliyetleri kontrol etmek ve gerektiğinde askıya almak için gerekli önlemleri içerebilir ve temiz hava planlarının bir parçası olabilir. Örneğin; D-100 ve E-80 karayollarına yakınlıkları sebebiyle, Kocaeli OSB istasyonunda NO<sub>x</sub> kirleticilerinin ve Kocaeli Dilovası istasyonunda PM<sub>10</sub> kirleticisinin yüksek seviyelerde gözlemlendiği düşünülebilir ve kirlilik seviyelerini düşürmek amacıyla bu yollardaki araç trafiğini azaltacak alternatif yöntemler temiz hava planlarında önerilebilir.

## Teşekkür

Katkılarından dolayı TÜBİTAK'a (Proje No:117Y298) ve hava kalitesi verilerini kullanımımıza açan T.C Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na teşekkür ederiz.

## Kaynakça

- Andre, L., Boissière, J., Reboul, C., Perrier, R., Zalvidea, S., Meyer, G., Thireau, J., Tanguy, S., Bideaux, P., Hayot, M., Boucher, F., Obert, P., Cazorla, O. ve Richard, S. (2009). Carbon Monoxide Pollution Promotes Cardiac Remodeling and Ventricular Arrhythmia in Healthy Rats. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 181 (6), 587-595.
- Brunekreef, B. ve Holgate, S. T. (2002). Air Pollution and Health. *The Lancet*, 360(9341), 1233-1242.
- CEC (Commission of the European Communities), 2008: Directive 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council of 21 May 2008 on ambient air quality and cleaner air for Europe. Official Journal of the European Union, L152, 1-44.
- Chen, T.-M., Kuschner, W.G., Gokhale, J. ve Shofer, S. (2007). Outdoor Air Pollution: Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide, and Carbon Monoxide Health Effects. *The American Journal of the Medical Sciences*, 333(4), 249-256.
- Çapraz, Ö., Deniz, A. ve Doğan, N. (2017). Effects of air pollution on respiratory hospital admissions in Istanbul, Turkey, 2013 to 2015. *Chemosphere*, 181, 544-550.
- ÇŞB, (2019a). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Marmara Temiz Hava Merkezi, Hava Kalitesi İndeksi, <http://mthm.havaizleme.gov.tr/secure/HAVA%20KAL%DDTES%DD%20%DDNDEKS%DD.htm> (Erişim tarihi: 11.09.2019)
- ÇŞB, (2019b). T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ulusal Hava Kalitesi İzleme Ağı, <https://www.havaizleme.gov.tr/> (Erişim tarihi: 11.09.2019)
- Dilovası Belediyesi (2019). Dilovası'nı Tanıyalım, <http://dilovasi.bel.tr/icerik/17/13/dilovasini-taniyalim.aspx> (Erişim tarihi: 11.09.2019)
- DOSB (2019). Kocaeli Dilovası Organize Sanayi Bölgesi, Tarihçe, <http://dosb.com.tr/TR/Contents.aspx?ID=3> (Erişim tarihi: 11.09.2019)

- Ebi K.L. ve McGregor G., 2008. Climate Change, Tropospheric Ozone and Particulate Matter, and Health Impacts. *Environ. Health Perspectives*, 116(11): 1449–1455.
- EPA (U.S. Environmental Protection Agency), 2012. Report to Congress on Black Carbon, 388.
- Feng, L. ve Liao, W. (2016). Legislation, plans, and policies for prevention and control of air pollution in China: achievements, challenges, and improvements. *Journal of Cleaner Production*, 112, 1549-1558.
- Freeman, B.S., Taylor, G., Gharabaghi, B. ve The, J. (2018). Forecasting air quality time series using deep learning. *Journal of the Air & Waste Management Association*, 68(8), 866-886.
- Gemici Z., Kale O., Yuva H. ve Çağan İ. (2017). Hava Kalitesi İzleme Sürecinde Yasal Yükümlülükler, VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu, 1-3 Kasım, Antalya.
- Gemmer, M. ve Bo, X. (2013). Air Quality Legislation and Standards in the European Union: Background, Status and Public Participation. *Advances in Climate Change Research*, 4(1), 50-59.
- Güler, Ç., 1993. *Hava Kirliliği*, Hatipoğlu Yayınevi, Ankara.
- HKDYY (2008). Hava Kalitesi Değerlendirme ve Yönetimi Yönetmeliği, T.C. Resmi Gazete (26898, 06.06.2008)
- Iwamoto, M. ve Hamada, H. (1991). Removal of nitrogen monoxide from exhaust gases through novel catalytic processes. *Catalysis Today*, 10(1), 57-71.
- İMES OSB (2019). VI. Makine İhtisas Organize Sanayi Bölgesi, Hakkımızda, <https://imesdilovasi.org/hakkimizda/> (Erişim tarihi: 11.09.2019)
- Li, H., Wang, J., Li, R. ve Lu, H. (2019). Novel analysis-forecast system based on multi-objective optimization for air quality index. *Journal of Cleaner Production*, 208, 1365-1383.
- MARKA (2012). Green Kocaeli-Gelişmiş Rehabilitasyon ve Endüstriyel Nüanslarla Kocaeli’de Çevre Konsepti Çalıştay Kitabı, Kocaeli Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, Doğu Marmara Kalkınma Ajansı (MARKA) Doğrudan Faaliyet Destek Programı.
- Mazzei F., D’Alessandro A., Lucarelli F., Nava S., Prati P., Valli G. ve Vecchi R. (2008). Characterization of particulate matter sources in an urban environment, *Science of The Total Environment*, 401 (1-3), 81-89.
- Özdemir, E.T. (2019). Investigations of a Southerly Non-Convective High Wind Event in Turkey and Effects on PM10 Values: A Case Study on April 18, 2012. *Pure and Applied Geophysics*, 176, 4599-4622.
- Özdemir, E.T., Deniz, A., Yavuz, V., Doğan, N. ve Akbayır, İ. (2018). Investigation of Fog-Air Quality Relationship in Istanbul, *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(1), 30-36.
- Öztürk Z., Arslantaş O.A., Emanet Beba H., Yılmaz M., Toros H., (2019). Air Pollution Reduction with Intelligent Transportation Systems: Dilovası Senaryo, *Journal of Research in Atmospheric Science*, 1(1), 12-17.
- Raub, J.A, Mathieu-Nolf, M., Hampson, N.B. ve Thom, S.R. (2000). Carbon Monoxide Poisoning - A Public Health Perspective. *Toxicology*, 145(1), 1-14.
- Tam, C.W., Bevan, R.J., Harrison, P.T.C., Youngs, L.C. ve Crump, D. (2012). Public Health Impacts of Exposure to Carbon Monoxide From Gas Appliances in UK Homes – Are We Missing Something? *Indoor and Built Environment*, 21(2), 229-240.
- Toros H., 2000. İstanbul’da Asit Yağışları, Kaynakları ve Etkileri, Doktora Tezi, 110s, İTÜ
- TÜİK (2019). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt İstatistikleri, İl ve İlçelere Göre İl/İlçe Merkezi, Belde/Köy Nüfusu ve Yıllık Nüfus Artış Hızı, [http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab\\_id=2305](http://www.tuik.gov.tr/PreIstatistikTablo.do?istab_id=2305) (Erişim Tarihi: 11.06.2020)
- Unal, Y.S., Toros, H., Deniz, A. ve Incecik, S. (2011). Influence of meteorological factors and emission sources on spatial and temporal variations of PM10 concentrations in Istanbul metropolitan area. *Atmospheric Environment*, 45, 5504-5513.
- Vallero, D. A. (2014). *Fundamentals of Air Pollution* (5th ed.). Academic Press.
- Yılmaz M., Toros H., Incecik S., Öztürk Z., Kırkil G., Öztaş D., Akçay M., Dinç U., Gültekin M., Emanet H., Arslantaş O.A. (2019). Investigation of Air Pollution Using a Model in Dilovası and Gebze Region: A New Approach, *Journal of Research in Atmospheric Science*, 1(1), 49-52.
- WHO, (2003). Health Aspects of Air Pollution with Particulate Matter, Ozone and Nitrogen Dioxide, [http://www.euro.who.int/\\_data/assets/pdf\\_file/0005/112199/E79097.pdf](http://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0005/112199/E79097.pdf)
- Wigenstam, E., Elfsmark, L., Bucht, A. ve Jonasson, S. (2016). Inhaled sulfur dioxide causes pulmonary and systemic inflammation leading to fibrotic respiratory disease in a rat model of chemical-induced lung injury. *Toxicology*, 368, 28-36.
- Zheng, Y., Yi, X., Li, M., Li, R., Shan, Z., Chang, E. ve Li, T. (2015). Forecasting Fine-Grained Air Quality Based on Big Data, *21th ACM SIGKDD Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, 10-13 August 2015, Sydney.



# Basra Petrol Sahasındaki Atık Toprak-Yağ Karışımının Doğal Radyonüklid İçeriği ve Radyolojik Tehlike Seviyeleri

İskender Akkurt<sup>1\*</sup>, Kadir Günoğlu<sup>2</sup>, Hadi Al-Baidhani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5247-7850)

<sup>2</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9008-9162)

(İlk Geliş Tarihi 18 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 6 Temmuz 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.722575)

**ATIF/REFERENCE:** Akkurt, İ., Günoğlu, K. & Al-Baidhani, H. (2020). Ağlayankaya plaj kumlarında doğal radyoaktivite düzeylerinin ve radyolojik tehlike indekslerinin değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 715-721.

## Öz

Özellikle taş, toprak, kaya gibi çevresel örneklerin doğal yapılarında farklı miktarlarda doğal radyonüklidler bulunmaktadır. Bu çevresel örneklerin doğal radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi çevrenin korunması ve insan sağlığı açısından önemlidir. Bu çalışmada, Basra petrol sahasındaki atık olarak ortaya çıkan yağla karışmış olan toprak örneklerinde Uranyum-238, Toryum-232 ve potasyum-40 doğal radyonüklidlerin aktivite konsantrasyonları ölçülmüştür. Bu ölçümler Süleyman Demirel Üniversitesi Fizik Bölümünde bulunan NaI(Tl) dedektörlü gama ışını spektrometresi kullanılarak yapılmıştır. Ölçülen aktivite konsantrasyonları kullanılarak, özellikle bu alanlarda çalışan işçilerin maruz kalacağı radyolojik tehlike seviyeleri belirlenmiştir. Elde edilen tüm sonuçlar tavsiye edilen limit değerler ile karşılaştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Doğal Radyoaktivite, Toprak, Petrol Sahası, Basra

## Natural radionuclide content and radiological hazard levels of waste soil-oil mixture in the Basra oil field

### Abstract

There are different amounts of natural radionuclides in the natural structures of environmental samples such as stone, soil and rock. Determining the natural radioactivity levels of these environmental samples is important for the protection of the environment and human health. In this study, the activity concentrations of Uranium-238, Thorium-232 and potassium-40 natural radionuclides were measured in soil samples mixed with oil that emerged as waste in the Basra oil field. These measurements were made using NaI (Tl) detector gamma ray spectrometry in Süleyman Demirel University Physics Department. Using the measured activity concentrations, the levels of radiological hazards to which especially workers working in these areas will be exposed were determined. All results obtained were compared with the recommended limit values.

**Keywords:** Natural Radioactivity, Soil, Oil Field, Basra.

### 1. Giriş

Dünya üzerindeki tüm canlılar doğal ve yapay kaynakların sebep olduğu bir radyasyona sürekli maruz kalmaktadır. Bu maruz kalınan radyasyonun %86'sını kozmik ışınlar ve karasal radyasyon gibi doğal kaynaklar oluştururken, tıbbi, endüstriyel, tarımsal faaliyetler sonucunda oluşan yapay radyasyonun etkisi yaklaşık %14 tür. İnsanların maruz kalmış oldukları doğal radyasyon kaynaklarından alınan yıllık ortalama etkin doz 2.4mSv'dir. Maruz kalınan bu etkin doza en büyük katkı primordial radyonüklitlerden (potasyum-40, Uranyum-238 ve Toryum-232 serisi bozunum ürünleri) gelmektedir [1]. Dünyanın var oluşundan bu yana uzun ömürlü

\* Sorumlu Yazar: Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Isparta, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5247-7850, [iskenderakkurt@sdu.edu.tr](mailto:iskenderakkurt@sdu.edu.tr)



primordial radyonüklitler yana yaşamış olduğumuz çevredeki taş, kaya ve toprak gibi çevresel materyallerde bulunmaktadır ve bu radyonüklitler dışsal maruz kalmaya sebep olmaktadır. Özellikle zamanımızın çoğunu geçirmiş olduğumuz binaların yapımında kullanılan yapı malzemelerinden kaynaklanan radon gazı iç ışınlanmanın en önemli kaynağıdır. İnsan sağlığı üzerinde bu denli etkili olan doğal radyoaktivite dağılımı her bölgenin fiziki ve coğrafi yapısı, jeolojik yapısına ve belirli amaçlar için yapılan faaliyetlere bağlı olarak değişim göstermektedir[2].

Petrol çıkarma ve üretiminin yapıldığı sanayi alanlarında yürütülen faaliyet ve süreçlerin sonunda katı, sıvı veya çamur şeklinde çeşitli atıklar üretilir. Bu tür tesislerde üretilen atıklardan Doğal Olarak Oluşan Radyoaktif Malzeme (NORM) ile kontamine olması muhtemel tipik kalıntılar vardır. Teknolojik Olarak Geliştirilmiş Doğal Olarak Oluşan Radyoaktif Malzeme (TENORM) olarak adlandırılan doğal radyonüklitler, petrol işleme sonucunda ortaya çıkan bu kalıntılar içinde birikebilir [3]. TENORM petrol sahalarında kireç birikintileri, çamur ve su gibi atıklar petrol ve gaz çıkarma işlemleri sırasında ortaya çıkar.

Radyonüklitlerin konsantrasyonu ve dağılımı, çevresel radyoaktivitenin değerlendirilmesi ve izlenmesinde birçok bilimsel çalışmanın ana konusudur. Çevresel örneklerdeki radyonüklitlerin konsantrasyonu, doğal radyoaktivitenin kaynağını bulmak, çevresel etkileri belirlemek ve radyasyon risklerini değerlendirmek için önemlidir. Bu nedenle, dünyanın farklı bölgelerindeki birçok araştırmacı, çevresel materyallerdeki doğal radyoaktivite seviyelerinin belirlenmesi için çalışmalar gerçekleştirmiştir [4-8]. Ayrıca farklı petrol sahaları türlerinin  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonlarını incelemiştir [9-16].

Bu çalışmada, Basra-Irak'taki petrol alanındaki bazı toprak-yağ karışımı örneklerinde  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  doğal radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonları ölçülmüştür. Ayrıca, radyolojik tehlikeleri değerlendirmek için, elde edilen aktivite konsantrasyonları kullanılarak radyum eşdeğeri aktivite ( $R_{\text{eq}}$ ), absorbe edilen doz oranı (D), yıllık etkili doz eşdeğeri (AEDE), iç ve dış tehlike indeksleri ( $H_{\text{ex}}$  ve  $H_{\text{in}}$ ) hesaplanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Numunelerin Toplanması ve Hazırlanması



Şekil 1. Basra petrol sahaları ve örnekleme noktaları

Basra'nın orta batısından Kuveyt'in kuzeyine kadar uzanan Basra petrol sahaları, 1.600 km<sup>2</sup>'lik geniş bir alanı kapsamaktadır. Basra petrol sahaları Kuveyt'e yakın olan Kuzey Basra ve Güney Basra olmak üzere iki kısma ayrılmıştır (Şekil 1). Bu alanda kumtaşı katmanlarından dört kilometreye kadar derinliklerde çıkarılan yağ türü yüksek kaliteleriyle karakterize edilir ve yüksek geçirgenliğe ek olarak ortalama% 20 gözenekliliğe sahiptir.

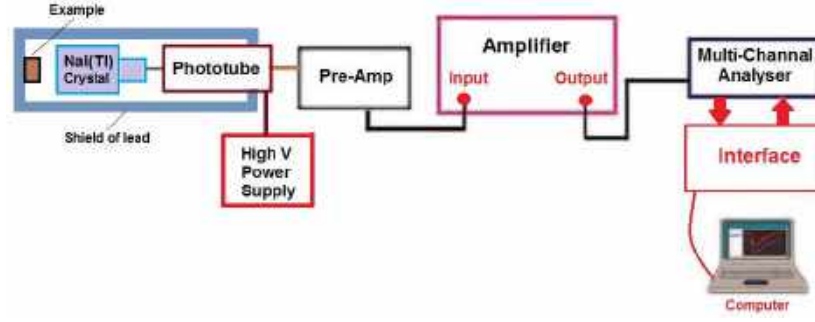
Bu çalışma kapsamında Basra petrol sahaları bölgesindeki 2 farklı noktadan yağlı toprak örnekleri toplanmıştır (Şekil 1). Toplanan yağlı toprak örneklerinin her biri yaklaşık 500 gm ağırlığındadır. Yağlı toprak örnekleri 10 cm derinliğe kadar toplanmıştır. Tüm yağlı toprak örneklerinde, nemin tamamen çıkarılmasını sağlamak için 24 saat boyunca yaklaşık 110 ° C'de bir fırında kurutuldu. Yağlı toprak örnekleri öğütüldükten sonra çakıl taşlarını ve diğer makro safsızlıkları homojenleştirmek için 1 mm gözenekli bir elek ile elenmiştir. Homojenize yağlı toprak örnekleri standart 500 ml hava geçirmez PVC plastik bir kaba konuldu. Kapaklar sıkıca kapatıldıktan sonra, radon gazlarının olası kaçışını önlemek için kapaklar vinil bantla sıkıca kapatıldı. Son olarak, ölçümden önce,  $^{238}\text{U}$  ( $^{226}\text{Ra}$ ) ve  $^{232}\text{Th}$  ( $^{228}\text{Ra}$ ) ve projenleri arasında radyoaktif dengeyi sağlamak için yağlı toprak örnekleri 4 haftalık bir süre boyunca saklandı.

### 2.2. Gama Işını Spektrometresi

Ölçüm için hazırlanan yağlı toprak numunelerindeki doğal radyonüklitlerin aktivite konsantrasyonları gama ışını spektrometresi kullanılarak belirlenmiştir. Bu spektrometre sistemi, fotoçoğaltıcı tüplere bağlı talyum ile aktive edilmiş sodyum iyodür (NaI) sentilasyon kristali içerir. Ölçüm sisteminin geometrisini tasarlarken, arka plan radyasyonunun ölçümler üzerindeki etkilerini azaltmak için dedektör kurşun bloğa yerleştirilmiştir (Şekil 2.).

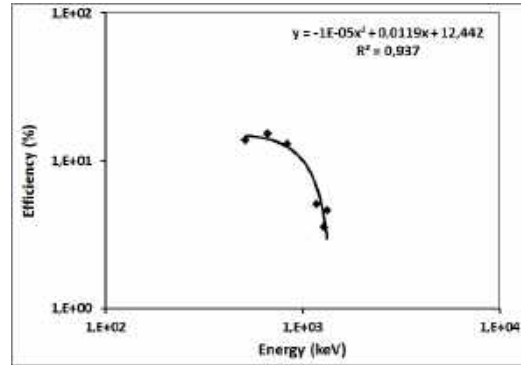


Yağlı toprak örneklerinin doğal radyoaktivite ölçümlerine başlamadan önce, dedektör sisteminin enerji kalibrasyonu ve algılama verimliliği kalibrasyonu gibi bazı işlemler gereklidir. Enerji kalibrasyonu, gama ışını enerjisi bilinen radyoaktif sezyum-137 (662 keV) ve kobalt-60 (1173 ve 1332 keV) kaynakları kullanılarak yapıldı.



Şekil 2. Gama spektrometresi ve elektronik birimlerin şematik görünümü

Algılama verimliliği kalibrasyonu iki değişkene göre yapılmıştır. Bu değişkenlerden ilki, dedektör ve radyoaktif kaynak arasındaki mesafedir. Bu mesafe 0.5 cm olarak alınmıştır. İkinci değişken, farklı gama ışını enerjileridir. Algılama verimliliği kalibrasyonu belirlenirken altı farklı gama ışını enerjisi kullanıldı. Bu değişkenlere bağlı olarak elde edilen algılama verimliliği kalibrasyon değerleri Şekil 3'te gösterilmiştir [17]. Şekil 3'te görülebileceği gibi,  $R^2$  değerleri 1'e yakın olduğu için verimlilik değerleri tutarlıdır.



Şekil 3. Gama ışını enerjilerinin bir fonksiyonu olarak algılama verimliliği

Ölçümler sonucunda elde edilen spektrumların analizinde, spektrumların alanları MAESTRO32 bilgisayar yazılımı kullanılarak hesaplanmıştır.  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  doğal elementlerinin doğal radyoaktivite miktarı, doğal gama ışını spektrumunda sırasıyla 1461, 1760 ve 2610 keV gama ışını enerjilerinde fotopikler kullanılarak hesaplandı. [17].

$^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  doğal radyonüklitlerin aktiviteleri spektrum alanlarının yardımıyla aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır. [18].

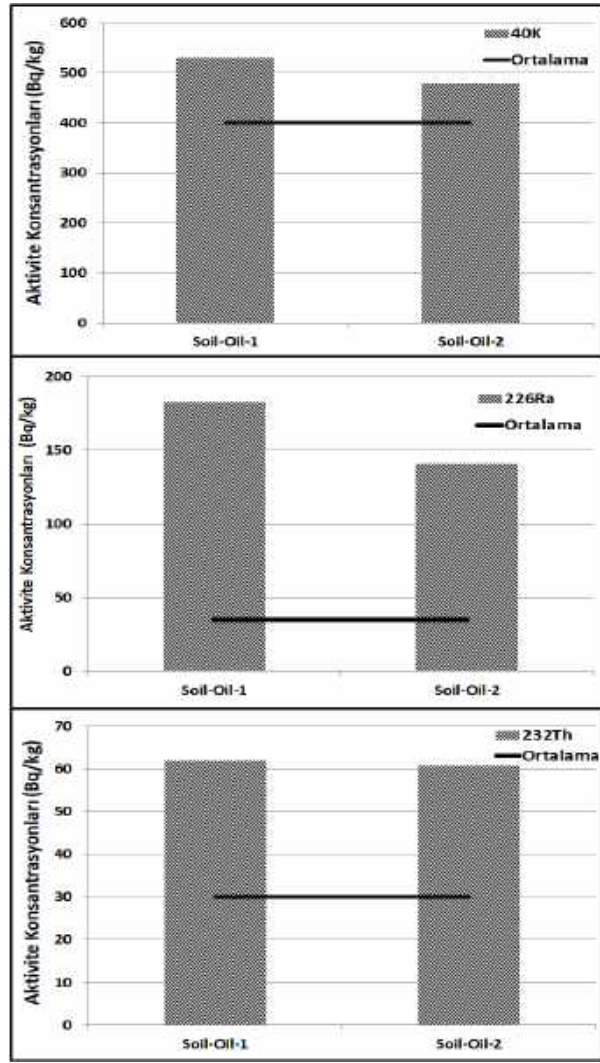
$$A \text{ (Bq/kg)} = \frac{N_S - N_B}{E_\gamma \cdot P_\gamma \cdot t \cdot M_S} \quad (1)$$

Burada  $N_S$  örnek için net fotopik alan,  $N_B$  arka plan fotopik alan,  $E_\gamma$  gama ışını algılama verimliliği,  $P_\gamma$  gama ışını emisyon olasılığı,  $t$  ölçüm süresi ve  $M_S$  (kg) örneklerin kuru ağırlığını ifade etmektedir.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Aktivite Konsantrasyonları

Basra-Irak'ta petrol sahasından toplanan yağlı toprak örneklerinde primordial radyonüklidler  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$ 'in aktivite konsantrasyonları gama spektroskopisi kullanılarak ölçülmüştür.  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonları için Dünya ortalama değerleri sırasıyla 400, 35 ve 30 Bq / kg'dır [1]. Bu çalışmada deneysel olarak bulunan  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonu değerleri, tüm yağlı toprak örneklerinde dünya ortalama değerlerinden daha yüksektir.  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  için ölçülen aktivite konsantrasyonu sonuçları şekil 4. de dünya ortalamasıyla birlikte gösterilmiştir.



Şekil 4.  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  and  $^{232}\text{Th}$  radyonüklid aktivite konsantrasyonları

### 3.2. Doz Ve Radyolojik Tehlike Etkilerinin Değerlendirilmesi

Literatürde bu konuda yapılan çalışmalarda radyasyona maruz kalma veya ışınlanmanın insanlar ve çevre üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde aktivite konsantrasyonları kullanılarak farklı parametreler hesaplanmıştır. Bu parametreler radyasyonun etkilerini belirlemek için daha iyi ve daha güvenli sonuçlar elde etmek için kullanılır. Radyolojik parametreler için önerilen güvenlik limiti değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Bu nedenle çalışmada yağlı toprak örnekleriyle ilişkili radyasyon tehlikelerini değerlendirmek için aşağıdaki doz ve radyolojik zarar parametreleri hesaplanmıştır.

Tablo 1. Aktivite konsantrasyonları ve radyolojik parametreler için önerilen ortalama ve limit değerleri

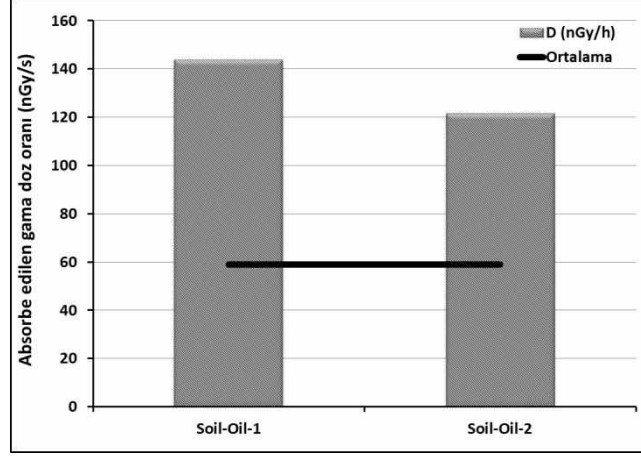
Aktivite konsantrasyonu	Ortalama değer	Referans
$^{40}\text{K}$	400 Bq/kg	[1]
$^{226}\text{Ra}$	35 Bq/kg	[1]
$^{232}\text{Th}$	30 Bq/kg	[1]
Absorbe Edilen Gama Doz Oranı (D)	59 nGy/h	[1]
Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri (YEDE)	0.46 mSv/y	[1]
Radyolojik parametre	Limit değer	Referans
Radyum Eşdeğer Aktivitesi ( $R_{\text{eq}}$ )	370 Bq/kg	[19]
Dış Zarar İndeksi ( $H_{\text{ex}}$ )	$\leq 1$	[1]
İç Zarar İndeksi ( $H_{\text{in}}$ )	$\leq 1$	[1]

#### 3.2.1. Absorbe Edilen Gama Doz Oranı (D)

Absorbe edilen gama doz oranı (D),  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  doğal radyoaktif elementlerin dağılımına bağlı olarak dış karasal gama radyasyonunun neden olduğu yerin 1 m yukarısında havada emilen doz oranı olarak tanımlanmaktadır. Absorbe edilen gama doz oranını hesaplamak için, UNSCEAR2000 raporlarında belirtilen nGy / s cinsinden doz dönüşüm faktörleri kullanılır. Absorbe edilen gama doz oranı, bu doz dönüşüm faktörleri kullanılarak aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanır. [1].

$$D \text{ (nGy/h)} = 0.0417A_K + 0.462A_{Ra} + 0.604A_{Th} \quad (2)$$

Burada  $A_K$ ,  $A_{Ra}$  ve  $A_{Th}$  sırasıyla  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonlarıdır. Çalışılan bölgedeki doğal radyonüklidlere bağlı emilen doz gama oranı değerleri Şekil 5'te gösterilmiştir. Absorbe edilen gama doz oranı değerlerinin, önerilen güvenlik limiti 59 nGy / s'den daha yüksek olduğu açıktır (Tablo 1.).



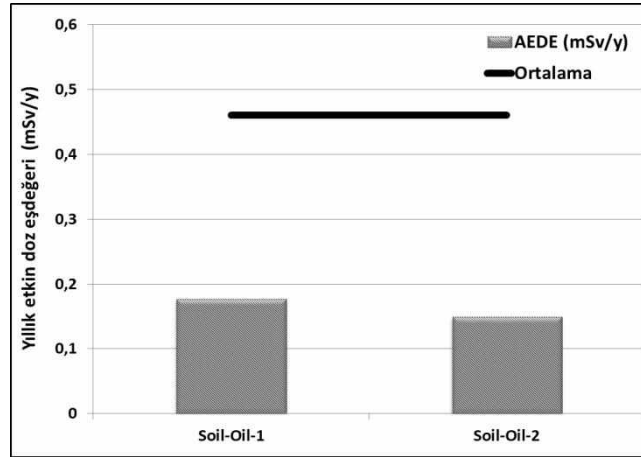
Şekil 5. Absorbe edilen gama doz oranı sonuçları

### 3.2.2. Yıllık Etkin Doz Eşdeğeri (YEDE)

Yukarıda hesaplanan absorbe edilen gama doz oranı ve dış doluluk faktörü kullanılarak yıllık etkin doz eşdeğeri (AEDE) hesaplamak mümkündür. UNSCEAR2000 raporlarında D için dönüşüm katsayısı 0.7 Sv / Gy olarak verilmiştir. Buna ek olarak, yetişkinlerin zamanlarının yaklaşık %20'sini dışarıda geçirdiği varsayılarak bina dışı meşguliyet faktörü 0,2 olarak alınmıştır. Buna göre, YEDE (mSv / y) aşağıdaki formülle hesaplanmıştır [1].

$$YEDE \text{ (mSv/y)} = D \text{ (nGy/h)} * 8760 \text{ h} * 0.2 * 0.7 \text{ (Sv/Gy)} * 10^{-6} \quad (3)$$

Yıllık etkin doz eşdeğeri sonuçları Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 6'dan, yıllık etkin doz eşdeğeri sonuçlarının, önerilen 0,46 mSv / y güvenlik sınırından daha düşük olduğu açıktır (Tablo 1.).



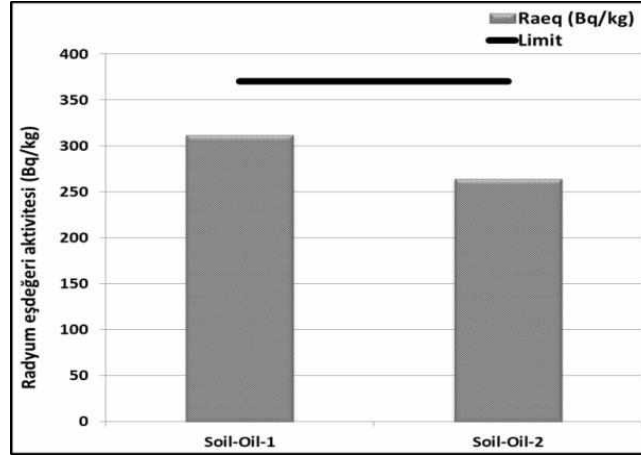
Şekil 6. Yıllık etkin doz eşdeğeri sonuçları

### 3.2.3. Radyum Eşdeğer Aktivite İndeksi ( $Ra_{eq}$ )

Radyum eşdeğer aktivite indeksi ( $Ra_{eq}$ ),  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  doğal radyoaktif elementler içeren maddelerin bu elementleri ile ilişkili radyasyon tehlikelerinin değerlendirilmesi için tanımlanmıştır. Bu indeks aşağıdaki bağıntı kullanılarak hesaplanabilir. [1]:

$$Ra_{eq} = 0.077A_K + A_{Ra} + 1.43A_{Th} \quad (4)$$

Burada  $A_K$ ,  $A_{Ra}$  ve  $A_{Th}$  sırasıyla  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  aktivite konsantrasyonlarıdır. Radyum eşdeğer aktivite indeksi sonuçları Şekil 7'de gösterilmiştir. Yağlı toprak örneklerindeki  $Ra_{eq}$  sonuçları önerilen güvenli limit değer 370 Bq / kg'dan azdır [16].



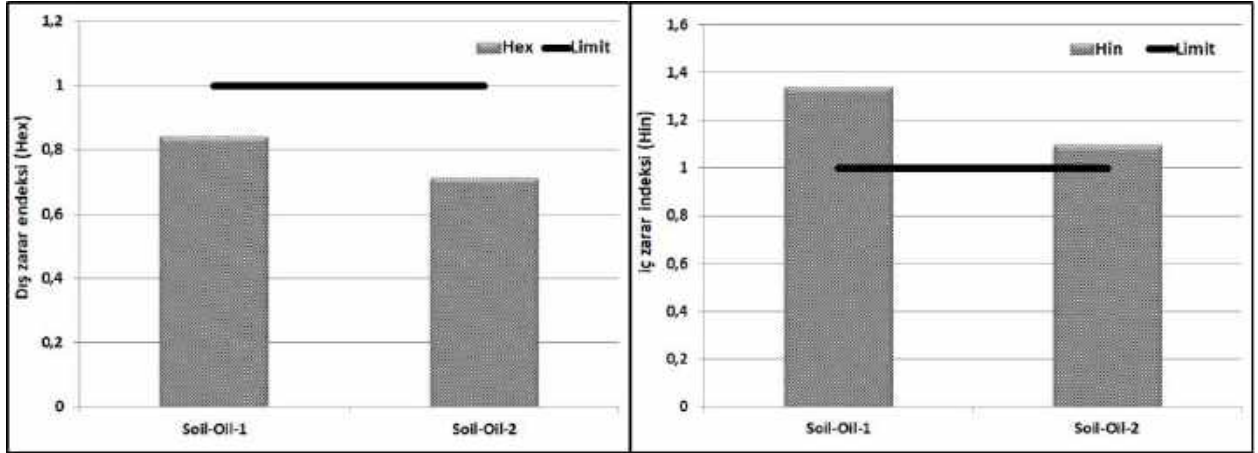
Şekil 7. Radyum eşdeğeri aktivitesi sonuçları

### 3.2.4. Dış ve İç Zarar İndeksi ( $H_{ex}$ , $H_{in}$ )

$^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  doğal radyonüklidleri içeren taş, toprak gibi çevresel materyallerin sağlık üzerindeki etkileri, dış zarar indeksi ( $H_{ex}$ ) adı verilen bir parametre ile değerlendirilir. Radon ve bozunma ürünlerine içsel maruz kalmanın etkileri, iç zarar indeksi ( $H_{in}$ ) ile değerlendirilir. Bu iki parametre radyasyon tehlikesi açısından birim değeri aşmamalıdır. Dış zarar indeksi ( $H_{ex}$ ) ve iç zarar indeksi ( $H_{in}$ ) aşağıdaki denklemler kullanılarak hesaplanmıştır [15].

$$H_{ex} = \frac{A_{Ra}}{370} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} , \quad H_{in} = \frac{A_{Ra}}{185} + \frac{A_{Th}}{259} + \frac{A_K}{4810} \quad (5)$$

Dış ve iç zarar endeksleri sonuçları Şekil 8'de gösterilmiştir. Elde edilen  $H_{ex}$  değerleri önerilen güvenlik sınırından düşük olduğunu fakat  $H_{in}$  için elde edilen sonuçlar önerilen güvenlik sınırından yüksek olduğu bulunmuştur.



Şekil 8. Dış ve iç zarar endeksleri sonuçları

## 4. Sonuç

Doğal radyoaktivite seviyesini belirlemek için Basra-Irak'taki petrol sahalarından toplanan yağlı toprak örneklerinin doğal yapısında bulunan  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$  ve  $^{232}\text{Th}$  K doğal radyonüklitlerinin aktivite konsantrasyonları gama ışını spektroskopisi sistemi kullanılarak ölçüldü. Bu doğal radyonüklitlerinin yağlı toprak örneklerinin yapısındaki aktivite konsantrasyonları, canlılara ve çevreye olan radyolojik etkilerini değerlendirmek için kullanılan parametrelerin hesaplanmasında faydalıdır. Bu çalışmada absorbe edilen doz oranı (D), yıllık etkili doz eşdeğeri (AEDE), radyum eşdeğeri aktivitesi ( $Ra_{eq}$ ), dış ve iç zarar endeksleri ( $H_{ex}$  ve  $H_{in}$ ) gibi radyolojik zarar parametreleri hesaplanmıştır. Absorbe edilen doz oranı (D) için elde edilen sonuçlar tüm numunelerde önerilen güvenlik sınırı değerini aştığı gözlenmiştir. Yıllık etkin doz eşdeğeri (AEDE), tüm numuneler için önerilen güvenlik sınırının altındadır. Radyum eşdeğeri aktivite ( $Ra_{eq}$ ) için elde edilen sonuçlar tüm numunelerde önerilen güvenlik limiti değerinin altında olduğu gözlenmiştir. Dış zarar indeksi ( $H_{ex}$ ) için, tüm numunelerde önerilen güvenlik limiti değerinin altında olduğu gözlenmiştir. Tüm numunelerde iç zarar indeksinin ( $H_{in}$ ) önerilen güvenlik limiti değerini aştığı gözlenmiştir. Bu çalışmada üretilen veriler, çalışılan bölgedeki doğal radyoaktivite seviyesi ve radyolojik parametreler için temel veriler sağlayacak ve bölgede yaşayan insanlar, hayvanlar ve çevre için radyasyondan korunma standartlarının uygulanmasında faydalı olacaktır.

## **Kaynakça**

- [1]. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation UNSCEAR 2000 Report to the General Assembly, with Scientific Annexes. Sources and Effects of Ionizing Radiation, Vol. I: Sources. United Nations Publication, New York, 654s.
- [2]. Günoğlu, K., Assessment of lifetime cancer risk due to natural radioactivity in the stones in the Central Anatolia Region, Turkey, *Arabian Journal of Geosciences* 11: 503, 1-6, 2018
- [3]. Al-Masri M. S., Aba, A., Distribution NORM in different oil fields equipment, *Appli. Radi. And Isotopes*, 63, 4, 457-463, 2005
- [4]. İskender A, Ayten Uyanık N, Günoğlu K (2015) Radiation dose estimation: an in vitro measurement for Isparta-Turkey. *Int J. Computational Experimental Sci Engineering (IJCESEN)* 1-1:1-4
- [5]. B. Canbaz, N Füsün Çam, G. Yaprak, O. Candan, 2010. Natural radioactivity (226Ra, 232Th and 40K) and assessment of radiological hazards in the Kestanbol granitoid, Turkey, *Radiat. Prot. Dosim.* 141, 192
- [6]. Myatt TA, Allen JG, Minegishi T, McCarthy WB, Mac-Intosh DL, McCarthy JF (2010) Assessing exposure to granite countertops— part 1: radiation. *J Expo Sci Environ Epidemiol* 20:280
- [7]. Akkurt I. and Gunoglu, K., 2014. Natural radioactivity measurements and radiation dose estimation in some sedimentary rock samples in Turkey. *Science and Technology of Nuclear Installations* Volume 2014, Article ID 950978
- [8]. Yii M, Zaharudin A, Abdul-Kadir I (2009) Distribution of naturally occurring radionuclides activity concentration in East Malaysian marine sediment. *Appl Radiat Isot* 67(4):630–635
- [9]. Abo-Elmagd M., Soliman H.A., Salman Kh.A., El-Masry N.M., (2010). Radiological hazards of TENORM in the wasted petroleum pipes, *J. Environ. Radio.* 101, 51-54.
- [10]. Kadyrzhanov K.K, Tuleushev A.Z, Marabaev Z.N (2005). Radioactive components of scales at the inner surface of pipes in oil fields of Kazakhstan. *J Radioanal Nucl Chem* 264:413–416.
- [11]. Hamlat M.S., Djeflal S., Kadi H. (2001). Assessment of radiation exposures from naturally occurring radioactive materials in the oil and gas industry. *Applied Radiation and Isotopes* 55, 141–146.
- [12]. Omar M, Ali HM, Abu MP (2004) Distribution of radium in oil and gas industry wastes from Malaysia. *Appl. Radiat Isot* 60:779–782.
- [13]. Godoy, J.M., Crux, R.P. (2003). 226Ra and 228Ra in scale and sludge samples and their correlation with the chemical composition. *Journal of Environmental Radioactivity* 70, 199-206.
- [14]. Günay, O. et al. (2019). Natural radioactivity analysis of soil samples from Ganos fault (GF). *International Journal of Environmental Science and Technology*, 2019, 16.9: 5055-5058.
- [15]. Günay, O. (2018). Assessment of lifetime cancer risk from natural radioactivity levels in Kadikoy and Uskudar District of Istanbul. *Arabian Journal of Geosciences*, 11(24), 782.
- [16]. Günay, O., & Eke, C. (2019). Determination of terrestrial radiation level and radiological parameters of soil samples from Sariyer-Istanbul in Turkey. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(20), 631.
- [17]. Akkurt, I., Gunoglu, K., & Arda, S. S. 2014. Detection efficiency of NaI (TI) detector in 511–1332 keV energy range. *Science and Technology of Nuclear Installations*, 2014.
- [18]. Beretka J, Mathew PJ 1985. Natural radioactivity of Australian building materials, industrial wastes and by-products. *Health Phys* 48:87–95
- [19]. NEA-OECD, 1979. Exposure to Radiation from Natural Radioactivity in Building Materials. Report by NEA Group of Experts of the Nuclear Energy Agency. OECD, Paris, France.





# Protein – Protein Etkileşimi Tespit Yöntemleri, Veri Tabanları ve Veri Güvenilirliği

Volkan Altuntaş<sup>1\*</sup>, Murat Gök<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bursa Teknik Üniversitesi, Rektörlük, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3144-8724)

<sup>2</sup> Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Yalova, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2261-9288)

(İlk Geliş Tarihi 21 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 6 Temmuz 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.724390)

**ATIF/REFERENCE:** Altuntaş, V. & Gök, M. (2020). Protein – Protein Etkileşimi Tespit Yöntemleri, Veri Tabanları ve Veri Güvenilirliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 722-733.

## Öz

Önemli biyolojik aktiviteler tek bir molekülün sonucu değil, birbirleriyle etkileşime giren çoklu moleküllerin etkilerinin ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Protein-protein etkileşimlerinin belirlenmesi, ilgili proteinlere ait fonksiyonların tespit edilmesi için önemli bilgi sağlamaktadır. Genlerin ve proteinlerin büyük bir çoğunluğu işlevlerini birbirleriyle etkileşimleri sonucunda oluşturmaktadırlar. Protein-protein etkileşimlerini incelemek için çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Etkileşimlerin tespitinde in vitro, in vivo ve in silico olarak adlandırılan 3 temel yaklaşım bulunmaktadır. In vitro ve in vivo yöntemlerin maliyet, zaman gibi sınırlamaları bulunur. İn silico yöntemler deneysel yönlendirme ile maliyet ve zaman kazancı için geliştirilmiştir. Yöntemler sonucunda oluşan veri setleri gürültülüdür, çok sayıda yanlış pozitif ve yanlış negatif değerler içermektedirler. Protein etkileşim tespit yöntemlerindeki gelişmeler hastalıkların tespit edilmesi, model organizmalara ait yolların ve protein komplekslerinin belirlenmesi gibi birçok alana doğrudan etki etmektedir. Yapılan çalışmalar sonucunda tespit edilen etkileşimler veri tabanlarında saklanmakta ve ücretsiz olarak erişilebilmektedir. Metotların hızlanması ile tespit edilen etkileşim sayısındaki artış, elde edilen bu verilerin analiz edilmesini, bir veya birden fazla metot ile sağlanmasını ve doğruluğunun belirlenmesini önemli hale getirmektedir. Bu çalışmada protein-protein etkileşim tespitinde kullanılan in vitro, in vivo ve in silico yöntemler ve protein-protein etkileşim veri tabanları incelenmektedir. Tespit yöntemlerinin artıları ve eksileri araştırılmış ve yöntemlerin avantaj ve dezavantajları paylaşılmıştır. Veri tabanlarının içerdiği bilgiler karşılaştırılmış, benzerlik oranları ve sebepleri araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Protein, Protein-protein etkileşimi, PPI tespit yöntemleri, PPI veri tabanları.

## Protein - Protein Interaction Detection Methods, Databases and Data Reliability

### Abstract

Important biological activities do not result from a single molecule but as a result of the effects of multiple molecules interacting with each other. The determination of protein-protein interactions provides important information for determining the functions of the respective proteins. The most majority of genes and proteins function as a result of interactions with each other. Numerous methods have been developed to study protein-protein interactions. In the determination of interactions, there are three basic approaches called in vitro, in vivo, and in silico. In vitro and in vivo methods have limitations such as cost and time. In silico methods have been developed for cost and time savings with experimental guidance. The data sets generated by the methods are noisy and contain a large number of false-positive and false-negative values. Advances in protein interaction detection methods have a direct impact on many areas such as the detection of diseases, pathways of model organisms, and protein complexes. The interactions identified as a result of the studies are stored in the databases and can be accessed free of charge. With the increase in the number of interactions detected by

\* Sorumlu Yazar: Bursa Teknik Üniversitesi, Rektörlük, Bursa, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3144-8724, [valtuntas@gmail.com](mailto:valtuntas@gmail.com)

accelerated methods, it became important to analyze the obtained data, verify it with one or more methods, and determine its accuracy. In this study, in vitro, in vivo and in silico methods and protein-protein interaction databases used for determination of protein-protein interaction are examined. The pros and cons of detection methods were investigated and the advantages and disadvantages of the methods were shared. The information contained in the databases was compared, investigated the similarity rates and reasons.

**Keywords:** Protein, Protein-protein interaction, PPI detection methods, PPI databases.

## 1. Giriş

### 1.1. Protein Nedir?

Bütün canlı organizmalar yaşayan hücrelerden oluşur ve temel hücresel mekanizmaları paylaşırlar. Bu hücre yapıları, bakteri veya insana ait olsa da, karmaşıklıkları bakımından farklılık içerseler de aynı yapı bloklarını (DNA, RNA ve protein) içermektedirler [1]. Protein sekansları DNA'da kodlanır ve moleküler biyolojinin santral dogması olarak anılan bir yolla sentezlenir. Her hücreye ait plan, DNA diziliminde kodlanmaktadır. DNA kopyalanır ve bir kısmı haberci RNA'ya (mRNA) aktarılır ve mRNA da proteinlere dönüştürülür. Bir mRNA'nın proteine tercümesinin ardından, proteinin işlevsel hale gelmeden önce geçmesi gereken birçok süreç bulunur. Protein önce katlanarak doğru üç boyutlu yapıyı oluşturmalı, daha sonra belirli bir hücresel bölgeye taşınmalı ve çoğu zaman ilgili proteine özgü değişiklikler yapılmalıdır [2].

Bir hücrede birçok farklı tipte protein bulunmaktadır. Örneğin, model mikroorganizmalardan *Saccharomyces cerevisiae*'de 6000 farklı protein türü bulunmaktadır [3]. Her bir protein bir kopya veya binlerce kopya halinde sentezlenebilir. Protein ekspresyon seviyeleri sıkı bir şekilde düzenlenmektedir. Bu yüzden benzer hücrelerden, farklı koşullar altında sentezlenen proteinler belirgin farklılıklar içerebilir. Proteinler, sinyal yollarının oluşturulması, hücresel süreçlerin düzenlenmesi, hücre zarı üzerinde seçici taşıyıcılık, kimyasal reaksiyonların hızlandırılması gibi hücresel süreçlerde önemli rol oynarlar [2]. Bu görevlerin çoğunda, proteinler, farklı boyutlarda kompleksler oluşturarak, birbirlerini değiştirerek ve diğer proteinleri transfer ederek birlikte çalışırlar [4]. Bu protein kompleksleri, hücrede çeşitli görevleri yerine getiren küçük makineler gibi davranmaktadırlar. Hücrenin metabolizmasına, sinyal iletimine, DNA transkripsiyon ve kopyalanmasına, DNA hasar onarımına ve daha birçok mekanizmaya katılırlar. Bu hücresel makinelerin tam fonksiyonlarını tanımlamak, karakterize etmek ve aralarındaki etkileşimleri belirlemek, canlı bir hücrenin işlevselliğini anlamada önemlidir.

### 1.2. Protein –protein etkileşimi nedir ve önemi

Protein-protein etkileşimleri (PPI) hücrenin metaboliksel gelişimi, kontrolü, hücreler arası iletişim, gibi birçok biyolojik süreci temsil etmektedir [5]. Bu önemli süreçler sebebi ile PPI'lar sistem biyolojisinin temel konularından biridir. PPI'lar zincirler arasındaki kovalent olmayan temaslar ile oluşmaktadır [6]. Bu temasların sonucu olarak proteinler arası etkileşim ve ilişkiler meydana gelir. Yapısal ve işlevsel özelliklerine göre PPI'lar çeşitli şekillerde sınıflandırılabilir [7]. Etkileşim yüzeyleri temelinde homooligomerik veya heterooligomerik olarak, istikrarına göre mecburi veya mecburi olmayan ve kalıcılıklarına göre geçici veya kalıcı olarak sınıflandırılabilirler [8]. Belirli bir PPI, bu sınıfların bir kombinasyonu olabilir. Proteinler arasındaki geçici etkileşimler sinyallerin iletimini sağlayan sinyal yollarını oluşturulmakta ve kalıcı etkileşimler kararlı bir protein kompleksine dönüşmektedir [9].

In vivo ortamda yapılan deneysel çalışmalarda doku ekstraktı veya ölü organizma kullanımı yerine canlı organizmalar veya hücreler kullanılır [10]. Proteinler in vivo ortamlarda fonksiyonlarını yerine getirirken izole edilmiş türler gibi davranmazlar [11]. Proteinlerin büyük bir kısmının yalnız çalışmadığı, yalnızca protein komplekslerinde faaliyet gösterebildiği ortaya çıkmıştır [12]. Doğrulanmış proteinlerin analizi, aynı hücresel süreçlerde yer alan proteinlerin art arda birbirleri ile etkileşime girdiğini ortaya koymaktadır [13]. PPI çalışmaları, proteinlerin hücre içindeki fonksiyonlarını anlamak için önemlidir. Tanımlanamayan bir proteinin fonksiyonları, fonksiyonları daha önce tespit edilmiş bir protein ile olan etkileşimleri tespit edilerek tahmin edilebilir. PPI'ların ayrıntılı bir şekilde incelenmesi, hücresel süreçlerin anlaşılması için model geliştirme sürecini hızlandırmıştır [8]. Belli bir proteomdaki proteinlerin etkileşimlerinin modellenmesi, hücrenin biyokimyasını anlamak için fayda sağlayacaktır [8]. İki veya daha fazla proteinin belli bir fonksiyonu yerine getirmek amacı ile etkileşmesi çeşitli yollardan gerçekleşebilir. PPI'lar enzimlerin kinetik özelliklerini değiştirebilir, efektör molekülleri için yeni bir bağlanma yeri oluşturabilir, bir proteini inaktive edebilir, hücresel düzenleyici olarak rol alabilirler. PPI'lar heterojen süreçler içerir ve oluşmaları için gerekli koşulların kapsamı geniştir. Hücredeki önemlerinin anlaşılabilmesi için, yapmış oldukları etkileşimler tanımlanmalı ve etkileşimlerin sonuçları belirlenmelidir [8]. Farklı deneysel kaynaklar kullanılarak kapsamlı PPI ağları inşa edilebilmesi mümkündür. PPI deneylerinin yüksek çıktılı verileri laboratuvar doğrulamalarını zorlaştırmaktadır. Keşfedilmemiş proteinlerin işlevlerini anlamak için PPI ağlarının hesaplamalı analizi ile verilerin hacminin azaltılması ve deneysel yönlendirme artık zorunlu bir araç haline gelmiştir. Günümüzde, protein-protein etkileşimi modern sistem biyolojisinin gelişimi ve ilerlemesi için en önemli konulardan biridir.

## 2. PPI Tespit Yöntemleri

Protein-protein etkileşim tespit yöntemleri kategorik olarak in vivo, in vitro ve in silico yöntemler olarak sınıflandırılabilir. In vivo tekniklerinde belirli bir prosedür canlı organizma üzerinde [10], in vitro tekniklerde ise canlı organizmanın dışında kontrollü bir ortamda gerçekleştirilir [14]. In silico teknikler, bilgisayar simülasyonları aracılığı ile bilgisayar ortamında gerçekleştirilir [15]. Her yöntemin farklı avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. In vivo ve in vitro yöntemler maliyet zaman gibi sınırlamalara sahip iken in silico yöntemlerde de deneysel doğrulama gereksinimi bulunmaktadır.

## 2.1. In Vivo Yöntemler

In vivo çalışmalarda, çeşitli biyolojik varlıkların etkileri, bir doku ekstraktı veya ölü organizma kullanımı yerine, canlı organizmalar veya hücreler (insanlar, hayvanlar ve bitkiler) üzerinde test edilir [10]. Hayvanlarda yapılan testler ve klinik çalışmalar in vivo araştırmanın temel unsurlarıdır. In vivo testler genellikle in vitro testlerden sonra uygulanır çünkü bir deneyin canlı organizma üzerindeki genel etkilerini gözlemlemek için daha uygundur. In vitro testler bazen yanıltıcı sonuçlar ortaya çıkarabileceği için yapılan deneylerin in vivo etkinliğinin doğrulanması önemlidir. Literatürde in vitro ortamda etkin olan ve in vivo ortamda etkinlik kazanamayan moleküllere [16,17], in vitro ortamda etkisiz iken in vivo ortamda ölümcül olan organizma [16,19] raporlanmıştır. In vivo çalışmaların kesin görüş sunma potansiyeline sahip olduğu düşünülse de, bu sonuçların yanıltıcı olabileceği çeşitli durumlarda olabilir. Bir tedavinin kısa vadede fayda sağlarken uzun vadede zarar vermesi buna örnek olabilir.

### 2.1.1. Y2H (Yeast two-hybrid)

Y2H yöntemi PPI'ların saptanmasında uygulanan in vivo bir yöntemdir. Y2H yönteminde, spesifik fonksiyonlara sahip olan iki protein bölgesi gereklidir:

- DNA'ya bağlanmaya yardımcı olan bir DNA bağlama alanı (DBD).
- DNA'nın transkripsiyonunu aktive etmekten sorumlu aktivasyon bölgesi (AD).

Her iki alan bir haberci genin transkripsiyonu için gereklidir. Y2H analizi, protein çiftleri arasında PPI'nın doğrudan tanınmasına olanak tanır. Ancak, yöntem çok sayıda yanlış pozitif etkileşimli sonuca neden olabilir. İlave olarak, Y2H yönteminde yanlış negatif sonuç olarak elde edilen pek çok gerçek etkileşim tespit edilemeyebilir. Y2H analizinde, etkileşimli proteinler çekirdeğe yerleştirilir. Proteinler işlevlerini yerine getirmek için post-translasyonel modifikasyonlara ihtiyaç duyar bu yüzden Y2H deneyinde proteinlerin normal davranması ve etkileşimde olması olasılığı düşer. Proteinler doğal fizyolojik ortamlarında olmadığında etkileşime uygun şekilde katlanamazlar [20] – [22].

### 2.1.2. Sentetik letalite (Synthetic lethality)

Sentetik letalite fiziksel etkileşimden ziyade fonksiyonel etkileşimlere dayanır. Sentetik letalite, varyasyon, çevresel değişimler ve mutasyonlar gibi rastgele olaylara rağmen fenotipik stabiliteye izin veren mekanizmaları anlamaya çalışan bir in vivo genetik tarama türüdür. Bu yöntemde, tek başına uygulandığında zarar vermeyen fakat belirli koşullar altında birleştirildiğinde öldürücü olan iki veya daha fazla gende mutasyonlar üretilir. Sentetik letalite ile tespit edilen sonuçlar proteinler arasında fiziksel etkileşim gerektirmez. Bu tür ilişkiler fonksiyonel etkileşim olarak adlandırılır [23] – [25].

### 2.1.3. Afinite etiketleri (Affinity tags)

Rekombinant proteinlerin ekspresyonu ve saflaştırılması, proteinlerin yapısını ve işlevini karakterize etmek için kullanılmaktadır. Yüksek saflıkta yeterli konsantrasyon elde etmek için ilgili proteini saflaştırmaya ihtiyaç vardır. Afinite bazlı protein saflaştırması, genetik olarak kaynaştırılmış bir afinite etiketinin seçici bağlanmasından yararlanır. İlk olarak, hücreler, etikete kaynaşmış bir yem proteinini kodlayan bir plazmid ile transfekte edilir. Uygun bir ekspresyon döneminden sonra, hücreler parçalanır ve bağlı proteinler ile birlikte etiketli yem, katı bir desteğe bağlı spesifik bir kimyasal veya biyolojik ligand kullanılarak izole edilir. Ayrıştırılan proteinler daha sonra jel-elektroforez ile ayrılır ve spesifik olarak bağlı proteinler kütle spektrometresi ile tanımlanır. Kullanılacak etiketin nihai seçiminden önce dikkate alınması gereken kendine özgü avantajları ve dezavantajları vardır. Bu uygulama, özgüllük, çözünürlük, bağlama ve elüsyon koşulları için şartlara bağlıdır. Bu yöntemler, yüksek afinite ve yavaş kinetikler ile etkileşime giren proteinlere karşı yanlıdır. Afinite kromatografisine dayalı yöntemler, geçici protein etkileşimlerinin saptanması için uygun olmayabilir. Protein aktivitesinin translasyon sonrası kontrolünde yer alan geçici kompleksler saptanamazlar. Hücre içi ortam ile seyreltme tüpü arasındaki konsantrasyon farkları hatalı sonuçların sebebi olarak gösterilmektedir [26] – [28].

### 2.1.4. Kimyasal çapraz bağlama (Chemical crosslinking)

Protein-protein etkileşimlerini yapısal olarak çözmek için alternatif bir strateji kimyasal çapraz bağlama, enzimatik sindirim ve reaksiyon ürünlerinin kütle spektrometresi ile analizidir. Çapraz bağlama, bir protein içindeki fonksiyonel grup çiftlerini kovalent olarak bağlayarak, bir dizi yapısal olarak tanımlanmış etkileşimin oluşturulmasını sağlar. Kimyasal çapraz bağların sağladığı kısıtlamalardan yararlanarak, düşük çözünürlüklü 3 boyutlu yapıların çıkarılmasında temel oluşturacak bir protein veya protein kompleksi içinde mesafe haritaları oluşturulabilir. Bu deneylerde kimyasal sabitleştirme gereklidir. Doğal durumunda hücrelerden kromatin yakalanamaz. Çapraz bağlı kromatin, bazı antikörlerin epitoplarını antikör-kromatin bağlanmasını etkileyerek maskeleyebilir [29] – [32].

## 2.2. In Vitro Yöntemler

In vitro çalışmalar, normal biyolojik ortam dışındaki (canlı organizma dışı) mikroorganizmalar, hücreler veya biyolojik moleküller ile yapılır [10]. Test tüpü deneyleri olarak adlandırılan bu çalışmalar, test tüpleri, şişeler, petri tabakları ve mikrotiter plakalar gibi ekipmanlar ile laboratuvar ortamında yapılır [33]. Biyolojik çevreden izole edilmiş bir organizma kullanılarak yapılan çalışmalar, tüm organizmalarla yapılabilecekten daha detaylı ve daha uygun bir analiz yapmaya izin verir. Bununla birlikte, in vitro deneylerden elde edilen sonuçlar, deneyin bütün bir organizma üzerindeki etkilerini tam olarak ve doğru bir şekilde ortaya koymayabilir [17,19,16,18]. In vitro deneylerin zayıf yönlerinden biri, organizmanın hassas hücresel koşullarını oluşturamamalarıdır. In vitro deneylerin aksine in vivo çalışmalar biyolojik ortamda yapılan araştırmalardır. In vitro çalışmaların doğrulanması için in vivo çalışmalara başvurulur [14, 34].

### 2.2.1. TAP-MS (Tandem affinity purification-mass spectroscopy)

Tandem afinite arıtma-kütle spektroskopisi TAP-MS, kromozomal lokusu üzerindeki ilgilenilen proteinin çift etiketlenmesine dayanır. Bu işlemi iki aşamalı bir saflaştırma ve kütle spektroskopik analizi takip eder. Kütle spektrometrik protein tanımlaması ile birleştirilmiş tandem-afinite saflaştırması, biyolojik olarak ilgili protein komplekslerinin bileşimini belirlemek için güçlü bir yaklaşımdır. TAP etiketi kaynaştırılan bir protein, hücrelerde ifade edilir ve TAP-etiketli proteini birleştiren protein komplekslerini saflaştırmak için bir yem olarak kullanılır. TAP-etiketlemenin önemi, çok çeşitli protein komplekslerini tanımlama ve in vivo olarak var olan monomerik veya multimerik protein komplekslerinin aktivitesini test etme yeteneğidir. TAP'ın kütle spektroskopisi ile kullanımı, protein etkileşimlerini ve protein komplekslerini tanımda güç kazandırmaktadır [35] – [37].

### 2.2.2. Afinite kromatografi (Affinity chromatography)

Afinite kromatografi yüksek oranda duyarlıdır ve proteinlerdeki en zayıf etkileşimleri bile tespit edebilir. Etkileşim genellikle tersinirdir. Saflaştırma, bir yüzeyine sabitlenmiş olan moleküllerden (ligand) biri ile bifazik bir etkileşim yoluyla elde edilirken, eşi (hedef), karmaşık bir karışımın parçası olarak hareketli bir fazdadır. Yakalama adımı genellikle yıkama ve elüsyon ile takip edilir. Sonuçta yüksek oranda saflaştırılmış protein elde edilir. Hücresel sisteme dâhil olmasalar bile proteinler arasındaki yüksek belirlilik nedeniyle yanlış pozitif sonuçlar ortaya çıkar. Bu nedenle elde edilen sonuçları çapraz kontrol etmek ve doğrulamak için başka yöntemler kullanılması gerekir [38].

### 2.2.3. Eş-immüno-çökeltme (Co-immunoprecipitation)

Eş-immüno-çökeltme (co-IP), spesifik bir hedef proteine bağlı olan proteinleri dolaylı olarak yakalamak için kullanılır. Hedef protein-spesifik antikorların kullanımı ile fizyolojik olarak ilgili protein-protein etkileşimlerini tanımlayan bir tekniktir. Bilinen protein (antijen) yem proteini olarak adlandırılır ve etkileştiği protein av protein olarak adlandırılır. Hücreler denatüre edici olmayan koşullar altında tamamen parçalandıktan sonra, birbirine bağlanan proteinler korunur. Proteinlerin, doğal etkileşimlerinde gerekli olabilecek karmaşık hücresel bileşenler karışımında mevcut olan bütün bir hücre ekstresi kullanılır. Ökaryotik hücrelerin kullanımı post translasyonel modifikasyonu mümkün kılar. [39] – [41]

### 2.2.4. Mikrodizi (Microarrays)

Bir protein mikrodizisi, üzerinde çeşitli şekillerde, proteinlerin ayrı yerlere düzenli şekilde bağlandığı bir cam parçasıdır. Protein mikrodizi gelişiminin ardındaki amaç, otomatik işlemlerle paralel olarak çok sayıda belirleme gerçekleştirerek verimli protein analizleri gerçekleştirmektir. Protein mikrodizileri proteinleri tespit etmek, ekspresyon seviyelerini izlemek ve protein etkileşimlerini ve fonksiyonlarını hızlı bir şekilde araştırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. İlk olarak hedef protein dizilimin fragmanlarına floresan işaretleyiciler eklenir. Bunların çipin problemleri ile reaksiyona girmelerine izin verilir. Etkileşen dizilimlere ait fragmanlar çipin problemlerine bağlanır. Çip yıkanarak temizlenir. Etkileşim kuran dizilimler bir lazer ışını ile tespit edilir. Bu teknik, çok sayıda dizilimin hızlı ve eş zamanlı olarak tanımlanmasını sağlar [42] – [44].

### 2.2.5. Parça tamamlama (Fragment complementation)

Protein-parça tamamlama deneyleri protein-protein etkileşimlerini saptamak için oluşturulmuş analiz ailesidir. Basit ve doğrudan yollar sağlar. Herhangi bir moleküler ağırlığa sahip proteinler arasındaki PPI'yı tespit etmek ve endojen seviyelerinde ifade etmek için kullanılabilir. Kütle spektroskopisi kullanarak protein tanımlaması için peptit parmak izi ve geniş yelpaze (shotgun) proteomik yöntemleri kullanılır. Peptit parmak izi ile az protein içeren saflaştırılmış örneklerde çalışılabilir. Geniş yelpaze proteomik de ise birçok protein içeren örnekler kullanılabilir. Karmaşık karışımları analiz etmek için güçlü bir yöntemdir. İncelenen fragmanların bağlayıcı proteinlerin yokluğunda kendiliğinden birleşmemesi metodun doğruluğu için önemlidir. Bu durum, yanlış pozitiflere ve yöntemin yararsız hale gelmesine neden olabilir [45] – [47].

### 2.2.6. Faj Ekranı (Phase display)

Faj ekranı eski ve güçlü yöntemlerinden biridir. Teknoloji bakteriyofaj kaplama proteinlerine kaynaşmış polipeptidlerin, kodlama geni de içeren faj partikülleri üzerinde ifade edilebilmesine dayanmaktadır. Bu şekilde, genotip ve fenotip arasında fiziksel bir bağlantı kurulur. Basit moleküler biyoloji yöntemleri ile DNA kodlu peptidlerin veya proteinlerin çeşitli kütüphaneleri üretilebilir. Faj gösterimli kütüphaneler, bir bakteri konakçı kullanılarak çoğaltılabilir. Herhangi bir amino asit dizisi, DNA'nın faj partiküllerinin içinde dizilmesiyle kolayca tespit edilebilir [48] – [50].

### 2.2.7. X-ışını (X-ray)

X-ışını kristalografisi protein yapılarının atomik düzeyde görselleştirilmesini ve bu şekilde protein fonksiyonunun anlaşılmasını sağlayan, yüksek çözünürlüklü bir mikroskopidir. Proteinlerin diğer moleküller ile nasıl etkileştiğini ve enzimlerin durumlarındaki değişimler izlenebilir. Bir kristal yapısından, protein-protein etkileşimini ayırt etmek genellikle kolay değildir. Bunları ayırt etmek için bir dizi hesaplama gereklidir ve hata oranı yüksektir [51] – [53].

### 2.2.8. NMR (Nükleer manyetik rezonans)

NMR spektroskopisi ile protein-protein etkileşiminin analizinde, bağlanma arayüzünün yeri, protein etkileşim tayini için önemli bir özelliktir. NMR spektroskopisinin temeli, güçlü bir manyetik kaynağın yönlendirdiği manyetik olarak aktif çekirdeklerin, kimyasal çevreleri tarafından yönetilen karakteristik frekanslarda elektromanyetik radyasyonu absorbe etmesine dayanmaktadır. Yüksek alanlı spektrometre ve kriyojenik problemler ile tekniğin duyarlılığı artmıştır. Büyük ve biyolojik olarak ilişkili biyomoleküler kompleksleri yüksek doğrulukla karakterize etmek mümkündür. [71] – [73]



## 2.3. In Siliko Yöntemler

In siliko çalışmalar, bilgisayar veya simülasyonlar ile gerçekleştirilen çalışmaları ifade etmektedir [15]. Adını bilgisayar teknolojilerinde yoğun kullanılan silikona atfen almıştır. In siliko çalışmaları, pahalı laboratuvar deneyleri ve klinik araştırmalara olan ihtiyacı azaltılması için avantaj sağlamaktadır. In siliko teknikler, protein tasarımı, hücre davranışlarının modellenmesi, biyoproses optimizasyonu ve benzeri alanlarda kullanılabilir [57, 58]. Deneysel yaklaşımla etkileşim tespitine destek sağlama ve alternatif oluşturmak için çeşitli in siliko yöntemler geliştirilmiştir. In siliko tespit, yapı, dizilim, gen komşuluğu, gen birleşimi, filogenetik ağaç ve gen ifadesine dayalı yaklaşımları içerir.

### 2.3.1. Yapı tabanlı yaklaşımlar (*Structure based approaches*)

Yapıya dayalı yaklaşımda iki protein benzer bir yapıya sahipse etkileşim kurulan proteinler arasında da aynı benzerliğin olacağı kabul edilmektedir. Etkileşim tahmini için ilk olarak proteinlerin yapıları çeşitli yöntemler ile oluşturulmalıdır. Yapıları ve aralarındaki etkileşimleri bilinen proteinler ile bir havuz oluşturulur. Etkileşimi tahmin edilmek istenen hedef proteinin yapısal olarak benzediği proteinler belirlenir. Belirlenen proteinlerin sahip olduğu protein-protein etkileşimleri hedef protein içinde geçerli olduğu kabul edilir. Protein yapısı ve yapılar arası benzerliklerin skorlanması için çeşitli algoritmalar geliştirilmiştir. Yapılan işlem protein yapı benzerliği ile protein – protein etkileşim tahminidir [59] – [61].

### 2.3.2. Dizilim tabanlı yaklaşımlar (*Sequence based approaches*)

Protein sekansı verilerindeki hızlı artış, sekans bilgisi kullanılarak tahmin yapılması için gerekli olan verilerin oluşmasını sağlamıştır. Bilinen protein etkileşimleri protein homoloji bilgileri ile birleştirilerek bilinmeyen etkileşimler tahmin edilir. Bu yaklaşım, bir türün içinde bulunan bir etkileşimin diğer türlerdeki etkileşimi anlamak için kullanılabilir kavramına dayanmaktadır. Protein birincil yapıları, ikincil yapıları, homoloji, gen ontolojileri gibi bilgilerin farklı teknikler ile birleştirilmesi ve daha güçlü tahminler yapılması için çeşitli algoritmalar bulunmaktadır [62] – [64].

### 2.3.3. Gen Komşuluğu (*Gene neighbourhood*)

Operonlar gibi işlevsel olarak ilişkili proteinler, genomlardaki yakın bölgelerde organize olma eğilimindedirler. Komşuluk ilişkisi birden fazla genom boyunca korunduğunda ilgili genler tarafından kodlanan proteinler arasındaki fonksiyonel bağlantının olma olasılığı daha yüksek olacaktır. Bu yöntemde genlerin komşuluk ilişkileri bilinen protein-protein etkileşim ilişkileri ile birleştirilerek bilinmeyen etkileşimler tahmin edilmeye çalışılır. Komşuluk ilişkilerinin varlığı ve göreceli gen oryantasyonundan bağımsız olduğu deneysel sonuçlarla doğrulanmıştır. Komşuluk ilişkileri, transkripsiyon düzenleyicileri için hedef süreçleri ve düzenleyici özellikleri tahmin etmek için kullanılmaktadır. Gen komşulukları, bakteriyel genomlarda korunduğu için doğrudan tespit edilebilmesine karşın diğer genomlarda zor bir problem olma özelliğini korumaktadır [65, 66].

### 2.3.4. Gen birleşimi (*Gene fusion*)

Füzyon gen, çeşitli sebeplerle, iki ayrı gen veya parçalarının birleşiminden oluşan hibrid bir gendir. Bu değişim sonucu üretilen füzyon proteinleri, bazı kanser türlerinin gelişmesine yol açmaktadır. Füzyon genleri ve proteinleri, kanserin tanı ve tedavisinde önemli rol oynamaktadır. Yöntem füzyon proteinlerinin temel özelliği olan etkileşime dayanmaktadır. Bir organizmada tekil olan proteinler başka bir organizmada etkileşim ile protein kompleksleri oluşturabilir. Bu durumun tespit edilmesi, ilgili proteinler için fonksiyonel birlikteliklerinde belirlenmesini sağlayacaktır. Metabolik yollara katılan proteinlerde birleşim daha sık rastlanmaktadır. Bu yöntemde farklı genomlara ait olan düzenleme bilgileri kullanılarak, protein-protein etkileşimleri tahmin edilir. Yöntem sadece alan düzenlemesinin mevcut olduğu füzyon proteinlerine uygulanabilir [67] – [69].

### 2.3.5. Filogenetik ağaçlar (*Phylogenetic trees*)

Protein tahmini evrim sürecini hakkında bilgi verir. Bu yöntemde temel olarak bu bilgi kullanılarak proteinler arası etkileşimler tahmin edilir. Yöntemdeki temel kabul, etkileşimli proteinlerin birlikte evrimleşmesi sebebi ile benzer filogenetik ağaçlar oluşturacağıdır. Benzer filogenetik ağaçlar protein-protein etkileşiminin göstergesidir. Araştırılan proteinleri içeren organizmalar için filogenetik ağaçlar ve benzerlik matrisleri oluşturulur. Benzerlikler arasındaki ilişkiler ile proteinler arasındaki etkileşim tahmin edilir. Yüksek benzerlik oluşturulan filogenetik ağaç benzerliğini dolayısıyla proteinlerin etkileşimli olduğunu göstermektedir [70] – [72].

### 2.3.6. Gen ifadesi (*Gene expression*)

Bu yöntemde genlerin ifade modelleri ile kodladıkları proteinlerin etkileşimleri arasındaki ilişki kullanılarak protein-protein etkileşim tahmini yapılır. Gen ifadesi, belirli bir genin, farklı deney koşulları altında ve zaman aralıklarında bir hücre, doku veya organizma içinde ifade edildiği seviyenin belirlenmesidir. Büyük ölçekli gen ifadesi ve protein-protein etkileşim verilerinin istatistiksel analizi ile birlikte, ifade edilen genler tarafından kodlanan protein çiftlerinin, birbirleriyle rastgele proteinlerden daha sık etkileştiği gösterilmiştir. Bu kabul ile gen ifade ve protein-protein etkileşim bilgileri birleştirilerek yapılan analizler ile bilinmeyen etkileşimler tespit edilmeye çalışılır. Bu yöntem protein etkileşimini ortaya çıkarmanın dolaylı bir yolu olduğu için tespit edilen protein etkileşimlerinin doğruluğu hakkında çeşitli görüşler bulunmaktadır. Diğer deneysel yöntemlerle birlikte doğrulama amacı ile de kullanılabilir [73] – [75].

### 2.3.7. Metin Madenciliği (*Text Mining*)

Metin madenciliğine dayalı hesaplama metodolojileri, proteinler ve protein-protein etkileşimlerinin tahmini için literatür ve biyolojik veri tabanlarını metin madenciliği metotları ile analiz etmektedir [76]. Literatürdeki üstel artış göz önüne alındığında metin



madenciliği tekniklerinin daha fazla önem kazanacağı görülmektedir. Tahmin edilen protein ve etkileşimlerin hatalarının azaltılması ile doğruluğun artırılması üzerine olan çalışmalar yöntemin uygulanabilirliği açısından önem arz etmektedir [77].

### 3. PPI Veri Tabanları ve Erişim Kaynakları

#### 3.1. PUBMED

Yaşam bilimleri ve biyomedikal konularla ilgili MEDLINE veri tabanına ve özetlere erişim sağlayan ücretsiz bir arama motorudur. Ulusal Sağlık Enstitüleri'ndeki Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Tıp Kütüphanesi (NLM) Ulusal Biyoteknoloji Bilgi Merkezi (NCBI) tarafından sağlanan bir hizmettir. Bu veri tabanı, Entrez sisteminin bilgi alma parçası olarak kullanılmaktadır. PubMed, tüketiciler için kolay okunan özetler ve tam teknik raporlar ile klinik etkinlik araştırması incelemelerinde uzmanlaşmıştır. [78] – [80]

#### 3.2. DIP (Database of Interacting Proteins)

Etkileşen proteinlerin veri tabanı (DIP) deneysel olarak belirlenen protein-protein ikili etkileşimlerini içeren bir veri tabanıdır. Etkileşimler hakemli literatürden incelenir ve uzman sorumlular tarafından veri tabanına manuel olarak girilir. Manuel kayıtlara ek olarak, DIP'deki etkileşimler hesaplama değerlendirmesine tabi tutulur. Değerlendirme algoritmaları, bildirilen etkileşimin özelliklerini, DIP etkileşimlerinin en güvenilir özellikleriyle karşılaştırarak biyolojik olarak anlamlı olup olmadıklarını denetler. Değerlendirme sonuçları etkileşimin bilgi sayfasında görüntülenir. Protein-protein etkileşim detaylarının kataloglanmasının ötesinde, DIP protein fonksiyonu ve protein-protein ilişkilerini anlamak, etkileşen proteinlerin ağlarının özelliklerini incelemek, protein-protein etkileşimlerinin kestirimlerini ölçmek ve protein-protein etkileşimlerinin evrimini incelemek için yararlıdır. Etkileşimli verilerin ana kamu sağlayıcılarından oluşan bir grup olan Uluslararası Moleküler Etkileşim Değişim Konsorsiyumunun (IMEx) [81] bir üyesidir. [82] – [84]

#### 3.3. IntAct (An Open Source Molecular Interaction Database)

IntAct protein etkileşimlerinin depolanması, sunulması ve analizi için açık kaynak veri tabanı ve analiz araçları sunmaktadır. Web ara yüzü, protein etkileşimlerinin hem metinsel hem de grafiksel gösterimlerini sunar ve proteinlerinin GO(Gene Ontology) [85] ek açıklamalarına ulaşılabilir. Tüm etkileşimler literatür madenciliği veya doğrudan kullanıcı gönderimlerinden türetilmiştir. [86,87]

#### 3.4. MINT (The Molecular Interaction Database)

Moleküler Etkileşim veri tabanı (MINT), deneysel olarak elde edilen literatürden oluşturulan PPI verilerinin veri tabanıdır. Etkileşimlere ilave olarak, her etkileşim için kanıt ağırlığı bilgisi de sunulur. Web ara yüzü, kullanıcılara etkileşimli verileri arama, görselleştirme ve indirme olanağı sağlar. MINT, Uluslararası Moleküler Değişim Konsorsiyumunun (IMEx) [81] üyelerinden biridir. İyileştirme ve veri alışverişi için Proteomik Standart Girişimi (PSI-MI) standartlarının Moleküler Etkileşim Ontolojisini benimsemektedir [88, 89].

#### 3.5. MIPS (Munich Information Center for Protein Sequences)

Münih Bilgi Merkezi Protein Sekansları (MIPS), Neuherberg, Almanya'daki Biyoenformatik Enstitüsü'nde (IBI) bulunan bir araştırma merkezidir. Genom yönelimli biyoinformatik üzerine odaklanılmıştır. Bakteri, mantar ve bitki genomlarının sistematik karşılaştırmalı analizleri de sunulmaktadır. Yüksek ilişki düzeyine sahip seçilmiş veri kümeleri manuel kontrollere tabi tutulur, yüksek verimli veri kümeleri ise otomatik araçlarla etiketlenir. Alternatif olarak hesaplama araçlarının kullanılması ve ikincil bilgiler veri tabanlarının oluşturulması, bilginin daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. [90, 91]

#### 3.6. BIOGRID (The Biological General Repository for Interaction Datasets)

Yüksek çıktılı veri kümelerinden ve birincil literatürden alınan ve kapsamlı iyileştirme çalışmaları ile derlenen etkileşimleri içerir. Tüm veriler arama dizini aracılığıyla ücretsiz olarak temin edilmekte ve standart formatlarda indirilebilmektedir. Bünyesinde protein-protein etkileşimleri, genetik etkileşimler, kimyasal etkileşimler ve post-translasyonel modifikasyon bilgileri bulunur. Kanada ve Amerika Birleşik Devletleri'nde barındırılmaktadır. BBSRC, NIH ve CIHR tarafından finanse edilmektedir. Uluslararası Moleküler Değişim Konsorsiyumunun (IMEx) [81] üyesidir. İyi bir ara birime sahiptir. Kullanıcılar ilgi alanlarına giren proteinleri veya yayınları araştırıp, ek açıklamaların yanı sıra, rapor edilen, literatürde bulunan ve büyük ölçekli kontrol çalışmaları ile derlenen verilere kolaylıkla ulaşabilirler. Dinamik etkileşim ağ görüntüleyicisi, tüm genetik ve protein etkileşim verilerinin yanı sıra biyoaktif bileşikler ve bunların yerleşik hedefleri için kolay gezinme ve filtreleme sağlar [92] – [94].

#### 3.7. STRING (Search Tool for the Retrieval of Interacting Genes)

Protein etkileşimlerinin hem fiziksel hem de fonksiyonel ilişkilerini içerir. Deneysel veriler, hesaplamalı tahmin yöntemleri ve genel metin koleksiyonları dâhil olmak üzere çok sayıda kaynaktan bilgi bulunmaktadır. Veriler ağırlıklandırılmış ve tüm protein etkileşimleri için bir güven skoru ile bütünleştirilmiştir. GO [85], Pfam [95] ve KEGG [96] gibi fonksiyonel sınıflandırma sistemleri kullanarak protein listelerine fonksiyon bilgileri eklenmektedir. Novo Nordisk Foundation Center for Protein Research (CPR), European Molecular Biology Laboratory (EMBL), University of Copenhagen (KU), Swiss Institute of Bioinformatics (SIB), Technische Universität Dresden (TUD) ve University of Zurich (UZH) gibi akademik kurumların bir konsorsiyumu tarafından geliştirilmiştir. Protein etkileşimlerinin hızlı ve kolay bir şekilde sunulduğu web ara birimi bulunmaktadır [97] – [99].

### 3.8. HPID (Human Protein Interaction Database)

HPID, insan proteomasındaki her bir protein için domain mimarisi, translasyon sonrası değişiklikler, etkileşim ağları ve hastalık birliği ile ilgili bilgileri görsel olarak göstermek ve entegre etmek için merkezi bir platformdur. Mevcut yapısal ve deneysel verilerden hesaplanan insan protein etkileşimlerine, proteinler arasındaki tahmin edilmiş etkileşimlere ve kullanıcılardan gelen yeni insan protein etkileşimi verilerine bir depo sağlamak üzere tasarlanmıştır. Tüm bilgiler, yayınlanmış verileri okuyan, yorumlayan ve analiz eden uzman biyologlar tarafından incelenmektedir. Web tabanlı ara yüzü sayesinde kullanıcılar protein etkileşimi ağlarını görselleştirip analiz edebilmektedir [100] – [102].

### 3.9. BIND (The Biomolecular Interaction Network Database)

Proteomik kaynak oluşturma, diğer kaynaklardan veri madenciliğini sağlayacak bir platform oluşturma ve karmaşık moleküler etkileşimlerin görselleştirmelerini sunabilen bir platform oluşturma amaçları ile tasarlanmıştır. Biomoleküler etkileşim, kompleks ve yolak bilgilerini içerir. Kayıtları sorgulamak ve görüntülemek için web tabanlı bir arayüz bulunmaktadır. İlgilenilen bölgelere odaklanmaya yardımcı olacak bir etkileşim ağı kümeleme aracına sahiptir [103, 104].

### 3.10. HINT (High-Quality Interactomes)

Farklı organizmalar için yüksek kaliteli protein-protein etkileşimlerinden oluşan bir veri tabanıdır. Veriler farklı kaynaklardan derlenir ve hatalı veya düşük kaliteli etkileşimleri gidermek için hem sistematik hem de manuel olarak filtrelenir. Projenin amacı, hücresel ağların global özelliklerini analiz etmenin yanı sıra, belirli proteinler veya yolaklar hakkında spesifik hipotezler üretmek için kullanılabilir veri kümesi oluşturmaktır [105].

### 3.11. HitPredict (A Database of Quality Assessed Protein-Protein Interactions)

Deneysel olarak tanımlanmış fiziksel protein-protein etkileşimlerinin güven puanlarıyla birlikte yayınlandığı bir kaynaktır. Veri entegrasyonu sırasında karşılaşılabilecek sorunları çözmek için manuel doğrulama kullanılmıştır. Etkileşime giren proteinlerin sekansı, yapısı ve işlevsel ek açıklamalarından elde edilen kanıtlar kullanılarak hesaplanan güvenilirlik puanına dayalı olarak etkileşimlere bir güven düzeyi atanır. Protein aramak ve etkileşimlerini görselleştirmek için web ara yüzüne sahiptir, veriler çevrimdışı kullanım için indirilebilir [106] – [108].

### 3.12. GeneMANIA

GeneMANIA genleri analiz etmek ve gen fonksiyonlarını önceliklendirmek için geliştirilmiş web tabanlı bir kaynaktır. İşlevsel olarak benzer genler tespit edilebilir ve gen fonksiyonları tahmin edilebilir. Veriler BioGRID, gibi farklı kaynaklardan derlenir. Cytoscape [109] yazılımı ile entegre çalışabilmektedir [110].

### 3.13. CORUM

CORUM memeli organizmalarından deneysel olarak karakterize edilmiş protein komplekslerine ait veriler içerir. Veriler elle küratörlüğe tabi tutulmaktadır. Birimler arasında bilinen etkileşimleri gösteren Cytoscape [109] tabanlı grafiksel bir araç içermektedir. İleri çalışmalar için tüm veri setlerini farklı formatlarda indirilebilir [111].

### 3.14. iRefIndex

Proteinlere ait etkileşim verileri farklı veri tabanlarında bulunabilmektedir. iRefIndex bu tür verileri aramayı kolaylaştırmak için tasarlanmıştır. iRefIndex veri kaynağı olarak BIND, BioGRID, CORUM, DIP, HPRD, IntAct, MINT gibi birçok birincil etkileşim veri tabanında mevcut olan protein etkileşimlerini kullanır. Her bir etkileşim ve etkileşime katılan proteinler için benzersiz bir anahtar üretilmektedir. Anahtar üretim esnasında hatalı biçimlendirilmiş, kullanımdan kaldırılmış, belirsiz veya sorunlu referansların belirlenebilmesi için bir puanlama sunulmaktadır. İleri çalışmalar için tüm veri setlerini indirilebilir [112].

## 4. PPI Veri Tabanları Arasındaki Farklar

Veri tabanları arasında kullanım kolaylığı, veri görselleştirme ve kapsayıcılık gibi konularda farklılıklar bulunmaktadır. Deneysel ve hesaplamalı etkileşimleri sunan STRING veri tabanı mükemmel grafikler sağlar, kullanımı kolaydır, başarılı grafiksel etkileşim haritasına sahiptir, kanıtlar ayrıntılı olarak açıklanır. Literatür küratörlüğünden veya doğrudan kullanıcı sunumlarından türetilmiş tablolardan oluşan IntAct, sonuçların sunumunda anlaşılması zor kodlamalar kullanmaktadır. Kolay tür seçimi yoktur ve grafiksel arabirime sahip değildir. Literatürden ve yüksek verimli veri setlerinden elde edilen verileri paylaşan BIOGRID veri tabanı mayalar için zengin veri kaynağına sahiptir. İyi bir ara yüze sahiptir, genellikle memeli genleri için diğer veri tabanlarına kıyasla daha az veri içerir. Referans ve açıklamalar iyi bir şekilde sunulmaktadır. Kullanıcı arabirimi ve sonuçların kullanım kolaylığı konularında yaşanan farklılaşmaya veri tabanlarının içeriklerinde de karşılaşılmaktadır. Tablo 1 de yer alan bilgilerde görüldüğü üzere, her veri tabanında yer alan canlı tür sayısı, protein sayısı, etkileşim sayısı farklı olmakla beraber aynı kaynaktan türetilen bilgi sayısında farklılıklarda gözlenmektedir. En az iki veri tabanı tarafından paylaşılan 14.899 yayının, 5.782'si (yüzde 39) farklı veri tabanlarında farklı sayıda etkileşimle bildirilmiştir [113]. Veri tabanlarında bulunan düşük oranlı farklılıklar, bu veriyi kullanan algoritmaların sonuçlarını verideki farklılıktan daha fazla oranda etkilemektedir [114, 115]. Veri tabanlarının aynı yayından aldığı bilgilerde de önemli ölçüde farklılıklar olabilmektedir. Bu durumun tanımlayıcı eşlemesi kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Farklı veri tabanlarının aynı yayından küratörlük ile elde ettiği bilgide, etkileşimlerin %42 ve proteinler %62 oranında aynı olduğu görülmüştür [116]. Yapılan bir diğer deneysel çalışmada Y2H kullanılarak insan proteinleri arasında 2,754 etkileşimi tespit edilip veri tabanları ile kıyaslanmıştır. Yapılan

kıyaslamaya göre, HPRD 2,371 etkileşim, IntAct 2,671 etkileşim ve MINT 2,463 etkileşim bildirildiği tespit edilmiştir [117]. Elde edilen sonuçların aynı olmaması, farklı güven kümesi veya eşik kullanımı gibi deneysel verinin farklı yorumlanmasını sağlayan parametrelerin aynı şekilde kullanılmamasına bağlanmaktadır.

Tablo 1: Veri Tabanlarında Yer Alan Protein, Etkileşim ve Organizma Sayıları

Veri Tabanı	Protein	Etkileşim	Organizma	Ara Yüz
BIOGRID	73.159	1.706.694	69	Var
MINT	26.100	130.733	645	Var
BIND	23.643	1.673.783	80	Var
DIP	21.167	53.431	134	Var
IntAct	98.289	720.711	131	Var
HPRD	30.047	41.327	1	Var
HINT	-	387.615	12	Var
MIPS	982	1.859	3	Yok
STRING	9.643.763	1.380.838.440	2.031	Var
GeneMania	163.599	597.392.998	9	Var
CORUM	4.274	257.941	3	Var
iRefIndex	77.827	1.076.405	13	Yok

\*2020.04.20 tarihinde derlenmiştir

## 4. Sonuçlar

Gelişmelere bağlı olarak, protein-protein etkileşimlerinin saptanması için birçok yöntem geliştirilmiştir ve geliştirilmeye devam etmektedir. Yöntemlerde kullanılan prensipler ve performansları çeşitlilik göstermektedir. Bazı durumlarda yöntemler birbirlerini tamamlamakta veya birlikte kullanılmaktadır. Eski yöntemlerin performanslarının artırılmasının yanında yeni yöntemler de geliştirilmiştir. Yeni yöntemler yüksek miktarda veri üretmekte ve bu verilerin istatistiksel olarak işlenmesi gerekmektedir. Deneylerin yürütülme şekli ve yorumlanması da yeni yöntemler için önemli kriterler arasında yer almaktadır. Yeni veya eski kullanılabilir tüm yöntemler yüzde yüz doğrulukla etkileşimleri tahmin edememektedir. Birçoğu yüksek hata oranlarına sahiptir. Düşük hata oranlı yöntemler genellikle uzun zaman gereksinimi ve düşük verimli yöntemlerdir. Hesaplamalı yöntemler olası etkileşim kümelerini tahmin etmektedir. Tahmin edilen bu etkileşimler yapılması planlanan laboratuvar deneyleri için yol gösterici olarak kullanılmaktadır. Farklı kaynaklardan elde edilen bilgiler birlikte kullanılarak protein-protein etkileşimlerinin ve PPI ağlarının doğruluğu artırılmaya çalışılmaktadır. Teknolojik gelişmeler deneysel süreçleri hızlandırmakla beraber deneysel doğruluğun sorgulanmasını zorunlu hale getirmiştir. Hesaplamalı yöntemler olası deneylerin sayısını azaltarak hedef deneylerin belirlenmesinde önemli rol üstlenmiş duruma gelmiştir. Her grup tespit yöntemi içinde doğruluk analizi, tespiti ve iyileştirilmesi üzerine çalışmalar oldukça azdır. Eksikliği fark edilen ve iyileştirmeye açık olan bu alanlarda yapılacak çalışmaların sayısında yaşanacak artış ve hesaplamalı yöntemlerin tahmin doğruluklarının iyileştirilmesi ile yöntemlerin sonuç üretme doğruluğu ve sonuç üretme hızlarında önemli gelişmeler yaşanacaktır.

## Kaynakça

1. Ingber, D. E. (2000). The origin of cellular life. *Bioessays*, 22(12), 1160-1170.
2. Lodish, H., Berk, A., Zipursky, S. L., Matsudaira, P., Baltimore, D., & Darnell, J. (2000). *Molecular cell biology* 4th edition. National Center for Biotechnology Information, Bookshelf.
3. Lu, L., Arakaki, A. K., Lu, H., & Skolnick, J. (2003). Multimeric threading-based prediction of protein-protein interactions on a genomic scale: Application to the *Saccharomyces cerevisiae* proteome. *Genome Research*, 13(6a), 1146-1154.
4. Ghaemmaghami, S., Huh, W. K., Bower, K., Howson, R. W., Belle, A., Dephoure, N., ... & Weissman, J. S. (2003). Global analysis of protein expression in yeast. *Nature*, 425(6959), 737-741.
5. Braun, P., & Gingras, A. C. (2012). History of protein-protein interactions: From egg-white to complex networks. *Proteomics*, 12(10), 1478-1498.

6. Yan, C., Wu, F., Jernigan, R. L., Dobbs, D., & Honavar, V. (2008). Characterization of protein–protein interfaces. *The protein journal*, 27(1), 59-70.
7. Nooren, I. M., & Thornton, J. M. (2003). Diversity of protein–protein interactions. *The EMBO journal*, 22(14), 3486-3492.
8. Zhang, A. (2009). *Protein interaction networks: computational analysis*. Cambridge University Press.
9. Iqbal, M. (2018). Introductory Chapter: Protein-Protein Interactions and Assays. *Protein-Protein Interaction Assays*, 1.
10. Klein, S. (2010). The use of biorelevant dissolution media to forecast the in vivo performance of a drug. *The AAPS journal*, 12(3), 397-406.
11. Yanagida, M. (2002). Functional proteomics; current achievements. *Journal of Chromatography B*, 771(1-2), 89-106.
12. Berggård, T., Linse, S., & James, P. (2007). Methods for the detection and analysis of protein–protein interactions. *Proteomics*, 7(16), 2833-2842.
13. Von Mering, C., Krause, R., Snel, B., Cornell, M., Oliver, S. G., Fields, S., & Bork, P. (2002). Comparative assessment of large-scale data sets of protein–protein interactions. *Nature*, 417(6887), 399-403.
14. Rishton, G. M. (1997). Reactive compounds and in vitro false positives in HTS. *Drug discovery today*, 2(9), 382-384.
15. Vivona, S., Gardy, J. L., Ramachandran, S., Brinkman, F. S., Raghava, G. P. S., Flower, D. R., & Filippini, F. (2008). Computer-aided biotechnology: from immuno-informatics to reverse vaccinology. *Trends in biotechnology*, 26(4), 190-200.
16. Atanasov, A. G., Waltenberger, B., Pferschy-Wenzig, E. M., Linder, T., Wawrosch, C., Uhrin, P., ... & Rollinger, J. M. (2015). Discovery and resupply of pharmacologically active plant-derived natural products: A review. *Biotechnology advances*, 33(8), 1582-1614.
17. Lipinski, C., & Hopkins, A. (2004). Navigating chemical space for biology and medicine. *Nature*, 432(7019), 855-861.
18. Smith, H. (2001). Discovery of the anthrax toxin: the beginning of studies of virulence determinants regulated in vivo. *International journal of medical microbiology*, 291(6-7), 411-417.
19. Relman, D. A. (1998). Detection and identification of previously unrecognized microbial pathogens. *Emerging infectious diseases*, 4(3), 382.
20. Uetz, P., Giot, L., Cagney, G., Mansfield, T. A., Judson, R. S., Knight, J. R., ... & Qureshi-Emili, A. (2000). A comprehensive analysis of protein–protein interactions in *Saccharomyces cerevisiae*. *Nature*, 403(6770), 623-627.
21. Ito, T., Chiba, T., Ozawa, R., Yoshida, M., Hattori, M., & Sakaki, Y. (2001). A comprehensive two-hybrid analysis to explore the yeast protein interactome. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(8), 4569-4574.
22. Oliver, S. (2000). Guilt-by-association goes global. *Nature*, 403(6770), 601-602.
23. Rutherford, S. L. (2000). From genotype to phenotype: buffering mechanisms and the storage of genetic information. *Bioessays*, 22(12), 1095-1105.
24. Hartman, J. L., Garvik, B., & Hartwell, L. (2001). Principles for the buffering of genetic variation. *Science*, 291(5506), 1001-1004.
25. Bender, A. L. A. N., & Pringle, J. R. (1991). Use of a screen for synthetic lethal and multicopy suppressor mutants to identify two new genes involved in morphogenesis in *Saccharomyces cerevisiae*. *Molecular and cellular biology*, 11(3), 1295-1305.
26. Arnau, J., Lauritzen, C., Petersen, G. E., & Pedersen, J. (2006). Current strategies for the use of affinity tags and tag removal for the purification of recombinant proteins. *Protein expression and purification*, 48(1), 1-13.
27. Waugh, D. S. (2005). Making the most of affinity tags. *Trends in biotechnology*, 23(6), 316-320.
28. Von Mering, C., Krause, R., Snel, B., Cornell, M., Oliver, S. G., Fields, S., & Bork, P. (2002). Comparative assessment of large-scale data sets of protein–protein interactions. *Nature*, 417(6887), 399-403.
29. Sinz, A. (2014). The advancement of chemical cross-linking and mass spectrometry for structural proteomics: from single proteins to protein interaction networks. *Expert review of proteomics*, 11(6), 733-743.
30. Rappsilber, J. (2011). The beginning of a beautiful friendship: cross-linking/mass spectrometry and modelling of proteins and multi-protein complexes. *Journal of structural biology*, 173(3), 530-540.
31. Bruce, J. E. (2012). In vivo protein complex topologies: Sights through a cross-linking lens. *Proteomics*, 12(10), 1565-1575.
32. Serpa, J. J., Parker, C. E., Petrotchenko, E. V., Han, J., Pan, J., & Borchers, C. H. (2012). Mass spectrometry-based structural proteomics. *European Journal of Mass Spectrometry*, 18(2), 251-267.
33. Kuramochi, J., & Sakakibara, Y. (2005, June). Intensive in vitro experiments of implementing and executing finite automata in test tube. In *International Workshop on DNA-Based Computers* (pp. 193-202). Springer, Berlin, Heidelberg.
34. Dehghan, B. (2016). Synergistic Modeling of in-vitro and in-vivo data via Stochastic Kriging with Qualitative Factors (SKQ).
35. Rigaut, G., Shevchenko, A., Rutz, B., Wilm, M., Mann, M., & Séraphin, B. (1999). A generic protein purification method for protein complex characterization and proteome exploration. *Nature biotechnology*, 17(10), 1030-1032.
36. Denison, C., Rudner, A. D., Gerber, S. A., Bakalarski, C. E., Moazed, D., & Gygi, S. P. (2005). A proteomic strategy for gaining insights into protein sumoylation in yeast. *Molecular & Cellular Proteomics*, 4(3), 246-254.
37. Graumann, J., Dunipace, L. A., Seol, J. H., McDonald, W. H., Yates, J. R., Wold, B. J., & Deshaies, R. J. (2004). Applicability of tandem affinity purification MudPIT to pathway proteomics in yeast. *Molecular & Cellular Proteomics*, 3(3), 226-237.
38. Urh, M., Simpson, D., & Zhao, K. (2009). Affinity chromatography: general methods. In *Methods in enzymology* (Vol. 463, pp. 417-438). Academic Press.
39. Phizicky, E. M., & Fields, S. (1995). Protein-protein interactions: methods for detection and analysis. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.*, 59(1), 94-123.
40. Golemis, E., & Adams, P. D. (Eds.). (2002). *Protein-protein interactions: a molecular cloning manual* (p. 3). Cold Spring Harbor, NY: Cold Spring Harbor Laboratory Press.



41. Ohh, M., Yauch, R. L., Lonergan, K. M., Whaley, J. M., Stemmer-Rachamimov, A. O., Louis, D. N., ... & Iliopoulos, O. (1998). The von Hippel-Lindau tumor suppressor protein is required for proper assembly of an extracellular fibronectin matrix. *Molecular cell*, 1(7), 959-968.
42. MacBeath, G., & Schreiber, S. L. (2000). Printing proteins as microarrays for high-throughput function determination. *Science*, 289(5485), 1760-1763.
43. Brown, P. O., & Botstein, D. (1999). Exploring the new world of the genome with DNA microarrays. *Nature genetics*, 21(1), 33-37.
44. Pinkel, D., Seagraves, R., Sudar, D., Clark, S., Poole, I., Kowbel, D., ... & Dairkee, S. H. (1998). High resolution analysis of DNA copy number variation using comparative genomic hybridization to microarrays. *Nature genetics*, 20(2), 207-211.
45. Michnick, S. W., Ear, P. H., Landry, C., Malleshiah, M. K., & Messier, V. (2011). Protein-fragment complementation assays for large-scale analysis, functional dissection and dynamic studies of protein-protein interactions in living cells. In *Signal Transduction Protocols* (pp. 395-425). Humana Press, Totowa, NJ.
46. Moresco, J. J., Carvalho, P. C., & Yates III, J. R. (2010). Identifying components of protein complexes in *C. elegans* using co-immunoprecipitation and mass spectrometry. *Journal of proteomics*, 73(11), 2198-2204.
47. Morell, M., Espargaró, A., Avilés, F. X., & Ventura, S. (2007). Detection of transient protein-protein interactions by bimolecular fluorescence complementation: The Abl-SH3 case. *Proteomics*, 7(7), 1023-1036.
48. Scott, J. K., & Smith, G. P. (1990). Searching for peptide ligands with an epitope library. *Science*, 249(4967), 386-390.
49. Bass, S., Greene, R., & Wells, J. A. (1990). Hormone phage: an enrichment method for variant proteins with altered binding properties. *Proteins: Structure, Function, and Bioinformatics*, 8(4), 309-314.
50. Sidhu, S. S., Lowman, H. B., Cunningham, B. C., & Wells, J. A. (2000). [21] Phage display for selection of novel binding peptides. In *Methods in enzymology* (Vol. 328, pp. 333-IN5). Academic Press.
51. Tong, A. H. Y., Evangelista, M., Parsons, A. B., Xu, H., Bader, G. D., Pagé, N., ... & Andrews, B. (2001). Systematic genetic analysis with ordered arrays of yeast deletion mutants. *Science*, 294(5550), 2364-2368.
52. Kobe, B., Guncar, G., Buchholz, R., Huber, T., Maco, B., Cowieson, N., ... & Forwood, J. K. (2008). Crystallography and protein-protein interactions: biological interfaces and crystal contacts.
53. Urakubo, Y., Ikura, T., & Ito, N. (2008). Crystal structural analysis of protein-protein interactions drastically destabilized by a single mutation. *Protein Science*, 17(6), 1055-1065.
54. Scott, D. E., Bayly, A. R., Abell, C., & Skidmore, J. (2016). Small molecules, big targets: drug discovery faces the protein-protein interaction challenge. *Nature Reviews Drug Discovery*, 15(8), 533.
55. Barbieri, L., Luchinat, E., & Banci, L. (2015). Protein interaction patterns in different cellular environments are revealed by in-cell NMR. *Scientific reports*, 5, 14456.
56. Gao, G., Williams, J. G., & Campbell, S. L. (2004). Protein-protein interaction analysis by nuclear magnetic resonance spectroscopy. In *Protein-Protein Interactions* (pp. 79-91). Humana Press.
57. Lescot, M., Déhais, P., Thijs, G., Marchal, K., Moreau, Y., Van de Peer, Y., ... & Rombauts, S. (2002). PlantCARE, a database of plant cis-acting regulatory elements and a portal to tools for in silico analysis of promoter sequences. *Nucleic acids research*, 30(1), 325-327.
58. Wishart, D. S., Knox, C., Guo, A. C., Shrivastava, S., Hassanali, M., Stothard, P., ... & Woolsey, J. (2006). DrugBank: a comprehensive resource for in silico drug discovery and exploration. *Nucleic acids research*, 34(suppl\_1), D668-D672.
59. Shin, W. H., Christoffer, C. W., & Kihara, D. (2017). In silico structure-based approaches to discover protein-protein interaction-targeting drugs. *Methods*, 131, 22-32.
60. Shortridge, M. D., & Varani, G. (2015). Structure based approaches for targeting non-coding RNAs with small molecules. *Current opinion in structural biology*, 30, 79-88.
61. Blom, N., Gammeltoft, S., & Brunak, S. (1999). Sequence and structure-based prediction of eukaryotic protein phosphorylation sites. *Journal of molecular biology*, 294(5), 1351-1362.
62. Chen, X. W., & Jeong, J. C. (2009). Sequence-based prediction of protein interaction sites with an integrative method. *Bioinformatics*, 25(5), 585-591.
63. Huang, Y. A., You, Z. H., Chen, X., Chan, K., & Luo, X. (2016). Sequence-based prediction of protein-protein interactions using weighted sparse representation model combined with global encoding. *BMC bioinformatics*, 17(1), 184.
64. Sun, T., Zhou, B., Lai, L., & Pei, J. (2017). Sequence-based prediction of protein protein interaction using a deep-learning algorithm. *BMC bioinformatics*, 18(1), 277.
65. De, S., & Babu, M. M. (2010). Genomic neighbourhood and the regulation of gene expression. *Current opinion in cell biology*, 22(3), 326-333.
66. Oliver, B., Parisi, M., & Clark, D. (2002). Gene expression neighborhoods. *Journal of biology*, 1(1), 4.
67. Enright, A. J., Iliopoulos, I., Kyripides, N. C., & Ouzounis, C. A. (1999). Protein interaction maps for complete genomes based on gene fusion events. *Nature*, 402(6757), 86-90.
68. Thieme, S., & Groth, P. (2013). Genome fusion detection: a novel method to detect fusion genes from SNP-array data. *Bioinformatics*, 29(6), 671-677.
69. Latysheva, N. S., Oates, M. E., Maddox, L., Flock, T., Gough, J., Buljan, M., ... & Babu, M. M. (2016). Molecular principles of gene fusion mediated rewiring of protein interaction networks in cancer. *Molecular cell*, 63(4), 579-592.
70. Pazos, F., & Valencia, A. (2001). Similarity of phylogenetic trees as indicator of protein-protein interaction. *Protein engineering*, 14(9), 609-614.
71. Erten, S., Li, X., Bebek, G., Li, J., & Koyutürk, M. (2009). Phylogenetic analysis of modularity in protein interaction networks. *BMC bioinformatics*, 10(1), 333..



72. Pazos, F., Juan, D., Izarzugaza, J. M., Leon, E., & Valencia, A. (2008). Prediction of protein interaction based on similarity of phylogenetic trees. In *Functional Proteomics* (pp. 523-535). Humana Press.
73. Grigoriev, A. (2001). A relationship between gene expression and protein interactions on the proteome scale: analysis of the bacteriophage T7 and the yeast *Saccharomyces cerevisiae*. *Nucleic acids research*, 29(17), 3513-3519.
74. Wu, C., Zhu, J., & Zhang, X. (2012). Integrating gene expression and protein-protein interaction network to prioritize cancer-associated genes. *BMC bioinformatics*, 13(1), 182.
75. Chen, R., Zhang, Z., Xue, Z., Wang, L., Fu, M., Lu, Y., ... & Fan, Z. (2015). Protein-protein interaction network of gene expression in the hydrocortisone-treated keloid. *International journal of dermatology*, 54(5), 549-554.
76. Papanikolaou, N., Pavlopoulos, G. A., Theodosiou, T., & Iliopoulos, I. (2015). Protein-protein interaction predictions using text mining methods. *Methods*, 74, 47-53.
77. Badal, V. D., Kundrotas, P. J., & Vakser, I. A. (2018). Natural language processing in text mining for structural modeling of protein complexes. *BMC bioinformatics*, 19(1), 84.
78. Fleischer Jr, A. B. (2016). Increasing Incidence within PubMed of the Use of the Misspelling. *Acta dermato-venereologica*, 96(6), 826-827.
79. Garofalo, R., & Schilling, J. L. (2017). Transgender Health Accepted for Indexing in PubMed Central and Inclusion in PubMed.
80. Reyes-Aldasoro, C. C. (2017). The proportion of cancer-related entries in PubMed has increased considerably; is cancer truly "The Emperor of All Maladies"? *PloS one*, 12(3).
81. Orchard, S., Kerrien, S., Abbani, S., Aranda, B., Bhate, J., Bidwell, S., ... & Chatr-Aryamontri, A. (2012). Protein interaction data curation: the International Molecular Exchange (IMEx) consortium. *Nature methods*, 9(4), 345-350.
82. Xenarios, I., Rice, D. W., Salwinski, L., Baron, M. K., Marcotte, E. M., & Eisenberg, D. (2000). DIP: the database of interacting proteins. *Nucleic acids research*, 28(1), 289-291.
83. Xenarios, I., Salwinski, L., Duan, X. J., Higney, P., Kim, S. M., & Eisenberg, D. (2002). DIP, the Database of Interacting Proteins: a research tool for studying cellular networks of protein interactions. *Nucleic acids research*, 30(1), 303-305.
84. Salwinski, L., Miller, C. S., Smith, A. J., Pettit, F. K., Bowie, J. U., & Eisenberg, D. (2004). The database of interacting proteins: 2004 update. *Nucleic acids research*, 32(suppl\_1), D449-D451.
85. Gene Ontology Consortium. (2006). The gene ontology (GO) project in 2006. *Nucleic acids research*, 34(suppl\_1), D322-D326.
86. Hermjakob, H., Montecchi-Palazzi, L., Lewington, C., Mudali, S., Kerrien, S., Orchard, S., ... & Margalit, H. (2004). IntAct: an open source molecular interaction database. *Nucleic acids research*, 32(suppl\_1), D452-D455.
87. Kerrien, S., Aranda, B., Breuza, L., Bridge, A., Broackes-Carter, F., Chen, C., ... & Jandrasits, C. (2012). The IntAct molecular interaction database in 2012. *Nucleic acids research*, 40(D1), D841-D846.
88. Licata, L., Briganti, L., Peluso, D., Perfetto, L., Iannuccelli, M., Galeota, E., ... & Castagnoli, L. (2012). MINT, the molecular interaction database: 2012 update. *Nucleic acids research*, 40(D1), D857-D861.
89. Chatr-Aryamontri, A., Ceol, A., Palazzi, L. M., Nardelli, G., Schneider, M. V., Castagnoli, L., & Cesareni, G. (2007). MINT: the Molecular INTeraction database. *Nucleic acids research*, 35(suppl\_1), D572-D574.
90. Mewes, H. W., Ruepp, A., Theis, F., Rattei, T., Walter, M., Frishman, D., ... & Antonov, A. (2011). MIPS: curated databases and comprehensive secondary data resources in 2010. *Nucleic acids research*, 39(suppl\_1), D220-D224.
91. Mewes, H. W., Frishman, D., Gruber, C., Geier, B., Haase, D., Kaps, A., ... & Stocker, S. (2000). MIPS: a database for genomes and protein sequences. *Nucleic acids research*, 28(1), 37-40.
92. Chatr-Aryamontri, A., Oughtred, R., Boucher, L., Rust, J., Chang, C., Kolas, N. K., ... & Stark, C. (2017). The BioGRID interaction database: 2017 update. *Nucleic acids research*, 45(D1), D369-D379.
93. Stark, C., Breitkreutz, B. J., Reguly, T., Boucher, L., Breitkreutz, A., & Tyers, M. (2006). BioGRID: a general repository for interaction datasets. *Nucleic acids research*, 34(suppl\_1), D535-D539.
94. Winter, A. G., Wildenhain, J., & Tyers, M. (2011). BioGRID REST Service, BiogridPlugin2 and BioGRID WebGraph: new tools for access to interaction data at BioGRID. *Bioinformatics*, 27(7), 1043-1044.
95. Finn, R. D., Bateman, A., Clements, J., Coggill, P., Eberhardt, R. Y., Eddy, S. R., ... & Sonnhammer, E. L. (2014). Pfam: the protein families database. *Nucleic acids research*, 42(D1), D222-D230.
96. Ogata, H., Goto, S., Sato, K., Fujibuchi, W., Bono, H., & Kanehisa, M. (1999). KEGG: Kyoto encyclopedia of genes and genomes. *Nucleic acids research*, 27(1), 29-34.
97. Szklarczyk, D., Morris, J. H., Cook, H., Kuhn, M., Wyder, S., Simonovic, M., ... & Jensen, L. J. (2016). The STRING database in 2017: quality-controlled protein-protein association networks, made broadly accessible. *Nucleic acids research*, gkw937.
98. Szklarczyk, D., Franceschini, A., Wyder, S., Forslund, K., Heller, D., Huerta-Cepas, J., ... & Kuhn, M. (2015). STRING v10: protein-protein interaction networks, integrated over the tree of life. *Nucleic acids research*, 43(D1), D447-D452.
99. Mering, C. V., Huynen, M., Jaeggi, D., Schmidt, S., Bork, P., & Snel, B. (2003). STRING: a database of predicted functional associations between proteins. *Nucleic acids research*, 31(1), 258-261.
100. Han, K., Park, B., Kim, H., Hong, J., & Park, J. (2004). HPID: the human protein interaction database. *Bioinformatics*, 20(15), 2466-2470.
101. Peri, S., Navarro, J. D., Amanchy, R., Kristiansen, T. Z., Jonnalagadda, C. K., Surendranath, V., ... & Ibarrola, N. (2003). Development of human protein reference database as an initial platform for approaching systems biology in humans. *Genome research*, 13(10), 2363-2371.
102. Keshava Prasad, T. S., Goel, R., Kandasamy, K., Keerthikumar, S., Kumar, S., Mathivanan, S., ... & Balakrishnan, L. (2009). Human protein reference database—2009 update. *Nucleic acids research*, 37(suppl\_1), D767-D772.
103. Bader, G. D., Betel, D., & Hogue, C. W. (2003). BIND: the biomolecular interaction network database. *Nucleic acids research*, 31(1), 248-250.

104. Bader, G. D., Donaldson, I., Wolting, C., Ouellette, B. F., Pawson, T., & Hogue, C. W. (2001). BIND—the biomolecular interaction network database. *Nucleic acids research*, 29(1), 242-245.
105. Das, J., & Yu, H. (2012). HINT: High-quality protein interactomes and their applications in understanding human disease. *BMC systems biology*, 6(1), 92.
106. López, Y., Nakai, K., & Patil, A. (2015). HitPredict version 4: comprehensive reliability scoring of physical protein–protein interactions from more than 100 species. *Database*, 2015.
107. Patil, A., Nakai, K., & Nakamura, H. (2011). HitPredict: a database of quality assessed protein–protein interactions in nine species. *Nucleic acids research*, 39(suppl\_1), D744-D749.
108. Patil, A., & Nakamura, H. (2005). Filtering high-throughput protein-protein interaction data using a combination of genomic features. *BMC bioinformatics*, 6(1), 100.
109. Smoot, M. E., Ono, K., Ruscheinski, J., Wang, P. L., & Ideker, T. (2011). Cytoscape 2.8: new features for data integration and network visualization. *Bioinformatics*, 27(3), 431-432.
110. Franz, M., Rodriguez, H., Lopes, C., Zuberi, K., Montojo, J., Bader, G. D., & Morris, Q. (2018). GeneMANIA update 2018. *Nucleic acids research*, 46(W1), W60-W64.
111. Giurgiu, M., Reinhard, J., Brauner, B., Dunger-Kaltenbach, I., Fobo, G., Frishman, G., ... & Ruepp, A. (2019). CORUM: the comprehensive resource of mammalian protein complexes—2019. *Nucleic acids research*, 47(D1), D559-D563.
112. Razick, S., Magklaras, G., & Donaldson, I. M. (2008). iRefIndex: a consolidated protein interaction database with provenance. *BMC bioinformatics*, 9(1), 405.
113. Lehne, B., & Schlitt, T. (2009). Protein-protein interaction databases: keeping up with growing interactomes. *Human genomics*, 3(3), 291.
114. Altuntas, V., Gök, M., Kahveci, T. "Stability Analysis of Biological Networks' Diffusion State." *IEEE/ACM transactions on computational biology and bioinformatics* (2018).
115. Altuntaş, V., & Gök, M. (2017, October). The stability and fragility of biological networks: Eukaryotic model organism *Saccharomyces cerevisiae*. In *2017 International Conference on Computer Science and Engineering (UBMK)* (pp. 116-118). IEEE.
116. Turinsky, A. L., Razick, S., Turner, B., Donaldson, I. M., & Wodak, S. J. (2010). Literature curation of protein interactions: measuring agreement across major public databases. *Database*, 2010.
117. Bhardwaj, N., & Lu, H. (2005). Correlation between gene expression profiles and protein–protein interactions within and across genomes. *Bioinformatics*, 21(11), 2730-2738.



# Fotovoltaik Sistemlerde Değişken Yük ve Güneş Işınımı Altında Sinirsel-Bulanık Denetleyici ile Maksimum Güç Noktası Takibi

Ahmet Gani<sup>1\*</sup>, Hakan Açıkgoz<sup>2</sup>, Mustafa Şekkeli<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6487-6066)

<sup>2</sup> Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Gaziantep, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6432-7243)

<sup>3</sup> Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1641-3243)

(İlk Geliş Tarihi 5 Haziran 2020 ve Kabul Tarihi 26 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.748384)

**ATIF/REFERENCE:** Gani, A., Açıkgoz, H., & Şekkeli, M. (2020). Fotovoltaik Sistemlerde Değişken Yük ve Güneş Işınımı Altında Sinirsel-Bulanık Denetleyici ile Maksimum Güç Noktası Takibi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 734-745.

## Öz

Fotovoltaik paneller, güneş ışınımına ve ortam sıcaklığına bağlı olarak güneş enerjisini doğrudan doğru akım (DA) elektrik enerjisine dönüştürülebilen yarı iletken yapılardır. Fotovoltaik paneller yapıları gereği doğrusal olmayan akım-gerilim (I-V) karakteristiğine sahiptirler. Fotovoltaik panellerden alınabilecek maksimum güç panel üzerine düşen güneş ışınımı ve panelin sıcaklık değerlerine bağlıdır. Fotovoltaik panellerin belirli atmosferik koşullarda (güneş ışınımı ve ortam sıcaklığı) ürettikleri tek bir maksimum güç değeri vardır. Bu nedenle fotovoltaik panellerin maksimum güç noktası takip sistemleri ile birlikte kullanılması verimlilik açısından oldukça önemlidir. Sürekli değişen atmosferik koşullar (güneş ışınımı, sıcaklık) ve değişken yük maksimum güç noktasının yerini değiştirdiğinden fotovoltaik panelden alınabilecek maksimum gücün sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir. Maksimum güç noktası takibi için klasik ve modern yöntemler gibi çeşitli takip yöntemleri bulunmaktadır. Değiştir-gözle (D&G), tepe tırmanma (TT), artımsal iletkenlik (Aİ) klasik yöntemler olup modern yöntemler ise yapay sinir ağları, bulanık mantık ve en iyileme algoritmalarıdır. Bulanık mantık ve yapay sinir ağları gibi modern denetim yapıları birçok uygulamayı gerçekleştirmek için yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bulanık mantık ve yapay sinir ağlarının birlikte kullanılması uyarlamalı bir denetim yapısı oluşturmaktadır. Bu uyarlamalı denetim yapısı, denetim sisteminin çalışma noktasındaki değişimleri daha iyi ayarlamaktadır. Bu çalışmada; fotovoltaik sistemin değişken yük ve güneş ışınımı altında maksimum güç noktası takibi için artımsal iletkenlik ve sinirsel-bulanık denetim yönteminden oluşan iki döngülü takip sistemi önerilmiştir. Önerilen iki döngülü takip sisteminin dinamik performansı değişken yük ve güneş ışınımı altında tek döngülü artımsal iletkenlik yöntemi ile karşılaştırılmıştır. Önerilen takip yapısı her iki durumda da fotovoltaik sistemin maksimum güç çalışma noktasında oluşan değişimlere karşı artımsal iletkenlik yöntemine göre daha iyi uyum göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler** Maksimum Güç, Sinirsel-Bulanık Denetim, Artımsal İletkenlik, Fotovoltaik

## Maximum Power Point Tracking with Neuro-Fuzzy Controller Under Variable Load and Solar Irradiance in Photovoltaic Systems

### Abstract

Photovoltaic panels are semi-conductor structures that can convert solar energy directly to direct current (DC) electricity power depending on the solar irradiance and ambient temperature. They have a non-linear current-voltage (I-V) characteristic due to their

\* Sorumlu Yazar: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6487-6066, [agani@ksu.edu.tr](mailto:agani@ksu.edu.tr)

structure. The maximum power obtained from a photovoltaic panel is directly related to solar irradiance and panel temperature. Photovoltaic panels offers a single maximum power point under certain atmospheric conditions (solar irradiance and ambient temperature). Therefore, it is of vital importance to use photovoltaic panels along with maximum power point tracking systems for a more efficient solar power system. Since constantly changing atmospheric conditions (solar irradiance and temperature) and variable load cause changes in maximum power point, the maximum amount of power generated by a photovoltaic panel needs to be tracked continuously. There are various tracking methods such as classical and modern methods for maximum power point tracking. Perturb and observe (P&O), hill climbing (HC), incremental conductance (INC) are among conventional methods, while modern methods include artificial neural networks, fuzzy logic and optimization algorithms. Modern control structures such as fuzzy logic and artificial neural networks are widely used to perform many applications. Using fuzzy logic and artificial neural networks together creates an adaptive control structure, which adjusts changes in the operating point of the control system in a better way. In the present study, a two-loop tracking system consisting of incremental conductance and neuro-fuzzy control is proposed for maximum power point tracking of a photovoltaic system under variable load and solar irradiance. The dynamic performance of the proposed two-loop tracking system was compared with the single-loop incremental conductance method under variable load and solar irradiance. It was observed that the proposed tracking structure better adapted to the changes in the maximum power operating point of the photovoltaic system compared to the incremental conductance method in both cases.

**Keywords:** Maximum Power; Neuro-Fuzzy Control, Incremental Conductance, Photovoltaic

## 1. Giriş

Günümüzde artan enerji talebi nedeniyle yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç önemli ölçüde artmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde güneş enerjisi daha yüksek güvenilirliğe sahip temiz bir enerjidir. Fotovoltaik sistemler, fotovoltaik hücrelerin bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş, bağlandığı sistemin elektrik enerji ihtiyacını karşılayan yapılardır. Fotovoltaik sistemlerin maksimum güç noktasının etkin bir şekilde takip edilmesi enerji dönüşümünün sürekliliği ve verimlilik açısından önemlidir. Klasik maksimum güç noktası takip yöntemlerinin kalıcı durumda maksimum güç noktası etrafında yüksek güç salınımı, düşük yakınsama hızı ve düşük takip doğruluğu gibi eksiklikleri vardır. Buna karşılık yapay sinir ağları ve bulanık mantık esaslı modern maksimum güç noktası takip yöntemleri kalıcı durumda maksimum güç noktası etrafında düşük güç salınımına, yüksek yakınsama hızına ve yüksek takip doğruluğuna sahiptir[1-2].

Fotovoltaik sistemlerde atmosferik değişimlerden (güneş ışınımı ve ortam sıcaklığı) ve yük değişiminden kaynaklı değişken maksimum güç çalışma noktaları oluşmaktadır. Değiştir-gözle (D&G), tepe tırmanma (TT), artımsal iletkenlik (Aİ) gibi klasik takip yöntemleri sabit adım çalışma aralığına sahip oldukları için sadece tek bir maksimum güç çalışma noktasında en uygun cevabı verirler. Yapay sinir ağları ve bulanık mantık esnek çalışma aralığına sahip olduklarından değişken maksimum güç çalışma noktalarını takip etmede daha çok tercih edilmektedirler. Yapay sinir ağları öğrenme, en iyileme ve uyarlama gibi önemli yeteneklere sahiptir. Bulanık mantık ise uzman kişinin sistem öngörülerini esas alan doğrusal olmayan bir denetim yapısıdır[3]. Bulanık mantık ve yapay sinir ağlarının birlikte kullanılması uzman kişinin sistem öngörülerine dayalı uyarlamalı bir denetim yapısı oluşturmaktadır. Sinirsel-bulanık denetim esaslı maksimum güç noktası takipçisi değişken çalışma koşullarına klasik takip yöntemlerine göre daha iyi uyum sağlamaktadır[4].

DA-DA güç çeviricileri fotovoltaik panel ile yük arasındaki güç aktarımını sağlayan güç elektroniğinin en temel elemanlarıdır[5]. Düşüren, yükselten ve düşüren-yükselten güç çeviricileri gibi tüm birinci nesil DA-DA güç çeviricilerin çıkış gerilimi ve güç aktarım verimliliği, devredeki parazitik elemanların etkileri nedeniyle sınırlandırılmıştır. Gerilim kaldırma yöntemi, DA-DA güç çevirici devre tasarımında yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir. Çünkü bu yöntem parazitik elemanların etkisini etkin bir şekilde yok ederek yüksek gerilim kazancı sağlamaktadır. Aynı zamanda bu yöntem güç çeviricisine yüksek güç yoğunluğu, basit topoloji, sıfıra yakın gerilim ve akım dalgalanmaları gibi önemli katkılar da sunmaktadır[6]. Bu çalışmada daha düşük çıkış gerilim dalgalanması ve yüksek güç yoğunluğu sağlamak için pozitif çıkışlı Luo çevirici (PÇLÇ) tercih edilmiştir.

Literatürde fotovoltaik sistemlerin değişken atmosferik koşullarda (güneş ışınımı ve ortam sıcaklığı) maksimum güç noktasının takibine yönelik klasik ve modern yöntemlerin tek başlarına ve birlikte kullanıldığı çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmaları klasik değiştir & gözle ve artımsal iletkenlik yöntemleri [7-8,11], model öngörülü ve uyarlamalı bulanık mantık esaslı yöntemler [9-10], değişken adım aralıklı klasik yöntemler [12], bulanık mantık [13-14] ve yapay sinir ağları [15] esaslı modern yöntemler olarak sınıflandırmak mümkündür. Bu çalışmada literatürdeki mevcut çalışmalardan farklı olarak değişken yük ve güneş ışınımı altında fotovoltaik panelden maksimum güç elde etmek için iki döngülü takipçi yapısı önerilmiştir. İki döngülü takipçi yapısında birinci maksimum güç noktasını arama döngüsü iken, ikinci maksimum güç noktası takip döngüsüdür. Arama döngüsünde maksimum güç noktasının hesabı için artımsal iletkenlik (Aİ) yöntemi önerilirken takip döngüsü için ise sinirsel-bulanık denetim yöntemi önerilmiştir.

Bu çalışmanın ana katkıları aşağıda verilmiştir:

- Artımsal iletkenlik yöntemi ve sinirsel-bulanık denetim yapısını birleştiren yeni bir iki döngülü maksimum güç noktası takipçisi önerilmiştir.
- Önerilen iki döngülü takipçi değişken yük ve güneş ışınımı altında oluşan yeni maksimum güç noktası için yüksek uyum yeteneğine sahiptir. Aynı zamanda önerilen takipçi fotovoltaik sistemin tepki hızını arttırmış ve kararlı durum güç salınımlarını azaltmıştır.

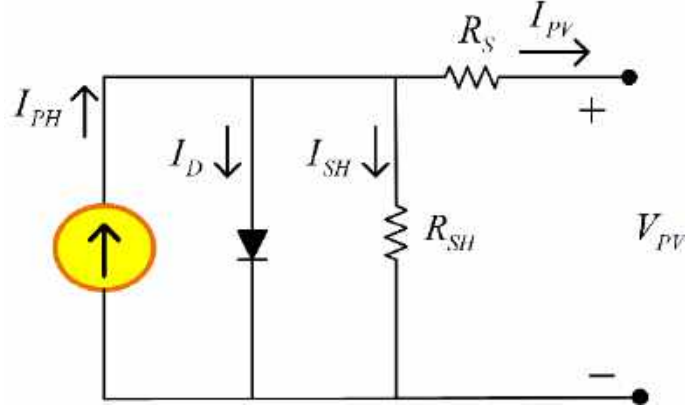
Bu çalışma şu şekilde düzenlenmiştir: ikinci bölümde fotovoltaik hücrenin eşdeğer devre modeli, maksimum güç noktası takip sistemlerinin yapısı ve önerilen fotovoltaik maksimum güç noktası takipçisi materyal ve metod kısmı olarak verilmiştir. Üçüncü bölümde

pozitif çıkışlı Luo çeviricinin analizi ve benzetim çalışmaları araştırma bulguları ve tartışmalar olarak sunulmuştur. Son bölümde ise sonuçlar ve öneriler tartışılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Fotovoltaik Hücrenin Eşdeğer Devre Modeli

Fotovoltaik hücreler üzerine güneş ışığı düştüğünde fotovoltaik enerjiyi elektrik enerjisine çeviren elemanlardır. Fotovoltaik bir hücre bir diyota paralel bağlı bir akım kaynağı ile modellenmektedir. Akım kaynağı sabit akım üretmekte ve üretilen akım hücre üzerine düşen güneş ışığının yoğunluğuyla doğru orantılı olmaktadır. Fotovoltaik hücrelerin modellenmesinde tek diyot modeli sade olduğu için daha çok tercih edilmektedir. Şekil 1’de fotovoltaik hücrenin tek diyot modeli verilmiştir.



Şekil 1. Fotovoltaik hücrenin tek diyot modeli

Hücre üzerinde meydana gelen gerilim düşümlerini temsil etmek amacıyla  $R_S$  seri direnci ve kaçak akımları temsilen  $R_{SH}$  paralel direnci modele dahil edilerek gerçek model oluşturulmaktadır. Hücre modeline Kirchoff’un akım yasası uygulandığında tek bir üstel modele dayanan fotovoltaik hücrenin genel akım-gerilim karakteristiği denklem 1’de verilmektedir[16].

$$I_{FV} = I_{PH} - I_0 \left[ \exp \left( \frac{V_{FV} + I_{FV} R_S}{n_s V_t} \right) - 1 \right] - \frac{V_{FV} + I_{FV} R_S}{R_{SH}} \quad (1)$$

$I_{PH}$ : Fotovoltaik etki ile üretilen akım

$I_0$ : Diyot ters doyum akımı

$R_S$ : Panel seri direnci

$R_{SH}$ : Panel paralel direnci

$n_s$ : Paneldeki seri bağlı hücre sayısı

$V_t$ : Fotovoltaik hücrenin termal gerilimi

$A$ : Diyot idealite faktörü

$K$ : Boltzman sabiti ( $1,381 \times 10^{-23}$  J/K)

$q$ : Elektron yükü ( $1,602 \times 10^{-19}$  C)

$T$ : Fotovoltaik hücrenin kelvin cinsinden mutlak sıcaklığı

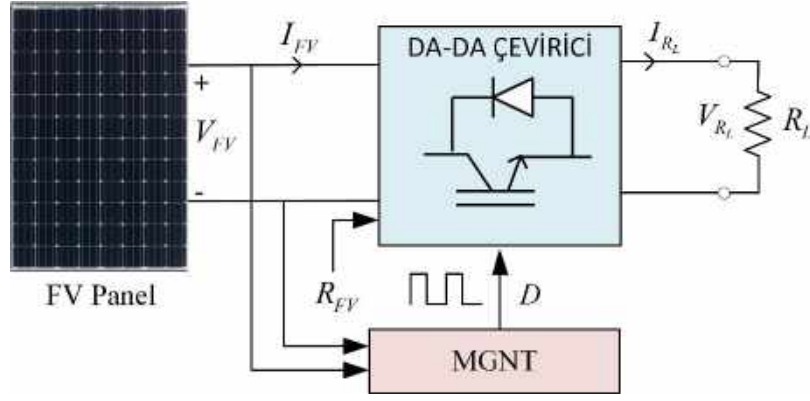
Denklem 1’de geçen  $V_t$  birleşim termal gerilimi olup denklem 2 ile bulunmaktadır.

$$V_t = \frac{AkT}{q} \quad (2)$$

### 2.2. Maksimum Güç Noktası Takip Sistemlerinin Yapısı

Fotovoltaik panel ile yük arasındaki güç aktarımındaki uyumsuzluğu gidermek ve panelden belirli atmosferik şartlarda maksimum güç çekebilmek için maksimum güç noktası takip (MGNT) sisteminin yapısında denetlenebilen bir DA-DA güç çeviricisi olmalıdır. MGNT sisteminde DA-DA güç çevirici fotovoltaik panel ile yük arasında görev yapmaktadır. Şekil 2’de MGNT sistemine ait şematik diyagram verilmiştir.





Şekil 2. MGNT sistemine ait şematik diyagram

Şekil 2’de verilen yük direnci denklem 3’de verilmiştir.

$$R_L = \frac{V_{R_L}}{I_{R_L}} \quad (3)$$

Burada  $V_{R_L}$  çıkış yük gerilimi ve  $I_{R_L}$  çıkış yük akımıdır. Fotovoltaik panelin standart test koşullarında (STK) panel tarafında görülen optimal yük direnci ( $R_{opt}$ ) denklem 4’deki gibi tanımlanmaktadır.

$$R_{opt} = V_{MGN} / I_{MGN} \quad (4)$$

$V_{MGN}$  ve  $I_{MGN}$  sırasıyla maksimum güç noktasındaki gerilim ve akımdır. Fotovoltaik panelin optimal yük direnci güneş ışınımı ve sıcaklığa bağlı olarak anlık değişmektedir.  $R_L$  değeri  $R_{opt}$  ile eşleştiğinde fotovoltaik panelden yüke maksimum güç aktarımı gerçekleşmektedir. MGNT'nin amacı, yük direncini fotovoltaik panelin optimal yük direncine eşitlemektir. İdeal şartlarda fotovoltaik sistem için giriş gücü ve çıkış gücü eşitliği denklem 5’deki gibi yazılabilmektedir.

$$\frac{I_{FV}}{I_{R_L}} = \frac{V_{R_L}}{V_{FV}} \quad (5)$$

Denklem 5 düzenlenirse;

$$R_{FV} = \left( \frac{V_{FV}}{V_{R_L}} \right)^2 R_L \quad (6)$$

elde edilir. DA-DA güç çeviricisinin giriş gerilimi ve çıkış gerilimi arasındaki ilişki denklem 7’de verilmiştir.

$$V_{R_L} = M(D)V_{FV} \quad (7)$$

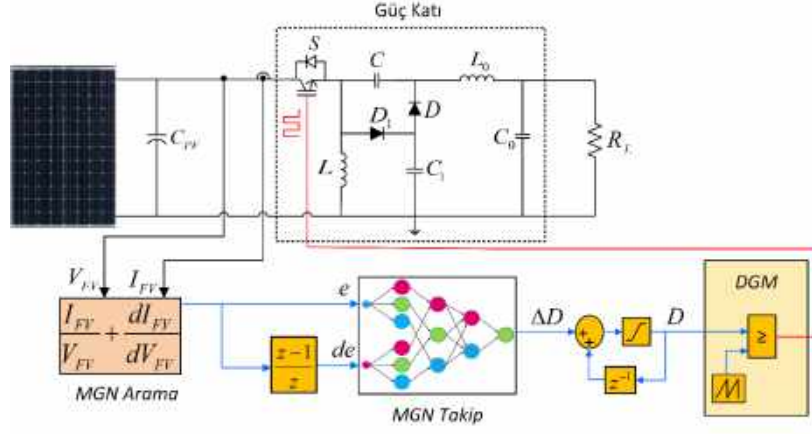
Burada  $D$  DA-DA güç çeviricisinin anahtarlama oranını ifade etmektedir.  $M(D)$  ise DA-DA güç çeviricisinin anahtarlama oranına bağlı dönüştürme oranıdır. Sürekli iletim modunda çalışan ideal DA-DA güç çeviricileri için dönüştürme oranı ( $M$ ) anahtarlama oranı ( $D$ )’nin bir fonksiyonudur. Denklem 7’de verilen  $M(D)$  denklem 6’da yerine yazılırsa denklem 8 elde edilmektedir.

$$R_{FV} = \frac{R_L}{(M(D))^2} \quad (8)$$

Denklem 8’de görüldüğü gibi  $R_{FV}$  ve  $R_L$   $M(D)$ ’nin fonksiyonudur. Aynı zamanda belirli bir  $R_L$  değeri için  $R_{FV}$ ’nin  $M(D)$  ile ayarlanabileceği görülmektedir. Sonuç olarak, DA-DA güç çeviricisinin anahtarlama oranı ( $D$ ) değiştirilerek,  $R_{FV}$  değerinin  $R_{opt}$  ile eşleştirilmesi fotovoltaik panelden maksimum güç elde edilmesini sağlamaktadır[17].

### 2.3. Önerilen Fotovoltaik Maksimum Güç Noktası Takipçisi

Fotovoltaik sistemlerin güç dönüşüm verimliliklerini artırmak için maksimum güç noktası (MGN) takipçi kullanılmalıdır. Önerilen iki döngülü fotovoltaik maksimum güç noktası takip sistemi Şekil 3’te verilmiştir.



Şekil 3. Önerilen iki döngülü fotovoltaik maksimum güç noktası takip sistemi

Önerilen iki döngülü fotovoltaik maksimum güç noktası takip sisteminde birinci ve ikinci döngüler, sırasıyla MGN arama ve MGN takip için kullanılmaktadır. MGN arama döngüsünde panelden çekilen güçteki değişime ( $dP_{FV} / dV_{FV}$ ) bakılarak artımsal iletkenlik yöntemi ile maksimum güç noktası hesaplanmaktadır. Panelden çekilen güç değişiminin sıfır ( $dP_{FV} / dV_{FV} = 0$ ) olduğu nokta maksimum güç noktasıdır. Bu durum denklem 9-10 ile ifade edilmiştir.

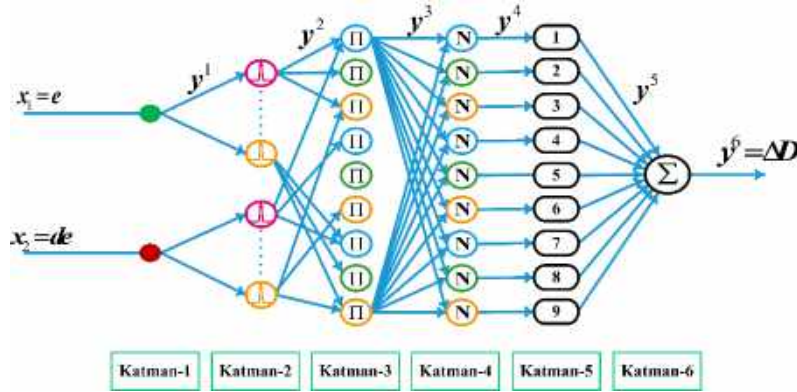
$$\frac{dP_{FV}}{dV_{FV}} = \frac{d(V_{FV} I_{FV})}{dV_{FV}} = 0 \quad (9)$$

$$\frac{I_{FV}}{V_{FV}} + \frac{dI_{FV}}{dV_{FV}} = 0 \quad (10)$$

MGN takip döngüsünün girişleri hata ve hata değişimidir. MGN takip döngüsünün çıkışındaki  $\Delta D$  anahtarlama oranındaki değişimi ifade etmektedir. Anahtarlama oranı ( $D$ ), darbe genişlik modülasyonu ile DA-DA çeviricinin güç katındaki anahtarlama elemanına ( $S$ ) uygulanmaktadır.

### 2.3.1. Sinirsel-Bulanık Denetim

Sinirsel-bulanık ağ yapısı karmaşık sistemlerin modellenmesi ve denetiminde kullanılan yapay sinir ağı ve bulanık mantığın uygun şekilde birleşiminden oluşan bir ağ yapısıdır. Bu yapı yapay sinir ağlarının öğrenme, uyum gibi özelliklerine sahip olduğu gibi bulanık mantığın karar verme ve çıkarım yapabilme özelliklerini de yapısında bulundurmaktadır[18]. Üç üyelik fonksiyonu ile bulanıklaştırılmış iki giriş ve bir çıkışa sahip altı katmanlı bir yapay sinir ağı mimarisine sahip dokuz kurallı sinirsel-bulanık denetim yapısı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Sinirsel-bulanık denetim yapısı

Sinirsel-bulanık denetim yapısında birinci dereceden Sugeno bulanık çıkarım modeli esas alınmıştır. Birinci dereceden bir Sugeno tipi bulanık model kuralları aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

$$A^j = \text{Eğer}; x_1, B_1^j \text{ ve } x_2, B_2^j \text{ ve } x_n, B_n^j \text{ ise O Halde } y = f_n = b_0^j + b_1^j x_1 + b_2^j x_2 + b_n^j x_n \quad (11)$$

Burada; x ile y sırasıyla giriş ve çıkış değişkenleridir.  $B_i^j, \mu_{A_i^j}(x_i)$  üyelik fonksiyonu önkoşullarının dilsel değişkenleridir.

Şekil 4'ten de görüldüğü gibi sinirsel-bulanık denetleyici iç mimarisinde altı katman bulunmaktadır. Bu katmanlara ait özellikler aşağıdaki gibi açıklanabilir.

**Katman-1:** Bu katman giriş katmanıdır ve herhangi bir hesaplama bu katmanda yapılmaz. Bu katman hata ve hatanın değişimi olarak iki giriş ve tek çıkışa sahiptir. Hata girişi denklem 12’de hatanın değişimi ise denklem 13’de verilmiştir.

$$e(k) = P_{ref} - P_{antık} \quad (12)$$

$$de = e(k) - e(k-1) \quad (13)$$

**Katman-2:** Her bir giriş değişkeni için belirlenen üyelik fonksiyonu derecelerinin oluşturulduğu katmandır. Katmanın girişinde bulunan hata ve hatanın değişimi için üyelik fonksiyonu tipi belirlenmelidir. Bu çalışmada her bir giriş için üç adet genelleştirilmiş çan üyelik fonksiyonu önerilmiştir. Genelleştirilmiş çan üyelik fonksiyonu denklem 14’de verilmiştir.

$$y_j^2 = \left| \frac{x_i^2 - g_{ij}}{d_{ij}} \right|^{2f_i} \quad (14)$$

Burada, d, f ve g çan üyelik fonksiyonu parametreleridir.

**Katman-3:** Bu katman aynı zamanda kural çıkarım katmanı olarak bilinmektedir. Katmanda  $\Pi$  sembolü ile gösterilen her düğüm çarpım operatörü ile elde ettiği ateşleme kuvveti çıkışlarını bir sonraki katmana göndermektedir.

$$y_k^3 = \prod_i y_{ij}^2 \quad k=1,2,\dots,9 \quad (15)$$

**Katman-4:** Normalizasyon katmanı olarak da bilinir ve her düğüm N ile etiketlenmektedir. Bir önceki katmandan elde edilen her bir ateşleme kuvveti çıkışları sabit düğümler içerir. Herhangi bir k. düğüm için normalizasyon işlemi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$y_k^4 = \frac{y_k^3}{\sum_k y_k^3} \quad (16)$$

**Katman-5:** 4.katmandan elde edilen normalleştirilmiş kuralların ateşleme kuvveti çıkışlarının birinci dereceden bir f fonksiyonu ile çarpılmasıyla kural çıktıları hesaplanmaktadır.

$$y_k^5 = y_k^4 \cdot f_k \quad (17)$$

$$f_k = p_k x_1 + q_k x_2 + r_k \quad (18)$$

Burada ( $p_k, q_k, r_k$ ) ve  $f_k$  sinirsel-bulanık denetleyicinin sonuç parametreleri olarak adlandırılır. Sonuç parametreleri, geri yayılım algoritması kullanılarak uyarlanır.

**Katman-6:** Bu katman sinirsel-bulanık denetleyicinin çıkış katmanıdır. Katman çıkışında düğümlerden gelen tüm sinyallerin toplamını hesaplayan  $\Sigma$  etiketli sabit bir düğüm bulunmaktadır. Katman çıkışı durulaştırılmış kesin değerdir.

$$y^6 = \Delta I_d = \sum_k y_k^5 \quad (19)$$

Sonuç parametreleri sistem çıkış hatasına bağlı olarak aşağıdaki gibi tanımlanan uygunluk fonksiyonunu geri yayılım algoritması ile sıfıra yaklaştıracak şekilde uyarlanır.

$$E = \frac{1}{2} (P_{ref} - P_{antık})^2 \quad (20)$$

Geriye yayılım algoritmasıyla sonuç parametrelerinin uyarlanması aşağıdaki denklem ile yapılır.

$$D(k) = D(k-1) + \Delta D(k) = D(k-1) + \left( -\alpha \frac{\partial E(k)}{\partial D(k)} \right) \quad (21)$$

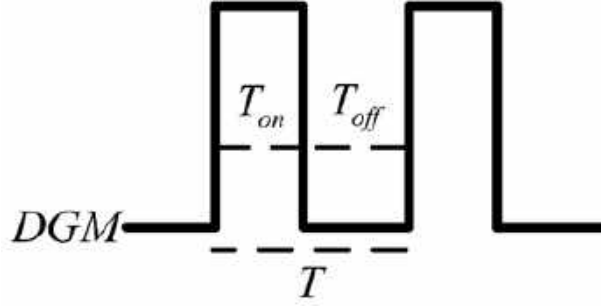
Burada  $\alpha$  öğrenme oranıdır. Bu çalışmada öğrenme oranı 0.25 seçilmiştir.

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Pozitif Çıkışlı Luo Çevirici (PCLÇ) Analizi

Anahtarlamalı DA-DA güç çeviricileri, denetimli bir yarı iletken anahtarlama elemanı, diyot, bobin, kapasitör ve yük direncinden oluşur. Devrede bulunan yarı iletken anahtarlama elemanı iletim bölgesinde ya da kesim bölgesinde çalıştırılmaktadır. DA-DA güç çeviricilerin denetimi, yarı iletken anahtarlama elemanının bir periyot içerisindeki anahtarlama oranının ( $D$ ) ayarlanmasıyla yapılır. Anahtarlama

oranı anahtarlama iletim sürelerinin değiştirilmesiyle ayarlanmaktadır. Buna darbe genişlik modülasyonu (DGM) denir. Şekil 5’de darbe genişlik modülasyonuna ait bir periyodik işaret anahtarlama süreleriyle verilmiştir.

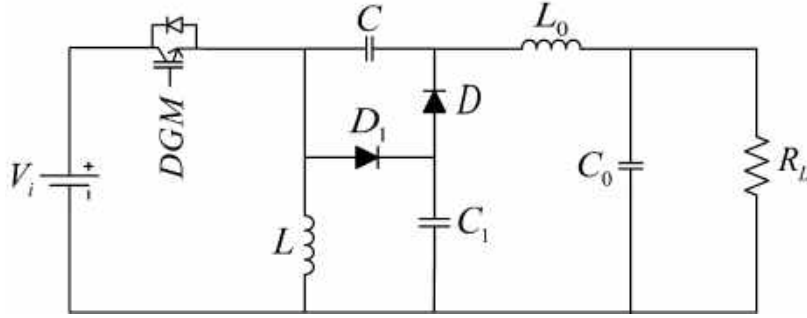


Şekil 5. Darbe genişlik modülasyonu işareti

Anahtarlama oranı ( $D$ ), anahtarlama elemanının iletimde olduğu sürenin, iletimde ( $T_{on}$ ) ve kesimde ( $T_{off}$ ) olduğu süreler toplamı olan DGM işaretinin periyoduna ( $T$ ) bölümüyle elde edilmektedir. Anahtarlama oranı denklem 22’de verilmiştir.

$$D = \frac{T_{on}}{T_{on} + T_{off}} \quad (22)$$

Anahtarlama elemanı olarak DA-DA güç çevirici devre mimarilerinde JFET, MOSFET ve IGBT gibi yarı iletken güç elemanları kullanılmaktadır. Bu elemanlar yüksek frekansta tetiklenebilmektedir[19]. Bu çalışmada kullanılan PÇLÇ sürekli iletim çalışma modunda analiz edilmiştir. Sürekli iletim çalışma modu çeviriciler için kararlı çalışma modudur. Kararlı durum analizi yapılırken PÇLÇ devre elemanları ideal kabul edilmiştir. PÇLÇ devre modeli Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. PÇLÇ devre modeli

PÇLÇ'nin devre eleman sınır değerleri denklem 23-27’de verilen bobin akımlarının değişim oranlarına ve kapasitör gerilimlerinin değişim oranlarına göre hesaplanmaktadır.  $L$  bobini üzerinden akan akımın değişim oranı şu şekilde hesaplanabilir:

$$\zeta_1 = \frac{\Delta I_L / 2}{I_L} = \frac{R_L}{2M^2 fL} \quad (23)$$

Benzer şekilde  $L_0$  bobini üzerindeki akımın değişim oranı şu şekilde verilir:

$$\zeta_2 = \frac{\Delta I_{L_0} / 2}{I_{L_0}} = \frac{DR_L}{2MfL_0} \quad (24)$$

$C$  kapasitörü üzerindeki gerilimin değişim oranı şu şekilde hesaplanır:

$$\rho = \frac{\Delta V_C / 2}{V_C} = \frac{D}{2fCR_L} \quad (25)$$

Benzer şekilde,  $C_1$  kapasitörü için gerilim değişim oranı şu şekilde hesaplanır:

$$\sigma_1 = \frac{\Delta V_{C1} / 2}{V_{C1}} = \frac{M}{2fC_1R_L} \quad (26)$$

ve  $C_0$  kapasitörü boyunca gerilim değişim oranı şu şekilde ifade edilebilir:

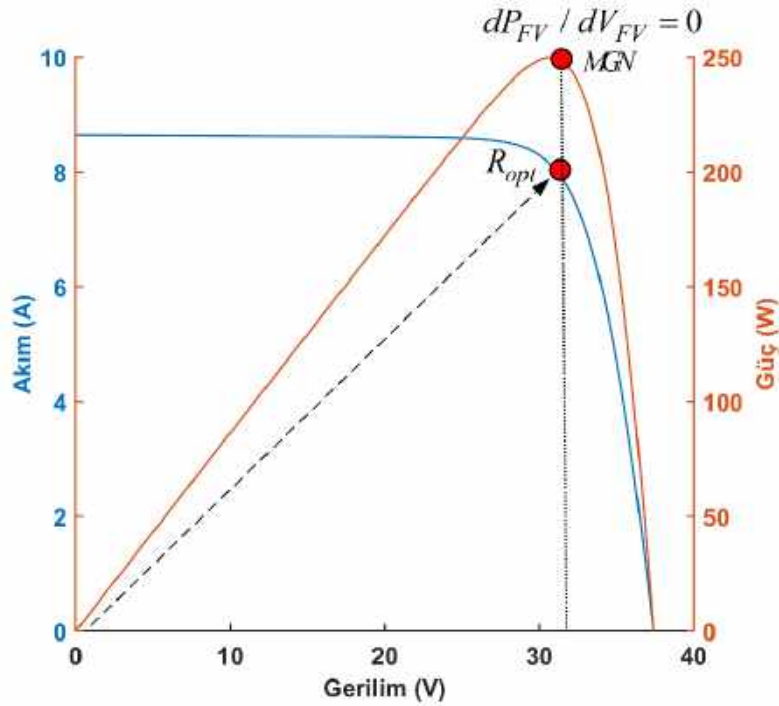
$$\varepsilon = \frac{\Delta V_{C0} / 2}{V_{C0}} = \frac{D}{8Mf^2L_0C_0} \quad (27)$$

Kararlı çalışma modunda PÇLÇ için dönüştürme oranı denklem 28'de verilmiştir [20].

$$M = \frac{V_0}{V_i} = \frac{1}{1-D} \quad (28)$$

### 3.2. Benzetim Çalışmaları

Bu bölümde fotovoltaik güç dönüşümü için tasarlanan PÇLÇ devre eleman değerleri ve seçilen fotovoltaik panele ait parametreler verilmiştir. İki döngülü fotovoltaik MGN takipçinin başarımını incelemek için STK'da ( $1000 \text{ W/m}^2$  güneş ışınımı ve  $25^\circ \text{C}$  sıcaklık) değişken yükte ve değişken güneş ışınımı altında iki farklı çalışma durumu oluşturulmuş ve tek döngülü MGN takipçi ile performans karşılaştırması yapılmıştır. Benzetim çalışmaları MATLAB/Simulink benzetim programı ve "Sim Power System" araç kutusu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Benzetim çalışmaları için düzgün güneş ışınımı dağılımlı tek MGN'li bir FV panel kullanılmıştır. STK'daki FV panelin MGN değeri  $250 \text{ W}$ 'dır. STK altında  $250 \text{ W}$ 'lık FV panelin akım-gerilim (I-V) karakteristiğindeki optimal yük direnci ( $R_{opt}$ ) ve güç-gerilim (P-V) karakteristiğindeki maksimum güç noktası ve Şekil 7'de gösterilmiştir.



Şekil 7. FV panel karakteristiklerinde maksimum güç noktası ve  $R_{opt}$

Şekil 7'de FV panelin güç-gerilim (P-V) karakteristiği üzerinde MGN noktası ve güç-gerilim değişimleri ( $dP_{FV} / dV_{FV}$ ), panelin akım-gerilim (I-V) karakteristiği üzerinde de ( $R_{opt}$ ) verilmiştir. Önerilen iki döngülü takipçide MGN arama döngüsü MGN'de FV panelin çalışma noktasını düzenlemek ve FV panel ile yük arasında maksimum güç aktarımı sağlamak için bağlı yük direncini panel tarafından görülen optimal yük direncine ( $R_{opt}$ ) eşleştirme amacıyla kullanılmaktadır. Bu eşleştirme işlemi MGN arama döngüsünde kullanılan artımsal iletkenlik yöntemiyle PÇLÇ'nin anahtarlama oranı ( $D$ ) ayarlanarak yapılmaktadır. Benzetim çalışmasında kullanılan FV panelin etiket değerleri Tablo 1'de verilmiştir. Denklem 23-27'de verilen tasarım özellikleri kullanılarak hesaplanan PÇLÇ'nin sınır değerleri Tablo 2'de sunulmaktadır. Benzetim çalışmalarındaki güç çeviricisi değerleri PÇLÇ için hesaplanan sınır değerlerinden daha yüksek seçilmiştir. Benzetim çalışmaları için seçilen PÇLÇ değerleri tolerans değerleriyle birlikte Tablo 3'te verilmiştir.



Tablo 1. Benzetim çalışmasında kullanılan fotovoltaiik panelin etiket değerleri

Panel Tipi	Polikristal	
Optimal Çalışma Gerilimi	$V_{MGN}$	30.7 V
Optimal Çalışma Akımı	$I_{MGN}$	8.15 A
Açık Devre Gerilimi	$V_{oc}$	37.4 V
Kısa Devre Akımı	$I_{sc}$	8.63 A
STK için Maksimum Güç	$P_{max}$	250 W
Panel Verimi	$\eta$	15.4 %

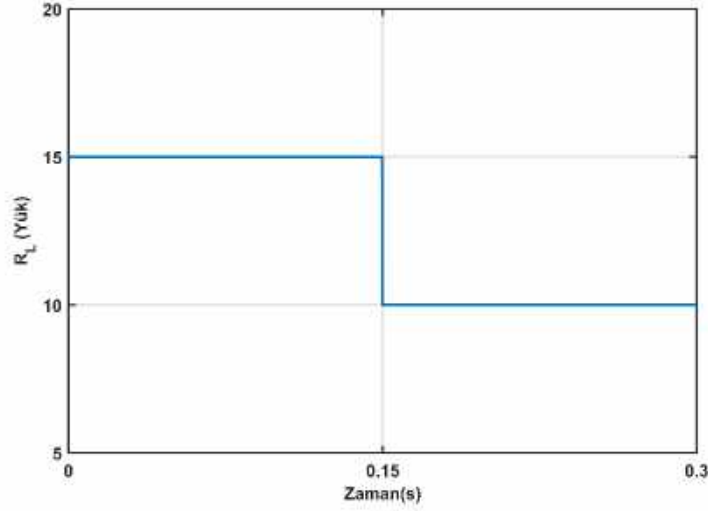
Tablo 2. PÇLÇ'nin hesaplanan sınır değerleri

$V_i$	30.7 V	$L$	0.5 mH
$V_0$	60 V	$C_0$	70 uF
$R_L$	15 $\Omega$	$C$	67 uF
$D_{opt}$	0.49	$C_1$	65 uF
$L_o$	0.5 mH	$f$	40 kHz
$M$	1.95	$\zeta_1$	0.1
$\varepsilon$	0.0006	$\sigma_1$	0.025
$\rho$	0.006	$\zeta_2$	0.1

Tablo 3. PÇLÇ'nin seçilen değerleri

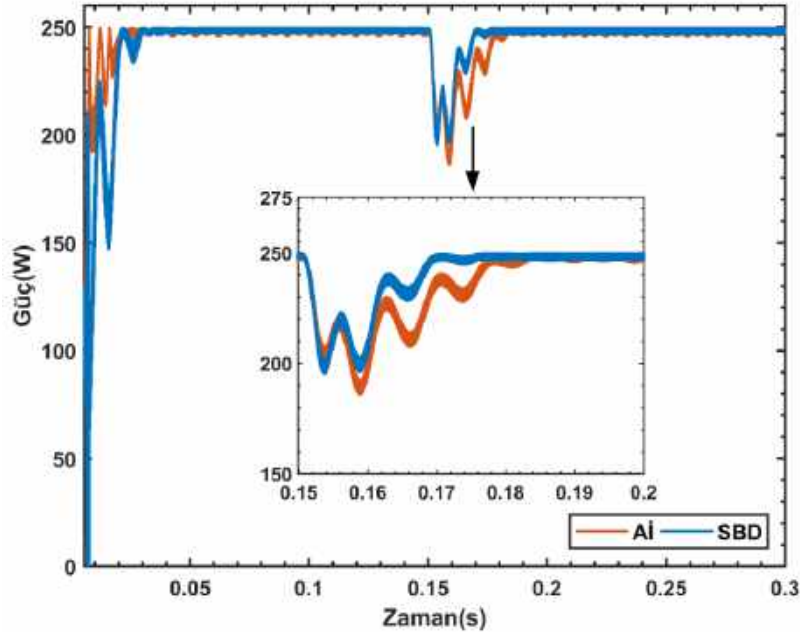
Eleman	Değer	Tolerans
$R_L$	15 $\Omega$ -250 W	%5
$L_o$	10 mH	-
$L$	10 mH	-
$C_0$	220 uF -250 V	%20
$C$	220 uF -250 V	%20
$C_1$	220 uF -250 V	%20
$C_{PV}$	100 uF -100 V	%10

Önerilen iki döngülü takip sisteminin kararlı ve yüksek güç takip doğruluğunda çalışması için takip döngüsünün örnekleme süresi arama döngüsünden daha yüksek seçilmiştir. MGN arama döngüsü için örnekleme süresi 0.1  $\mu$ s, MGN takip döngüsü için ise 100  $\mu$ s alınmıştır. Birinci çalışma durumu için önerilen MGN takipçinin dinamik performansını incelemek için oluşturulan belirli zaman aralığında değişen sabit yük direnci Şekil 8'de verilmiştir.



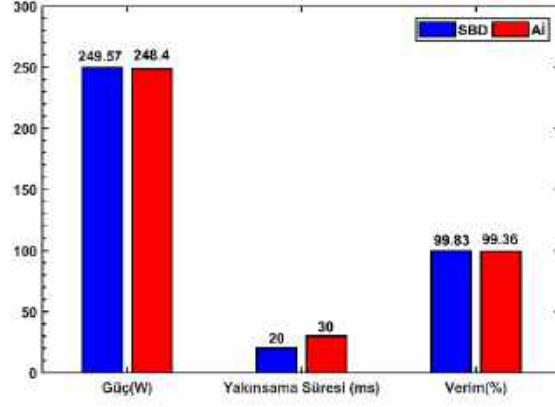
Şekil 8. Belirli zaman aralığında değişen sabit yük direnci

Şekil 8’de görüldüğü gibi sisteme  $t=0.15s$  anında  $10 \Omega$ ’luk değişken yük uygulanmıştır. Birinci çalışma durumunda toplam benzetim süresi  $0.3s$  alınmıştır. Önerilen çift döngülü ve tek döngülü MGN takipçinin STK’da belirli zaman aralığında değişen yük altında maksimum güç izleme performansları Şekil 9’da verilmiştir.



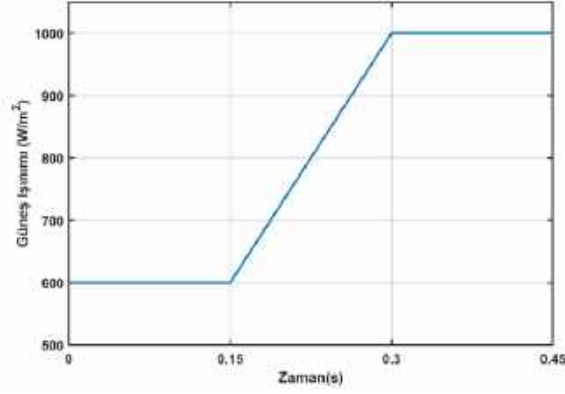
Şekil 9. Önerilen çift döngülü ve tek döngülü MGN takipçinin performansları

Şekil 9’da görüldüğü gibi önerilen çift döngülü ve tek döngülü MGN takipçinin yakınsama süreleri sırasıyla  $20 ms$  ve  $30 ms$ ’dir. Yakınsama sürelerini takiben önerilen çift döngülü ve tek döngülü MGN takipçinin FV panelden çektikleri maksimum güçler sırasıyla  $249.57W$  ve  $248.4W$ ’dır. Her iki MGN takipçinin maksimum güç izleme performansları Şekil 10’da performans indeksleri ile incelenmiştir.



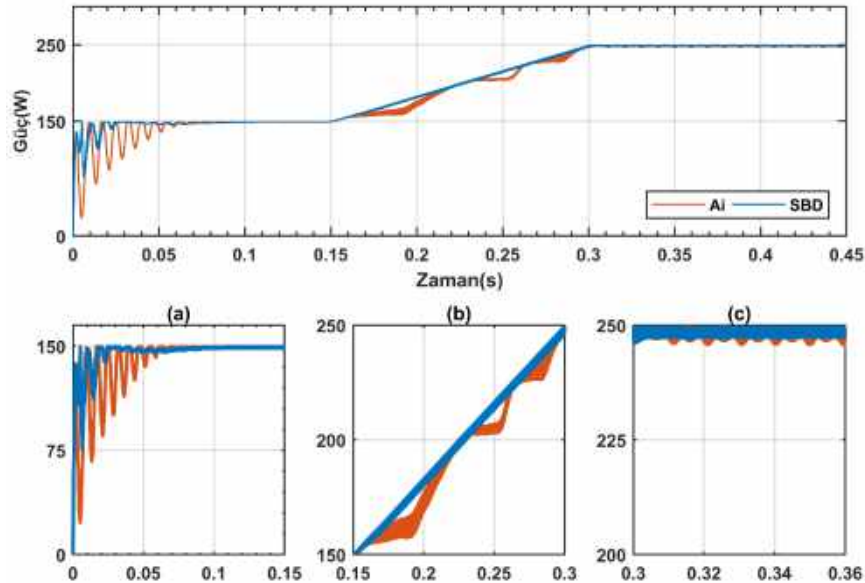
Şekil 10. Her iki MGN takipçinin maksimum güç izleme performansları

Benzetim çalışmasının ikinci çalışma durumunda güneş ışınımı değişken olup panel sıcaklığı 25°C'dir. Toplam benzetim süresi 0.45 s'dir. Güneş ışınımının zamanla değişimi Şekil 11'de verilmiştir.



Şekil 11. Güneş ışınımının zamanla değişimi

Şekil 11'de görüldüğü gibi güneş ışınımı 0-0.15 s arası sabit 600 W/m<sup>2</sup>, 0.15 s-0.3 s arası sabit eğimle doğrusal bir şekilde 600 W/m<sup>2</sup>'den 1000 W/m<sup>2</sup>'ye artan rampa biçimli, 0.3 s - 0.45 s arası ise sabit 1000 W/m<sup>2</sup> olacak şekilde seçilmiştir. Önerilen çift döngülü ve tek döngülü MGN takipçinin değişken güneş ışınımı altında maksimum güç izleme performansları Şekil 12'de verilmiştir.



Şekil 12. Önerilen çift döngülü ve tek döngülü MGN takipçinin değişken güneş ışınımı altında maksimum güç izleme performansları  
e-ISSN: 2148-2683

Şekil 12 (a)'da görüldüğü gibi önerilen çift döngülü ve tek döngülü MGN takipçinin yakınsama süreleri sırasıyla 25 ms ve 100 ms'dir. Yakınsama sürelerini takiben önerilen çift döngülü ve tek döngülü MGN takipçinin FV panelden çektikleri maksimum güçler sırasıyla 149.7 W ve 148.3 W'dır. Şekil 12 (b)'de görüldüğü gibi önerilen iki döngülü MGN takipçi sabit eğimle doğrusal bir şekilde artan rampa biçimli güneş ışınımı değişiminde istenen takip yönünü bulmakta hızlı ve doğru olduğu halde tek döngülü MGN takipçi istenen takip yönünü bulmakta başarısızdır. Şekil 12 (c)'de görüldüğü gibi önerilen çift döngülü ve tek döngülü MGN takipçinin maksimum güç salınımları sırasıyla 2.2 W ve 4.12 W'dır.

## 5. Sonuçlar

Birçok çalışmada tek döngülü MGN takipçi ile güneş ışınımı ve sıcaklık gibi değişen atmosferik koşullar altında maksimum güç noktası takibi yapılmıştır. Bu çalışmada ise sinirsel-bulanık denetim esaslı iki döngülü MGN takipçi ve artımsal iletkenlik yöntemi esaslı tek döngülü MGN takipçinin maksimum güç noktası izleme performansları değişken yük ve güneş ışınımı altında sabit panel sıcaklığında karşılaştırılmıştır. Benzetim çalışması sonuçları değişken yükte ve güneş ışınımında önerilen iki döngülü takip yönteminin MGN'ye tek döngülü takip yöntemine göre daha hızlı bir şekilde ve daha az güç kaybı ile ulaşabileceğini göstermiştir. Aynı zamanda fotovoltaik sistemde değişken yük ve güneş ışınımında önerilen iki döngülü sinirsel-bulanık denetim esaslı MGN takipçi MGN'ye tekrar ulaşmak için çalışma noktasına hızlı bir şekilde uyum göstermiştir. Sonuç olarak önerilen iki döngülü MGN takipçi ile her durumda sürekli ve kalıcı doğrulukla maksimum güç takibi yapılmaktadır. Önerilen iki döngülü MGN takipçi ile yapılan bu iyileştirmeler fotovoltaik sistemin daha verimli çalışmasına katkıda bulunmaktadır.

## Kaynakça

- [1] Doğmuş, O., Kılıç, E., Şit, S., & Güneş, M., (2017). PSO Algoritması ile Optimize Edilmiş PID Denetleyicinin Fotovoltaik MPPT Sistemine Uyarlanması, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(4), 1-8.
- [2] Kececioglu, O. F., Acikgoz, H., & Gani, A., (2018). Fuzzy-PI Based MPPT Control for Photovoltaic Systems, *In Proceedings of Innovations in Intelligent Systems and Applications*, Adana, 4-6 October, 1-4.
- [3] Dandil, E., & Gürgeç, E. (2019). Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Fotovoltaik Panel Güç Çıkışlarının Tahmini ve Sezgisel Algoritmalar ile Karşılaştırılması, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 146-158.
- [4] Acikgoz, H., Kececioglu, O. F., Yıldız, C., Gani, A., & Sekkeli, M. (2016). Performance Analysis of Electronic Power Transformer Based on Neuro Fuzzy Controller. *SpringerPlus*, (5), 1-21.
- [5] Ozdemir, S., Altin, N., & Sefa, I., (2017). Fuzzy Logic Based MPPT Controller for High Conversion Ratio Quadratic Boost Converter, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(28), 17748-17759.
- [6] Luo, F.L., (1999). Positive Output Luo Converters: Voltage Lift Technique. *IEEE Proceedings., Electric Power Applications*, 146(4), 415-432.
- [7] Soon, T. K., & Mekhilef, S., (2015). A Fast-Converging MPPT Technique for Photovoltaic System under Fast-Varying Solar Irradiation and Load Resistance, *IEEE Transactions on Industrial Informatics* 11(1), 176-186.
- [8] Yılmaz, U., Turksoy, O., & Teke, A., (2019). Improved MPPT Method to Increase Accuracy and Speed in Photovoltaic Systems under Variable Atmospheric Conditions, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems* (113), 634-651.
- [9] Lashab, A., Sera, D., & Guerrero, J.M., (2019). A Dual-Discrete Model Predictive Control-Based MPPT for PV Systems, *IEEE Transactions on Power Electronics*, 34(10), 9686-9697.
- [10] Rezk, H., Aly, M., Al-Dhaifallah, M., & Shoyama, M., (2019). Design and Hardware Implementation of New Adaptive Fuzzy Logic-Based MPPT Control Method for Photovoltaic Applications, *IEEE Access*, (7) 106427-106438.
- [11] Kircioğlu, O., Ünlü, M., & Çamur, S., (2018). Değiştir & Gözle ve Artımsal İletkenlik Algoritmalarının EN 50530 Dinamik Verim Testine göre Performanslarının Değerlendirilmesi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 85-93.
- [12] Loukriz, A., Haddadi, M., & Messalti, S., (2016). Simulation and Experimental Design of a New Advanced Variable Step Size Incremental Conductance MPPT Algorithm for PV Systems, *ISA Transactions*, (62), 30-38.
- [13] Kandemir, E., Börekci, S., & Cetin, N.S., (2018). Comparative Analysis of Reduced-Rule Compressed Fuzzy Logic Control and Incremental Conductance MPPT Methods. *Journal of Electronic Materials*, 47(8), 4463-4474.
- [14] Al-Majidi, S.D. Abbod M.F., & Al-Raweshidy, H.S., (2018). A Novel Maximum Power Point Tracking Technique Based on Fuzzy Logic for Photovoltaic Systems. *International Journal of Hydrogen Energy*, (43), 14158-14171.
- [15] Enany, M.A., Farahat, M.A., & Nasr A. (2016). Modeling and Evaluation of Main Maximum Power Point Tracking Algorithms for Photovoltaics Systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* (58), 1578-1586.
- [16] Bay, O. F., & Ozarslan, M., (2009). Modeling and Simulation of Grid Connected-Three Phase Two Stage Photovoltaic System. *International Journal of Electrical Energy Systems*, 1(2), 55-63.
- [17] Büyükgüzel, B., (2011). Microcontroller Based Maximum Power Point Tracker for Solar Panels, *Çukurova University Institute and Applied Sciences*, Adana. 131s.
- [18] Kececioglu, Ö.F., & Kılıç, E., (2019). Tristör Kontrollü Reaktörün Sinirsel Bulanık Denetim Esaslı Reaktif Güç Kontrolü, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 7(2), 399-410.
- [19] Mohan, N., Undeland, T.M. & Robbins, W.P. (2007). Güç Elektronikleri, Çeviriciler, Uygulamalar ve Tasarım, *Literatür Yayıncılık* İstanbul.
- [20] Kececioglu, O.F., Gani, A., Kilic, E., Sekkeli, M., (2019). Dynamic Performance Evaluation of PI and Interval Type-2 Takagi-Sugeno-Kang Fuzzy Controller on Positive Output Luo Converter. *Natural and Engineering Sciences*, 4 (3), 32-39.



## Vitamin C ve Hastalıklar Üzerine Etkisi

Halime Uğur<sup>1\*</sup>, Sümeyye Eker<sup>2</sup>, Jale Çatak<sup>3</sup>, Mustafa Yaman<sup>4</sup>

<sup>1</sup>İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2932-4215)

<sup>2</sup>İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6731-371X)

<sup>3</sup>İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2718-0967)

<sup>4</sup>İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9692-0204)

(İlk Geliş Tarihi 11 Mayıs 2020 ve Kabul Tarihi 26 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.735440)

**ATIF/REFERENCE:** Uğur, H., Eker, S., Çatak, J. & Yaman, M. (2020). Vitamin C ve Hastalıklar Üzerine Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 746-756.

### Öz

Vitamin C, vücuttaki çeşitli biyokimyasal ve fizyolojik süreçler için gerekli olan esansiyel bir mikrobesein ögesidir. Birçok meyve ve sebze de bulunan vitamin C, insan vücudunda sentezlenemediğinden dışarıdan diyetle alınması gerekmektedir. İndirgenmiş form olan L-askorbik asit ve yükseltgenmiş form olan L-dehidroaskorbik asit (DHA)'ın, her ikisi de vitamin C aktivitesini korumaktadır. Askorbik asit, sodyum bağımlı vitamin C taşıyıcıları (SVCT'ler) aracılığıyla hücreye taşınırken, DHA glikoz taşıyıcı ailesi (GLUT'lar) yoluyla taşınır. Vitamin C'nin oral alımından sonra plazmadaki konsantrasyonu, hücreye ve hücre içi organellere girmek için gerekli olan taşıyıcılar tarafından sıkı bir şekilde kontrol edilmektedir. Vitamin C, triptofanın nörotransmitter olan serotonine dönüşümü, folik asit aktivasyonu ve kolesterolün safra asitlerine dönüşümü gibi bir dizi metabolik fonksiyonda önemli bir rol oynamaktadır. Biyosentetik ve gen düzenleyici enzim ailesinin bir kofaktörü olmasının yanı sıra güçlü antioksidan aktivitesi sayesinde vücudun serbest radikal hasarını azaltarak çoğu hastalığa karşı da koruyucu etki göstermektedir. Son yıllarda yapılan araştırmalar, birçok kronik hastalık üzerine vitamin C'nin olası yeni terapötik etkilerine odaklanmıştır. Bu derlemede yeterli miktarda vitamin C alımının normal vücut fonksiyonlarının sürdürülmesine, bazı hastalıklarda tedaviye yardımcı olmasına ve eksikliğin çeşitli hastalık risklerini artırmasına yönelik etki mekanizmalarına değinilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Vitamin C, Askorbik Asit, Dehidroaskorbik Asit, Antioksidan, Beslenme, Hastalık, Etki Mekanizması.

## Vitamin C and Effect on Diseases

### Abstract

Vitamin C is an essential micronutrient, necessary for various biochemical and physiological processes in the body. Vitamin C, which is found in many fruits and vegetables, cannot be synthesized in the human body, so it must be taken from the outside. Both reduced form L-ascorbic acid and the oxidized form of L-dehydroascorbic acid (DHA) maintain vitamin C activity. Ascorbic acid is transported into the cell via sodium-dependent vitamin C transporters (SVCTs), while DHA is transported through the glucose transporters family (GLUTs). Its concentration in plasma after oral intake of vitamin C is tightly controlled by transporters necessary to enter the cell and intracellular organelles. Vitamin C plays an important role in a number of metabolic functions, such as the conversion of tryptophan to the neurotransmitter serotonin, folic acid activation, and the conversion of cholesterol to bile acids. In addition to being a cofactor of the biosynthetic and gene regulating enzyme family, it also protects against many diseases by reducing the free radical damage of the body through its strong antioxidant activity. Recent studies have focused on the possible new therapeutic effects of vitamin C on many chronic diseases. In this review, the mechanisms of the effect of adequate vitamin C intake to maintain normal body function, to help treat some diseases and vitamin C deficiency in increasing the risk of various diseases are discussed.

**Keywords:** Vitamin C, Ascorbic Acid, Dehydroascorbic Acid, Antioxidant, Nutrition, Disease, Mechanism of Action.

\* Sorumlu yazar: İstanbul Medipol Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Beslenme ve Diyetetik Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-2932-4215, [halime.halimeugur@gmail.com](mailto:halime.halimeugur@gmail.com)



## 1. Giriş

Vitamin C, insan vücudunun normal metabolik fonksiyonları için gerekli olan, suda çözünebilir elzem vitaminlerden biridir (Lykkesfeldt, 2012). L-askorbik asit ve L-dehidroaskorbik asit olmak üzere iki biyolojik aktif formu vardır (Travica ve ark, 2017; Pénicaud ve ark, 2010). L-askorbik asit vitamin C'nin indirgenmiş formu, L-dehidroaskorbik asit (DHA) ise yükseltgenmiş formudur. Her iki form da vitamin C aktivitesi gösterir (Harrison ve May, 2009; Cisternas ve ark, 2014). L-askorbik asit DHA'ya kolayca oksitlenirken DHA da tekrar askorbik aside indirgenebilir. Bu durum, vitamin C'nin diğer moleküller için elektron verici (indirgeyici ajan veya antioksidan) olma özelliğinden dolayı, elektronların transferi yoluyla gerçekleşir. Vitamin C'nin bu indirgeyici rolü vücutta gerçekleştirdiği birçok biyokimyasal ve moleküler fonksiyonları açıklayabilmektedir (Smirnov, 2018; Yoshimura ve Ishikawa, 2017).

Altı karbonlu bir lakton olan vitamin C, birçok hayvan tarafından glikozdan sentezlenir. Sentez bazı memelilerde karaciğerde, kuşlar ve sürüngenlerde ise böbreklerde gerçekleştirilir. İnsanlar ise vitamin C biyosentezi yolağında terminal bir enzim olan L-gulonoylakton oksidazı kodlayan gendeki mutasyonlar nedeniyle bu biyosentezi yapamaz ve dışarıdan almak zorundadırlar (Nishikimi ve ark, 1994; Lykkesfeldt ve Tveden-Nyborg, 2019). Vitamin C gereksinimlerini ölçmek için yapılan ilk büyük çalışmalarda, erken eksiklik belirtilerini önlemek veya tedavi etmek için gereken vitamin C miktarının 6,5 ila 10 mg/gün arasında olduğu belirlenmiştir. Bu aralık en düşük fizyolojik gereksinimi temsil etmektedir (FAO, 2001). Birçok ülke kendi beslenme rehberlerinde günlük alınması gereken vitamin C miktarını belirtmektedir. Bu kapsamda Türkiye'ye Özgü Besin ve Beslenme Rehberi farklı yaş gruplarında, gebelik ve emzilik dönemlerinde değişimle birlikte, yetişkin kadınlar için 95 mg/gün, yetişkin erkekler için 110 mg/gün vitamin C alımını, önerilen yeterli alım düzeyi olarak kabul etmektedir (TÜBER, 2016). Besinlerde doğal olarak bulunan vitamin C'nin esas kaynağı meyve ve sebzelerdir. Bunun yanı sıra takviyeler de, besinlerde doğal olarak bulunan askorbik asit ile eşdeğer biyoyararlanıma sahip, askorbik asit formunda vitamin C içerir (Bates, 1997; Gregory, 1993). Besinsel açıdan kırmızı ve yeşilbiber, brokoli, Brüksel lahanası, kırmızilahana, karnabahar, domates, portakal, kivi, çilek, kiraz, karpuz ve kavun vitamin C'nin en iyi kaynakları olarak gösterilmektedir (USDA, 2020; Haytowitz, 1995). Bu besinlerin içerdikleri vitamin C miktarları Tablo 1'de gösterilmiştir (TURKOMP, 2020; USDA, 2015). Demir ve bakır gibi metal iyonlarının varlığı, oksijen, ışık, ezme, kesme, doğrama, yıkama, pişirme veya konserve en hassas vitamin olan vitamin C'de önemli kayıplara neden olur. Bu tür işlemlerden dolayı meyve ve sebzelerde önemli vitamin C kayıpları gerçekleşebilmektedir (El-Ishaq ve Obirinakem, 2015).

Düzenli alımda vitamin C'nin emilim oranı %70 ila 95 arasında değişir. Bununla birlikte alım arttıkça emilim oranı azalırken, alım azaldıkça emilim oranı artar. Yüksek alımda (1,25 g), askorbik asidin emilimi %33'e kadar düşebilirken, düşük alımda (<200 mg) emilim oranı %98'e kadar çıkabilir (Levine ve ark, 1996; Akbari, 2016). Hem askorbik asit hem de DHA, insan bağırsağının tamamı boyunca emilir. İndirgenmiş form olan L-askorbik asidin emilimi, SVCT'ler ile aktif taşıma yoluyla gerçekleştirilir. Oksitlenmiş form olan DHA'nın emilimine ise GLUT'lar kolaylaştırılmış difüzyon yoluyla aracılık eder (Tsukaguchi ve ark, 1999; Szarka ve Lórinç, 2013). Vitamin C ağızdan alındığında, plazmadaki konsantrasyonları sıkı bir şekilde takip edilir. Bu takip, taşıyıcıların sınırlı kapasitesi ve Na bağımlı iki taşıyıcının yüksek askorbat seviyesinde down-regüle olmasıyla düzenlenir (Nygaard, 2019; Akbari, 2016). Vitamin C açısından iskelet kası, beyin ve karaciğer en büyük vücut havuzunu oluştursa da özellikle göz, hipofiz, adrenal bezler, lökositler ve korpus luteumda da yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır. GLUT'lar ve SVCT'ler ise bu dokularda yaygın olarak görülmektedir (Carr ve Vissers, 2013; Jacob ve Sotoudeh, 2002; Harrison ve May, 2009).

Tablo 1. Bazı besinlerin 100 gramında bulunan Vitamin C miktarları (mg)

Besin Türü	TURKOMP	USDA
Kırmızıbiber	150,7	127,7
Brüksel Lahanası	109,1	85,0
Brokoli	107,6	89,2
Yeşilbiber	82,8	80,4
Çilek	75,5	58,8
Kırmızilahana	66,4	56,9
Kivi	60,1	92,7
Portakal	45,3	59,0
Karnabahar	45,3	48,2
Kavun	21,2	21,8
Domates	19,8	13,7
Karpuz	9,9	8,1
Kiraz	6,6	7,0

Oksijen, hayati olmasının yanı sıra potansiyel olarak zararlı olan reaktif oksijen türleri de üretir. Bu nedenle organizmanın, antioksidan savunma sistemi tarafından kontrol edilmesi gerekir (Tardy ve ark, 2020). Vitamin C, fizyolojik açıdan zararlı radikallerin ve oksidanların birçoğuyla kimyasal reaksiyona giren ve onları nötralize eden önemli bir antioksidandır (Cisternas ve ark, 2014).

Büyüme ve kemik sağlığına olumlu etkisinin yanı sıra enfeksiyonlara karşı savaşta da önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca demir emilimini artırmada ve kolajen, katekolaminler, kolesterol, amino asitler ve karnitinin biyosentezinde de görev almaktadır (Travica ve ark, 2017; Akbari, 2016; Nygaard, 2019). Amino asit türevi makromoleküllerin, nörotransmitterlerin, nöropeptid hormonlarının sentezi için gerekli olan çok sayıda biyosentetik enzimin yanı sıra gen transkripsiyonu ve epigenetiklerin düzenlenmesinde yer alan çeşitli hidroksilazlar için de bir kofaktördür (Monfort ve Wutz, 2013; Carr ve Vissers, 2013).

Vücut vitamin C durumu, tipik olarak plazma vitamin C seviyeleri ölçülerek değerlendirilir. Lökosit vitamin C konsantrasyonu gibi diğer ölçümler, doku vitamin C seviyelerinin daha doğru göstergeleri olabilir. Ancak bu ölçümlerin değerlendirilmesi daha zordur ve sonuçlar her zaman güvenilir değildir (Jacob ve Sotoudeh, 2002; Stephen ve Utecht, 2001; Bates, 1997). Diyetle yetersiz alım, sigara ve alkol kullanımı, kaşeksi, kanser, böbrek yetmezliği veya bağırsaklardaki herhangi bir hastalık nedeniyle emilimin azalması gibi durumlar vitamin C eksikliğine neden olabilir (Nygaard, 2019; Deicher ve Hörl, 2003; FNB, 2000). Vitamin C eksikliği ilerledikçe kolajen sentezi bozulur ve bağ dokuları zayıflar. Bunun sonucunda peteşi, ekimoz, purpura, eklem ağrısı, gecikmiş yara iyileşmesi, hiperkeratoz ve tirbüşon saç görülebilir. Ödem, ülserasyonlar ve en sonunda da ölümle sonuçlanabilen bir hastalık olan skorbüt en iyi bilinen vitamin C eksikliği hastalığıdır. Başlangıç belirtileri olarak dişeti değişiklikleri, ekstremitelerde ağrı ve hemorajik durumlar ortaya çıkmaktadır (McLaren, 1992; FAO, 2001). Vitamin C eksikliğinin genel bir özelliği anemidir. Çünkü skorbüt hastalığında oksitlenmiş folat türevlerinin artan atılımı bildirilmiştir. Vitamin C, antioksidan özellikleri sayesinde besinde ve plazmada folatı stabilize ederek, ayrıca demiri indirgenmiş (Ferröz, Fe<sup>2+</sup>) formda tutup çözünebilir hem olmayan demirin emilimini artırarak bu durumu önleyebilir. Bunun yanı sıra vitamin C de dahil olmak üzere antioksidanların seviyesi düşük olduğunda, kılcal damar kanaması yoluyla hemoliz ve kan kaybı gerçekleşerek anemi süreci hızlanabilmektedir (FAO, 2001; Tardy ve ark, 2020). Tüm bu durumlara ek olarak vitamin C eksikliği enfeksiyon, obezite, kardiyovasküler hastalıklar, kanser, diyabet, göz hastalıkları, nörodejeneratif hastalıklar, psikiyatrik bozukluklar, kemik hastalıkları, deri hastalıkları ve üreme sistemi hastalıkları gibi birçok hastalıkla ilişkilendirilmektedir (Tablo 2).

Bu derlemede vitamin C'nin çeşitli hastalıklar ile ilişkisine yönelik etki mekanizmalarına değinilmiş ve bu kapsamda yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

## **2. Vitamin C ve İlişkili Hastalıklar**

### **2.1. Enfeksiyon**

Bağışıklık sistemi, vücudu bakteri, virüs, mantar ve parazit gibi çeşitli patojenlerden koruyan organ, doku, hücre, protein ve kimyasal maddelerin bir arada görev yaptığı çok yönlü ve gelişmiş bir yapıdır. Yarım yüzyıldan fazladır yapılan araştırmalar vitamin C'nin bağışıklık sisteminin çeşitli bölümlerinde, özellikle de bağışıklık hücresi fonksiyonunda önemli bir rol oynadığını ortaya koymuştur (Carr ve Maggini, 2017). Nitekim beyaz kan hücrelerindeki vitamin C seviyelerinin, plazmadan on kat daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu da bağışıklık sistemi hücrelerinde, vitamin C'nin fonksiyonel rollerinin olduğunu göstermektedir. Yapılan laboratuvar çalışmalarında vitamin C'nin fagositlerin fonksiyonu, interferon üretimi, virüslerin replikasyonu ve T-lenfositlerin olgunlaşması sürecini etkilediği saptanmıştır (Hemila, 2017; Hemila ve Louhiala, 2007). Vitamin C, nötrofiller gibi fagositik hücrelerde birikerek kemotaksisi, fagositozu, reaktif oksijen türlerinin oluşumunu ve böylece mikrobiyal ölümü artırabilmektedir. Lenfositlerdeki muhtemel rolünün, gen düzenleyici etkisi sayesinde B ve T hücrelerinin farklılaşmasını ve çoğalmasını arttırmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Carr ve Maggini, 2017; Ran ve ark, 2018). Vücut vitamin C konsantrasyonları, enfeksiyonlar ve stres sırasında hızla azalmaktadır. Takviye edilmesi ile birlikte, antimikrobiyal ve doğal öldürücü hücre işlevleri gibi bağışıklık sistemi aktiviteleri artarak enfeksiyona direnç yeteneği gelişmektedir (Ran ve ark, 2018; Hemila ve Louhiala, 2007).

Vitamin C alımının soğuk algınlığı, pnömoni ve solunum yolu enfeksiyonlarının insidansını azaltabildiği ve semptomların süresini kısaltabildiği bulunmuştur (Kim ve ark, 2020). Genel popülasyondaki en yaygın hastalıklardan biri olan soğuk algınlığı; ateş veya ateş olmaksızın burun tıkanıklığı, boğaz ağrısı, öksürük, uyuşukluk ve asteni gibi bir grup belirtiyeye işaret etmektedir. Vitamin C'nin soğuk algınlığı semptomlarını hafifletmeye yardımcı olduğuna dair yaygın bir inanış vardır. Ancak bu inancı destekleyecek bilimsel veriler hala tartışmalıdır (Quidel ve ark, 2018). İlk olarak 1961'de Ritzel, İsviçre Alpleri'nde bulunan bir kayak okulundaki çocuklara 1 g/gün vitamin C verildiğinde soğuk algınlığı insidansının ve süresinin azaldığını saptamıştır. Daha sonra 1970 yılında Linus Pauling de, vitamin C'nin soğuk algınlığı şiddetini ve süresini azaltabileceğini bulmuştur (Kim ve ark, 2020). O zamandan beri vitamin C hakkında en kapsamlı incelenen insan enfeksiyonu soğuk algınlığı olmuştur. Yapılan bir çalışmada genel popülasyondaki soğuk algınlığı insidansının ortalama 6-8 g/gün alımlarda azaldığı, 3-4 g/gün'lük düşük dozlarda alındığında ise etkili olmadığı sonucuna ulaşılmıştır (Hemila, 2017). Vitamin C takviyesinin solunum yolu enfeksiyonlarını etkileyip etkilemediğini araştıran sistematik bir derlemede; askeri personel, yatılı okulda kalan öğrenciler ve maraton koşucuları ile yapılan çalışmalar incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre takviye alanlarda soğuk algınlığı insidansının %45-91, pnömoni insidansının %80-100 oranında azaldığı ve bu azalışın anlamlı olduğu saptanmıştır (Hemila, 2004). Soğuk algınlığı ve pnömoni dahil olmak üzere çeşitli enfeksiyonlar sırasında plazma, lökositler ve idrarda vitamin C seviyelerinin azaldığı bulunmuştur. Bu azalmanın, enfeksiyonlar sırasında bir dizi oksitleyici ajanın potansiyel zararını önlemede görevli fagositler ile vitamin C'nin reaksiyona girmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Hemila, 2003). Güçlü bir antioksidan olan vitamin C'nin alımı ile vücut, endojen ve ekzojen kaynaklı oksidatif hasarlara karşı korunarak enfeksiyonlar ile mücadelede daha kararlı olabilmektedir (Carr ve Maggini, 2017).

Son zamanlarda koronavirüs kaynaklı enfeksiyonlar arasına eklenen ve ilk olarak Çin'in Wuhan kentinden bildirilen yeni tip koronavirüs olan SARS-CoV-2 (COVID-19), dünya çapında yayılarak ciddi bir halk sağlığı yükü oluşturmaktadır (WHO, 2020). Dünyayı tehdit eden COVID-19 hastalığı, solunum ve temas yoluyla insanların SARS-CoV-2 ile enfekte olması sonucunda ortaya çıkan bir hastalıktır. İnsan sağlığı için büyük bir risk teşkil eden bu virüsün, besin tüketimi yoluyla bulaştığına dair bilimsel bir veri bulunmamaktadır (Sağdıç ve ark, 2020). COVID-19 hastalığı, serbest radikallerin ve sitokinlerin hızlı salınımı nedeniyle önemli ölçüde

artmış oksidatif stres, hücrel yaralanma, organ yetmezliği ve ölüme yol açan akut solunum sıkıntısı sendromuna (ARDS) neden olmaktadır (Carr, 2020). Sepsis kaynaklı ARDS sırasında yüksek doz intravenöz vitamin C'nin koruyucu etkisini destekleyen çalışmalar bulunmaktadır. Bu koruyucu görevini, alveoler epitel bariyerini güçlendirerek ve alveolar sıvı klerensini düzenleyen protein kanallarını destekleyerek yapmaktadır (Kakodkar ve ark, 2020). Mevcut durumda ölümcül olan COVID-19 için aşı veya spesifik bir antiviral ilaç olmadığından hızlı, etkili, güvenli ve erişilebilir bir tedaviye ihtiyaç duyulmaktadır. Vitamin C gibi yüksek doz antioksidanların erken kullanımının, bu hastalar için etkili tedavi yöntemlerinden biri olabileceği düşünülmektedir (Cheng, 2020). Nitekim klinik çalışmalar yüksek doz oral vitamin C alımının viral enfeksiyonlara karşı belirli bir koruma sağladığını göstermektedir (Hemila ve Louhiala, 2007). Çin'de yapılan bir çalışmada, 50 orta ve şiddetli COVID-19 hastasının tedavisinde, 8-10 saatlik bir süre boyunca günde 10 ila 20 g arasında değişen dozlarda intravenöz vitamin C uygulanmıştır. Bu uygulamanın yapıldığı tüm hastaların iyileşip taburcu edildiği bildirilmiştir. Yüksek doz intravenöz veya oral vitamin C alımının önemli bir yan etkisi bulunmadığından COVID-19 tedavisine dahil edilmesi gerektiği düşünülmektedir (Cheng, 2020).

## 2.2. Obezite

Dünya Sağlık Örgütü tarafından obezite, sağlık için risk oluşturan anormal veya aşırı yağ birikimi olarak tanımlanmaktadır (WHO, 2020). Küresel çapta önemli bir sorun olan obezite, oksidatif stresle ilişkilidir. Çünkü dokulardaki yağ fazlalığı ve aşırı kilo, oksidatif stresin kökeni ve oluşumuna katkıda bulunan reaktif oksijen türlerinin üretimini artırmaktadır. Antioksidan aktivite sayesinde, serbest yağ asidi oksidasyonunun bir sonucu olan reaktif oksijen türlerinde azalma olduğu saptanmıştır (Drehmer ve ark, 2019; Boque ve ark, 2009). Artmış sistemik oksidatif stresin eşlik ettiği yağ birikimi komplikasyonlarına karşı, antioksidan bazlı tedaviler ortaya çıkmaktadır. Antioksidan takviyesinin başlıca faydalı etkileri arasında serbest radikalleri temizleme, nitrik oksit sentezini kontrol etme, reaktif oksijen türlerinin üretimini inhibe etme ve antioksidan enzim aktivitelerini regüle etme sayılmaktadır (Garcia- Diaz ve ark, 2014). Yapılan bir çalışmada obez sıçanlara vitamin C verildiğinde, karaciğer ve kahverengi yağda glutatyon peroksidaz, karaciğer hücrelerinde süperoksit dismutaz ve kan hücrelerinde katalaz enzim aktivitelerinde bir artış olduğu saptanmıştır. Vitamin C'nin bu antioksidan enzimlerin aktivitesi üzerinde olumlu etkileri ile oksidatif stres ve obeziteye karşı koruyucu olduğu düşünülmektedir (Drehmer ve ark, 2019). Bununla birlikte vitamin C'nin obezite ve yağ dağılımı üzerindeki etkileri tartışmalıdır. Kadınlarda abdominal obezite ile ilişkili olduğu saptanmasına rağmen erkeklerde ilişki bulunamamıştır (Choi ve ark, 2013).

Oksidatif stres koşullarında endojen bir temizleyici olarak işlev gören vitamin C'nin adiposit lipolizini ve adrenal bezlerden glukokortikoid salınımını düzenlediği, izole adipositlerde glikoz metabolizmasını ve leptin sekresyonunu inhibe ettiği, obez diyabetiklerde hipergliseminin iyileşmesine ve glikolizasyonun azalmasına yol açarak enflamatuar yanıtı azalttığı bulunmuştur. Obezite üzerindeki tüm bu mekanizmaların, vitamin C'nin antioksidan özellikleri ile ilişkili olduğu düşünülmektedir (Garcia- Diaz ve ark, 2014; Ellulu, 2017).

Yüksek enerji alımı ve düşük enerji harcaması ile vücut ağırlığındaki artış, özellikle beyaz yağ dokusu ile ilişkilendirilmektedir. Aşırı miktarda genişlemiş beyaz yağ hücrelerinde oluşan oksidatif stres ise metabolik sendrom komplikasyonlarının ortaya çıkması için potansiyel bir uyarıcıdır (Garcia- Diaz ve ark, 2014). Bu durum diyabet, kardiyovasküler hastalıklar (KVH) ve kanser gibi bir dizi kronik hastalık için risk faktörü olarak kabul edilmektedir (WHO, 2020). Bu hastalıkların ortaya çıkması genellikle dengesiz bir oksidatif stres ile ilişkilendirildiğinden antioksidan bazlı tedavilerin, obezite komplikasyonlarına karşı yararlı olduğu düşünülmektedir (Garcia- Diaz ve ark, 2014; Ellulu, 2017).

## 2.3. Kardiyovasküler Hastalıklar

Kardiyovasküler hastalıklar, her yıl yaklaşık 17,9 milyon kişinin hayatını kaybetmesine yol açarak küresel ölümlerin bir numaralı nedeni olmaktadır. Kardiyovasküler hastalıklar; koroner kalp hastalığı, serebrovasküler hastalık, romatizmal kalp hastalığı ve ilişkili diğer durumları içermektedir. Her beş KVH ölümünden dördü kalp krizi ve felçten kaynaklanmaktadır. Bu ölümlerin üçte biri 70 yaşın altındaki kişilerde gerçekleşmektedir (WHO, 2017). Ana mekanizmalardan biri, arterlerin plaklar veya ateromlar tarafından daraltıldığı aterosklerozdur. Arterler bir kan pıhtısı tarafından tamamen bloke edildiğinde veya kan akışı kısıtlandığında, organlara veya dokuya geçen kan ve oksijen miktarı sınırlandırıldığı için KVH'lar ortaya çıkabilmektedir (NHS, 2019). Arterlerin, yaşla birlikte sertleşmesinin yanı sıra sigara içme, yüksek glikoz ve lipit varlığı, obezite ve yüksek tansiyon KVH için risk faktörleridir. Yüksek risk altında olanları belirlemek ve uygun tedavi sağlamak erken ölümleri önleyebilir (WHO, 2017). Böylece altta yatan risk faktörlerine yönelik müdahalelerin tanımlanması büyük önem taşımaktadır. Gözlemsel veriler, antioksidan içeriğinden dolayı meyve ve sebze tüketiminin KVH gelişme riskini azalttığını göstermektedir (Shekelle ve ark, 2003). Bu faydayı vitamin C gibi spesifik bir besin ögesi ile ilişkilendiren çalışmalar bulunmaktadır (Langlois ve ark, 2009; Shekelle ve ark, 2003).

Arter duvarlarındaki makrofajlar, okside olmuş aterojenik özellikteki düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterolü içlerine alarak, zamanla damar tıkaçıcı "köpük hücrelere" dönüşmektedirler. İnsandaki normal fizyolojik fonksiyonlar üzerine olumlu etkiler sağlayan vitamin C gibi antioksidanlar, LDL oksidasyonunu inhibe edip KVH'ya karşı koruma sağlayabilmektedir (Shekelle ve ark, 2003; Al-Khudairy ve ark, 2017). Aterosklerozun erken evrelerinde monositler endotel duvarlarına yapışarak, damar duvarlarının kalınlaşmasına ve elastikiyetini kaybetmesine neden olmaktadır. Vitamin C takviyesinin endotel hücre duvarına monosit yapışma hızını düşürdüğü saptanmıştır (Al-Khudairy ve ark, 2017). Yapılan bir çalışmada sağlıklı bireylerin günde 250 mg vitamin C takviyesini altı hafta süreyle kullanımı sonrası, monosit yapışma oranının %37 oranında azaldığı bulunmuştur (Woollard ve ark, 2002). Ayrıca endotel hücreleri desteklemek için vitamin C'nin; membranda tip IV kolajenin sentezini ve birikimini artırma, endotel proliferasyonu uyarma, apoptozu inhibe etme, serbest radikalleri uzaklaştırma ve endotel hücre kaynaklı nitrik oksidi koruma gibi önemli fonksiyonları bulunmaktadır. Endotel disfonksiyonu, ateroskleroz gibi erken bir enflamatuar hastalığın belirtisidir ve vitamin C bu erken aşamaları önlemede rol oynamaktadır (Al-Khudairy ve ark, 2017). Antioksidanların KVH ile ilişkili mortaliteyi azaltmadaki etkinliğinin değerlendirildiği bir araştırmada, yedi büyük kohort çalışması incelenmiştir. Günde 50 mg'dan fazla vitamin C alan 11.348

katılımcıyı içeren Ulusal Sağlık ve Beslenme İnceleme Anketi (NHANES) ile Finlandiya’da günde 90 mg’dan fazla vitamin C alan 5.133 katılımcıyı içeren bu iki çalışmada göreceli olarak risk azalması saptanmıştır (Aukerman, 2004). Dokuz kohortun birleştirilmesiyle elde edilen analizlerde, sadece diyetle alınan vitamin C’nin koroner kalp hastalığı ile ilişkili olmadığı bulunmuştur. Bununla birlikte bu analizde, takviye vitamin C alanların (400 mg/gün), takviye almayanlarla karşılaştırılması sonucu koroner kalp hastalığında %25’lik bir azalma gözlenmiştir. Bu nedenle, vitamin C’nin kalp koruyucu etkileri >400 mg/gün ek alımlar ile belirginleşmektedir (Schlueter ve Johnston, 2011).

Düşük sebze ve meyve tüketimi, yüksek doymuş yağ ve tuz alımı gibi bazı diyetel faktörlerin KVH ile ilişkili olduğu bulunmuştur. Birçok hastalığın etiolojisinde de önemli bir rol oynayan bu faktörler, hastalık riskini azaltmaya yönelik düzenlenebilmektedir. Bundan dolayı KVH’nin önlenmesine ve yönetimine dair müdahaleler için birincil hedef olarak kabul edilmektedirler (WHO, 2017). Amerikan Kalp Derneği, antioksidandan zengin bir diyetin kalp sağlığı üzerindeki olumlu etkilerine dayanarak, günde 5-9 porsiyon meyve ve sebze içeren bir beslenme programı önermektedir (Shekelle ve ark, 2003).

## **2.4. Kanser**

Vitamin C’nin kanser üzerine etkisi tam olarak anlaşılacakla birlikte, karsinogenez ile ilişkili moleküler hasara karşı koruma, gen ekspresyonunu modüle etme, hücrel sinyali düzenleyerek kanser hücre apoptozunu indüklemeye ve hücre proliferasyonunu inhibe etme gibi antioksidan özelliklerinden dolayı anti-kanser olduğu düşünülmektedir (Schlueter ve ark, 2011). Dokuları oksidatif hasara karşı etkili bir şekilde koruyan vitamin C, nitrozaminler gibi kanserojen oluşumları da baskılamaktadır (Barrita ve ark, 2013). Yapılan bir çalışmada normal bireylerin mide suyundaki vitamin C konsantrasyonları, plazmalarında olandan birkaç kat daha yüksek bulunmuştur. Mide suyundaki vitamin C, potansiyel olarak mutajenik olan N-nitroso bileşiklerinin oluşumunu engellemekte ve yüksek vitamin C alımı azalmış gastrik kanser riski ile ilişkilendirilmektedir (Schorah ve ark, 1991; Correa, 1992). Ayrıca yapılan epidemiyolojik çalışmalar, yüksek vitamin C içeriğine sahip diyetlerin, özellikle ağız boşluğu, yemek borusu, kolon ve akciğer kanserleri için de daha düşük risk ile ilişkili olduğunu göstermektedir (Finch ve ark, 1998; Yong ve ark, 1997; Paoletti, 1998).

Genel popülasyon için nadir görülen vitamin C eksikliği, ileri dönem kanser hastalarında yaygın olarak görülmektedir. Bu durum hastalığa bağlı olarak vitamin C’nin yetersiz oral alımı, daha düşük biyoyararlanım, artan doku kullanımı ve artmış oksidatif stres kaynaklı olabilmektedir (Chen ve ark, 2015). Yapılan çalışmalar, kanser hücrelerinin hayatta kalmaları ve büyümeleri için kullandıkları mekanizmaların çoğunun vitamin C tarafından hedef alındığını göstermiştir. Birçok kanser hücresi için ortak noktalar olan redoks dengesizliğine, epigenetik yeniden programlamadaki zayıflığa ve oksijen algılama regülasyonundaki bozukluğa vitamin C antikanser özelliği ile etki ederek kanser tedavisinde önem kazanmaktadır (Ngo ve ark, 2019; Pawlowska ve ark, 2019). Bunun yanı sıra kanser ve kemoterapiyle ilişkili yorgunluk, uykusuzluk, iştah kaybı, bulantı ve ağrı gibi semptomları olan hastalarda vitamin C takviyesi kullanılması da bu semptomları hafifletmede etkili olduğu görülmüştür (Carr ve ark, 2014).

## **2.5. Diyabet**

Diyabet; hiperglisemi, glikolize hemoglobin (HbA1c) artışı ve antioksidan enzim aktivitesindeki bozukluk gibi çeşitli nedenlerden dolayı oluşmaktadır (Rafiqhi ve ark, 2013; Çatak, 2019). Zamanla kalp, kan damarları, göz, böbrek ve sinir hücrelerinde ciddi hasarlara yol açmaktadır. Genellikle yetişkinlerde, vücut insüline dirençli olduğunda veya yeterli insülin yapmadığında ortaya çıkan tip 2 diyabet, en yaygın diyabet türü olarak bilinmektedir. Gençlerde görülen diyabet veya insüline bağımlı diyabet olarak bilinen Tip 1 diyabet ise pankreasın çok az insülin ürettiği veya hiç insülin üretmediği diyabet türüdür. Dünya genelinde her yıl yaklaşık 1,6 milyon ölüm doğrudan diyabet ile ilişkilendirilmektedir (WHO, 2018).

Hiperglisemi, serbest radikallerin ve ileri glikasyon son ürünlerinin (AGE’ler) oluşumuna yol açmaktadır. Serbest radikallerin oluşturduğu oksidatif stres, hücre ve doku hasarına bağlı diyabet ilerlemesinin ana nedenleri arasında yer almaktadır. AGE’ler, glikoz ve bazik amino asitler arasında enzimatik olmayan bir reaksiyonla oluşur ve düzeylerinin, serum glukoz seviyeleri ile doğrudan ilişkili olduğu saptanmıştır (Franke ve ark, 2013). Reaktif oksijen türü ve antioksidan düzeyleri arasındaki dengesizliğin sonucu olan oksidatif stres, bozulmuş glikoz metabolizmasına ve hiperglisemiye yol açabilir. Diyabetli hastalarda oksidatif stresin görülme düzeyi daha yüksektir (Harding ve ark, 2008; Gizlici and Çatak). Meydana gelen radikal hasardan dolayı süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz gibi antioksidan enzimlerin aktiviteleri azalmaktadır. Oksidatif stres, diyabetin başlangıcının yanı sıra bu hastalığın vasküler ve nörolojik komplikasyonlarının gelişmesinde de merkezi bir rol oynamaktadır (Rafiqhi ve ark, 2013; Franke ve ark, 2013). Bu tür hasarlara karşı koruma, serbest radikal temizleyici antioksidanlar ile sağlanabilmektedir (Dakhale ve ark, 2011). Vitamin C eksikliği, genel olarak diyabet için bir risk faktörü değildir (Christie-David ve Gunton, 2017). Ancak vitamin C takviyesinin, artan oksidatif stresi düşürmede, glikoz toksisitesini azaltmada ve pankreasın beta hücre sayısının azalmasını önlemede katkı sağladığı bulunmuştur (Dakhale ve ark, 2011). Bunun yanı sıra prostaglandin E1 (PGE1), prostasiklin (PGI2) ve endotel nitrik oksit (eNO) oluşumunu artırarak hiperglisemiyi azalttığı, PGE1, PGI2 ve NO’nun sitoprotektif ve genoprotektif etkileri sayesinde pankreatik hücreleri endojen ve ekzojen toksinlere karşı koruduğu saptanmıştır. Ayrıca antidiyabetik etkilere sahip antioksidan olan lipoxin A4 (LXA4) oluşumunu güçlendirdiği de belirlenmiştir (Das, 2019). Yapılan bir çalışmada yüksek doz vitamin C takviyesinin (4 hafta 1 g/gün, 1 hafta takviye yok, 4 hafta 3 g/gün) diyabet hastalarında hem glisemik kontrol hem de antioksidan durum üzerinde faydalı bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Park ve Lee, 2003). Sıçanlar üzerinde yapılan bir başka çalışmada da diyabetik olanlara vitamin C takviyesi verilerek, kan glikoz seviyesinin iyileştiği ve antioksidan kapasitenin arttığı saptanmıştır (Bulduk ve ark, 2006). Zhou ve ark. (2016) yaptığı bir araştırmada, vitamin C alım seviyesinin >140 mg/gün olduğunda diyabet gelişme riskinin %5’ten az olduğu saptanmıştır. Bu ilişkiye, oksidatif stres ve insülin direncinin inhibe edilmesi veya iyileştirilmesi yoluyla aracılık edildiği düşünülmektedir. Bir başka çalışmada ise vitamin C’ye ilave olarak vitamin E takviyesi de verilen 170 tip 2 diyabetli hastanın, üç ay sonunda hiperglisemi durumunda iyileşme olduğu ve insülin direncini azaltma özelliği olan süperoksit dismutaz ve glutatyon peroksidaz gibi antioksidan enzimlerin aktivitelerinin de arttığı saptanmıştır (Rafiqhi ve ark, 2013). Vitamin C ve E’ye ilave olarak antioksidan etki gösteren krom takviyesi verilen tip 2 diyabetli



hastalar üzerine yapılan çalışmada kan şekeri, HbA1C ve insülin direnci değerlerinin azaldığı, total antioksidan seviyelerinin arttığı bulunmuştur (Lai, 2008). Diyabet gibi kronik hastalıkların önlenmesinde vitamin C'den zengin sebze ve meyve alımının diyabet riski üzerinde yararlı bir etkisi olduğu bu nedenle diyabetten korunmaya katkı sağlayacağı düşünülmektedir (Harding ve ark, 2008; Christie-David ve Gunton, 2017).

## 2.6. Göz Hastalıkları

Vitamin C gözdeki kan damarlarının ve bağ dokularının bütünlüğünü korumaya yardımcıdır. Ayrıca gözde yüksek metabolik aktiviteden kaynaklanan serbest radikal oluşumunu inhibe edip oksidatif hasarı önlemektedir (McCusker ve ark, 2016). İleri evrede görme kaybına neden olabilen katarakt, yaşa bağlı maküler dejenerasyon ve glokom başlıca oküler hastalıklar olup oksidatif hasar ile ilişkilidir (Raman ve ark, 2017). Robertson ve ark. (1989) tarafından yapılan bir çalışma, >300 mg/gün vitamin C alımının katarakt oluşum riskini %70 oranında azalttığını gösterirken, bir başka çalışma günlük 490 mg'dan fazla alımın 125 mg'dan az alıma göre %75 daha düşük katarakt riski ile ilişkili olduğunu saptamıştır (Jacques ve ark, 1991) Maküler dejenerasyon hasta grubu ve kontrol grubundan oluşan bir başka çalışmada ise diyetel vitamin C alımının azalmış maküler dejenerasyon riski ile ilişkili olduğu bulunmuştur (Aoki ve ark, 2016).

## 2.7. Nörodejeneratif Hastalıklar ve Psikiyatrik Bozukluklar

Özellikle yaşlılık döneminde olmak üzere hafıza, akıl yürütme veya problem çözmedeki bilişsel sorunların gelişmesinde oksidatif stres önemli bir role sahiptir. Beyin fazla miktarda oksijen tükettiği ve oksidasyona eğilimli çoklu doymamış yağ asitleri açısından zengin olduğu için oksidatif strese ve nörodejenerasyona çok yatkındır. Bu nedenle vitamin C gibi antioksidan bileşenler beyin için esansiyel bir molekül olarak kabul edilmektedir (Hansen, 2014; Tardy ve ark, 2020). Glutamaterjik ve dopaminerjik nöronlar gibi beynin hücre yapısı, nörotransmitter reseptörler, glial hücreler, miyelin sentezi, nöronal olgunlaşma ve farklılaşma da dahil olmak üzere sinir sisteminin çeşitli bileşenleri, vitamin C konsantrasyonları ile düzenlenir (Ballaz ve ark, 2019; Harrison ve ark, 2009). Vücuttaki en yüksek vitamin C konsantrasyonları beyin ve nöroendokrin dokularda bulunmaktadır. Nörolojik hastalıklar artmış serbest radikal üretimi ile karakterize olduğundan, vitamin C'nin nörolojik hastalıkların seyrini değiştirmede ve potansiyel terapötik etki göstermede önemli olduğu düşünülmektedir (Kocot ve ark, 2017). Nörotoksik maddelere maruz bırakılan sıçanlar üzerinde yapılan çalışmalarda vitamin C tedavisinin hafıza bozukluklarını, süperoksit radikallerini nötralize edebilme yeteneği sayesinde nöropatolojik ve nörodejeneratif değişiklikleri iyileştirdiği bildirilmiştir (Olajide ve ark, 2017; Sil ve ark, 2016).

Nörodejeneratif hastalıklar üzerine yapılan çalışmalarda vitamin C'nin, öncelikle beyinde oksidatif stres oluşumunu azaltarak bu hastalıkların meydana gelmesinde koruyucu rol üstlendiği saptanmıştır. Bunun yanı sıra vitamin C'nin amiloid beta birikimini yavaşlatarak Alzheimer oluşumuna karşı koruduğu (Dixit ve ark, 2015), beyindeki nöral kök hücrenin dopaminerjik nöronlara farklılaşmasını artırarak (He ve ark, 2015) ve glutamat kaynaklı eksitotoksositeye karşı nöronları koruyarak Parkinson demans oluşumunu yavaşlattığı bildirilmiştir (Ballaz ev ark, 2013). Huntington hastalığında ise sinaptik aktiviteyi sürdürmek için glikoz kullanımını inhibe edip, substrat olarak laktat kullanımına izin vererek (Castro ve ark, 2008) ve anormal sinyal iletimine yol açan sinaptik boşluklardaki yüksek glutamat seviyesini dengeleyerek hastalığın seyrini yavaşlattığı düşünülmektedir (Rebec, 2013). Sinir hücrelerinin etrafını çevreleyen miyelin kılıfın hasar görmesi ile karakterize olan multiple sklerozda da, miyelinizasyon ile ilişkilendirilen kolajen sentezini sağlayarak hastalık oluşumunu yavaşlatmada etkili olduğu görülmüştür (Eldridge ve ark, 1987).

Ayrıca vitamin C eksikliği sıklıkla depresyon, melankoli ve duygudurum değişiklikleri ile de ilişkilendirilmekte ve bu duruma, vitamin C yetersizliğinin önemli bir rol oynadığı eksik dopamin hidroksilasyonunun, oksidatif stresin, nörotransmitter aktivitelerdeki bozukluğun ve kortizol aktivitesindeki düşüklüğün neden olabileceği düşünülmektedir (Javitt, 2012; Angrini ve ark, 2012; De Oliveira ve ark, 2015; Mazloom ve ark, 2013).

## 2.8. Kemik Hastalıkları

Vitamin C hücre dışı kemik matriksinin en önemli bileşeni olan kolajen sentezini ve kemik yapıcı hücreler olan osteoblast oluşumunu uyarılmaktadır. Ayrıca kemik sağlığı için zararlı olan serbest radikalleri temizlediğinden oksidatif stresi azalttığı ve böylece kemik rezorpsiyonunu önleyerek osteoporozla karşı koruduğu düşünülmektedir (Malmir ve ark, 2018, Sahni ve ark, 2016). Yapılan epidemiyolojik çalışmalarda, vitamin C eksikliği olan hastalarda kemik oluşumunun azalmasına bağlı olarak osteoporoz ve kırık riskinde önemli artış olduğu saptanmıştır (Aghajanian ve ark, 2015). Toplam vitamin C alımının kalça kırığı ve non-vertebral osteoporotik kırık ile ilişkisinin değerlendirildiği 17 yıl takipli Framingham Osteoporoz Çalışması'nda, vitamin C alımı daha yüksek olan bireylerde belirgin olarak daha az kalça kırığı ve non-vertebral osteoporotik kırık olduğu görülmüştür (Sahni ve ark, 2009). Kemik sağlığındaki etkisine ek olarak vitamin C, uzun zincirli yağ asitlerinin mitokondriye taşınmasında önemli bir kofaktör olan karnitinin, biyosentezinde görevli iki dioksijenaz enzimi için gereklidir. Bu nedenle, beta-oksidasyon aracılığıyla enerji üretiminde önemli bir rol oynamaktadır. Dolayısıyla yetersiz vitamin C alımı, karnitin metabolizmasını bozarak kemiklere bağlı olan kaslarda güçsüzlük veya ağrılara neden olabilmektedir (Johnston, 2012; Shils ve ark, 2006).

## 2.9. Deri Hastalıkları

Vitamin C ciltte önemli fonksiyonları desteklemek, kolajen sentezini uyararak ve ultraviyole (UV) kaynaklı foto hasarlara karşı melanin sentezini azaltarak antioksidan korumayı sağlamak için yüksek konsantrasyonlarda bulunmaktadır (Pullar ve ark, 2017). Vitamin C eksikliği, kolajen oluşumu ile ilişkili olarak zayıf yara iyileşmesi, epidermin kalınlığının azalması ve bağ dokusu morfolojisinin kaybı nedeniyle subkutan kanamaya neden olmaktadır (Ellinger ve ark, 2009). Cildin ultraviyole radyasyona maruz kalması deri enflamasyonuna, pigmentasyon değişimine, deri yapısının bozulmasına ve uzun dönem maruziyet ile cilt kanseri gelişimine yol açabilmektedir (Blume-Peytavi ve ark, 2016). Vitamin C antioksidan etkisiyle UV'ye maruz kalma sonucu oluşabilecek zararları



azaltabilmektedir (Darr ve ark, 1992). Diyetel müdahale çalışmalarını veya rapor edilmiş diyetel alımları içeren 27 araştırmanın incelendiği bir sistematik derlemede, besin takviyesi veya genel beslenme müdahalesinin cildin elastikiyeti, kırışıklığı ve renginin iyileşmesi ile ilişkili olduğunu göstermiştir. Çalışmada, diyete önemli miktarda vitamin C katkısı sağlayan yüksek sebze ve meyve alımına dayalı diyetel müdahaleler ile bu faydaların gerçekleştiği saptanmıştır (Pezdiric ve ark, 2015). Ayrıca yeterli vitamin C alımı karaciğerde üriner porfirin birikimini azaltarak Porfiria Kutanea Tarda (PCT)'ya, keratinosit farklılaşmasını teşvik ederek ve deri bariyer fonksiyonunu koruyarak Atopik Dermatit (AD) gibi deri hastalıklarına karşı da koruma sağlamaktadır (Wang ve ark, 2018). Atopik Dermatiti olan hastalar üzerine yapılan bir çalışmada, plazma vitamin C seviyelerinin normal sınırların altında olduğu ve plazma vitamin C seviyeleri ile epidermal bariyeri koruyucu seramid düzeyleri arasında pozitif bir ilişki olduğu bulunmuştur (Shin ve ark, 2016).

## 2.10. Üreme Sistemi Hastalıkları

Vitamin C yıllardır infertilitede potansiyel önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Dawson ve ark, 1990). Jelodar ve ark. (2013) testislerin vücut askorbik asit düzeylerindeki azalmaya son derece duyarlı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca erkeklerde diyetel vitamin C alımının artırılmasının sperm canlılığı, motilite, toplam olgun sperm sayısında artış sağladığı, sperm yapışkanlık ve anormallik yüzdesinde ise azalma sağladığı belirtilmektedir (Millar, 1992; Dawson ve ark, 1990). Saygin ve ark. (2018) elektromanyetik radyasyonun (EMR) dişi sıçanların yumurtalık, fallop tüpleri ve uterus dokularında fizyopatolojik veya morfolojik değişiklikler üzerine etkilerini araştırdığı bir çalışmada, sadece EMR alan grubun yumurtalık dokularında Toplam Oksidan Durum (TOS) ve Oksidatif Stres İndeksi (OSI) düzeylerinin arttığını saptamışlardır. Elektromanyetik radyasyonun ve vitamin C ile tedavi edilen grupta ise yumurtalık, fallop tüpleri ve uterus dokularının tümünde TOS ve OSI seviyelerinin önemli ölçüde azaldığı görülmüştür.

Tablo 2. Vitamin C'nin hastalıklar üzerine etki mekanizması

Hastalık Türü	Etki Mekanizması	Kaynakça
<b>Enfeksiyon</b>	İnterferon üretimini sağlama, virüslerin replikasyonunu etkileme, fagositik hücrelerin kemotaksisini sağlama, reaktif oksijen türlerinin oluşumunu etkileme, B ve T hücrelerinin farklılaşmasını ve çoğalmasını artırma, bağışıklık sistemi aktivitelerini iyileştirme	Hemila, 2017 Hemila ve Louhiala, 2007 Carr ve Maggini, 2017 Ran ve ark, 2018
<b>Obezite</b>	Adiposit lipolizini modüle etme, adrenal bezlerden glukokortikoid salınımını düzenleme, izole adipositlerde glikoz metabolizmasını ve leptin sekresyonunu inhibe etme	Garcia- Diaz ve ark, 2014 Ellulu, 2017
<b>Kardiyovasküler Hastalıklar</b>	LDL'yi oksidatif modifikasyondan koruma, endotel hücre duvarına monosit yapışma hızını azaltma	Al-Khudairy ve ark, 2017 Shekelle ve ark, 2003
<b>Kanser</b>	Moleküler hasara karşı koruma, gen ekspresyonunu modüle etme, kanser hücre apoptozunu indüklemeye, kanser hücre proliferasyonunu inhibe etme, nitrozaminlerin oluşumunu engelleme	Schlueter ve ark, 2011 Barrita ve ark, 2013
<b>Diyabet</b>	Oksidatif stresi düşürme, glikoz toksisitesini azaltma, pankreasın beta hücre kütlelerinin azalmasını önleme	Dakhale ve ark, 2011
<b>Katarakt, Yaşa Bağlı Maküler Dejenerasyon, Glokom</b>	Oksidatif hasara karşı koruma, kan damarları ve bağ dokularının bütünlüğünü koruma	McCusker ve ark, 2016 Raman ve ark, 2017
<b>Nörodejeneratif Hastalıklar</b>	Oksidatif stresi azaltma, çoklu doymamış yağ asitleri oksidasyonunu önleme, serbest radikalleri baskılamaya	Hansen, 2014 Tardy ve ark, 2020
Alzheimer	Amiloid beta birikimini yavaşlatma	Dixit ve ark, 2015
Parkinson	Nöral kök hücrenin dopaminerjik nöronlara farklılaşmasını artırma, glutamat kaynaklı eksitotoksisiteye karşı nöronları koruma	Ballaz ev ark, 2013
Huntington Hastalığı	Sinaptik aktiviteyi sürdürmek için glikoz kullanımını inhibe edip laktat kullanımına izin verme, yüksek glutamat seviyesini dengeleme	Castro ve ark, 2008 Rebec, 2013
Multiple Skleroz	Miyelinizasyon ile ilişkilendirilen kolajen sentezini sağlama	Eldridge ve ark, 1987
<b>Psikiyatrik Bozukluklar</b>	Oksidatif stresi azaltma, dopamin hidroksilasyonunu ve kortizol aktivitesini düzenleme, nörotransmitter aktivitelerinin bozulmasını engelleme	Javitt, 2012 Angrini ve ark, 2012 De Oliveira ve ark, 2015 Mazloom ve ark, 2013
<b>Osteoporoz</b>	Oksidatif stresi azaltma, kemik rezorpsiyonunu önleme	Malmir ve ark, 2018 Sahni ve ark, 2016
<b>Deri Hastalıkları</b>	Kolajen oluşumunu destekleme, antioksidan etkisiyle UV kaynaklı zararları azaltma	Pullar ve ark, 2017
Porfiria Kutanea Tarda	Karaciğerde üriner porfirin birikimini azaltma	Wang ve ark, 2018
Atopik Dermatit	Keratinosit farklılaşmasını teşvik etme, deri bariyer fonksiyonunu koruma	Wang ve ark, 2018
<b>İnfertilite</b>	Sperm canlılığında, motilitede, toplam olgun sperm sayısında artış sağlama, sperm yapışkanlık ve anormallik yüzdesini azaltma	Millar, 1992; Dawson, Harris ve Powell, 1990

### 3. Sonuç

Vitamin C çeşitli etki mekanizmaları sayesinde vücudun yapısal işlevlerinde, hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde önemli bir rol oynamaktadır. Eksikliğine nadir rastlanmakla birlikte Batı toplumları üzerine yapılan epidemiyolojik çalışmalarda, Batı tarzı beslenmeden kaynaklı yetersiz alıma bağlı olarak vitamin C eksikliğinin nispeten yaygın görüldüğü ve önde gelen besin ögesi yetersizliklerinden biri olduğu saptanmıştır. Bunun yanı sıra çevre kirliliği, sigara kullanımı, gebelik, emziklik, enfeksiyon ve kronik hastalıklar nedeniyle vitamin C gereksinimi artabilmektedir. Bu kapsamda özellikle yaşlılar veya vitamin C yetersizliği için risk grubunda olan kişiler öncelikle yeterli ve dengeli beslenme konusunda bilgilendirilmelidir. Daha sonra uzmanlar tarafından gerek görüldüğü durumlarda vitamin C takviyesi kullanımına yönelik tavsiyeler yapılmasının, kronik hastalıkları da içeren birçok hastalığa karşı korunmada, uygun bağışıklık fonksiyonu ve enfeksiyonlara direnç geliştirmede gerekli olduğu düşünülmektedir.

### Kaynakça

- Aghajanian, P., Hall, S., Wongworawat, M. D., & Mohan, S. (2015). The roles and mechanisms of actions of vitamin C in bone: new developments. *Journal of Bone and Mineral Research*, 30(11), 1945-1955.
- Akbari, A. (2016). An overview of the characteristics and function of vitamin C in various tissues: relying on its antioxidant function.
- Al-Khudairy, L., Flowers, N., Wheelhouse, R., Ghannam, O., Hartley, L., Stranges, S., & Rees, K. (2017). Vitamin C supplementation for the primary prevention of cardiovascular disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, (3).
- Angrini, M. A., & Leslie, J. C. (2012). Vitamin C attenuates the physiological and behavioural changes induced by long-term exposure to noise. *Behavioural pharmacology*, 23(2), 119-125.
- Aoki, A., Inoue, M., Nguyen, E., Obata, R., Kadonosono, K., Shinkai, S., et al. (2016). Dietary n-3 fatty acid,  $\alpha$ -tocopherol, zinc, vitamin D, vitamin C, and  $\beta$ -carotene are associated with age-related macular degeneration in Japan. *Scientific reports*, 6, 20723.
- Aukerman, D. (2004). Do vitamin C supplements reduce cardiovascular disease mortality?. *American family physician*, 69(7), 1723.
- Ballaz, S., Morales, I., Rodríguez, M., & Obeso, J. A. (2013). Ascorbate prevents cell death from prolonged exposure to glutamate in an in vitro model of human dopaminergic neurons. *Journal of neuroscience research*, 91(12), 1609-1617.
- Ballaz, S. J., & Rebec, G. V. (2019). Neurobiology of vitamin C: Expanding the focus from antioxidant to endogenous neuromodulator. *Pharmacological research*, 104321.
- Barrita, J. L. S., & Sánchez, M. D. S. S. (2013). Antioxidant role of ascorbic acid and his protective effects on chronic diseases. *Oxidative Stress and Chronic Degenerative Diseases-A Role for Antioxidants*, 449.
- Bates, C. J. (1997). Bioavailability of vitamin C. *European journal of clinical nutrition. Supplement*, 51(1), S28-S33.
- Blume-Peytavi, U., Kottner, J., Sterry, W., Hodin, M. W., Griffiths, T. W., Watson, R. E., et al. (2016). Age-associated skin conditions and diseases: current perspectives and future options. *The Gerontologist*, 56(Suppl 2), S230-S242.
- Boqué, N., Campión, J., Milagro, F. I., Moreno-Aliaga, M. J., & Martínez, J. A. (2009). Some cyclin-dependent kinase inhibitors-related genes are regulated by vitamin C in a model of diet-induced obesity. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 32(8), 1462-1468.
- Bulduk, E., Gönül, B., & Özer, Ç. (2006). Effects of vitamin C on muscle glycogen and oxidative events in experimental diabetes. *Molecular and cellular biochemistry*, 292(1-2), 131-137.
- Carr, A. C., & Vissers, M. (2013). Synthetic or food-derived vitamin C—are they equally bioavailable?. *Nutrients*, 5(11), 4284-4304.
- Carr, A. C., Vissers, M., & Cook, J. S. (2014). The effect of intravenous vitamin C on cancer-and chemotherapy-related fatigue and quality of life. *Frontiers in oncology*, 4, 283.
- Carr, A. C., & Maggini, S. (2017). Vitamin C and immune function. *Nutrients*, 9(11), 1211.
- Carr, A. C. (2020). A new clinical trial to test high-dose vitamin C in patients with COVID-19. *Critical Care*, 24(1), 1-2.
- Castro, M. A., Angulo, C., Brauchi, S., Nualart, F., & Concha, I. I. (2008). Ascorbic acid participates in a general mechanism for concerted glucose transport inhibition and lactate transport stimulation. *Pflügers Archiv-European Journal of Physiology*, 457(2), 519-528.
- Chen, Q., Polireddy, K., Chen, P., & Dong, R. (2015). The unpaved journey of vitamin C in cancer treatment. *Canadian journal of physiology and pharmacology*, 93(12), 1055-1063.
- Cheng, R. Z. (2020). Can early and high intravenous dose of vitamin C prevent and treat coronavirus disease 2019 (COVID-19)?. *Medicine in Drug Discovery*, 5, 100028.
- Choi, M. K., Song, H. J., Paek, Y. J., & Lee, H. J. (2013). Gender differences in the relationship between vitamin C and abdominal obesity. *Int J Vitam Nutr Res*, 83(6), 377-84.
- Christie-David, D. J., & Gunton, J. E. (2017). Vitamin C deficiency and diabetes mellitus—easily missed?. *Diabetic Medicine*, 34(2), 294-296.
- Cisternas, P., Silva-Alvarez, C., Martínez, F., Fernandez, E., Ferrada, L., Oyarce, K., et al. (2014). The oxidized form of vitamin C, dehydroascorbic acid, regulates neuronal energy metabolism. *Journal of neurochemistry*, 129(4), 663-671.
- Correa, P. 1992. Human gastric carcinogenesis: a multistep and multifactorial process—First American Cancer Society Award Lecture on Cancer Epidemiology and Prevention. *Cancer research*, 52(24), 6735-6740.
- Çatak, J. 2019. Ülkemizde Tüketilen Bazı Gıda Ürünleri ile Bisküvilerin Glisemik İndekslerinin İn Vitro Yöntemlerle Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 940-947.
- Dakhale, G. N., Chaudhari, H. V., & Shrivastava, M. (2011). Supplementation of vitamin C reduces blood glucose and improves glycosylated hemoglobin in type 2 diabetes mellitus: a randomized, double-blind study. *Advances in pharmacological sciences*, 2011.
- Darr, D., Combs, S., Dunston, S., Manning, T., & Pinnell, S. (1992). Topical vitamin C protects porcine skin from ultraviolet radiation-induced damage. *British Journal of Dermatology*, 127(3), 247-253.

- Das, U. N. (2019). Vitamin C for Type 2 Diabetes Mellitus and Hypertension. *Archives of medical research*, 50(2), 11-14.
- Dawson, E. B., Harris, W. A., & Powell, L. C. (1990). Relationship between ascorbic acid and male fertility. *World review of nutrition and dietetics*, 62, 1-26.
- Deicher, R., & Hörl, W. H. (2003). Vitamin C in chronic kidney disease and hemodialysis patients. *Kidney and Blood Pressure Research*, 26(2), 100-106.
- De Oliveira, I.J., de Souza, V.V., Motta, V., Da-Silva, S.L. (2015). Effects of Oral Vitamin C Supplementation on Anxiety in Students: A Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 18(1), 11-18.
- Dixit, S., Bernardo, A., Walker, J. M., Kennard, J. A., Kim, G. Y., Kessler, E. S., & Harrison, F. E. (2015). Vitamin C deficiency in the brain impairs cognition, increases amyloid accumulation and deposition, and oxidative stress in APP/PSEN1 and normally aging mice. *ACS chemical neuroscience*, 6(4), 570-581.
- Drehmer, E., Navarro-Moreno, M. Á., Carrera, S., Villar, V. M., & Moreno, M. L. (2019). Oxygenic metabolism in nutritional obesity induced by olive oil. The influence of vitamin C. *Food & function*, 10(6), 3567-3580.
- Eldridge, C. F., Bunge, M. B., Bunge, R. P., & Wood, P. M. (1987). Differentiation of axon-related Schwann cells in vitro. I. Ascorbic acid regulates basal lamina assembly and myelin formation. *The Journal of cell biology*, 105(2), 1023-1034.
- El-Ishaq, A., & Obirinakem, S. (2015). Effect of temperature and storage on vitamin C content in fruits juice. *International journal of Chemical and Biomolecular science*, 1, 17-21.
- Ellinger, S., & Stehle, P. (2009). Efficacy of vitamin supplementation in situations with wound healing disorders: results from clinical intervention studies. *Current Opinion in Clinical Nutrition & Metabolic Care*, 12(6), 588-595.
- Ellulu, M. S. (2017). Obesity, cardiovascular disease, and role of vitamin C on inflammation: a review of facts and underlying mechanisms. *Inflammopharmacology*, 25(3), 313-328.
- FAO, W. (2001). Chapter 6 Vitamin C. Human vitamin and mineral requirements. Report of a joint FAO/WHO expert consultation, Bangkok, Thailand. *Food and Nutrition Division, FAO, Rome*, 235-247.
- Finch, S., Doyle, W., Lowe, C., Bates, C. J., Prentice, A., Smithers, G., & Clarke, P. C. (1998). *National Diet and Nutrition Survey: people aged 65 years and over* (Vol. 1). Stationery Office.
- Food, N. B., & Board, N. (2000). Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes for Vitamin C, Vitamin E, Selenium, and Carotenoids.
- Franke, S. I. R., Müller, L. L., Santos, M. C., Fishborn, A., Hermes, L., Molz, P., et al. (2013). Vitamin C intake reduces the cytotoxicity associated with hyperglycemia in prediabetes and type 2 diabetes. *BioMed research international*, 2013.
- Garcia-Diaz, D. F., Lopez-Legarrea, P., Quintero, P., & Martinez, J. A. (2014). Vitamin C in the treatment and/or prevention of obesity. *Journal of nutritional science and vitaminology*, 60(6), 367-379.
- Gizlici, M. N., & Çatak, J. 2019. Diabetes Mellitus ve Çinko İlişkisi. *Türkiye Diyabet ve Obezite Dergisi*, 3(2), 107-113.
- Gregory III, J. F. (1993). Ascorbic acid bioavailability in foods and supplements. *Nutrition reviews*, 51(10), 301-303.
- Hansen, S. N., Tveden-Nyborg, P., & Lykkesfeldt, J. (2014). Does vitamin C deficiency affect cognitive development and function?. *Nutrients*, 6(9), 3818-3846.
- Harding, A. H., Wareham, N. J., Bingham, S. A., Khaw, K., Luben, R., Welch, A., & Forouhi, N. G. (2008). Plasma vitamin C level, fruit and vegetable consumption, and the risk of new-onset type 2 diabetes mellitus: the European prospective investigation of cancer–Norfolk prospective study. *Archives of internal medicine*, 168(14), 1493-1499.
- Harrison, F. E., & May, J. M. (2009). Vitamin C function in the brain: vital role of the ascorbate transporter SVCT2. *Free Radical Biology and Medicine*, 46(6), 719-730.
- Haytowitz, D. B. (1995). Information from USDA's nutrient data bank. *The Journal of nutrition*, 125(7), 1952-1955.
- He, X. B., Kim, M., Kim, S. Y., Yi, S. H., Rhee, Y. H., Kim, T., ... & Lee, S. H. (2015). Vitamin C Facilitates Dopamine Neuron Differentiation in Fetal Midbrain Through TET 1-and JMJD 3-Dependent Epigenetic Control Manner. *Stem Cells*, 33(4), 1320-1332.
- Hemilä, H. (2003). Vitamin C, respiratory infections and the immune system. *Trends in Immunology*, 24(11), 579-580.
- Hemilä, H. (2004). Vitamin C supplementation and respiratory infections: a systematic review. *Military medicine*, 169(11), 920-925.
- Hemilä, H. (2017). Vitamin C and infections. *Nutrients*, 9(4), 339.
- Hemilä, H., & Louhiala, P. (2007). Vitamin C may affect lung infections. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 100(11), 495-498.
- Jacob, R. A., & Sotoudeh, G. (2002). Vitamin C function and status in chronic disease. *Nutrition in clinical care*, 5(2), 66-74.
- Jacques, P. F., & Chylack Jr, L. T. (1991). Epidemiologic evidence of a role for the antioxidant vitamins and carotenoids in cataract prevention. *The American journal of clinical nutrition*, 53(1), 352S-355S.
- Javitt, D. C. (2012). Twenty-five years of glutamate in schizophrenia: are we there yet?. *Schizophrenia bulletin*, 38(5), 911-913.
- Jelodar, G., Nazifi, S., & Akbari, A. (2013). The prophylactic effect of vitamin C on induced oxidative stress in rat testis following exposure to 900 MHz radio frequency wave generated by a BTS antenna model. *Electromagnetic biology and medicine*, 32(3), 409-416.
- Johnston, C. S., Vitamin, C., Erdman, J. W., Macdonald, I. A., & Zeisel, S. H. (2012). Present knowledge in nutrition. ed. *JW Erdman Jr, IA Macdonald, and SH Zeisel*.
- Kakodkar, P., Kaka, N., & Baig, M. N. (2020). A Comprehensive Literature Review on the Clinical Presentation, and Management of the Pandemic Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). *Cureus*, 12(4).
- Kim, T. K., Lim, H. R., & Byun, J. S. (2020). Vitamin C supplementation reduces the odds of developing a common cold in Republic of Korea Army recruits: randomised controlled trial. *BMJ Mil Health*.
- Kocot, J., Luchowska-Kocot, D., Kiełczykowska, M., Musik, I., & Kurzepa, J. (2017). Does vitamin C influence neurodegenerative diseases and psychiatric disorders?. *Nutrients*, 9(7), 659.
- Lai, M. H. (2008). Antioxidant effects and insulin resistance improvement of chromium combined with vitamin C and E supplementation for type 2 diabetes mellitus. *Journal of clinical biochemistry and nutrition*, 43(3), 191-198.



- Langlois, M. R., De Buyzere, M. L., & Delanghe, J. R. (2009). Plasma vitamin C for predicting cardiovascular disease: more than a nutritional biomarker. *Acta Clinica Belgica*, 64(4), 341-343.
- Levine, M., Conry-Cantilena, C., Wang, Y., Welch, R. W., Washko, P. W., Dhariwal, K. R., et al. (1996). Vitamin C pharmacokinetics in healthy volunteers: evidence for a recommended dietary allowance. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(8), 3704-3709.
- Lykkesfeldt, J. (2012). Ascorbate and dehydroascorbic acid as biomarkers of oxidative stress: validity of clinical data depends on vacutainer system used. *Nutrition research*, 32(1), 66-69.
- Lykkesfeldt, J., & Tveden-Nyborg, P. (2019). The Pharmacokinetics of Vitamin C. *Nutrients*, 11(10), 2412.
- Malmir, H., Shab-Bidar, S., & Djafarian, K. (2018). Vitamin C intake in relation to bone mineral density and risk of hip fracture and osteoporosis: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *British Journal of Nutrition*, 119(8), 847-858.
- Mazloom, Z., Ekramzadeh, M., & Hejazi, N. (2013). Efficacy of Supplementary Vitamins C and E on Anxiety, Depression and Stress in Type 2 Diabetic Patients: A Randomized, Single-blind, Placebo-controlled Trial. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 16(22), 1597-1600.
- McCusker, M. M., Durrani, K., Payette, M. J., & Suchecki, J. (2016). An eye on nutrition: The role of vitamins, essential fatty acids, and antioxidants in age-related macular degeneration, dry eye syndrome, and cataract. *Clinics in dermatology*, 34(2), 276-285.
- McLaren, D. S. (1992). *colour atlas and text of diet-related disorders*. Wolfe Pub.
- Millar, J. (1992). Vitamin C—the primate fertility factor?. *Medical hypotheses*, 38(4), 292-295.
- Monfort, A., & Wutz, A. (2013). Breathing-in epigenetic change with vitamin C. *EMBO reports*, 14(4), 337-346.
- Ngo, B., Van Riper, J. M., Cantley, L. C., & Yun, J. (2019). Targeting cancer vulnerabilities with high-dose vitamin C. *Nature Reviews Cancer*, 19(5), 271-282.
- NHS. (2019). National Health Service, Atherosclerosis, <https://www.nhs.uk/conditions/atherosclerosis/#commentCountLink> Accessed, Erişim tarihi 03.05.2020
- Nishikimi, M., Fukuyama, R., Minoshima, S., Shimizu, N., & Yagi, K. (1994). Cloning and chromosomal mapping of the human nonfunctional gene for L-gulonono-gamma-lactone oxidase, the enzyme for L-ascorbic acid biosynthesis missing in man. *Journal of Biological Chemistry*, 269(18), 13685-13688.
- Nygaard, G. (2019, July). On a Novel, Simplified Model Framework Describing Ascorbic Acid Concentration Dynamics. In *2019 41st Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)* (pp. 2880-2886). IEEE.
- Olağide, O. J., Yawson, E. O., Gbadamosi, I. T., Arogundade, T. T., Lambe, E., Obasi, K., et al. (2017). Ascorbic acid ameliorates behavioural deficits and neuropathological alterations in rat model of Alzheimer's disease. *Environmental toxicology and pharmacology*, 50, 200-211.
- Park, H. S., & Lee, Y. M. (2003). Effect of vitamin C supplementation on blood sugar and antioxidative status in types II diabetes mellitus patients. *Journal of Korean Academy of Nursing*, 33(2), 170-178.
- Paoletti, R., Sies, H., Bug, J., Grossi, E., & Poli, A. (1998). *Vitamina C: The state of the art in disease prevention sixty years after the Nobel Prize*. Springer Science & Business Media.
- Pawlowska, E., Szczepanska, J., & Blasiak, J. (2019). Pro-and Antioxidant Effects of Vitamin C in Cancer in correspondence to Its Dietary and Pharmacological Concentrations. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity*, 2019.
- Pekcan, E. G., Şanlıer, N., Baş, M., Başoğlu, S., & Acar Tek, N. (2016). Türkiye Beslenme Rehberi 2015 (TÜBER). *Ankara: Sağlık Bakanlığı*.
- Pénicaud, C., Peyron, S., Bohuon, P., Gontard, N., & Guillard, V. (2010). Ascorbic acid in food: Development of a rapid analysis technique and application to diffusivity determination. *Food Research International*, 43, 838-847.
- Pezdirc, K., Hutchesson, M., Whitehead, R., Ozakinci, G., Perrett, D., & Collins, C. E. (2015). Can dietary intake influence perception of and measured appearance? A systematic review. *Nutrition Research*, 35(3), 175-197.
- Pullar, J. M., Carr, A. C., & Vissers, M. (2017). The roles of vitamin C in skin health. *Nutrients*, 9(8), 866.
- Quidel, S., Gómez, E., Bravo-Soto, G., & Ortigoza, Á. (2018). What are the effects of vitamin C on the duration and severity of the common cold?. *Medwave*, 18(06).
- Rafiqhi, Z., Shiva, A., Arab, S., & Yusuf, R. M. (2013). Association of dietary vitamin C and E intake and antioxidant enzymes in type 2 diabetes mellitus patients. *Global journal of health science*, 5(3), 183.
- Raman, R., Vaghefi, E., & Braakhuis, A. J. (2017). Food components and ocular pathophysiology: a critical appraisal of the role of oxidative mechanisms. *Asia Pacific journal of clinical nutrition*, 26(4).
- Ran, L., Zhao, W., Wang, J., Wang, H., Zhao, Y., Tseng, Y., & Bu, H. (2018). Extra dose of vitamin C based on a daily supplementation shortens the common cold: A meta-analysis of 9 randomized controlled trials. *BioMed research international*, 2018.
- Rebec, G. V. (2013). Dysregulation of corticostriatal ascorbate release and glutamate uptake in transgenic models of Huntington's disease. *Antioxidants & redox signaling*, 19(17), 2115-2128.
- Sağdıç, O., Kayacan, S., Dertli, E., & Arıcı, M. (2020). Gıda Güvenliği Açısından COVID-19 Etmeni SARS-CoV-2'nin Değerlendirilmesi ve Korunma Yöntemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 927-933.
- Sahni, S., Hannan, M. T., Gagnon, D., Blumberg, J., Cupples, L. A., Kiel, D. P., & Tucker, K. L. (2009). Protective effect of total and supplemental vitamin C intake on the risk of hip fracture—a 17-year follow-up from the Framingham Osteoporosis Study. *Osteoporosis international*, 20(11), 1853-1861.
- Sahni, S., Kiel, D. P., & Hannan, M. T. (2016). Vitamin C and bone health. In *Nutritional Influences on Bone Health* (pp. 87-98). Springer, Cham.
- Saygin, M., Ozmen, O., Erol, O., Ellidag, H. Y., Ilhan, I., & Aslankoc, R. (2018). The impact of electromagnetic radiation (2.45 GHz, Wi-Fi) on the female reproductive system: The role of vitamin C. *Toxicology and industrial health*, 34(9), 620-630.

- Schlueter, A. K., & Johnston, C. S. (2011). Vitamin C: overview and update. *Journal of Evidence-Based Complementary & Alternative Medicine*, 16(1), 49-57.
- Schorah, C. J., Sobala, G. M., Sanderson, M., Collis, N., & Primrose, J. N. (1991). Gastric juice ascorbic acid: effects of disease and implications for gastric carcinogenesis. *The American journal of clinical nutrition*, 53(1), 287S-293S.
- Shekelle, P., Coulter, I., & Hardy, M. (2003). Effect of supplemental antioxidants vitamin C, vitamin E, and coenzyme Q10 for the prevention and treatment of cardiovascular disease. Evidence Report/Technology Assessment No. 83 (Prepared by Southern California–RAND Evidence-based Practice Center, under Contract No 290-97-0001). AHRQ Publication No. 03-E043.
- Shin, J., Kim, Y. J., Kwon, O., Kim, N. I., & Cho, Y. (2016). Associations among plasma vitamin C, epidermal ceramide and clinical severity of atopic dermatitis. *Nutrition research and practice*, 10(4), 398-403.
- Shils, M. E., & Shike, M. (Eds.). (2006). *Modern nutrition in health and disease*. Lippincott Williams & Wilkins.
- Sil, S., Ghosh, T., Gupta, P., Ghosh, R., Kabir, S. N., & Roy, A. (2016). Dual role of vitamin C on the neuroinflammation mediated neurodegeneration and memory impairments in colchicine induced rat model of Alzheimer disease. *Journal of Molecular Neuroscience*, 60(4), 421-435.
- Smirnov, N. (2018). Ascorbic acid metabolism and functions: A comparison of plants and mammals. *Free Radical Biology and Medicine*, 122, 116-129.
- Stephen, R., & Utecht, T. (2001). Scurvy identified in the emergency department: a case report. *The Journal of emergency medicine*, 21(3), 235-237.
- Szarka, A., & Lőrincz, T. (2013). Cellular and intracellular transport of vitamin C. The physiologic aspects. *Orvosi hetilap*, 154(42), 1651-1656.
- Tardy, A. L., Pouteau, E., Marquez, D., Yilmaz, C., & Scholey, A. (2020). Vitamins and Minerals for Energy, Fatigue and Cognition: A Narrative Review of the Biochemical and Clinical Evidence. *Nutrients*, 12(1), 228.
- Travica, N., Ried, K., Sali, A., Scholey, A., Hudson, I., & Pipingas, A. (2017). Vitamin C status and cognitive function: A systematic review. *Nutrients*, 9, 960.
- Tsukaguchi, H., Tokui, T., Mackenzie, B., Berger, U. V., Chen, X. Z., Wang, Y., et al. (1999). A family of mammalian Na<sup>+</sup>-dependent L-ascorbic acid transporters. *Nature*, 399(6731), 70-75.
- TURKOMP. (2020). Turkish Food Composition Database, <http://www.turkomp.gov.tr/main>, Erişim tarihi 24.04.2020
- USDA, U. (2015). National nutrient database for standard reference, release 28. Nutrients: Vitamin C, total ascorbic acid.
- USDA, U. (2020). NIH Office of Dietary Supplements. Vitamin C: Fact sheet for health professionals.
- Wang, K., Jiang, H., Li, W., Qiang, M., Dong, T., & Li, H. (2018). Role of vitamin C in skin diseases. *Frontiers in physiology*, 9, 819.
- WHO. (2017). World Health Organization, Cardiovascular Diseases, [https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases/#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/cardiovascular-diseases/#tab=tab_1), Erişim tarihi 29.04.2020
- WHO. (2020). World Health Organization, Coronavirus, [https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/coronavirus#tab=tab_1), Erişim tarihi 07.05.2020
- WHO. (2018). World Health Organization, Diabetes, [https://www.who.int/health-topics/diabetes#tab=tab\\_1](https://www.who.int/health-topics/diabetes#tab=tab_1), Erişim tarihi 25.04.2020
- WHO. (2020). World Health Organization, Obesity, <https://www.who.int/topics/obesity/en/>, Erişim tarihi 27.04.2020
- Woollard, K. J., Loryman, C. J., Meredith, E., Bevan, R., Shaw, J. A., Lunec, J., & Griffiths, H. R. (2002). Effects of oral vitamin C on monocyte: endothelial cell adhesion in healthy subjects. *Biochemical and biophysical research communications*, 294(5), 1161-1168.
- Yoshimura, K., & Ishikawa, T. (2017). Chemistry and metabolism of ascorbic acid in plants. In *Ascorbic Acid in Plant Growth, Development and Stress Tolerance* (pp. 1-23). Springer, Cham.
- Yong, L. C., Brown, C. C., Schatzkin, A., Dresser, C. M., Slesinski, M. J., Cox, C. S., & Taylor, P. R. (1997). Intake of vitamins E, C, and A and risk of lung cancer the NHANES I epidemiologic followup study. *American journal of epidemiology*, 146(3), 231-243.
- Zhou, C., Na, L., Shan, R., Cheng, Y., Li, Y., Wu, X., & Sun, C. (2016). Dietary vitamin C intake reduces the risk of type 2 diabetes in Chinese adults: HOMA-IR and T-AOC as potential mediators. *Plos one*, 11(9).





# The Effects of Soaking and Autoclaving on Chemical and Nutritional Composition of the Horse Chestnut (*Aesculus hippocastanum*) Seed

Yusuf Konca<sup>1\*</sup>, Selma Büyükkılıç Beyzi<sup>1</sup>

<sup>1\*</sup>Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6231-1512)

<sup>1</sup>Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4622-0645)

(First received 2 June 2020 and in final form 26 August 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.747017)

**ATIF/REFERENCE:** Konca, Y., & Büyükkılıç Beyzi, S. (2020). The Effects of Soaking and Autoclaving on Chemical and Nutritional Composition of the Horse Chestnut (*Aesculus hippocastanum*) Seed. *European Journal of Science and Technology*, (19), 757-762.

## Abstract

The aim of this study is to determine the nutrient composition of the horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) seed and to determine the differences of these nutrients with some technological processes. For this purpose, the horse chestnut seed was divided into 3 groups as 1) raw, 2) soaking in cold water for 24 hours and 3) autoclaving at 121 °C for 60 minutes. The obtained groups were then analyzed under two groups as shelled and unshelled. The obtained data were analyzed in general linear model (GLM). As a result, the effect of the treatments applied on horse chestnut seed on dry matter (DM), crude protein (CP), Ether extract (EE), crude ash (CA), cellulose fractions and metabolic energy values were insignificant, while the tannin ratio decreased significantly in the autoclaved group. When horse chestnut seeds are compared with shell and without shell; while the content of DM, CP, EE and CA did not change, the starch content increased, acid detergent fiber, neutral detergent fiber and hemicellulose contents decreased in the shell less horse chestnut seed. The tannin ratio was significantly lower in the shelled horse chestnut. In addition, as a result of mineral analysis of raw horse chestnut, P, K, Ca, Na, Cl, Si, Al, Ni, Cr, Rb, Zn, Fe, Mg and S contents were; 0.257%, 1.106%, 0.27%, 0.146%, 0.061%, 0.055%, 0.023%, 0.016%, 0.005%, 0.003%, 0.006%, 0.08%, 0.056% and 0.117%, respectively. The technological processes applied were effective in reducing the tannins content, or can be used without shell for the purpose of reducing the tannins content.

**Keywords:** Tannin, Mineral, Shell Ratio, Technological Processes

## Atkestanesi (*Aesculus hippocastanum*)

## Tohumunda Islatma ve Otoklav Etmenin Besin Madde Kompozisyonu Üzerine Etkileri

### Öz

Bu çalışmada atkestanesi (*Aesculus hippocastanum*) tohumunun besin madde kompozisyonunu belirlemek ve yapılan bazı işlemlerin besin maddelerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla çalışma atkestanesi tohumunun 1) ham hali, 2) soğuk suda 24 saat ıslatılması ve 3) 121 °C'de 60 dk otoklav edilmesi şeklinde 3 gruba ayrılmıştır. Elde edilen gruplar daha sonra kabuklu ve kabuksuz olarak iki grup altında analiz edilmiştir. Elde edilen veriler genel lineer modelde (GLM) analiz edilmiştir. Sonuç olarak atkestanesi tohumunda uygulanan işlemlerin kuru madde (KM), ham protein (HP), ham yağ (HY), ham kül (HK), selüloz fraksiyonları ve metabolik enerji değerlerine etkisi önemsiz bulunurken, tanen oranı otoklav edilen grupta önemli derecede azalmıştır. Atkestanesi tohumu kabuklu ve kabuksuz olarak karşılaştırıldığında; KM, HP, HY ve HK oranı değişmezken, kabuksuz atkestanesinde nişasta oranı artmış, ADF, NDF ve hemiselüloz oranı azalmıştır. Tanen oranı ise kabuksuz atkestanesinde önemli derecede daha düşük bulunmuştur. Ayrıca ham atkestanesinin mineral madde içerikleri: P, K, Ca, Na, Cl, Si, Al, Ni, Cr, Rb, Zn, Fe, Mg ve S sırasıyla; %0.257, %1.106, %0.27, %0.146, %0.061, %0.055, %0.023, %0.016, %0.005, %0.003, %0.006, %0.08, %0.056 ve

\*Corresponding Author: Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Bölümü, Kayseri, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6231-1512, [sbuyukkilic@erciyes.edu.tr](mailto:sbuyukkilic@erciyes.edu.tr)

%0.117 olarak bulunmuştur. Sonuç olarak uygulanan teknolojik işlemlerin tanen içeriğinin azaltılmasında etkili olduğu veya tanen içeriğinin azaltılması amacıyla kabuksuz olarak da kullanılabileceği belirlenmiştir.

**AnahtarKelimeler:** Tannin, Mineral, Kabuk Oranı, Teknolojik İşlem

## 1. Introduction

Reducing feed input costs in animal husbandry is a very important issue, and for this purpose, demand and studies for alternative feed sources have been increasing in recent years. Horse chestnut is a seed tree species belonging to the genus *Aesculus* (Hippocastanaceae). The seeds provide abundant resources for wildlife and especially pasture breeding. Horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) is a fast-growing tree species found especially in the temperate regions and Balkans of Asia. The average height of the trees is 22.5 m and it gives a huge amount of seeds every year. The seeds are covered with a capsule and each capsule contains a single seed (Rafiq et al., 2016). The seeds are about 3.5 cm in diameter, with a round, hard brown-black shell on the outside and white cotyledons on it (Parmar and Kaushal, 1982). Flour is obtained from seeds and used in making halva (Rajasekaran & Singh, 2009). In addition to playing an important role in food and non-food applications, it is well known for its medical value (Chakraborty, 2009; Kaur et al., 2011). Seeds are eaten by wild animals and cattles, however the seeds are lethal, if consumed without processing or raw, due to the presence of anti-nutrients like saponin and tannin (Mishra et al., 2018). So, the seeds must be decorticoid, crushed and soaked with repeatedly changing water, to remove its poisonous substance and then dried under sunlight (Mishra et al., 2018). Fats obtained from seeds are also important components in human and animal diet. However, anti-nutritional factors found in many tree species are also found in horse chestnut. Tree species usually contain saponins as tannins and plant secondary metabolites, which are anti-nutritional factors (Shimada 2001). The fact that tannins are especially water-soluble, and the higher content of tannins is known to inhibit the activity of the digestive enzymes such as  $\alpha$ -amylase, trypsin, chymotrypsin and lipase. Thus, interfere with the digestion and absorption of dietary proteins, carbohydrates, minerals and other nutrients, such as vitamin B12 (Vijayakumari et al. 2007; Doss et al. 2011). However, if correctly dosed, could possibly increase the digestibility and efficiency of nutrient utilization, because they might escape ruminal digestion, thereby decreasing ruminal losses, and become available for digestion and absorption in the small intestine (Tabke et al., 2017). Saponins, a steroid or triterpenoid glycoside group, these compounds affect protein and mineral utilization (Francis et al., 2001, Pashwar, 2005). In addition, these glycosides may decrease palatability, digestibility, or metabolism (Pashwar, 2005).

Performing nutrient analysis of a feed source is the first criterion to determine nutritional properties. However, in order to use the feed sources better and safely, it is necessary to undergo some technological or physical processes besides some detailed analyses. Techniques such as heating and/or autoclaving have been proposed as ways of eliminating anti-nutritional factors and improving the nutritional value of feed ingredients. The aim of this study is: (1) to determine the nutrient components of horse chestnut (*Aesculus hippocastanum*) and (2) to determine the effect of technological processes on the nutrient components.

## 2. Material and Method

### 2.1. Seed Material

Horse chestnut seeds, which are fully ripe from the trees in the promenade areas in Kayseri (38°43'32.4"N 35°28'59.4"E), were collected and rotten or diseased seeds were planted. Then, the seeds were washed under drinking water and the dirt on the surface was removed and air dried and used as the basic raw material for the study.

### 2.2. Technological processes

Seeds are divided into three groups as 1) raw material, 2) soaking in water at room temperature for 24 hours and 3) autoclaving at 121 ° C for 60 minutes. The material obtained by these methods was divided into 2 parts again and some of them were prepared for analysis by separating the shell in its natural state and the remaining part by the shells.

### 2.3. Determination of nutrient composition

#### 2.3.1. Proximate analysis

Dry matter (DM), crude protein (CP), crude ash (CA), ether extract (EE) and crude fiber (CF) analyzes were performed according to the methods specified in AOAC (1989). Neutral detergent fiber (NDF) and acid detergent fiber (ADF) analyzes were performed according to Van Soest and Robertson (1991) and Goering and Van Soest (1970), respectively. Starch content analyzes was determined according to Ewers polarimetric method (European Economic Community, 1972).

Metabolic energy (ME): The ME calculation from raw nutrients in concentrate feed was calculated using the formula below according to Alderman (1985).

$$\text{ME (Mcal/Kg DM)} = (2816 + 15.63 \% \text{CP} + 15.89 \% \text{EE}^2 - 9.89 \% \text{EE} \times \% \text{CF} - 28.2 \% \text{CA}) / 1000$$

#### 2.3.2. Determination of tannin content

6 ml of tannin solution was added on 0.01 g of feed sample. Boiled in a beaker with water for 1 hour. After boiling, 3 ml of the sample was taken and a spectrophotometer with a wavelength of 550 nm was read. The readings made without feed sample are

defined as blind reading. The results were calculated by replacing them with the formula. Tannin solution (for 100 ml): 5ml HCl, 95 ml N Butanol, 0.05 g Iron Sulphate ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) (Makkar et al., 1995).

$$\text{Tannin (\%)} = \frac{0.584 \times (\text{Sample value} - \text{Blank value})}{\text{Sample weight}} \times 0.1$$

### **2.3.3. Determination of shell content**

In order to determine the shell ratio, seeds weighing enough to constitute 20% of the total sample were randomly selected and 10 seeds selected from them were weighed and recorded in their raw form. The shell of these seeds was removed, and the shell and shell-less seed were re-weighed, and the shell ratio was determined with the help of the formula below.

$$\text{Shell content (\%)} = [(\text{seed weight} \times \text{shell-less seed weight}) / \text{shell weight}] \times 100$$

### **2.3.4. Determination of mineral content**

Approximately 0.5 g of shelled seed sample was taken and 10 ml of nitric + perchloric acid mixture was added on them, and approximately 1 ml of sample was wet burned until thick. After the combustion process, the prepared solutions are diluted with distilled water and read in the ICP OES spectrophotometer (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Perkin-Elmer, Optima 4300 DV, ICP / OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) in the seed P, K, Ca, Na, Cl, Si, Al, Ni, Cr, Rb, Fe, Zn, Mg and S contents were determined (AOAC, 2005).

## **2.4. Statistical analysis**

The data obtained from the technological processes treatments were analyzed in the general linear model (GLM). The lowercases in the table are significant in shelled or shell-less, the uppercases are the significance in the treatment's groups (technological processes). The data were analyzed in SPSS 9.05 package program. Duncan multiple comparison test was used to determine the difference between the treated (technological processes treatments) groups.

## **3. Results and Discussion**

The effects of technological processes to horse chestnut seeds on dry matter, crude protein, ether extract, crude ash, crude fiber, starch contents, metabolic energy, and tannins content of with and without shell are given in Table 1. The effects of the technological processes on DM, CP, EE, CA, CF, ADF, NDF, hemicellulose, starch and ME values in horse chestnut were found insignificant ( $P > 0.05$ ), however, the tannins content decreased in horse chestnut seeds autoclaved ( $P < 0.05$ ). It was observed that the contents of DM, CP, EE and CA were not affected in the shelled and unshelled seeds, but the cellulose fractions were significantly affected. While starch content increased in shelled horse chestnut seed, ADF content decreased ( $P < 0.05$ ) and NDF content did not change ( $P > 0.05$ ). The tannin content was significantly lower in the shell-less horse chestnut ( $P < 0.1$ ). In a study, the contents of DM, CP, EE and CA in horse chestnut were found as 12.71%, 6.78%, 3.27% and 3.16%, respectively (Syed et al., 2016). In another study, DM, CP, EE and CA contents were reported as 10.71%, 6.78%, 3.27% and 3.16%, respectively (Rafiq et al., 2016). Compared to the current study results, it was found higher in dry matter ratio, while protein and ash ratio was lower; ether extract content was found similarly. These differences are thought to be due to the variety or agronomic differences of horse chestnut seed. In a study by Shimada (2001), it was determined that horse chestnut seed contains 0.4% tannins and has higher saponin content and the current study is similar in terms of tannins. In present study, tannin content decreased with autoclaving treatment but, the soaking treatment was not decreased. In a study recommended that for removing its tannin substance in horse chestnut, soaked for overnight in water for 10-12 days with repeatedly changing water, and then dried under sunlight (Mishra et al., 2018). Soaking treatment were effective in reducing tannin content which possibly was contributed due to the water-soluble nature of tannins (Sharma et al., 2017). Similar results were reported by Gurumoorthi and Uma (2011). High temperature treatments i.e. autoclaving, and extrusion were observed to be most efficient treatments for reduction of tannins (Sharma et al., 2017). Also, Shimelis et al. (2007) have concluded that autoclaving as best treatment for reduction of antinutrients. In food and feed, it has been reported that anti-nutritional factors can be eliminated or reduced by applying various pre-treatments such as soaking, heat treatments and use of chemicals (Kaur et al., 2012). In a study, it was reported that the saponin content decreased between 3-65% (Duhan et al., 2001) by applying the soaking process of legumes and the content of saponin decreased significantly (81-84%) in soaked, peeled and autoclaved beans (Sharma et al., 1992). Shah et al. (2016) exposed to infrared and microwave radiation in order to increase the quality of horse chestnut seed. Using microwave energy as a heating medium is an effective method used in reducing anti-nutritional factors due to its economically superior and shorter processing time (Kaur et al., 2012).

Table 1. The Effect of Technological Processes to Horse Chestnut on Shelled (SL) and Shell-Less (SLS) Horse Chestnut Nutrient Composition

Item	Technological processes						SEM	P
	Raw		Soaking		Autoclaving			
	SL	SLS	SL	SLS	SL	SLS		
DM, %	93.03	93.03	93.04	93.06	93.03	93.01	0.04	NS
CP, %	5.42	5.83	5.47	5.69	5.48	5.78	0.48	NS
EE, %	3.32	3.39	3.31	3.39	3.33	3.39	0.08	NS
CA, %	2.29	2.26	2.22	2.21	2.23	2.26	0.04	NS
CF, %	2.91	0.89	2.91	0.73	2.79	0.7	0.97	NS
HEM, %	6.77 <sup>a</sup>	4.80 <sup>b</sup>	6.31 <sup>a</sup>	4.53 <sup>b</sup>	6.09 <sup>a</sup>	4.87 <sup>b</sup>	0.96	NS
ADF, %	10.44 <sup>a</sup>	2.45 <sup>b</sup>	10.97 <sup>a</sup>	2.60 <sup>b</sup>	11.25 <sup>a</sup>	2.42 <sup>b</sup>	2.84	NS
NDF, %	17.21 <sup>a</sup>	7.25 <sup>b</sup>	17.28 <sup>a</sup>	7.13 <sup>b</sup>	17.34 <sup>a</sup>	7.29 <sup>b</sup>	2.44	NS
Starch, %	24.27 <sup>b</sup>	36.40 <sup>a</sup>	22.06 <sup>b</sup>	33.09 <sup>a</sup>	23.17 <sup>b</sup>	34.20 <sup>a</sup>	3.78	NS
ME, Mcal/kg DM	2.92	3.00	2.92	3.00	2.92	3.00	10.25	NS
Tannin, %	0.43 <sup>a</sup>	0.06 <sup>A</sup>	0.44 <sup>a</sup>	0.04 <sup>A</sup>	0.32 <sup>b</sup>	0.01 <sup>B</sup>	0.78	*

DM: dry matter, CP: crude protein, EE: ether extract, CA: crude ash, HEM: hemicellulose, ADF: acid detergent fiber, NDF: neutral detergent fiber, ME: metabolic energy, P: significance NS: non significance; SL: shelled seed, SLS: shell-less seed, SEM: standard error of means.

The shell ratio and nutrient composition of horse chestnut are given in Table 2. As a result, it was found that while the protein content was lower in the shell, it did not contain starch and had high levels of ADF and NDF. In the current study, the shell ratio was determined as to be 12.4%, while in a study conducted by Syed et al. (2016) was found to be 14.29%. In addition, it can be said that the whole content of tannins in horse chestnut is found in the shell.

Table 2. Nutrient Contents of Horse Chestnut Seed Shell

Item	%
Dry matter	89.64
Crude protein	3.78
Ether extract	2.53
Crude ash	2.22
Crude fiber	17.80
Hemicellulose	18.86
ADF	65.66
NDF	84.52
Starch	Not detected
Metabolic Energy, Mcal/kg DM	2.47
Tannin	5.2
Shell ratio of horse chestnut seed	12.4

In present study, the mineral composition of raw horse chestnut seed is given in Table 3. While the highest value was seen in potassium in terms of macro mineral substances, the highest value among micro minerals was observed in iron element. In a study conducted by Mishra et al. (2018), Ca, Mg, Zn and Fe contents of horse chestnut were found to be 0.25, 0.002, 0.003 and 0.032%, respectively. When these values are compared with the current study results, the Ca contents are similar; Mg, Zn and Fe contents were higher in the current study. These differences are thought to be due to the variety or agronomic differences of horse chestnut seed.

Table 3. Raw horse chestnut seed mineral composition

Minerals*	%
Phosphorus, P	0.257
Potassium, K	1.106
Calcium, Ca	0.270
Sodium, Na	0.146
Chlorine, Cl	0.061
Silicon, Si	0.055
Aluminium, Al	0.023
Nickel, Ni	0.016
Chrome, Cr	0.005
Rubidium, Rb	0.003
Zinc, Zn	0.006
Iron, Fe	0.080
Magnesium, Mg	0.056
Sulphur, S	0.117

\* Raw horse chestnut shelled seed

#### 4. Conclusions and Recommendations

In the study, the nutrient composition of horse chestnut was determined, and it was detected that the technological processes applied were effective in reducing the tannins content, which is an anti-nutritional factor. In addition, it was evaluated that the seeds could be used without shell for the purpose of reducing the tannins content. It has also been concluded that when examined in terms of nutrient content, it can be used as an alternative feed source for animal feeding, but *invitro* and *invivo* studies are also needed to obtain clear results.

#### References

- Alderman, G. (1985). Prediction of the energy value of compound feeds. Recent advances in animal nutrition, 1985, 3-52.
- AOAC. (2005). Official Method 922.02, Plants Preparation of Laboratory Sample, in Horwitz, W., Latimer, G.W. (Eds.): Official Methods of Analysis. 18th edn. Chapter 3, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA, pp.1-2.
- AOAC. (1989). Association of Official Analytical Chemists (A.O.A.C). Official Methods of Analysis, 15th ed., Vol. 1. AOAC, Washington, DC.
- Chakraborty, G. S. (2009). Evaluation of Immunomodulatory action/activity of *Aesculus indica*. International Journal of Pharma Technological Research, 1, 132-134.
- Dearing, M. D. (1997). Effects of *Acomastylisrossii* tannins on a mammalian herbivore, the North American pika, *Ochotonaprinceps*. Oecologia, 109, 122-131.
- Duhan, N., Saroj K. & Bishnoi, A. (2001). Saponin content and trypsin inhibitor activity in processed and cooked pigeon pea cultivars. International Journal of Food Sciences and Nutrition, 52(1), 53-59.
- European Economic Community. 1972. Determination of starch. Polarimetric method. Official Journal of European Communities, Brussels, Belgium. p. 6.
- Gershenson, J. & Croteau, R. (1991). Terpenoids. In: Herbivores; Their Interaction with Secondary Plant Metabolites (eds G. A. Rosenthal & M. R. Berenbaum) pp. 165-220. Academic Press Inc., San Diego, California.
- Goering, H. K. & Van Soest, P. J. (1970). Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures, and some applications). USDA Agr Handbook.
- Gurumoorthi, P. & Uma, S. (2011). Heat-stable and heat-labile antinutritional profile in *Mucunapruriens* var *utilis*: effected by germination. International Food Research Journal, 18(4), 1421-1426.
- Francis, G., Makkar, H. P. & Becker, K. (2001). Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. Aquaculture, 199(3-4), 197-227.
- Kaur, L., Joseph, L. & George, M. (2011). Phytochemical analysis of leaf extract of *Aesculus indica*. International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences, 3, 232-234.
- Kaur, S., Sharma, S., Dar, B. N. & Singh, B. (2012). Optimization of process for reduction of antinutritional factors in edible cereal brans. Food Science and Technology International, 18(5), 445-454.
- Makkar, H. P. S., Blummel, M. & Becker, K. (1995). Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and their implication in gas production and true digestibility in vitro techniques. British Journal of Nutrition, 73, 897-913.



- Mishra, M. L., Sood, S. & Shukla, U. N. (2018). Phyto-nutritional and mineral composition of Indian Horse Chestnut (*Aesculus indica*) seeds. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 7(1), 2159-2162.
- Pashwar, F. (2005). Anti-nutritional factors in oil seeds as aflatoxin in ground nut. Digitalverlag GmbH, 1-8.
- Parmar, C. & Kaushal, M. K. (1982). *Aesculus indica*. Wild fruits, Kalyani Publishers, New Delhi, India.
- Rafiq, S. I., Singh, S. & Saxena, D. C. (2016). Physical, physicochemical and anti-nutritional properties of Horse Chestnut (*Aesculus indica*) seed. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 10(2), 302-310.
- Rajasekaran, A. & Singh, J. (2009). Ethnobotany of Indian horse chestnut (*Aesculus indica*) in Mandi district, Himachal Pradesh. *Indian Journal of Traditional Knowledge*, 8, 285-286.
- Shah, U., Gani, A., Ashwar, B. A., Shah, A., Wani, I. A. & Masoodi, F. A. (2016). Effect of infrared and microwave radiations on properties of Indian Horse Chestnut starch. *International Journal of Biological Macro Molecules*, 84, 166-173.
- Sharma, A. & Sehgal, S. (1992). Effect of processing and cooking on the antinutritional factors of faba bean (*Vicia faba*). *Food Chemistry*, 43(5), 383-385.
- Sharma, P., Kaur, A. & Kaur, S. (2017). Nutritional quality of flours from guar bean (*Cyamopsis tetragonoloba*) varieties as affected by different processing methods. *Journal of Food Science and Technology*, 54(7), 1866-1872.
- Shimada, T. (2001). Nutrient compositions of acorns and horse chestnuts in relation to seed-hoarding. *Ecological Research*, 16(4), 803-808.
- Shimelis, E., Meaza, M. & Rakshit, S. (2007). Physico-chemical properties, pasting behavior and functional characteristics of flours and starches from improved bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties grown in East Africa. *Agricultural Engineering International CIGR E-J* 8, 5-15.
- Syed, I. R., Sukhcharn, S. & Saxena, D. C. (2016). Evaluation of physical and compositional properties of horse-chestnut (*Aesculus indica*) seed. *Journal of Food Processing and Technology*, 7(3).
- Tabke, M. C., Sarturi, J. O., Galyean, M. L., Trojan, S. J., Brooks, J. C., Johnson, B. J. & Thompson, A. J. (2017). Effects of tannic acid on growth performance, carcass characteristics, digestibility, nitrogen volatilization, and meat lipid oxidation of steers fed steam-flaked corn-based finishing diets. *Journal of Animal Science*, 95(11), 5124-5136.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. D. & Lewis, B. A. (1991). Methods for dietary fibre, neutral detergent fibre and non-starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.



# Contiki İşletim Sisteminde Cooja Simulatörü Kullanılarak Örnek Bir Nesnelerin İnterneti Uygulaması

İbrahim Karataş<sup>1\*</sup>, Selim Bayraklı<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Maltepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5558-3691)

<sup>2</sup> Milli Savunma Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3115-6721)

(İlk Geliş Tarihi 22 Mayıs 2020 ve Kabul Tarihi 26 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.741578)

**ATIF/REFERENCE:** Karataş, İ. & Bayraklı, S. (2020). Contiki İşletim Sistemi ve Cooja Simülasyon Programı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 763-769.

## Öz

Günümüzde pek çok alanda kullanılan düşük kaynağa sahip sensör düğümler, nesnelerin internetinin çok önemli bir parçasıdır. Özellikle kablosuz sensör ağların sanayi, tıp gibi birçok sektörde kullanılması, akıllı üretim tesislerinin kurulması, hastaların uzaktan izlenmesi gibi birçok önemli gelişmeye neden oldu. Bu cihazları fiziksel ortamda test etmek, büyük ağlar kurmak oldukça zor bir süreç olduğundan Contiki işletim sistemi bize bu donanımı sanal ortamda birebir sunmakta ve Cooja simulatörü ise bu işlemleri gerçek zamanlı bir şekilde test etmemize imkân sağlamaktadır. Bu çalışma kapsamında Contiki işletim sistemi ve Cooja simülasyon programının yapısı anlatılacak ve örnek simülasyonlar gerçekleştirilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Contiki, Cooja, IoT.

## An Application of Internet of Things Using Cooja Simulator in Contiki Operating System

### Abstract

Low-resource sensor nodes, which are used in many areas today, are a very important part of the internet of things. Especially the use of wireless sensor networks in many sectors such as industry, medicine, establishment of smart production facilities, remote monitoring of patients caused many important developments. Testing these devices in a physical environment is a very difficult task, setting up large networks. The Contiki operating system provides this hardware in a virtual environment, and the Cooja simulator allows us to test these processes in real time. In this study, the structure of Contiki operating system and Cooja simulation program will be explained and sample simulations will be carried out.

**Keywords:** Contiki, Cooja, IoT.

## 1. Giriş

Contiki, algılayıcı cihazlar için geliştirilmiş açık kaynak kodlu bir işletim sistemidir (Sehgal, 2013). Düşük güç ve düşük maliyetli mikrodenetleyicilerin (skymote, wismote) internete açılmasını sağlamaktadır. Nesnelerin interneti ise global olarak tanımlanabilen fiziksel objelerin ve bunların internet ile birleşiminin bir aşımıdır. Nesnelerin interneti ağını oluşturabilmek için birçok teknoloji altyapısı kullanılmaktadır (RFID, WAN protokolleri, Web teknolojileri vb.). Bu teknolojiler ise fiziksel bir dünya üzerinde makineden makineye (M2M) ya da makineden insana (H2M) iletişime olanak sağlayan sanal bir dünya oluşturur. Kablosuz sensör ağları (WSN) ise düğümlerin birbirleriyle otonom şekilde iletişim kurduğu, fiziksel ve sanal dünyaya bağlanabildiği akıllı sistemlerdir. Sensör düğümleri limitli hafıza, işlem kapasitesi, batarya ömrü gibi kısıtlara sahiptir (Raza, Slabbert, Voigt, Landernas, 2009). Contiki işletim sisteminin

\* Sorumlu Yazar: Maltepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5558-3691, [ikaratas2515@gmail.com](mailto:ikaratas2515@gmail.com)

iletişimi düşük maliyetle gerçekleştirmesi, nesnelerin internetinde bulunan kaynak kısıtlı cihazların test edilmesini kolaylaştırmaktadır. IPv6 ve IPv4 desteğinin yanında nesnelerin interneti için geliştirilen 6LoWPAN, RPL, CoAP protokollerini desteklemektedir (Bagula, Colina, Pietrosemilo, Vives, Zennaro, 2016). Nesnelerin internetinin gelişimiyle beraber bu alanda yapılan çalışmaların artması, test için gerekli olan donanıma ihtiyacı da arttırmıştır. Cooja simülatörü sayesinde de yazılan kod donanıma yazılmadan önce simülasyonu gerçekleştirilebilmektedir. Bu da yapılacak çalışmalar için büyük kolaylık sağlamaktadır. Contiki uygulamaları standart C dilinde yazılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

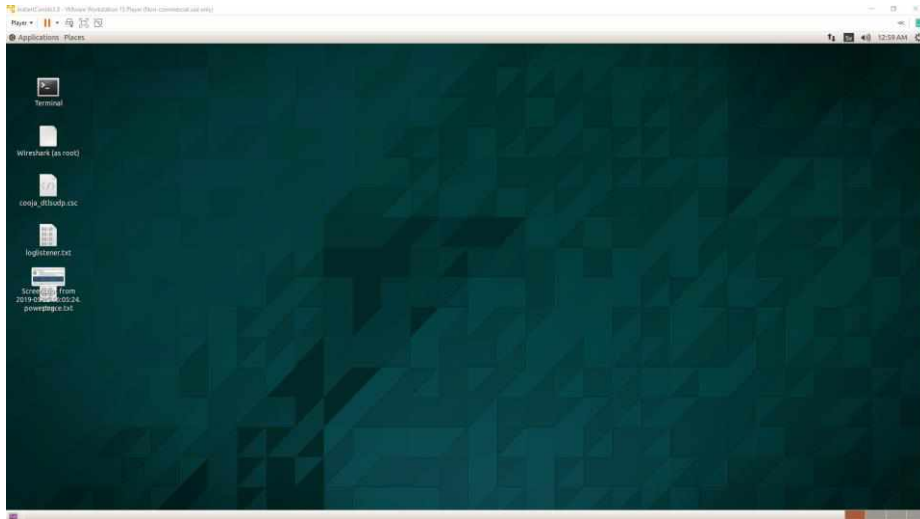
### 2.1. Contiki İşletim Sistemi

#### 2.1.1. Contiki İşletim Sisteminin Yüklenmesi

Contiki ortamında çalışmak için gerekli olan araçlar;

- 1- Contiki kaynak kodu <http://www.contiki-os.org/> adresinden indirilebilir.
- 2- Sanal Makine (VMware) <https://www.vmware.com> adresinden indirilebilir.
- 3- Contiki'nin son geliştirilen sürümü 2015 yılında çıkarılmış olan contiki-3.0 sürümüdür. Bu çalışma kapsamında da bu sürümü kullanılacaktır.

Yükleme işlemi tamamlandıktan sonra sanal makine VMware Workstation programı açılarak "Open a Virtual Machine" seçilir ve indirilen Contiki kaynak kodu gösterilir. Daha sonra "Play Virtual Machine" seçeneğine tıklanarak simülasyon başlatılır. Açılırken bir şifre istenecektir. Standart şifre olarak "user" girilir ve devam edilir. Bu basamaklar tamamlandığında Contiki işletim sistemine giriş yapılmış olur. Ekran görüntüsü Şekil 1'deki gibidir (Duquenooy ve Gonizzi, 2013).

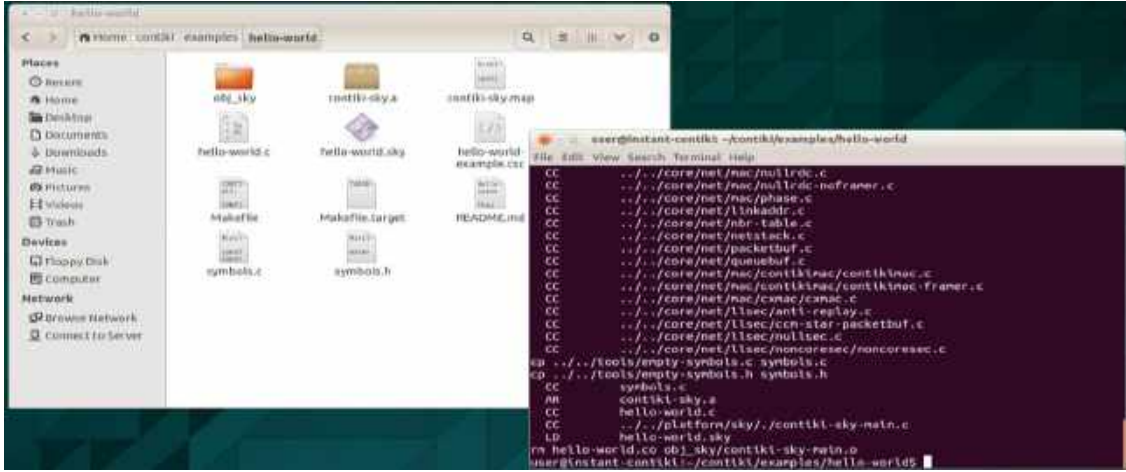


Şekil 1. Contiki işletim sistemi

#### 2.1.2. Terminal Üzerinden "hello World" uygulaması

Masaüstünde bulunan terminal açılır ve aşağıdaki komutları sırasıyla uygulanır.

- cd contiki/examples/hello-world komutuyla hello-world
- make TARGET=sky savetarget komutuyla hedef düğüm olarak sky düğümünü seçilir ve bu hedef kaydedilir.
- make komutuyla kod çalıştırılır ve sonuç Şekil 2'deki gibidir.



Şekil 2. Contiki hello World örneği

-*gedit hello-world.c* komutuyla kod üzerinde istenilen değişiklik gerçekleştirilebilir.

Bu uygulamanın standart kod yapısı Şekil 2'deki gibidir.

```

PROCESS(hello_world_process, "Hello world process");
// gerçekleştirilen işlemin adı
AUTOSTART_PROCESSES(&hello_world_process); //Önyükleme adımı tamamlandığında
kod başlatılacağını belirtir.
PROCESS_THREAD(hello_world_process, ev, data) //işlemin içeriğinin
belirtildiği bölüm
{
PROCESS_BEGIN(); //işlemin başlagıcı
printf("Hello, world\n"); //yapılacak işlemler
PROCESS_END(); //işlemin sonu
}
Uygulamaların derlenmesi için ayrıca bir makefile dosyasına ihtiyaç duyulur. Onunda yapısı
aşağıdaki gibidir.
CONTIKI_PROJECT = hello-world //derlenecek olan uygulamayı belirtir.
all: $(CONTIKI_PROJECT) // all kullanıldığında tüm kod derlenecek anlamına gelir.
CONTIKI = ../.. //contiki ana dosyasının adresi belirtir.
include $(CONTIKI)/Makefile.include //contiki sisteminin makefile dosyasını
ekler.

```

## 2.2. Cooja Simülasyon Programı

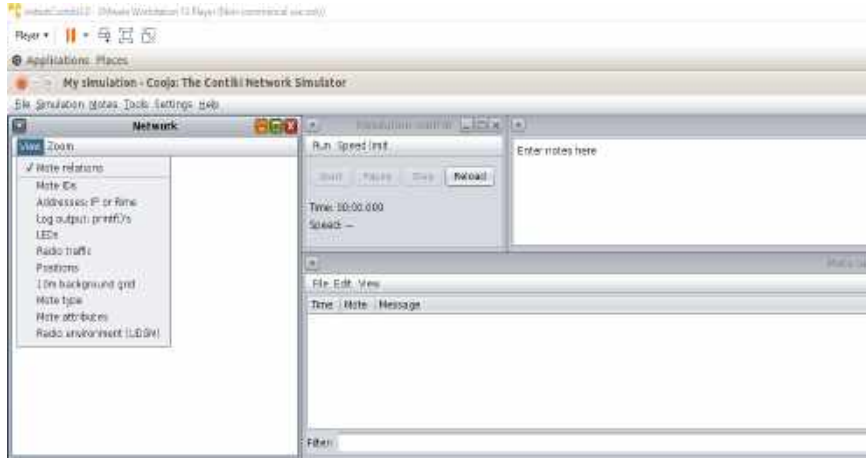
Cooja, sensör düğümlerin bilgisayar ortamında simülasyonun yapılabilirdiği bir ağ simülatördür. Düğüm tarafından yürütülen kod, fiziksel düğümlere yükleyebileceğiniz aynı ürün yazılımıdır (Duquenooy ve Gonizzi, 2013).

Cooja simülasyonunu çalıştırmak için sırasıyla aşağıdaki komutlar terminale yazılır.

-*cd contiki/tools/cooja*

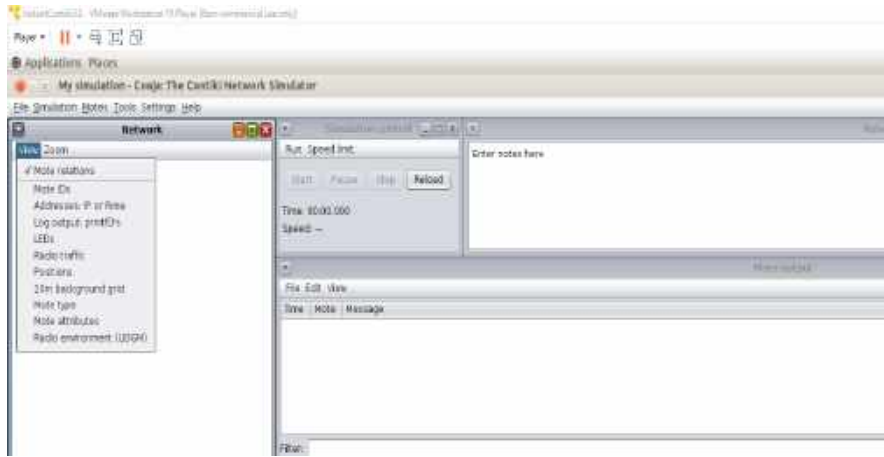
-*ant run*

Cooja yazılımı başlayacak ve karşınıza Şekil 3'teki ekran gelecektir.



Şekil 3. Cooja simülâtör programı

*File > New Simulation* adımları ile yeni bir simülasyon başlatılır. Simülasyonun ismi girildikten sonra *Create* seçeneğine tıklanarak simülasyon başlatılır. İşlem sonucunda Şekil 4’teki ekran ile karşılaşılacaktır.



Şekil 4. Cooja simülâtör ana ekranı

**Network:** Ağın fiziksel düzenini gösterir. View penceresi ile düğüm ve ağ ile ilgili ayrıntıların gösterilmesi sağlanır (düğüm id, düğüm çeşidi, düğüm çıktısı, ağ trafiği vb). Buraya düğüm fiziksel olarak konularak ağın yapısına göre düzenlenebilir.

**Simulation Control:** Simülasyonun başlatılıp durdurulması ve yüklenmesinin gerçekleştirildiği bölümdür. Ayrıca simülasyon hızı da kontrol edilebilir.

**Note Output:** Tüm düğümlerden elde edilen ekran çıktılarını gösteren bölümdür. Ancak Filter alanından elde edilen çıktılar ayıklanabilir. Örneğin sadece 1. düğümle ilgili çıktılar isteniyorsa ona göre filtreleme yapılabilir.

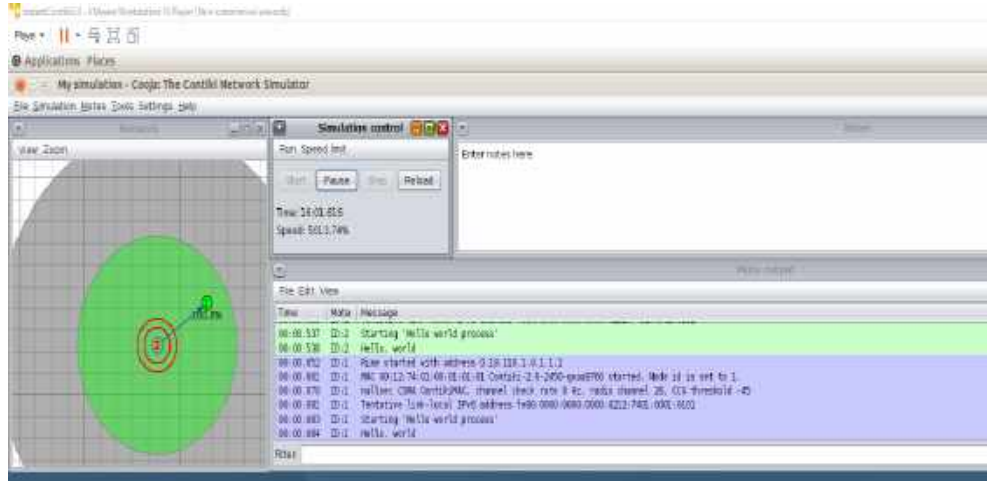
**Timeline:** Zaman çizelgelerini, her karede simülasyonun zaman çizelgesi üzerinde gerçekleşen olayları gösterir. Bu çıktılar *file>save to file* ile kaydedilebilir.

**Notes:** Simülasyon ile ilgili notların alınabildiği bölümdür (Al-Dubai, Romdhani, Qasem, Thompson, 2016 ).

### 2.2.1. Cooja “hello world” uygulaması

Örnek bir simülasyon gerçekleştirmek için öncelikle *Motes > Add Motes > Create new mote type > Sky Mote* adımları izlenir. Açılan pencerede *Browse* sekmesinde istenilen kod düğümüne yüklenerek derlenebilir. *Contiki / examples / hello-world* klasöründe bulunan *hello-world.c* dosyası düğümüne yüklenerek kod derlenmiştir. Burada kodda herhangi bir hata olması durumunda *Create* butonu aktif olmayacaktır. *Create* butonuna tıklanarak düğüm eklenir. Daha sonra *Start* butonuna basıldığında simülasyon Şekil 5’teki gibi başlayacaktır (Al-Dubai ve diğerleri, 2016).



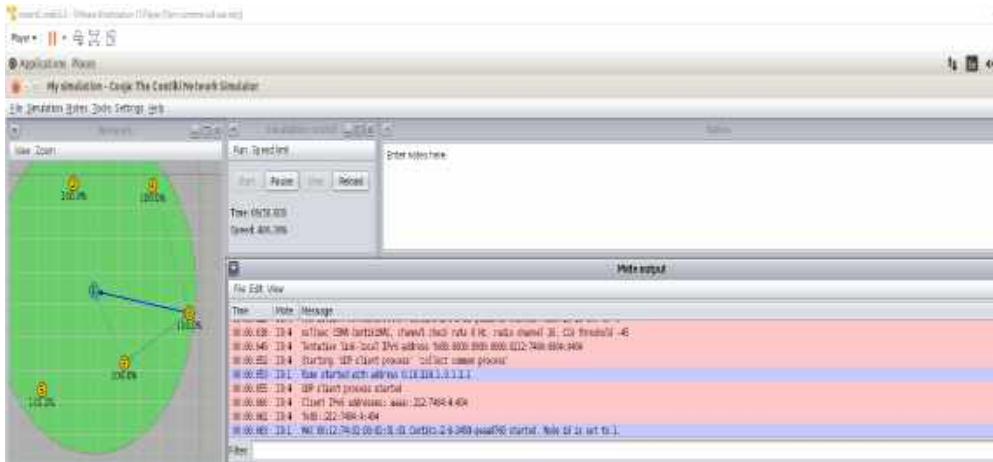


Şekil 5. Hello World Simülasyonu

### 2.2.2. Ipv6-Rpl-Udp Örneği

Nesnelerin internetinin temel protokolleri olan IPv6, RPL ve UDP'yi kullanarak düğümler arası iletişimi gösteren örnek bir simülasyon için aşağıdaki adımlar izlenir;

Motes > Add Motes > Create new mote type > Sky Mote adımları izlenir. Browse seçeneğine tıklanarak *user/contiki/examples/ipv6/rpl-collect* klasöründeki *udp-sink.c* kodu düğüme eklenir. Daha sonra *Clean* seçeneğine tıklanarak önceki derlemelerden kalan kod düğümden temizlenerek *Compile* seçeneğine tıklanır ve kod düğüme yüklenir. Düğüm sayısı olarak 1 seçilir. Aynı adımlar tekrarlanarak yeni bir düğüm eklenir ve klasör içerisinde bulunan *udp-sender.c* kodunu düğüme yüklenir. Düğüm sayısı olarak 4 seçilir. *Network* alanından düğümlerin topolojisi istenilen şekilde ayarlanabilir. Aynı şekilde *View* sekmesinden de düğüm ve ağ ile ilgili istenilen ayarlar eklenebilir. Oluşturulan ağ yapısı Şekil 6'deki gibidir.

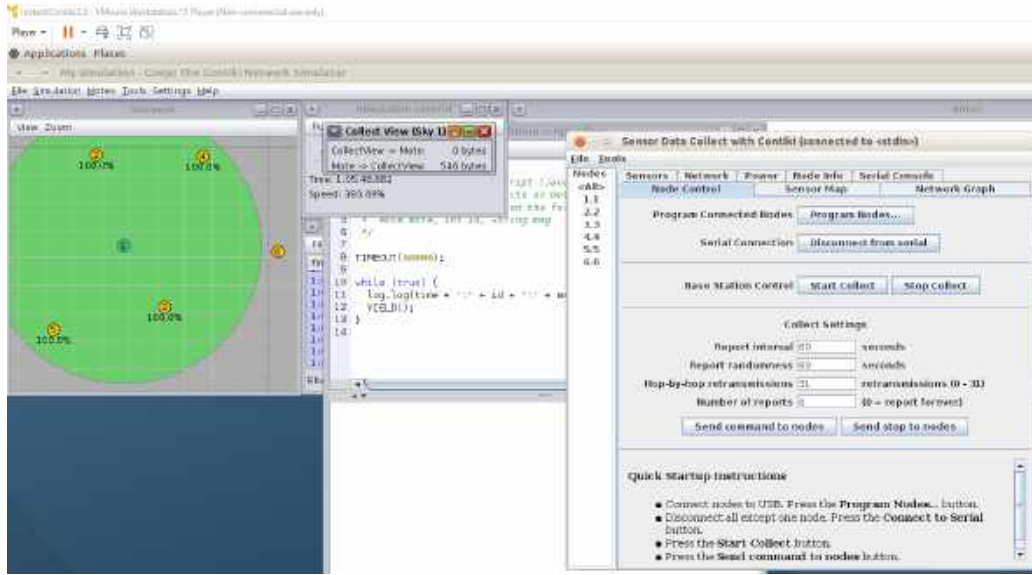


Şekil 6. IPv6-RPL-UDP protokolleri ile düğümler arası iletişim

### 2.2.3. Algılayıcı Veri Toplama

Cooja, düğümlerden veri toplamak için farklı araçlara sahiptir. Yukarıda gerçekleştirilen örneklerde gönderilen verileri, döngü sayıları, düğümlerin tükettiği ortalama güç değerleri mW cinsinden görüntülenebilir.

Bunun için düğüme sağ tıklanarak *Mote Tools for Skyl > Collect View* seçeneğine tıklanır. Açılan pencerede farklı ayrıntılar görüntülenmektedir. Şekil 7'deki görüldüğü gibi *Start Collect* seçeneğine tıklanarak veriler elde edilmeye başlanır. Örneğin, *Power* seçeneğine tıklanıldığında düğümlerin tükettiği ortalama enerji miktarı elde edilebilir, *Sensors* seçeneğinden düğümlerin anlık sıcaklık verisi alınabilir, *Radio Duty Cycle* seçeneğinden ise düğümlerin döngü sayısını elde edilebilir.



Şekil 7. Düğümlerden veri toplama

#### 2.2.4. Sınır Yönlendirici ile CoAP Protokolü Örneği

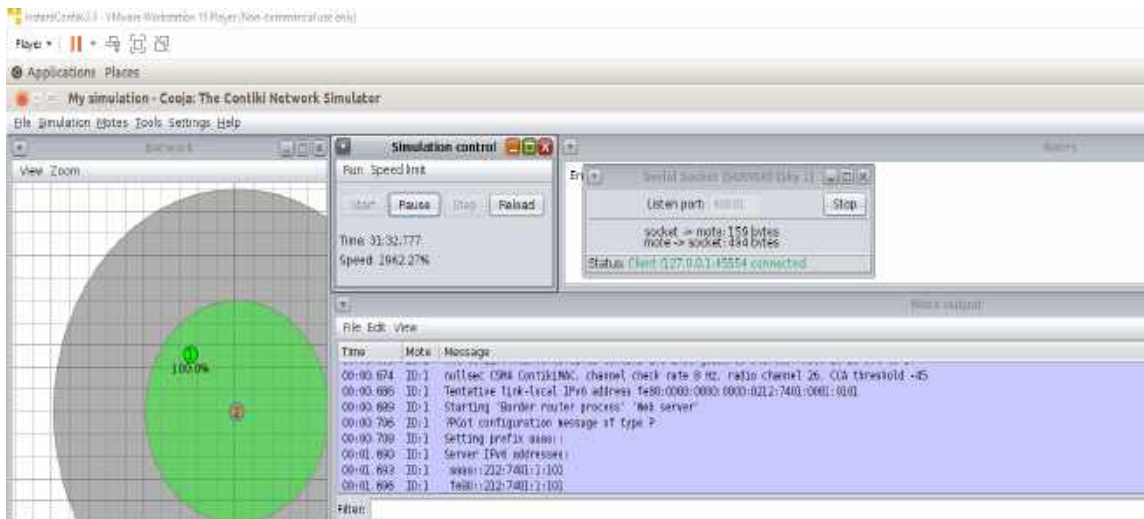
Motes > Add Motes > Create new mote type > Sky Mote adımları izlenir. Browse seçeneğine tıklayarak *contiki / examples / IPv6 / rpl-border-router* klasöründe bulunan *border-router.c* kodunu düğüme yüklenir. Tekrar aynı adımları izleyerek bu sefer düğüme *examples / er-rest-example* klasöründeki *er-example-server.c* kodu yüklenir. Simülasyonu başlatmadan önce sınır yönlendirici ile sunucu arasında bağlantı kurulması gerekmektedir. Bunun için öncelikle sınır yönlendirici (*border-router.c*) kodu eklenen düğüme sağ tıklayarak *Mote Tools for Sky > Serial Socket (server)* seçilip açılan pencereden *Start*'a tıklanır. Daha sonra terminal açılarak sırasıyla aşağıda yazılan komutları girilir.

```
cd contiki/ examples / ipv6/ rpl-border-router
```

```
pwd
```

```
make connect-router-cooja
```

Komutlarını sırasıyla çalıştırdıktan sonra Şekil 8'de görüldüğü gibi bağlantı sağlanmış olur.



Şekil 8. CoAP protokolü aracılığı ile sınır yönlendirici ve sunucu iletişimi

Sonrasında *Application > Internet > Firefox* tıklanarak tarayıcı açılır ve arama kısmına *coap://[ipv6 adresi]* yazılır. Açılan pencereden CoAP protokolü aracılığı ile GET ve POST metodlarını kullanarak düğüme veri gönderip alınabilir. Düğümlerin IPv6 adresi düğüm üzerinden View sekmesi aracılığı ile veya terminalden elde edilebilir.

### 3. Sonuçlar ve Tartışma

Nesnelerin İnternetinin yaygınlaşması ve geleceğın önemli teknolojilerinden biri görölmesi sebebiyle sensör cihazlara olan ilgi ve üzerine yapılan çalışmalar artmıştır (Li ve Xu, 2017). Cooja Simölasyon programı aracılığı ile sensör düğömler fiziksel olarak olmasa da gerçek donanım birebir taklit edilmiş ve fiziksel cihazın içerisine yüklenecek olan yazılım simölasyona yüklenmiş ve düğömlerin çalışması sağlanmıştır. Bu sayede gerçek donanıma ihtiyaç olmadan yapılan çalışma simölö edilebilmiştir. Cooja simölasyon programının büyük ve küçük ağların kurulması ve test edilmesinde oldukça kullanışlı görölmüştür (Bagula, Colina, Pietrosevoli, Vives, Zennaro, 2016). Nesnelerin İnternetinin yaygınlaşması ve geleceğın önemli teknolojilerinden biri görölmesi sebebiyle sensör cihazlara olan ilgi ve çalışma artmıştır (Görmüş, Aydın, Ulutaş, 2017). Bu sebeple yapılan çalışmalarda geliştirilen protokollerin test edilmesinde kullanımı oldukça avantajlıdır. Bu alışma kapsamında Contiki işletim sistemi ve Cooja simölasyon programı anlatılmış ancak simölasyonlar tek sensör düğüm üzerinden (SkyMote) gerçekleştirilmiştir. Gelecek alışmada Cooja simölasyon programı kullanılarak nesnelerin internetinde güvenlik üzerine geliştirilen çalışmaların testleri simölö edilecektir. Özellikle var olan şifreleme yöntemlerin performansları karşılaştırılarak gelecek çalışmalar için öneriler sunulacaktır.

### Kaynakça

- Sehgal A. (2013). Using the Contiki Cooja Simulator. *Computer Science, Jacobs University Bremen Campus Ring 1, 28759*.
- Bagula, A. Colina, A. L. Pietrosevilo, E. Vives, A. Zennaro, M. (2016). Internet of Things in Five Days. pp, 41-87.
- Duquenooy, S. Gonizzi, P. and (2013). Hands on Contiki OS and Cooja Simulator: Exercises (Part II). *Internet of Things and Smart Cities Ph.D. School, University of Parma*.
- Al-Dubai, A. Y. Romdhani, C. Qasem, M. Thompson, I. (2016). Cooja Simulator Manual. *IoT Networking Research Group, Edinburgh Napier University*.
- Li, S. Xu, L. D. (2017). Securing the internet of things. *Syngress*.
- Bagula, A. Colina, A. L. Pietrosevilo, E. Vives, A. Zennaro, M. (2016). Internet of Things in Five Days.
- King J. (2015). A Distributed Security Scheme to Secure Data Communication between Class-0 IoT Devices and the Internet.
- Görmüş, S. Aydın, H. Ulutaş, G. (2017). Nesnelerin interneti teknolojisi için güvenlik: var olan mekanizmalar, protokoller ve yaşanılan zorlukların araştırılması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Faköltesi Dergisi, 5000211237*.
- Raza, S. Slabbert, A. Voigt, T. Landernas, K. (2009) Security Considerations for the WirelessHART Protocol. In proceedings of 14th IEEE International Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA'09).



# Kapalı Basketbol Salonunun Parıltısının Geliştirilen Yapay Sinir Ağları Temelli Yazılım ile Ölçülmesi

Mehmet Kayakuş<sup>1\*</sup>, İsmail Serkan Üncü<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Akdeniz Üniversitesi Üniversitesi, Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, İşletme Enformatiği Bölümü, Antalya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0394-5862)

<sup>2</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik Elektronik Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4345-761X)

(İlk Geliş Tarihi 9 Haziran 2020 ve Kabul Tarihi 26 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.749704)

**ATIF/REFERENCE:** Kayakuş, M. & Üncü, İ. S. (2020). Kapalı Basketbol Salonunun Parıltısının Geliştirilen Yapay Sinir Ağları Temelli Yazılım ile Ölçülmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 770-777.

## Öz

Amacına uygun olarak yapılmış spor salonu aydınlatma tasarımlarıyla müsabakaların iyi görme koşullarında yapılması sağlanabilir. İyi aydınlatılmış spor salonlarında, sporcuların görme kusurlarına bağlı performans kayıpları, sakatlanmalar ve kazalar azalmaktadır. Ayrıca sporcu, hakem ve seyircilerin görme yeteneği artacak ve hakemlerin görmeye bağlı hataları azalacak ve seyircilerin seyir zevki artacaktır. Kapalı basketbol salonlarının aydınlatma ölçümleri noktasal ölçüm yapan lüksmetre ve parıltı ölçer gibi aletler ile yapılmaktadır. Bu yöntemi kullanmak için donanımına, zamana, paraya ve uzman elemana ihtiyaç bulunmaktadır. Bu çalışmada basketbol salonlarının fotometrik değerlerini kamerayla ölçmek ve analiz etmek için bir yazılım geliştirilmiştir. Bu yazılım C# programlama dili ve yapay sinir ağları yöntemi kullanılarak geliştirilmiştir. Standartlarda olduğu gibi kapalı basketbol salonunda 91 adet ölçüm noktası belirlenmiştir. Sahanın çekilen fotoğrafı üzerinde fotoğraf işleme programı kullanılarak ölçüm noktalarının piksel (Kırmızı (R), Yeşil (G), Mavi (B)) değerleri öğrenilmiştir. Parıltı ölçer kullanılarak da salondaki ölçüm noktalarının parıltı değerleri ölçülmüştür. Geliştirilen yapay sinir ağı temelli yazılımla parıltıyla piksel (R, G, B) değerleri arasında bir bağıntı kurulmuştur. Elde edilen sonuçların doğruluğunu ve hata oranlarını öğrenmek için doğruluk oranı, ortalama karesel hata (Mean Squared Error-MSE) ve kök ortalama kare hatası (RMSE) yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda ortalama doğru tahmin oranı eğitim verilerinde % 65,94, test verilerinde % 76,30; ortalama MSE değeri eğitim verilerinde 59,63, test verilerinde 87,67; ortalama RMSE değeri eğitim verilerinde 7,68, test verilerinde 9,24 olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Basketbol salonları, Parıltı, Aydınlatma, Yapay sinir ağları

## The Measurement of Luminance of Indoor Basketball Hall by using Developed Artificial Neural Network Based Software

### Abstract

Sports competitions with the help of sports hall lighting designs made in accordance with the purpose can be achieved in good visual conditions. In well-lit sports halls, performance losses, injuries and accidents are reduced due to the visual impairment of athletes. The eyesight of athletes, referees and spectators will be improved. The faults related to eyesight of referees will decrease and the watching pleasure of spectators will increase. The lighting measurements of indoor basketball halls are made by means of point-measuring lux meter and luminance meter. In order to use this method, equipment, time, money and experts are needed. In this study, a software has been developed to measure and analyze the photometric values of basketball halls by utilizing a camera. This software was developed using the C # programming language and artificial neural networks method. As in the standards, 91 measurement points were determined in the indoor basketball hall. Pixel (Red (R), Green (G), Blue (B)) values of the measurement points were learned by using the photo processing program on the photograph taken of the field. The luminance of the measurement points in the field were

\* Sorumlu Yazar: Akdeniz Üniversitesi Üniversitesi, Manavgat Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, İşletme Enformatiği Bölümü, Antalya, Türkiye, [mehmetkayakus@akdeniz.edu.tr](mailto:mehmetkayakus@akdeniz.edu.tr)

measured by using the luminance meter. With the developed neural network based software, a correlation has been established between the luminance and the pixel (R, G, B) values. Accuracy rate, mean squared error (MSE) and root mean square error (RMSE) methods were used to learn the accuracy and error rates of the results.

**Keywords:** Basketball hall, Luminance, Lighting, Artificial neural network

## 1. Giriş

Aydınlatma tasarımının temel amacı, kurulum ömrü boyunca son kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamasıdır (Houser et al., 2010). Yetersiz ve fazla aydınlatma yapılarında nesnelere görülebilirliğini olumsuz etkileyecektir (Zhou, Wang, & Feng, 2014). Kullanım yerine göre uygun aydınlatma ortamının sağlanması ve bunun korunması önemlidir.

Spor aydınlatmasının temel amacı, sporcular ve seyirciler için uygun bir aydınlatma ortamı sağlamaktır (Houser, Wei, & Royer, 2011; Hsu, 2010). İyi tasarlanmış aydınlatma, gözlerdeki yorgunluğu azaltabilir, nesnelere tanınmasını hızlandırabilir, görsel dayanıklılığı uzatabilir, spor kalitesini artırır ve müsabakalarda oluşabilecek yaralanma ve kazaları önleyebilir (Tun, 1993). Aydınlatmada sadece oyuncular için değil aynı zamanda canlı olarak maç izleyenler ve televizyon başında maç izleyenler içinde önem teşkil etmektedir. Bu kişilerin maçtaki nesnelere (kişiler ve topu) net bir şekilde görebilmesi için aydınlık düzeyi ve parlaltının kontrol altında tutulması gereklidir (Shanghai Sports, 2000). Spor aydınlatmasının diğer bir amacı, kullanıcıların görüş yeteneklerinin fiziksel ve psikolojik gereksinimlerini karşılamak için uygun aydınlık düzeyi, renk sıcaklığı ve aydınlatmayı sağlamaktır. Farklı aydınlatma koşulları, spor etkinliklerinde atmosferi etkileyerek farklı görsel psikolojik algıların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Sung, 2001). Ayrıca, spor salonlarındaki ışıklandırma tasarımı ve kalitesi, o ülke uluslararası etkinliklere ev sahipliği yaptığında ülkenin imajını etkileyebilir (Hsu, 2010).

Spor salonlarında aydınlatma tasarımları yapılırken doğal aydınlatmaya, aydınlık düzeyine, kamaşmaya ve tekdüzeliğe dikkat edilmesi gerekmektedir (TS EN 12193, 2019; FIBA Central Board, 2018). Aydınlatma spor alanlarının inşasında anahtar bir unsurdur. Güvenlik, teknik şartname, ekonomi ve enerji tasarrufu gereksinimlerini karşılamak için uluslararası standartlara uygun olmalıdır (Tsai, 1983). Hatalı yapılan aydınlatma projelerinin düzeltilmesi güç olacağından binanın yapım aşamasında aydınlatmanın iyi planlanması gerekmektedir (Korukçu, 2015).

Spor aydınlatma sistemleri genellikle akşamları çalışırlar ve nadiren tüm yıl kullanılırlar. Bu yüzden uzun ömürlüdürler. Tüm ışık kaynaklarında olduğu gibi, zaman içinde ışık çıkışında kayıplar olacaktır (Houser et al., 2010). Her bir lambanın verimli lambaların ömrü farklıdır (Urszula J Błaszczyk, Gryko, & Zajac, 2019; Urszula Joanna Błaszczyk & Zajac, 2016; Tetri, Chenani, & Rasanen, 2018). Örneğin, LED lambaların ömrü 15.000 saat ile 59.000 saat arasındadır. HPS lambasının ömrü 32.000 saattir (Mohandas, Dhanaraj, & Gao, 2019). Zamanla, lambaların ışık verimliliği azalacak ve kullanım ömürleri aşılacaktır.

Çevresel faktörler lambaların verimliliğini etkiler (Cengiz & Cengiz, 2018). Aydınlatma sistemlerinde kullanılan armatürlerin çevresel şartlara bağlı olarak kirlenmesinden dolayı ışık akışında azalma; kullanılan malzemede bozulmalardan dolayı fotometrik performanslarında düşme olacaktır. Bakım faktörü diye adlandırılan bu değişken sayesinde kaybolan performans telafi edilebilmektedir. Bakım faktörü, çevresel şartlara, aydınlatma sistemini şekline ve armatürün özelliklerine ve standartlarda açıklanan yöntemlerle belirlenmektedir (Nail, 2015).

Aydınlatma kaynaklarının verimliliğinin zamanla azalmasından dolayı kapalı spor salonlarında iyi aydınlatma için periyodik olarak aydınlatmasının ölçmesi ve test edilmesi gerekmektedir. Geleneksel ölçüm aletleri olan lüks metre ve parlaltı ölçer yüksek fiyatlarından dolayı maliyetli donanımlardır. Ayrıca bu ölçü aletleri noktasal olarak ölçüm yaptıkları için zaman zaman bu yöntem zaman alıcıdır. Bu yönetime alternatif olarak gelişen teknolojiyle beraber yeni ve modern ölçüm teknikleri ve yöntemleri de geliştirilmiştir. Birçok alanda olduğu gibi, aydınlatma ölçümlerinde görüntü işleme ve yapay zekâ teknikleri kullanılmaya başlanmıştır (Corcione & Fontana, 2003; Kayakuş & Üncü, 2019; Üncü, Arisoy, & Büyükarikan, 2015; Üncü & Coşkun, 2015; Üncü, Coşkun, Sönmez, & Biçakçı, 2016).

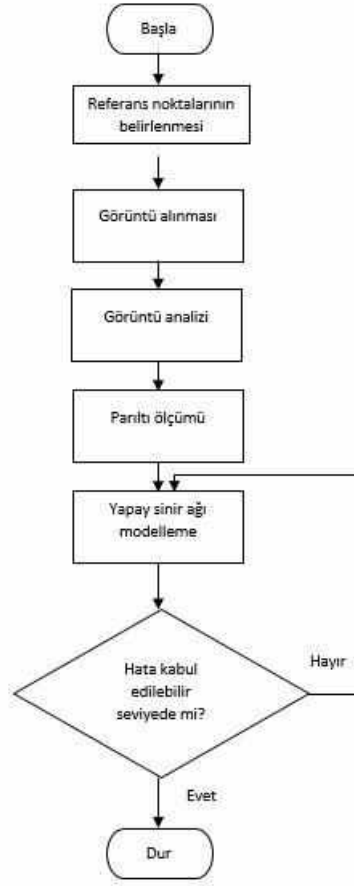
Bu çalışmada, kapalı basketbol sahasının parlaltı ölçümlerini yapmak için bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen yazılım için C# programlama dili kullanılmış olup; yazılımın temel çalışma prensibi yapay sinir ağı modelidir.

## 2. Materyal ve Metot

Kapalı spor salonlarında hedeflenen aydınlatma değerleri salonunun niteliğine göre değişmektedir. Üç temel aydınlatma sınıfı bulunmaktadır. Sınıf 1, uluslararası ve ulusal üst düzey müsabakalara uygun salonları içindir. Sınıf 2, orta büyüklükte seyirci kapasitesine sahip bölgesel ve kulüp düzeyindeki müsabakalara ev sahipliği yapabilecek salonlardır. Sınıf 3 ise genellikle seyirci içermeyen yerel veya küçük kulüpler gibi düşük seviyeli müsabakalar için uygundur. Genellikle eğitim, beden eğitimi (okul sporları) ve rekreasyon faaliyetleri bu kategoriye girmektedir (TS EN 12193, 2019).

Bu çalışmada kapalı basketbol salonunun parlaltısını ölçmek için bir yazılım geliştirilmiştir. Sistem üç temel aşamadan oluşmaktadır. İlk aşamada ölçüm noktalarının parlaltı değerleri öğrenilmiş; ikinci aşamada bu ölçüm noktalarının fotoğrafları üzerinden piksel değerleri (R, G, B) öğrenilmiştir. Bu iki değer arasında regresyon kurmak için yapay sinir ağı kullanılmıştır. Geliştirilen bu sistemin herkes tarafından kullanılabilir olması için grafiksel ve esnek bir ara yüze sahip masaüstü bir yazılım C# programlama dili kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Sistem çalışmasının akış şeması Şekil 1'de verilmiştir.





Şekil 1. Sistem çalışmasının akış şeması

Donanımsal ölçü (parıltı ölçer) aletinden elde edilen değerler ile yapay sinir ağları kullanılarak hazırlanan yazılımdan elde edilen sonuçların doğruluğunu ve hata oranını öğrenmek için doğruluk oranı, ortalama karesel hata (Mean Squared Error-MSE) ve kök ortalama kare hatası (RMSE) yöntemi kullanılmıştır.

Ortalama karesel hata (MSE) bir regresyon eğrisinin bir dizi noktaya ne kadar yakın olduğunu belirlemek için kullanılmaktadır. MSE değerinin sıfıra yakın olması tahminlerin daha iyi bir performans gösterdiğini belirtmektedir. Denklem 1’de MSE formülü görülmektedir.

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2 \quad 1$$

Kök ortalama kare hatası (RMSE) yöntemi tahmin edilen değerler ile gerçek değerler arasındaki uzaklığın bulunmasında sıklıkla kullanılan, hatanın büyüklüğünü ölçen kuadratik bir metriktir. RMSE sıfıra eşit ve yakın olması tahminlerin iyi bir performans gösterdiğini belirtmektedir. Denklem 2’de RMSE formülü görülmektedir.

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2} \quad 2$$

Denklem 1 ve 2’de gösterilen n veri sayısını, i örnek numarasını, y ölçülen değeri, x tahmin edilen değeri göstermektedir.

## 2.1. Ölçüm Noktalarının Belirlenmesi

Standartlara göre kapalı basketbol salonlarında aydınlatma ölçümleri oyun sahası veya toplam oyun alanının ölçülmesine göre yapılmaktadır. Oyun sahası müsabakanın gerçekleştiği çizgiler ile sınırlı olan 28 m uzunluğu 15 m genişliği olan alandır. Toplam oyun alanı ise oyun sahasına güvenlik alanının eklenmesiyle oluşan 32 m uzunluğu 19 m genişliği olan alandır.

Bu çalışmada oyun alanının parıltı ölçümleri yapılmaktadır. Bunun için ilk olarak basketbol salonunun ölçüm noktalarının belirlenmesi yapılmıştır. Ölçümler için standartlarda olduğu gibi salonun yüzeyi üzerinde 2 m x 2m aralıklarla (ızgaralandırma) ölçüm noktaları belirlenmiştir. Bu şekilde toplam 91 ölçüm noktası işaretlenmiştir. Şekil 2. belirlenen ölçüm noktaları görülmektedir.



Şekil 2. Ölçüm noktalarının belirlenmesi

## 2.2. Parıltı Ölçümü

Parıltı, bir yüzeyden yansiyarak özel bir uzay açısında göze ulaşan toplam akı miktarının; yüzeyin görülen kısmına oranı olarak tanımlanmaktadır. Parıltı kavramı, yüzey, yüzeyin bir noktası ve gözlem doğrultusunu kapsamaktadır. Parıltı birimi  $cd/m^2$ 'dir ve L ile sembol edilir. Lambert yasasına göre ışık yayan bir yüzeyin parıltısı (Özkaya & Tüfekçi, 2011):

$$L = \frac{E \cdot \rho}{\pi}$$

3

Burada,  $\rho$  yüzeyin yansıtma katsayısını, E aydınlık düzeyini temsil etmektedir

Belirlenen ölçüm noktalarının parıltısını ölçmek için Konica Minolta LS-160 model parıltı ölçer kullanılmıştır. Bütün ölçüm noktalarının aynı açısız boyut ile ölçülerek kayıt edilmiştir.

## 2.3. Görüntü Alma Sistemi

Ölçüm noktalarının aynı standartlarda fotoğraflarını almak için kamera (Canon Eos 200D), lens (18-55mm) ve tripattan oluşan görüntü alma sistemi oluşturulmuştur. Bu sistem sayesinde salondaki noktaların aynı yükseklikte, aynı açısız boyutta ve aynı kalitede görüntüleri alınabilmektedir. Görüntü alma sistemi Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. Görüntü alma sistemi

Görüntü alma sistemi 1,5 m yüksekliğe ayarlanarak bütün ölçüm noktalarının fiziksel olarak aynı şartlarda görüntü alınması sağlanmıştır. Sonuçlara etki etmemesi için sistemin flaş mekanizması devre dışı bırakılmış ve ham görüntü elde etmek için görüntü işleme yapmayan manuel özelliği kullanılmıştır. Ayrıca işlenmemiş ham görüntü formatı olarak kullanılan .raw formatı kullanılmıştır.

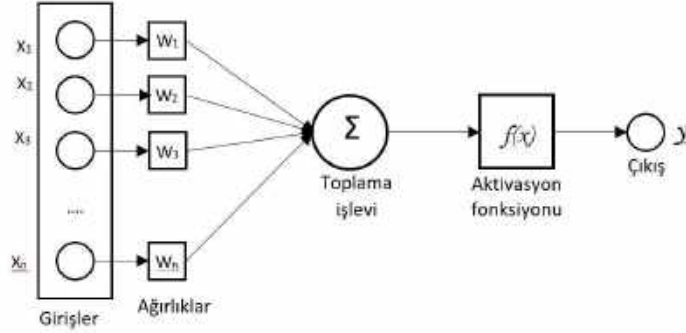
Ölçüm noktalarının fotoğrafları görüntü işleme programına aktarılmış ve burada piksel (R, G, B) değerleri öğrenilmiştir. Bunun için her ölçüm noktasının 25x25 boyutlarında piksel değerlerinin ortalaması alınmıştır.

## 2.4. Yazılım

Basketbol salonunun parıltı değerleriyle piksel değerleri arasında bağıntı kurmak için yapay zekâ teknikleri kullanılarak masaüstü bir program geliştirilmiştir. Programın esnek, değişken, hızlı çalışabilmesi için C# programlama dili tercih edilmiştir. Yapay zekâ tekniklerinden de yapay sinir ağları kullanılmıştır.

#### 2.4.1. Yapay sinir ağı

Yapay sinir ağı (YSA) girdi ve çıktı verileri arasındaki karmaşık ve doğrusal olmayan ilişkileri belirleyebilen esnek bir matematiksel yapıdır (Açıkkar & Sivrikaya, 2020). Yapay sinir ağı en uygun değeri bulma, sınıflandırması, model seçimi ve işlev tahmini gibi işlerde başarılıdır. Bir yapay sinir, biyolojik sınırlara göre daha basit olmasına karşın, biyolojik sinirlerin 5 temel işlevini taklit ederler. Bunlar, girişler, ağırlıklar, toplama işlevi, etkinlik işlevi ve çıkıştır (Çetin, 2007). Şekil 4'te yapay sinir ağı modeli gösterilmiştir.



Şekil 4. Yapay sinir ağı modeli

Girişler çevreden aldığı bilgiyi sinire getirir. Ağırlıklar yapay sinir tarafından alınan girişlerin sinir üzerindeki etkisini belirleyen uygun katsayılarıdır. Her bir giriş kendine ait bir ağırlığa sahiptir. Toplama işlevi sinirde her bir ağırlığın ait olduğu girişlerle çarpımının toplamalarını eşik değeri ile toplayarak etkinlik işlevine gönderir. Toplama işlevinin sonucu, etkinlik işlevinden f (etkinlik) geçirilip çıkışa iletilir. Sinir, etkinlik işlevinin eşik seviyesinin altında çıkış üretmez. Sinir, etkinlik işlevinin eşik seviyesinin üzerinde çıkış üretir. Çıkış, etkinlik işlevi sonucunda dış dünyaya veya diğer sinirlere gönderildiği yerdir (Çetin, 2007).

#### 2.4.2. Yazılımın tanıtılması

Geliştirilen yazılım Microsoft Visual Studio 2015 IDE'sinde C# programlama dili kullanılarak hazırlanmıştır. Yazılımın kullanımı kolay, ulaşılabilir ve esnek bir masaüstü program olmasına dikkat edilmiştir. Şekil 6'da hazırlanan yazılımın arayüzü görülmektedir.

Şekil 5. Yazılım arayüzü

Kullanıcı eğitim ve test verilerini excel dosya formatında yazılıma yükleyebilmektedir. YSA aktivasyon fonksiyonu olarak kullanıcıya sigmoid ve tanjant sigmoid seçenekleri sunulmaktadır. YSA giriş sayısı 3 (R, G, B) ve YSA çıkış sayısı 1 (parıltı) olarak belirlenmiştir. Bu değerler sabit olarak belirlenmiştir ve kullanıcının değiştirmesine izin verilmemektedir. Öğrenme parametreleri kısmından kullanıcı maksimum iterasyon sayısı (varsayılan 10000), öğrenme katsayısı (varsayılan 0,2) ve momentum katsayısı (varsayılan 0,1) parametrelerini belirleyebilmektedir. Kullanıcı gizli katman ve düğüm sayısı kendisi karar verebilmekte ve değiştirebilmektedir.

### 3. Uygulama

Parıltı ölçer kullanılarak belirlenen noktaların parıltı değerleri, görüntü alma sistemi kullanılarak da piksel değerleri öğrenilmiştir. Tablo 1'de ölçüm noktalarının parıltı değerleri; Tablo 2'de piksel (R, G, B) değeri görülmektedir.

Tablo 1. Noktaların parıltı değerleri ( $cd/m^2$ )

Ölçüm noktaları	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	112,78	115,83	117,36	112,58	77,47	333,24	119,83	222,23	116,84	112,29	66,83	55,37	44,66
2	44,66	330,45	331,18	333,99	332,24	335,41	334,92	442,63	336,15	332,91	227,02	330,68	44,69
3	44,45	332,26	330,74	441,58	333,36	226,23	334,58	227,78	227,3	331,74	229,38	224,83	44,7
4	55,27	55,44	66,81	444,88	229,58	334,96	77,79	119,42	224,96	331,18	55,91	55,28	44,63
5	77,74	77,39	113,37	330,85	440,22	334,09	110,37	333,68	442,37	223,02	66,3	55,9	55,05
6	114,91	550,4	440,84	449,48	664,46	664,53	557,36	553,24	338,81	225,87	332,36	223,73	44,67
7	66,07	228,15	227,65	229,44	336,62	338,13	330,73	229,44	339,82	227,64	222,05	117,71	33,05

Tablo 2. Noktaların piksel değerleri (R, G, B)

Ölçüm noktaları	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	67	66	52	45	73	63	47	46	138	137	119	126	118
	78	75	66	57	81	75	61	56	85	89	80	81	77
	102	103	91	84	98	97	91	77	43	50	52	49	47
2	131	211	209	201	211	208	215	211	52	49	74	70	178
	137	179	175	166	175	165	180	166	63	60	82	77	113
	135	131	127	117	118	99	125	98	91	88	101	93	42
3	120	196	194	183	192	190	191	187	203	214	206	202	130
	115	155	146	136	143	140	145	135	169	178	162	162	135
	110	89	80	74	76	72	79	64	122	125	101	106	138
4	100	93	98	166	171	171	108	175	197	192	190	185	115
	96	93	90	119	119	121	103	123	151	144	141	139	112
	101	101	95	65	63	62	105	61	80	78	74	77	113
5	70	104	80	153	158	167	78	163	170	209	91	94	103
	77	96	77	105	106	114	83	111	124	177	89	90	102
	94	96	88	57	58	58	100	55	71	125	94	93	106
6	69	145	145	154	148	153	153	158	169	167	76	70	69
	67	99	94	104	95	99	105	103	120	113	79	74	77
	80	59	55	55	50	49	58	48	64	60	91	84	96
7	62	147	128	123	132	122	137	138	152	158	143	142	53
	59	99	81	77	81	83	90	85	101	104	91	94	61
	66	52	47	44	44	55	54	43	54	50	51	54	79

Basketbol salonunun parıltısını öğrenmek için yapay sinir ağları (YSA) kullanıldı. Yapay bir sinir ağı modeli üç giriş (R, G, B), üç gizli katman ve bir çıkış (parlaklık) katmanı ile tasarlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucu en başarılı sonuç olarak her gizli katmanda 10 nöron içeren modelde başarı elde edilmiştir. Bu tasarımda, geri yayılım algoritması ağı modeli kullanılmıştır. Giriş değerleri ve çıkış değerleri arasındaki hata sinyali tespit ederek, bu hata sinyaline göre ağırlıkları tekrar güncellenmektedir. Ayrıca iterasyon sayısı 10.000, momentum 0,1, öğrenme katsayısı 0,2 olarak belirlenmiştir.

Çalışmada 91 tane veriden oluşan veri seti kullanılmıştır. Bu verilerin 64'ü eğitim seti, 27'si test seti (% 70 eğitim,% 30 test) olarak kullanılmıştır. Test ve eğersiz verileri rastgele seçilmektedir. Sonuçları değerlendirmek için doğruluk oranı, MSE (Ortalama Kare Hatası), Kök ortalama kare hatası (RMSE) yöntemleri kullanılmıştır.

Veriler rastgele seçildiği için farklı veriler altında farklı sonuçları gözlemleyebilmek için yapay sinir ağı modeli 5 kez çalıştırılmıştır. Eğitim ve test verileri için Tablo 3'de doğruluk, MSE ve RMSE değerleri görülmektedir.

Tablo 3. doğruluk, MSE ve RMSE değerleri

Test No	Eğitim			Test		
	Doğruluk (%)	MSE	RMSE	Doğruluk (%)	MSE	RMSE
1	63,75	75,21	8,67	60,75	55,66	7,46
2	70,00	55,91	7,48	79,25	111,54	10,56
3	74,68	52,26	7,23	90,37	97,34	9,87
4	57,50	42,64	6,53	75,55	120,13	10,96
5	63,75	72,14	8,49	75,55	53,72	7,33
Ortalama	65,94	59,63	7,68	76,30	87,67	9,24

Çalışma sonucunda ortalama doğru tahmin oranı eğitim verilerinde % 65,94, test verilerinde % 76,30; ortalama MSE değeri eğitim verilerinde 59,63, test verilerinde 87,67; ortalama RMSE değeri eğitim verilerinde 7,68, test verilerinde 9,24 olmuştur.

#### 4. Sonuç ve Tartışma

Bu çalışmada basketbol salonlarının parıltısını ölçmek için yapay sinir ağı tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir.

Ölçümler için Konica Minolta LS-160 parıltı ölçer ve Canon Eos 200D fotoğraf makinesi kullanılmıştır. Bu cihazlardan yapılan ölçümlerin aynı sonuçları ortaya koyabilmesi için aynı görüş açısı ile ölçülmesi ve fotoğraf alınması gerekmektedir. Sistemde hazırlanan görüntü alma sistemi ile parıltı ölçümünde aynı görüş açısının kullanılmasına dikkat edilmiştir. Bunun için görüntülerin standart olması için tripot, kamera ve lensten oluşan bir görüntü alma sistemi oluşturulmuştur.

Işık ölçüm değerleri çevresel şartlara göre değişebilen bir büyüklük olduğu için kapalı spor salondaki yapay aydınlatma kaynaklarının parıltı ölçümünde dış etkenlerin en az düzeye indirilmesine hedeflenmiştir. Bunun için kapalı spor salonunda bulunan aydınlatma amaçlı ışık kaynakları dışındaki bulunan yapay aydınlatma kaynakları (bina aydınlatması, reklam panoları, skorboard vb.) kapatılmıştır. Kapalı spor salonlarında doğal aydınlatmadan faydalanmak ve havalandırma için bulunan camlardan gelecek ışığı (güneş ışığı, ay ışığı, yıldızların ışığı vb.) engellemek için önlemler alınmış ve en uygun (doğal aydınlatmanın minimum olduğu) zaman diliminde ölçümler yapılmıştır.

Parıltı ölçer yüzeyden yansıyarak gelen ışık miktarını ölçmek için kullanılmaktadır. Bu yüzden yüzeyin yansımaya katsayısı ölçümleri etkilemektedir. Yüzeyin yapısı, yıpranma katsayısı, rengi ölçüm sonuçlarını etkileyecektir. Bu yüzden farklı salonlarda yapılacak ölçümler için salona özgü veri setinin oluşturulması gerekmektedir.

Parıltı ölçer cihazı noktasal ölçüm yapabilirken geliştirilen yapay sinir ağı temelli yazılım sayesinde bütün basketbol salonunun fotometrik ölçümleri kısa sürede yapılabilmektedir. Böylece zamandan ve paradan tasarruf edilebilmektedir.

Test ve eğitim verilerinin doğru tahmin oranı %71,12 olmuştur. Çalışmada, elde edilen sonuç verilerinin MSE ve RMSE değerleri sıfıra yakın değerler alması amaçlanmıştır. Sonuçlar yorumlandığında eğitim ve test verileri normalize edilmediği için bu değerler yüksek çıktığı görülmüştür. Ayrıca işlemleri için rastgele seçilen değerlerin sonuçları etkilediği ve farklı test işlemlerinde farklılıkların olduğu görülmüştür. Veri sayısı ve verilerin rastgele seçimi sonuçları etkilemiştir.

Bu çalışmada yapay zekâ tekniklerinden yapay sinir ağı yöntemi tercih edilmiştir. Başarı oranını arttırmak için ölçüm nokta sayısı artırılabilir ve diğer yapay zekâ teknikleriyle hesaplamalar yapılabilir. Böylece doğru tahmin oranı artacak; MSE ve RMSE değerleri azalacaktır.

#### Teşekkür

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje Numarası: 3899.

#### Kaynakça

- Açıkkar, M., & Sivrikaya, O. (2020). Yıkanmış Türk Linyit Kömürlerinin Üst Isıl Değerinin Destek Vektör Regresyonu ile Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(18), 16-24.
- Błaszczak, U. J., Gryko, Ł., & Zajac, A. S. (2019). Characterization of multi-emitter tuneable led source for endoscopic applications. *Metrology and Measurement Systems*, 26(1).
- Błaszczak, U. J., & Zajac, A. S. (2016). Selected metrology problems implied by the application of LED technology in lighting. *Informatyka, Automatyka, Pomiar w Gospodarce i Ochronie Środowiska*.
- Cengiz, M. S., & Cengiz, Ç. (2018). Numerical Analysis of Tunnel LED Lighting Maintenance Factor. *IIUM Engineering Journal*, 19(2), 154-163.
- Corcione, M., & Fontana, L. (2003). Optimal design of outdoor lighting systems by genetic algorithms. *Lighting Research & Technology*, 35(3), 261-277.



- Çetin, E. (2007). *Yapay Zekâ Uygulamaları*. Baskı, Ankara, Seçkin Yayıncılık.
- TS EN 12193 (2019). *Aydınlatma ve Işık. Spor Aydınlatması*.
- Houser, K., Royer, M., & Mistrick, R. (2010). Light loss factors for sports lighting. *Leukos*, 6(3), 183-201.
- Houser, K., Wei, M., & Royer, M. P. (2011). Illuminance uniformity of outdoor sports lighting. *Leukos*, 7(4), 221-235.
- Hsu, C.-H. (2010). The Effects of Lighting Quality on Visual Perception at Sports Events: A Managerial Perspective. *International Journal of Management*, 27(3), 693.
- Kayakuş, M., & Üncü, I. (2019). Research note: the measurement of road lighting with developed artificial intelligence software. *Lighting Research & Technology*, 51(6), 969-977.
- Korukçu, Ö. (2015). Spor salonlarında ısı konfor iç hava kalitesi ve aydınlatma. Paper presented at the 12. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir.
- Mohandas, P., Dhanaraj, J. S. A., & Gao, X.-Z. (2019). Artificial Neural Network based Smart and Energy Efficient Street Lighting System: A Case Study for Residential area in Hosur. *Sustainable Cities and Society*, 48, 101499.
- Nail, E. (2015). Yol Aydınlatma Armatürleri için Bakım Faktörünün Belirlenmesi. Paper presented at the VIII. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, İzmir.
- Özkaya, M., & Tüfekçi, T. (2011). *Aydınlatma Tekniği*, Birsen Yayınevi. In: İstanbul.
- FIBA Central Board (2018). *Basketball Equipment*.
- Shanghai Sports (2000). *Sports Buildings in Shanghai*. In. China: Tongji University Press.
- Sung, P. S. (2001). The design concepts of landscape lightings. *Journal of Laminating Engineering*, 18(1), 25-29.
- Tetri, E., Chenani, S. B., & Rasanen, R.-S. (2018). ADVANCEMENT IN ROAD LIGHTING. *Light & Engineering*, 26(2).
- Tsai, C. C. (1983). *Facilities of Sports Buildings*. In. Taipei: Sports Publishing.
- Tun, C. K. (1993). *Sports Venues*. In. China: People's Sports Publishing House.
- Üncü, İ., Arisoy, A., & Büyükarikan, B. (2015). Stable Light Level Detection in the Light Pools Using Neural Network Algorithms. *Acta Physica Polonica A*, 128(2B).
- Üncü, İ., & Coşkun, S. (2015). LED Board Error Detection Automation with Image Processing. *Acta Physica Polonica A*, 128(2B).
- Üncü, İ., Coşkun, S., Sönmez, C., & Biçakçı, O. (2016). CRI and GAI Comparison in LED Light Sources Using Image Processing. *Acta Physica Polonica A*, 130(1), 379-381.
- Zhou, J., Wang, X., & Feng, D. (2014). Importance-aware lighting design in volume visualization. Paper presented at the 2014 13th International Conference on Control Automation Robotics & Vision (ICARCV).



## Mersinde Bulunan Hazır Yemek Firmalarının Mutfak Hijyeni Koşullarının Değerlendirilmesi

Öznur Özgel<sup>1\*</sup>, Zehra Yıldız<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı, Mersin (ORCID: 0000-0002-1907-5358)

<sup>2</sup>Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği, Mersin (ORCID: 0000-0003-1304-4857)

(İlk Geliş Tarihi 29 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 26 Ağustos 2020)

(DOI:10.31590/ejosat.729536)

**ATIF/REFERENCE:** Özgel, Ö. & Yıldız, Z. (2020). Mersinde Bulunan Hazır Yemek Firmalarının Mutfak Hijyeni Koşullarının Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 778-785.

### Öz

Yemek yapılan ya da yemek servisi sunan hazır yemek firmalarının mutfaklarında gerekli hijyen şartları sağlanmadığı takdirde en önemlisi sağlık olmakla birlikte ciddi ekonomik kayıplar oluşabilmektedir. Bu sorunları ortadan kaldırmak için mevcut veya oluşabilecek riskler tespit etmeli ve riskleri önlemek için gerekli tedbirler alınmalıdır. Bu çalışmada Mersin'de bulunan bazı hazır yemek firmalarının mutfak hijyen koşulları Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği ile Tarım ve Orman Bakanlığı Kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda hazır yemek firmalarının fiziksel ve teknik altyapısı itibarıyla mutfak hijyeni açısından yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Hazır yemek işletmeleri, gıda güvenliği ile hijyen kriterlerine uygun şekilde tesisi kurup, üretim yapmalıdır. Ayrıca bu tesisler yetkililerce habersiz, belirsiz ve sık aralıklarla denetlenmelidir. İşyeri mutfaklarında hijyen koşulları sağlandığı takdirde hem ülke hem de işletme için ekonomik fayda sağlanacak ayrıca işgücü emeği, zaman ve hammadde kaybı önlenebilecektir.

**Anahtar Kelimeler:** Hazır Yemek Firmaları, Hijyen, Mutfak Hijyeni.

## Evaluation of Kitchen Hygiene Conditions of Ready-Made Food Companies in Mersin

### Abstract

If the necessary hygiene conditions are not provided in the kitchen, the most important is health but serious economic losses can occur. In order to prevent these problems, it is necessary to identify the existing risks and take necessary measures to prevent these risks. In this study kitchen hygiene conditions of the ready meals company located in Mersin in Turkey Chambers and Stock Exchanges Union studies and evaluated and compared according to the Ministry of Agriculture and Forests Criteria. The catering companies lack quality, hygiene and occupational health and safety in terms of their physical and technical infrastructure. In order to eliminate these risks, ready-to-eat establishments are required to establish and produce facilities in accordance with the food safety and hygiene criteria from the beginning of the installation phase. Catering companies must establish, manufacture and inspect the facility in accordance with food safety and hygiene criteria. Providing hygiene conditions in workplace kitchens, economic benefit will be provided both for the country and the enterprise and also the loss of labor, time and raw materials can be prevented.

**Keywords:** Caterers, Hygiene, Kitchen Hygiene.

\* Sorumlu Yazar: Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, Mersin, Türkiye, ORCID: 0000-0002-1907-5358, [oztuna2010@hotmail.com](mailto:oztuna2010@hotmail.com)

## 1. Giriş

Hazır yemek firmaları, yüksek sayıda kişiye yemek üretme ve sunma görevini üstlenen toplu beslenme kuruluşlarıdır (Sezgin ve Artık, 2015; Sezgin ve Özkaya, 2014; Milli Eğitim Bakanlığı, 2003). Günümüzde yaşam koşulları gereği birçok kurum ve işletme hem zamandan hem de ekonomik olması sebebiyle hazır yemek firmalarından hizmet almaktadır (Kaya ve Sevinç, 2015). Bu firmalar ağırlıklı olarak okul, hastane ve fabrikalar olmak üzere birçok kurum ve kuruluşta yemek hizmeti vermektedir. Yiyecek-içecek hizmeti alan kuruluş ile hazır yemek hizmeti veren firmalar arasında sunulacak menünün içeriği, öğün saatleri, ücreti, sunum şekli gibi ürün kalitesi ve standartlarını belirten şartnamelere dayalı sözleşmeler imzalanmaktadır. Hazır yemek işletmesi tarafından sunulan hizmetin aynı kalitede ve sorunsuz olması için en önemli kriter, yemeklerin hijyen şartlarındaki sürekliliğidir. Hijyenik şartların bozulmasında mutfakta kullanılan alet ve ekipman, hammadde, personel, mutfağın alt yapısı ve fiziksel durumu gibi bir çok etken vardır (Yabancı ve Sanlier, 2007). Bu etkenler, uygun olmayan koşullarda hazır yemek üretimi yapılan mutfak için birer risk etmenidir. Bu risklerin önlenmesi olası bir sağlık veya maddi kaybın oluşmaması için hazır yemek firmalarının üretim şartları kriterlerine, standartlarına ve iş sağlığı ve güvenliğine uygun şekilde mutfak tasarlanmalı ve üretim yapılmalıdır. Hazır yemek firmasının Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan üretim izni alabilmesi için öncelikli olarak Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği (TOBB) 'den kapasite raporu alması gerekir. Tarım ve Orman Bakanlığı da gıda firmalarının bakanlığın hijyen standardına uygun üretim yapmasını öngörür.

Tarım ve Orman Bakanlığı'nın hijyen ile ilgili kriterleri oldukça detaylıdır. Üretim yeri özelliklerinden üretimde kullanılan alet ekipmana, personelden depolama ve atık ürünlere kadar her aşaması için hijyen kriterlerini belirlemiştir. TOBB'un kriterleri sadece makine ve tesisat üzerinedir. Tarım ve Orman Bakanlığı firmada kapasitesi ne olursa olsun teknik personeli bulundurmaya zorunlu kılar. TOBB' un böyle bir kriteri yoktur. Ama bir firmanın üretim yapabilmesi için her iki kurumunda onayını alması şarttır. Eğer söz konusu firma başvuru doğrultusunda TOBB'un kriterlerine uygun görülmez ise belgesi verilmez ve şartların sağlanarak tekrar başvuruları istenir. Kriterlere uygun ise rutin kontroller üretim konusuyla ilgili eğitim almış eksper eşliğinde 2 yılda bir firmanın bilgisi dahilinde olur ve varsa eksikleri firmanın tamamlaması talep edilir. Tarım ve Orman Bakanlığı ise TOBB' deki gibi firma üretim izni aşamasında kontrolde gerekli şartları sağlamıyor ise gerekli belgeleri alamaz. Gerekli şartları sağlamış ve üretim izni olan firmalarda ise denetim firmadan habersiz bakanlığın uygun gördüğü planlama ve sıklıkta olur. Denetim sırasında kontrol eden memur isterse depodaki üründen veya üretimden numune alır ve akredite bir laboratuarda analiz ettirebilir. Kontrol neticesinde firmada hijyen koşullarına uygun olmayan bir durum tespit edilirse bakanlık firmaya uyarı veya ceza hatta üretimi kısmen veya tamamen durdurma kararı verebilir. Yani bakanlığın TOBB'dan farklı olarak yasal yaptırımı vardır. Tarım ve Orman Bakanlığı üretim yapan firmanın kendi iç hijyen denetimini yapmasını ve kayıt altında tutmasını öngörür. Bu çalışmada, Mersin de faaliyet gösteren bazı hazır yemek firmalarının mutfakları TOBB ile Tarım ve Orman Bakanlığının hijyen standartlarına göre incelenmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada Mersin'de bulunan hazır yemek firmaları TOBB Sanayi birimi hazır yemek firmalarına ait zorunlu makine tesisat kriterleri ve Tarım ve Orman Bakanlığı'nın işyeri fiziksel hijyen şartları, personel hijyeni, depolama hijyeni ve alet ekipman hijyeni kriterleri değerlendirilmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı illere göre gıda işletmelerinin sektörel dağılımı raporuna göre Mersinde 43 kayıtlı hazır yemek firması bulunmaktadır (Tarım Orman Bakanlığı, 2019). Mersin'de faaliyet gösteren 20 hazır yemek firmasına ziyaretler yapılmış ve firma mutfaklarının üretime ait bütün kısımları gezilerek inceleme yapılmıştır. Mersin ili hazır yemek firmalarının kapasite profili incelendiğinde 20 yemek firmasından 3 tanesinin resmi 17 tanesinin ise özel kurumdur. Mersinde faaliyet gösteren yemek firmalarının ağırlıklı olarak Akdeniz ilçesinde buldukları tespit edilmiştir. Bu çalışmada incelenen 20 yemek firmasının 13 tanesi Akdeniz, 4 tanesi Toroslar, 2 tanesi Yenişehir ve 1 tanesi Mezitli ilçelerinde faaliyet göstermektedir.

Bu çalışmada mutfakların üretim yerleri, mutfağın genel fiziksel şartları, alet ekipmanları, personelin genel hijyen durumu, soğuk hava depoları ve erzak odaları incelenmiştir. Firmalarında yapılan incelemeler hem işverenler hem de firmanın teknik personeli (gıda mühendisi veya kimya mühendisi) eşliğinde yapılmıştır. İşveren ve çalışanlarla gerçekleştirilen görüşmeler ve firma mutfaklarında yapılan inceleme sonuçları değerlendirilmiş ve çözüm önerilerinde bulunulmuştur.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Üretim Kapasitesinin Mutfak Hijyenine Etkisi

Hazır yemek firmalarının günlük tabldot sayısında, yani günlük üretim kapasitesine bağlı olarak çalışan personel sayısında artış gösterdiği görülmüştür. Kurumsal yemek hizmeti veren hazır yemek firmalarını günlük tabldot rakamlarına göre mikro, küçük, orta ve büyük ölçekli olarak sınıflandırılabilir (Balci ve Gültekin, 2018). Tablo 3.1 den görüldüğü üzere Mersin'de bulunan hazır yemek firmalarının çoğu küçük ölçekli işletmelerdir.

Tablo 3.1. Mersin İli Yemek Firmalarının Kapasite Oranı Dağılımı

Firma Türü	Firmada Çalışan Kapasitesi	Firma Sayısı
Mikro işletme	1-1000 kişi	1
Küçük Ölçekli İşletme	1001-5000 kişi	13
Orta Ölçekli İşletme	5001-10.000 kişi	4
Büyük İşletme	10.000 > kişi	2

Yemek firmaları, resmi kurumlara yemek hizmeti vermek için ihalelere girmesi gerekmektedir. İhalelerin ön şartlardan biri firmaların ISO 9001 kalite belgesi sahibi olmasıdır. Ayrıca özel kurumlara verilecek hizmetlerde, hizmet verilecek firma İSG ve ISO 22000 gibi kalite uygulamalarının tam yapıldığı firmalar ise hizmet aldığı yemek firmasından da aynı sistem ve kalitede hizmet beklemektedir. Dolayısıyla yemek verilen kurumun kriterleri ve çalışma şartları yemek firmasının hijyen kalitesine etki etmektedir. Hem kamu kurumlarına hem de özel kurumsal işletmelere verilen hizmetlerde kriterler yüksek ise yemek firmasının işletme kapasitesi, personel sayısı ve teknik alt yapısı yeterli olmalıdır. Mutfağın büyüklüğü ve birimlere ayrılmış olması (et işleme, sebze işleme, tatlı ve pasta işleme alanları gibi) işletmenin üretim kapasitesini arttırmaktadır. Firmanın kendi alanında çalışan personelin işlediği ürün ve ürüne özel alet ekipman hijyen standartlarına uygun olmalıdır. Her birim için yeterli personel olması, kalite ile hijyen uygulamalarını takip etmek ve düzenli kayıt tutabilmek için önemlidir.

### 3.2. İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamasının Mutfak Hijyenine Etkisi

İş sağlığı ve güvenliği (İSG) açısından hazır yemek firmalarındaki tehlike ve riskler ile ilgili alınacak önlemlerin mutfak hijyenine ve dolayısıyla hizmet verdikleri kurum ya da kuruluşlara çok önemli katkıları olacaktır (Akman vd., 2018). Hazır yemek firmaları için tehlike ve riskler tablo 3.2 de verilmiştir. Depolama, ilaçlama, personel kişisel temizlik, mutfağın fiziksel özellikleri ve mutfak hijyeni öncelikli risk grubundadır.

Tablo 3.2. Hazır Yemek Firmaları İçin Tehlike ve Riskler

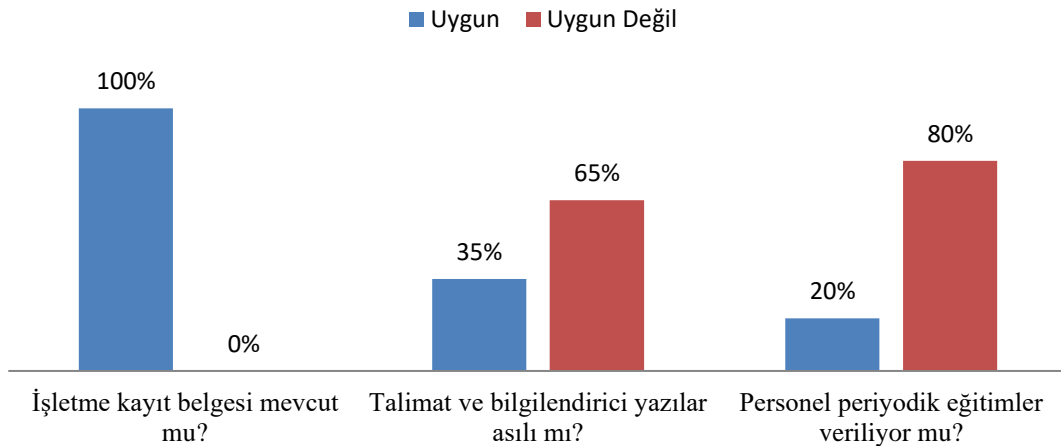
Tehlike	Risk
Aydınlatma, Sıcaklık, Havalandırma	Hastalanma
Depolanan Gıda Maddeleri	Zehirlenme
Periyodik Haşere İlaçlaması Yapılmaması	Hastalanma
Kişisel Hijyen	Salgın Hastalık

Her işyerinde olduğu gibi yemek firmalarında da stratejik kaynak personeldir (Taşdemir ve Öztürk, 2019). Önleyici yaklaşımlarda da insan kaynağı önemli rol oynamaktadır. İşletmelerde çalışanların hijyen eğitimine katılımı sağlanarak davranışsal risklerin kontrol altına alınması sağlanmalıdır (Sormaz vd., 2014). Personel, çalıştığı ortamda kendini güvende ve değerli hissederse işyerinde verimli çalışır.

Mersin'de incelenen yemek firmalarından sadece %20'sinde İSG uzmanı olduğu tespit edilmiştir. Bu firmalarda aktif olarak bulunan İSG uzmanı ise iki kişidir. Bu kişiler aynı zamanda İSG uzmanı olan işletmede görev yapan gıda mühendisleridir. İSG tedbirleri alınmış ve İSG şartlarına uyulan bir işletmede iş kazaları büyük oranda önleneceği için güvenli bir çalışma ortamı sağlanmış olur. İSG uygulamasının çalışanların iş kanununa göre haklarının korunmasından dolayı işine olan motivasyonu fazladır (Akman vd., 2018).

### 3.3. Gıda Güvenliği Yönetim Sistemlerinin Mutfak Hijyenine Etkisi

Sanayileşme, gıda üretimi, dağıtım, depolama ve gıda servisi yapan işletmelere yasal yaptırımlarla birlikte gıda güvenliği sistemlerinin de etkin bir şekilde kurulmasını ve uygulanmasını zorunlu hale getirmiştir. Gıda güvenlik sistemlerinden biri olan Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları (HACCP), üretim, ürün depolama, proses tasarımı, proses kontrolü, kalite ve hijyen kontrolünü sağlamaya yarayan bir sistemdir (Ramsingh, 2010; Hobbs, 2002). Mersin ili hazır yemek firmaları incelendiğinde 20 firmanın tamamının kayıt belgesi olduğu tespit edilmiştir. Kayıt belgesi, Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından verilen firmaların üretim izni için gerekli bir belgedir. Ancak gıda güvenliği kalite sistemleri uygulaması açısından değerlendirildiğinde 20 firmanın 13'ünün talimat ve bilgilendirici yazılarının eksik olması sebebiyle uygunsuz olduğu görülmüştür. Dört firmanın personel eğitimleri düzenli verildiği, 16 firmanın ise personele hijyen eğitimlerini kısmen veya birer kez verdiği belirlenmiş ayrıca eğitimlerin periyodik takibinin yapılmadığı tespit edilmiştir. Şekil 3.1'de Mersin İli hazır yemek firmalarında kayıt belgesi, talimat ve bilgilendirici yazılar, periyodik personel eğitimleri gibi gıda güvenliği sistemi uygulama durumları gösterilmiştir.



Şekil 3.1. İşletmede Gıda Güvenliği Sistemi Uygulaması

İşletmelerde bilgilendirici yazılar, personeli ikaz etmesi ve bilgilendirmesi açısından büyük önem taşır. Talimat ve bilgilendirici yazılar, mutfak hijyen uygulamalarının ve personel mutfak hijyeni eğitiminin önemli bir parçasıdır. Hazır yemek firmalarında talimat ve bilgilendirici yazılar uygun şekilde asılmalı, personele bu yazı ve talimatlara uymaları gerektiği ve önemi anlatılmalıdır.

Gıda güvenliği sistemleri, tüketim anında gıdada bulunabilecek gıda kaynaklı fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik tehlikelerin giderilmesi için alınması gereken tüm önlemleri içermektedir (Sevilmiş, 2016). Gıda güvenliği standartlarının yemek firmalarına en büyük kazanımı izlenebilirliğin sağlamasıdır. İzlenebilirlik sistemi, en yakın tedarikçiden en son çıkan ürünün ilk dağılım rotasını belirleyebilmektedir (Koç vd., 2008).

İzlenebilirlik kayıtları, potansiyel güvenli olmayan ürünlerin kontrol altında tutulması ve ürün geri çekmeyi olanaklı kılmak için sistem değerlendirmesine yönelik, belirli bir süre saklanmalıdır. Kayıtlar, yasa ve yaptırımlarla birlikte müşteri şartları ile de uyumlu olmalıdır (Altaş, 2010). Gıda güvenliği sistemi, işletmede görevli tüm üretim personelin yaptığı işin takibini ve kayıt altında tutmasını sağlar. Personel takibi, personelin gerekli hijyen, kalite ve gıda güvenliği eğitimi almasını ve bilgilerinin belli aralıklarla tekrarlayarak test etmesini sağlar. Gıda güvenliği sistemine göre üretim işletmelerinin kendi ürün kontrollerini için laboratuvar kurmaları gereklidir. Üretim işletmelerinde laboratuvar koşullarının sağlanması, sağlıklı üretim yapılabilmesi ve olası bir olumsuzluğu erken belirlemesini sağlar (Tosun, 2011).

### 3.4. Gıda Mühendisinin Mutfak Hijyenine Etkisi

Hazır yemek firmaları, halk sağlığını etkileyen önemli kurumlardan biridir. Dengeli beslenmeye yönelik menü oluşturmak ile birlikte kaliteli hizmetin sağlanması ve sürekliliği için sorumlu yöneticilere önemli görevler düşmektedir (Çakır vd., 2009). Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 27.08.2004-25566 tarih ve sayılı resmi gazetede yayınlanan yönetmeliğe göre gıda, gıda ile temas eden madde ve malzemeleri üreten tüm gıda işletmelerine çalışma izni ve üretim izni işlemleri ile birlikte sorumlu yönetici istihdamını da zorunlu kılmıştır (Resmî Gazete, 2004). Mersin ili hazır yemek firmaları incelendiğinde 20 işletmenin tamamında gıda mühendisi istihdam edilmektedir. 5 adet işletmede ise birden fazla gıda mühendisi istihdam edildiği tespit edilmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından yasal bir zorunluluk olmasından dolayı incelenen yemek firmalarının tamamında gıda mühendisi çalışmaktadır. Birden fazla gıda mühendisi çalıştıran firmaların ise gıda mühendislerine kalite sorumlusu, üretim sorumlusu ve proje sorumlusu gibi farklı birimlerde görev vermiştir. Birden fazla gıda mühendisi istihdam eden %25 firmanın diğer %75 firmaya göre daha yüksek kapasite de yemek üretimi yaptığı görülmüştür. Ayrıca yemek firmalarının hizmet verdikleri kurumlar tarafından yemek servisi sırasında bulundurulmak üzere yemek üretim sorumlusu gıda mühendisi dışında proje sorumlusu gıda mühendisi talep ettikleri tespit edilmiştir.

Gıda mühendisleri, hijyen, üretim teknolojileri ve HACCP gibi konulara hakim olup, gereken kalite ve hijyen standartlarını kolaylıkla uygulayabilmekte ve izleyebilmektedirler. Mutfak personellerine iç denetim için belirli aralıklarla hijyen eğitimi verebilir ve iç denetime mutfak personeli de dahil edebilir. Ayrıca çoğu gıda üretim firmasında gıda mühendislerinin aynı zamanda İSG uzmanı olması hem iş hem de personel sağlığı ve hijyen uygulamalarına katkı sağlamaktadır.

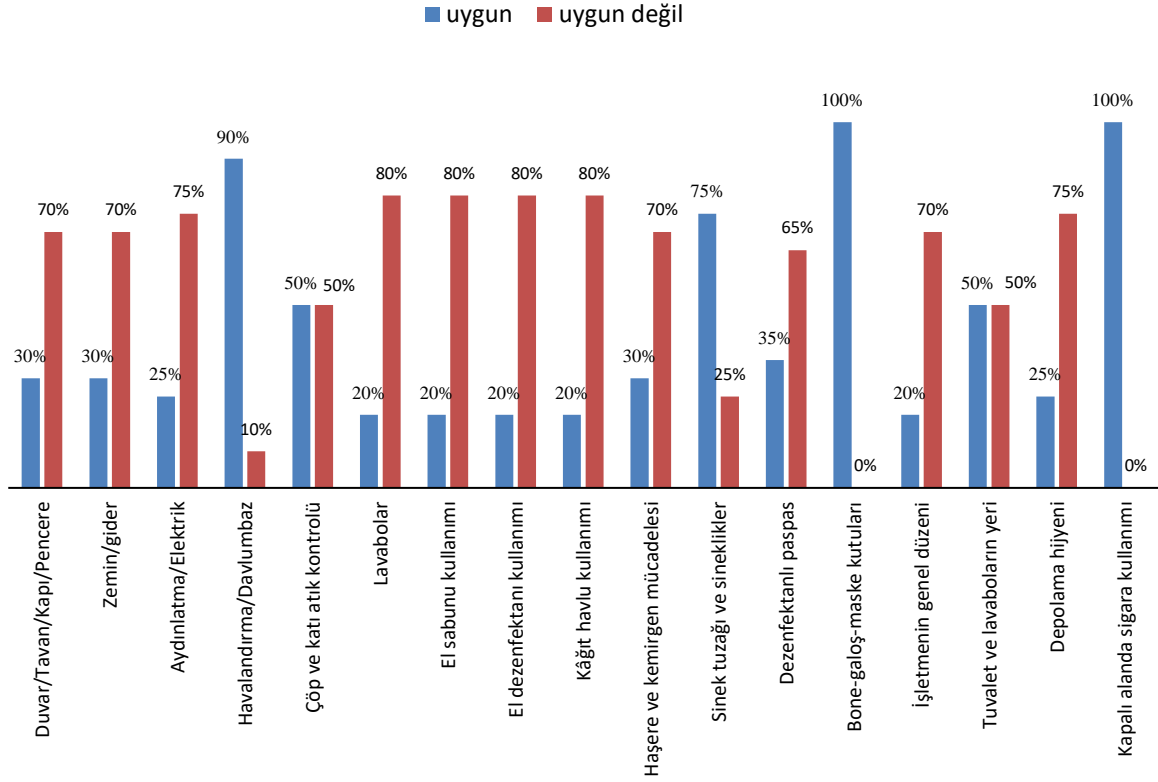
### 3.5. Hazır Yemek Firmalarının Mutfak Hijyeninin TOBB ve Bakanlık Kriterlerine Göre Değerlendirilmesi

Çalışmada incelenen firmalar TOBB'un verdiği kapasite raporu ile Tarım ve Orman Bakanlığı üretim iznine sahiptir. Firmaların hepsinde Gıda Mühendisi veya Kimya Mühendisleri teknik müdür olarak görev yapmaktadır. Mersin'deki 20 hazır yemek firması mutfak hijyeni TOBB ile Tarım ve Orman Bakanlığı kriterleri doğrultusunda, fiziksel hijyen şartları, alet ve ekipman hijyeni, personel hijyeni ve depolama hijyeni değerlendirilmiştir.

#### 3.5.1. İşyeri Fiziksel Hijyen Şartlarının Değerlendirilmesi

İşyeri fiziksel hijyen şartları değerlendirmesi tamamen bakanlığın kriterleri kapsamındadır. İncelemelerde genel olarak işletmelerin personel sayısı ile lavabo ve tuvalet sayısının orantılı olmadığı ve yetersiz olduğu tespit edilmiştir. İncelenen firmaların 16 tanesinde lavabo yetersiz olup, lavabolarda sabun ve firma içinde dezenfektan bulunmaması nedeniyle uygunsuz bulunmuştur. 15 tanesinde aydınlatma yetersiz, 14 tanesinin duvar ve zemin temizliği yönünden uygun olmadığı tespit edilmiştir. 14 adet firmanın haşere ve kemirgenlere karşı yeterli önlem almaması, işletmenin genel düzenin dağınık olması nedeniyle uygun olmadığı görülmüştür. 13 adet firmanın dezenfektanlı paspaslarının bütün giriş ve çıkış noktalarında bulunmaması sebebiyle uygunsuz bulunmuştur. Mersin ili hazır yemek firmalarının genel hijyen uygunluğu Şekil 3.2. de görülmektedir.





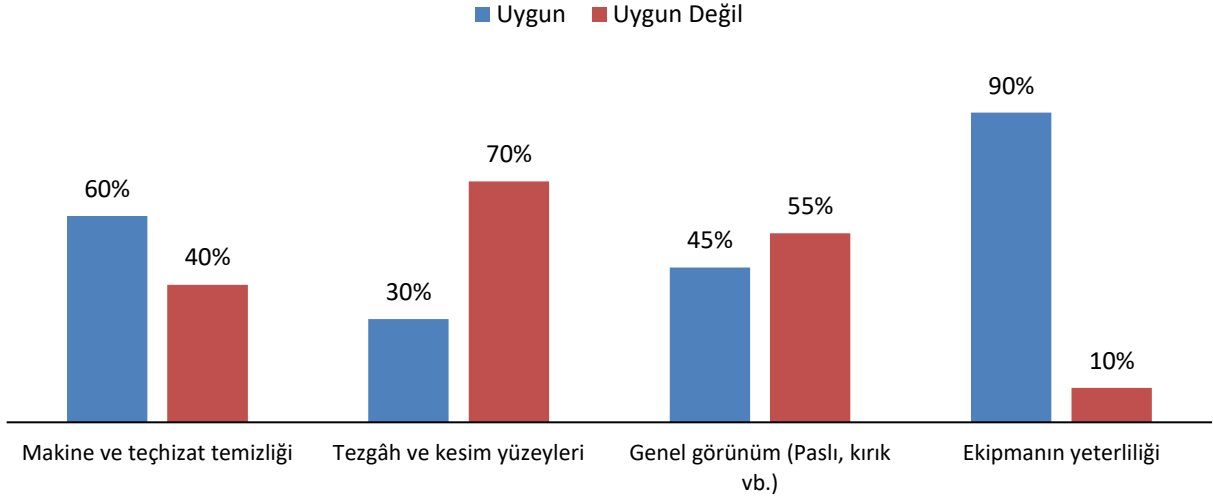
Şekil 3.2. Mersin İli Hazır Yemek Firmaları Genel Fiziksel Hijyen Uygunluğu

Firmaların, lavabo ve tuvalet temizliği açısından yarısının yetersiz olduğu gibi personel tuvaletinin üretim yerinin içinde olduğu görülmüştür. El sabunu, kâğıt havlu ve el dezenfektan açısından firmaların %80'ni uygunsuzdur. Firmaların %75'inde sineklik ve sinek tuzağı vardır. Firmaların %70'inde fare kapanı olmadığı dolayısıyla haşere ve kemirgenlerle ilgili gerekli önlemlerin yeterli düzeyde alınmadığı tespit edilmiştir. İşletmelerin %75'inde ışıklandırmanın yetersiz ve zayıf, %70' nin duvar fayansının kırık veya kirlidir. Ayrıca kapı yeri üretim alanının hemen önünde olması uygun değildir.

Mutfakta zemin yıkanabilir olmalı, derz araları sağlam olmalı ve kırık dökük olmalıdır. Zeminde yeterli gider olmalı ve suyun akışına göre meyilli olmalıdır. Yeterli gideri olmayan zeminlerde su birikintisi sebebiyle nem rutubet oluşabileceği gibi, kayganlıktan dolayı iş kazası da oluşabilir. Tarım ve Orman Bakanlığı kriterlerine göre duvarlar 2 m'ye kadar fayans olması gerekmektedir. Fayans, kir tutmaz yüzeyi pürüzsüz ve açık renkli olmalıdır. Pencere dışarıdan gelebilecek toz, yavancık madde, sinek haşere ve kemirgenlere karşı korunaklı olmalıdır. Aydınlatma, üretimde yapılan işin takibinde hem de iş kazalarının önlenmesinde önemlidir. Havalandırma, yemek firmalarında en önemli konulardan biridir. Yemek firmalarında, pişen yemekten dolayı oluşan kokuyu, buharı ve yağlı çekebilecek bir aspiratör sistemi olmalıdır. Aspiratörlerin içindeki filtreler bulaşan yağlar düzenli olarak temizlenmelidir. Filtreler iyi temizlemez ise yapışan toz ve kirden dolayı mikrobiyolojik yük oluşturabileceği gibi filtreler yapışan yağlar alevlenerek mutfak yangını gibi iş kazalarına da neden olabilir. Çöplerin boşaltımı ve çöp kutularının temizliğine dikkat edilmemiş ise istenmeyen koku, mikrop ve haşere oluşumuna neden olabilir. Bu nedenle çöp kovaları üretim sonrası hemen üretim alanında uzak çöp depolama kısmına taşınmalı ve çöp kovalarının gerekli dezenfeksiyonu yapılmalıdır. Hazır yemek firmalarında personele ait yeterli tuvalet ve lavabo bulunmalı fakat üretim alanı içerisinde olmamalıdır. Lavabolarda sabun kâğıt havlu eksikliği olmamalı, tuvalet ve lavabo temizliğine özen gösterilmelidir. Üretim alanı giriş ve çıkışlarında dezenfektanlı paspas bulunmalı ve paspasın temizliğine dikkat edilerek dezenfektanlı solüsyon düzenli aralıklarla yenilenmelidir.

### 3.5.2. Alet ve Ekipman Hijyeni Değerlendirmesi

İşletme alet ekipman yeterliliği hem TOBB hem de Tarım ve Orman Bakanlığı kriterleri açısından önemlidir. Kullanılan alet ekipmanın hijyen ve temizliği malzeme özelliği ise bakanlık hijyen kriterleri kapsamındadır. Ekipman yeterliliği ise TOBB kriterleri kapsamında değerlendirilmiştir. TOBB'un kriterlerine göre makine ekipman yetersizliği olan firmalara kapasite raporu verilememektedir. İncelen firmaların % 90'nın makine ve ekipman açısından yeterli olduğu görülmüştür. İncelen firmalardan 14 tanesinin Tarım ve Orman Bakanlığı hijyen kriterlerine göre mutfakta kullanılan tezgah ve kesim yüzeylerinin temiz olmadığı, 11 firmanın da üretim için kullandığı ekipmanları arasında alüminyum veya plastik malzeme olduğu ve üretim şartlarına uygun olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.3. Mersin İli Yemek Firmaları Alet ve Ekipman Hijyeni

Mutfak gereçlerinin ve tezgah yüzeyleri üretim bitiminde uygun deterjanlarla temizlenip iyi durulanmalıdır. İyi temizlenmeyen gereç ve tezgah yüzeylerinin gıdalara bulaşarak mikrobiyolojik bir sorun oluşturabileceği gibi deterjanla yıkandıktan sonra iyi durulanmadıkları takdirde de kimyasal zehirlenmeye neden olabilirler.

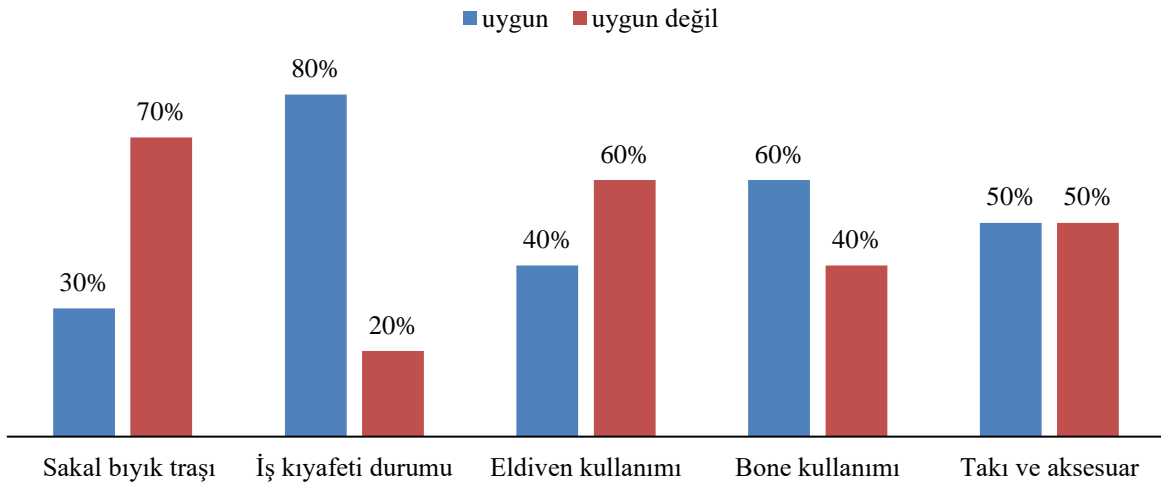
Aynı zamanda alüminyum ve plastik malzemeden yapılmış mutfak gereçleri aşınmaya müsait olduğundan mutfak üretiminde kullanılması uygun değildir. Aşınmış tencere ve tavalar ya da plastik kapların kullanımı insan sağlığına zarar verebilir (MEB, 2019).

### 3.5.3. Personel Hijyeninin Değerlendirilmesi

Personel hijyeni, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın işletme hijyen kriterleri kapsamına girmektedir. Gıda güvenliği ve hijyenin sağlanmasında personelin kişisel ve giysi temizliği, eldiven ve bone kullanımına dikkat edilmemesi risk etmenidir. Ayrıca hizmet sektörü olan hazır yemek sektöründe personel hijyen kurallarına uygunluğu hizmet sundukları müşteri üzerinde fiziksel risk açısından güven algısı oluşturmaktadır.

Bazı soğuk mezelerdeki mikrobiyolojik yük, personelin uygun hijyen şartlarında üretim yapmaması ve depolanmamasından kaynaklanır (Bayazit, 2003). Buna bağlı olarak personelin hijyen bilgi düzeyi ve eğitimi mutfak hijyenini etkileyen önemli bir kriterdir. Gıda işyerlerinin %60'ı bakanlığa ait gıda mevzuatını bilmemekte olup, %52 si ise gıda hijyeni eğitimi almamıştır. İlkokul ve ortaokul mezunu personelin %52 gibi yüksek bir oranda olması eğitim düzeyi düşük işletmelerde hijyen düzeyinin de düşük olmasına sebebiyet vermektedir (Özmen, 2009).

Mersin ili hazır yemek firmalarında yapılan incelemede firmaların 14 tanesinde sakal ve bıyık traş olmayan personel olduğu tespit edilmiştir. 10 firmada personelin üretim sırasında takı ve aksesuarının bulunduğu ve 8 firmada bonenin saçları tam olarak kapacak şekilde doğru takılmadığı tespit edilmiştir. Şekil 3.4. de görüldüğü gibi personel hijyeni ile ilgili en büyük zafiyetin personelin sakal bıyık traş konusunda olduğu ve %70 uygunsuz olduğu görülmüştür.



Şekil 3.4. Mersin İli Hazır Yemek Firmaları Personel Hijyeni

İş kıyafetlerinin ise %80 oranında uygun olsa bile yine takı kullanımındaki %50 ve eldiven kullanımındaki %60'lık uygunsuzluk personelin hijyen uygulamasındaki kişisel temizliğin önemi hakkında yeterli bilgiye sahip olmadığı ve firmanın kendi iç denetiminde aksaklıklar olduğunu göstermektedir.

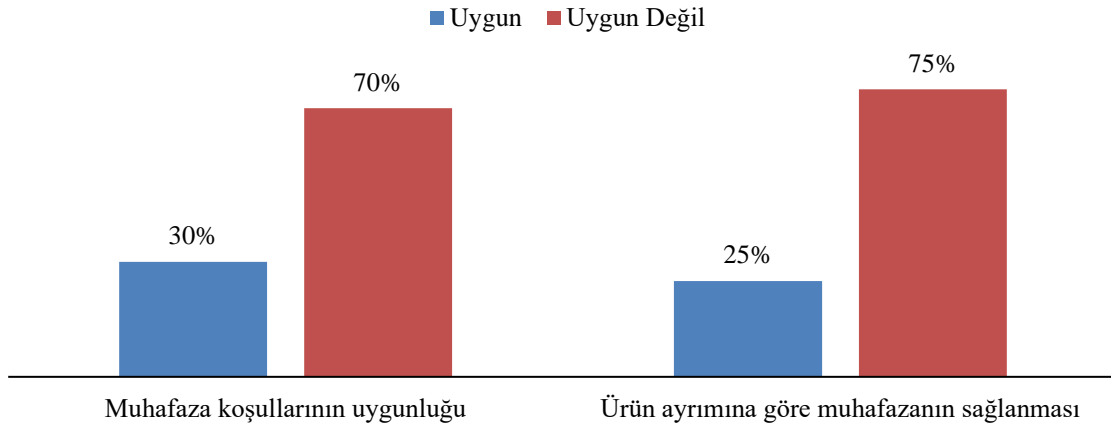
Personele, hijyen koşullarının sağlanmasında kendi üzerine düşen görev ve sorumluluğu anlatılmalıdır. Gıda üretiminde çalışan bütün personel potansiyel bir patojen mikroorganizma taşıyıcısı olarak düşünülerek iyi üretim uygulamaları konusunda yeterli bilgi ve yeteneğe kavuşana kadar eğitilmelidir (Tunalı, 2009). Personel eğitimi, güncel ve sürekli olmalıdır. Personelin hijyen bilgi düzeyi belirli aralıklarla ölçmek hijyen alışkanlıklarının oluşturulmasında önemlidir (Kızıltan vd., 2000; Dere, 2018). Belli aralıklarla personel verilen eğitimler personelde algı oluşturarak daha önce fark etmediği riskleri artık görebilmesini sağlamaktadır (Demirbağ ve Karanis, 2017). Personelin aldığı eğitimi destekleyici olarak mutfakta çalışmaya başlamadan önce el yikanırken yapılması gereken işlem basamakları anlaşılır ve görünür şekilde ilgili yerlere asılmalıdır (Işık, 2007).

### 3.5.4. Depolama Hijyenin Değerlendirilmesi

Depolama hijyen koşulları değerlendirmesi bakanlığın kriterleri, depo ayırımına göre ürün depolama ise hem Tarım ve Orman Bakanlığı hem de TOBB'un kriterleri kapsamındadır. Firmalardan 14 tanesinin muhafaza koşulları açısından uygun olmadığı görülmüştür.

Depolanan gıda ürünlerin raflara gelişigüzel dizilmiş olduğu yine bazı gıda ürünlerinin duvar ve yerle temas ettiği tespit edilmiştir. 15 firmanın depolarda ürün ayırımına dikkat ederek depolanmadığı çığ ve pişmiş ürünlerinin aynı depoda bulunması nedeniyle uygun olmadığı tespit edilmiştir. Özellikle yiyecek depolarının temizlik ve düzenine özen gösterilmelidir. Nemli yer bırakılmamalıdır, her yer temizlendikten sonra iyi kurulanmalıdır. Yiyecekler, zeminden yüksek ve kapalı olarak muhafaza edilmelidir (MEB, 2019). Soğuk depoda en önemli hususlardan biri çığ ve pişmiş gıdalar arasındaki çapraz bulaşma riskidir. Bu nedenle çığ ve pişmiş gıdalar için ayrı soğutucu kullanılmalıdır. Aynı soğutucu kullanılıyorsa ayrı raflara yerleştirilmeli, çığ gıdalardan pişmiş gıdalara sızıntı olması engellenmelidir. Kolay bozulabilen ve pişmiş gıdalar derinliği az olan kaplar ile soğutucuya alınmalıdır. Ayrıca elektrik kesintisine karşı de tedbirler alınmalıdır (Bilici, 2008).

Şekil 3.5. de incelen firmaların depolama koşulları gösterilmiştir. İncelenen firmaların %70 nin depolama koşullarının uygun olmadığı ve %75' nin ise ürün ayırımına uygun olmayan biçimde depolandığı tespit edilmiştir.



Şekil 3.5. Mersin İli Hazır Yemek Firmaları Depolama

## 4. Sonuç

Hazır yemek sektörü birçok girişimci için kolay ve kazançlı bir sektör görülmesi sebebiyle tercih edilmektedir. Ancak konunun hassasiyeti ve mutfak hijyen gereklilikleri yerine getirilmediği takdirde ağır sağlık problemleri yaşanabilmektedir. Hazır yemek firmalarının ortak mutfak hijyeni sağlamada yaşanan sorunlar, öncelikle mutfağın fiziksel koşulları, personel hijyeni, alet-ekipman ve bu üç etkene bağlı olarak gıdaların hijyeni konusundaki eksiklikler sebebiyle meydana gelmiştir. Mersinde incelenen yirmi yemek firmasından sadece ikisinin hem Tarım ve Orman Bakanlığı hem de TOBB' un kriterleri açısından tam olarak uygun olduğu görülmüştür. Bu yemek firmaları ise büyük kapasiteli ve kurumsal firmalara hizmet veren firmalardır. Büyük firmaların hizmet kalitesine cevap verebilmek için bünyesinde birden fazla hijyen konusunda uzman teknik personel çalıştırdığı ve diğer mutfak personeline rutin denetimler sağladığı tespit edilmiştir. Bunun sonucunda kendi iç denetimlerini yapabilmekte ve izlenebilirliği sağlayarak olası bir risk etmenini önceden tespit ederek önleyebilmektedirler.

## Kaynakça

- Akman, Ü., Gül, A., Özay, M. E. (2018). Bir Vaka Analizi: Hastanelere Hizmet Veren Taşeron Yemek Şirketlerinde İş Sağlığı ve Güvenliği. *OHS Academy*.1(2):74-82
- Altaş, O. (2010). Hazır Yemek İşletmesinde Kalite, Gıda Güvenliği, Çevre ve İş Sağlığı ve Güvenliği Entegre Yönetim Sistemleri. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ

- Balcı, Ü., Gültekin, U. (2018). Kurumsal Gıda Hizmeti Veren Hazır Yemek Firmalarının Gıda Güvenliği Yönetim Sistemlerini Uygulama Durumu: Adana İli Örneği. *Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 35-2
- Bayazit, A. A., Yılsay, T. Ö., Yılmaz, L. (2003). *Gıda Yem ve Bilim Teknolojisi*,4
- Bilici, S. (2008). Toplu Beslenme Sistemleri Çalışanları İçin El Kitabı, Ankara
- Çakır, B., Beyhan, Y., Akyol, M. (2009). Ankara'da Yemek Fabrikalarının Sorumlu Yöneticilerinin Beslenme Bilgi Düzeylerinin ve Toplu Beslenme Uygulamalarının Belirlenmesi. *Beslenme ve Diyet Dergisi / J Nutr and Diet* 37(1-2):51-65
- Demirbağ, B. C., Karanis, K. (2017). Risk Etmenlerine Yönelik Verilen Eğitimin Etkinliğinin Değerlendirilmesi. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 6(3): 92-97
- Dere, H. (2018). Toplu Beslenme Sistemlerinde Mutfak Personeline Verilen Hijyen Eğitiminin Mutfağın Hijyen Durumuna Etkisi. Yüksek Lisans Bitirme Tezi, Ankara
- Hobbs, J. E., Fearn, A., Spriggs, J. (2002). Incentive Structures For Food Safety And Quality Assurance: An International Comparison, Elsevier, Food Control 13:77-81
- <https://www.tarimorman.gov.tr>, Türkiye Geneli Onay Kayıt İşletmeler, E.T.24.12.2019
- Işık, N. (2007). Muğla'daki Birinci Sınıf Tatil Köylerinde Çalışan Mutfak Personelinin Aldıkları Hizmet İçi Eğitimi ve Mutfak Hijyen Durumunun Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Konya
- Kaya, K., Sevinç, G. (2015). Hazır Yemek İşletmelerinin Sorunları ve Çözüm Önerileri: Şanlıurfa Örneği. *Dicle Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 5(8): 1-9.
- Kızıltan, G., Merdol, K. (2000). Günde Beşyüz ve Üzeri Kişiye Yemek Servisi Yapılan Toplu Beslenme Kurumlarında Kullanılan Araç Gereçlerin Kalite ve Kantite Açısından Değerlendirilmesi. *Beslenme ve Diyet Dergisi*. 29(1): 17-23
- Koç, A., Bölük, G., Aşçı, S. (2008). Gıda Güvenliği ve Kalite Standartlarının Gıda İmalat Sanayinde Yoğunlaşmaya Etkisi. *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*. 16:83-115
- MEB, (2019). Yiyecek İçecek Hizmetleri. Hijyen ve Sanitasyon, Ankara.
- Milli Eğitim Bakanlığı.(2003). Toplu Beslenme Sektörü Araştırması. Ankara
- Özmen, S.A. (2009). Tekirdağ, İstanbul'daki Bazı Kasapların, Şarküterilerin ve Marketlerin Et Satış Reyonlarının Hijyen Durumunun Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ
- Ramsingh, B., (2010). The Codex in historical perspective: Food safety standards and the Codex Alimentarius Commission (1962–1973). *Mcis Briefings*, munkschool.utoronto.ca
- Resmi Gazete, (2004). Gıda ve Gıda ile Temas Eden Madde ve Malzemeleri Üreten İş Yerlerinin Çalışma İzni ve gıda sicili ve Üretim izni işlemleri ile Sorumlu Yönetici İstihdamı Hakkında Yönetmelik Yayımlandığı: 27.08.2004-25566.
- Sevilmiş, G. (2016). Gıda Güvenliğinde Neredeyiz, Mevcut Durum ve Öneriler. Ar-Ge Bülteni, Ocak-Şubat Sektörel, İzmir Ticaret Odası
- Sezgin, C. A., Özkaya, D. F.(2014). Toplu Beslenme Sistemlerine Genel Bir Bakış. *Akademik Gıda*. 12(1):124-128
- Sezgin, C. A., Artık, N. (2015). Toplu Tüketim Yerlerinde Gıda Güvenliği ve HACCP Uygulamaları. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*. 3(2):56-62
- Sormaz, Ü., Demirçivi, B. M., Yeşiltaş, M., (2014). Dışarıya Yemek Hizmeti Veren (Catering) İşletmelerde Çalışanların İş Güvenliği Bilgilerinin Değerlendirilmesi. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. 6(2):61-76,
- Taşdemir, D. Ö., Öztürk, B., (2019). Sürdürülebilir İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamalarında Kooordinasyon ve Kurum Kültürü. *Millî Kültür Araştırmaları Dergisi*, 3(1), ISSN: 2587-1331,
- Tosun, Z.B. (2011). Gıda Üretimi Yapan İşletmelerin Denetiminde Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ
- Tunalı, P. (2009). Hazır Yemek Üretimi Yapan Firmalarda HACCP Sistemi Uygulamalarının Mikrobiyolojik Yönden Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ
- Yabancı, N., Sanlier, N. (2007). An Assessment of Hygienic Conditions in Nursery Schools Kitchens' Article in *Nutrition & Food Science*, 37(6), 419- 426.



# Beton-PbO-WO<sub>3</sub> Bileşigi için İyonlaştırıcı Radyasyon Etkileşim Parametrelerinden Kütle Durdurma Gücü ve Durdurma Mesafesinin 0.015-20 MeV Enerji Aralığında Hesaplanması

Miraç Kamışlıoğlu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Uskudar University, Vocational School of Nuclear Technology and Radiation Protection, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0002-0666-8832)

(İlk Geliş Tarihi 29 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 26 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.710925)

**ATIF/REFERENCE:** Kamışlıoğlu, M. (2020). Beton-PbO-WO<sub>3</sub> Bileşigi için İyonlaştırıcı Radyasyon Etkileşim Parametrelerinden Kütle Durdurma Gücü ve Durdurma Mesafesinin 0.015-20 MeV Enerji Aralığında Hesaplanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 786-795.

## Öz

Bu çalışmada, nükleer santraller, endüstri, tıp ve tarım uygulamaları gibi çeşitli alanlarda iyonize edici radyasyon zırhlamasında kullanılan, PbO ve WO<sub>3</sub> içerikli beton bileşiklerinin gamma radyasyon koruyucu etkisi araştırılmıştır. Nükleer yapı analizleri için malzemelerin gamma radyasyon koruyuculuğu tespit edilirken, kütle zayıflatma katsayısı ( $\mu/\rho$ ) değeri hesaplanır. Bu çalışmada, 0.015-10 MeV geniş foton enerji bölgesi için WinXCom yazılımı kullanılarak elde edilen kütle zayıflatma katsayıları, ortalama serbest yol (MFP), yarı değer tabakası (HVL), onuncu değer tabakası (TVL), ve tesir kesiti  $\Sigma R$  değerlerinin hesaplamaları için kullanılmıştır. Bununla beraber, beton-PbO-WO<sub>3</sub> bileşiminin kütle durdurma gücü (MSP) ve durdurma mesafe (PR) değerleri, SRIM kodu kullanılarak H<sup>1</sup> ve He<sup>+2</sup> parçacıkları için hesaplanmıştır. SRIM kodu gelen radyasyonun etkileşimine bakarak malzemeyi geçip gitme oranının bir fonksiyonu olarak hesaplama yapan bir yazılım programıdır. MSP hesaplamalarının temelinde, Coulomb etkileşimi yoluyla hedef elektronların iyonlaştırması ve uyarılmalarından dolayı hedef atomların yavaşlaması vardır. Bu çalışmada sunulan sonuçlara bakıldığında, kullanılan 9 farklı bileşik içinde %100 PbO numunesinin gama radyasyonuna karşı en iyi zırhlama yeteneğine sahip malzeme olduğu gösterilmiştir. Ayrıca, %100 PbO içeren malzemenin soğurulan radyasyon miktarındaki azalmaya bakılarak zırhlama malzemesi olarak kullanılmasının uygunluğu yapılan diğer çalışmaları da destekler nitelikte olduğu gösterilmiştir. Ayrıca MSP değerinin yüksek enerji bölgesinde, malzemelerin kimyasal içeriklerine bağlı olarak etkileşimin proton ve alfa parçacıkları için de neredeyse sabit olarak değiştiği görülmüştür. PR değerleri ise, parçacığın durmak için girdiği alandan absorbe olduğu nokta arasındaki mesafenin bir fonksiyonu olarak değiştiği görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Beton-PbO-WO<sub>3</sub>, SRIM, MSP, PR.

## Ionizing Radiation Interaction Parameters Calculation of Mass Stopping Power and Projected Range for the Concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound in the energy range 0.015-10 MeV

### Abstract

In this study, gamma radiation protective effect of PbO and WO<sub>3</sub> containing concrete compounds used in ionizing radiation shielding in various fields such as nuclear power plants, industry, medicine and agriculture applications was investigated. For nuclear structure analysis, while determining the gamma radiation protection of materials, the mass attenuation coefficient ( $\mu/\rho$ ) value is calculated. In this study, the mass attenuation coefficient ( $\mu/\rho$ ) obtained by using WinXCom software for 0.015-10 MeV wide photon energy zone; mean free path (MFP), half value layer (HVL), tenth value layer (TVL) and removal cross-section  $\Sigma R$  were used for calculations. However, the mass stopping power (MSP) and stopping distance (PR) values of the concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound were calculated

\* Sorumlu Yazar: Uskudar University, Vocational School of Nuclear Technology and Radiation Protection, Istanbul, Turkey, ORCID: 0000-0002-0666-8832, [mirac.kamislioglu@uskudar.edu.tr](mailto:mirac.kamislioglu@uskudar.edu.tr)



for H<sup>1</sup> and He<sup>+2</sup> particles using the SRIM code. SRIM code is a software program that calculates the interaction of incoming radiation as a function of the ratio of the incoming particle passing through the matter. The basis of MSP calculations is the slowing of target atoms due to ionization and excitation of target electrons through Coulomb interaction. Looking at the results presented in this study, it has been shown that 100% PbO sample is the best shielding material against gamma radiation in 9 different compounds used. Moreover, it has been observed that the suitability of using the material containing 100% PbO as an armoring material by looking at the reduction in the amount of absorbed radiation has also been supported by other studies. It was also observed that the interaction of MSP value in the high energy region varies almost constantly for proton and alpha particles depending on the chemical contents of the materials. PR values, on the other hand, have been observed to change as a function of the distance between the particle absorbed from the area it enters to stop.

**Keywords:** Concrete-PbO-WO<sub>3</sub>, SRIM, MSP, PR.

## 1. Introduction

By the increasing use of ionizing radiation (gamma and x-rays) in nuclear power plants, industry, medicine and agriculture, the examination of the mass attenuation coefficients ( $\mu / \rho$ ) of various materials has become increasingly important (Hubbell 1982, Akkurt et al. 2010). Ionizing radiation sources have a wide range of applications in nanotechnology, biotechnology, semiconductor technology, medical applications, photochemistry, biology and geology (Jalali and Mohammadi 2008; McCuen 2012). The main purpose of radiation protection is to protect the employees by ensuring that they receive the lowest radiation dose possible to radiation workers and to ensure the use of protective materials that do not exceed the maximum radiation dose limits that can be taken in environmental applications. Therefore, the higher the density and the atomic number of the material which will be used for radiation shielding, it will be the higher the probability of radiation protection (Sharaf and Hamideen 2013). Depending on today's technological developments, there is an increase in the rates of usage of gamma and X-rays in these areas (Eke et al. 2017). The destructive and biological effects of ionizing radiation are known well (Jalali and Mohammadi 2008).

The use of new generation materials for radiation protection and the development of new radiation shielding materials have become a great need because of that the harmful effects of ionizing radiation (Jagetia 2007; Karabul et al. 2015; Çağlar et al. 2019). When performing radiation shielding calculations, simple photon-matter interaction mechanisms such as Compton scattering, photoelectric effect, and pair formation must be well defined (Sayyed and Lakshminarayana 2018). In radiation shielding studies, mass attenuation coefficients ( $\mu/\rho$ ) are examined as a measure of the interaction of a photon with the substance (Kumar 2017; Abbasova et al. 2019)

It has been examined in various studies that PbO and WO<sub>3</sub> doped materials have high radiation shielding properties, and in these studies, it has been observed that PbO and WO<sub>3</sub> doped materials also have a potential application area (Tekin et al. 2017; Dong et al. 2017). In addition, PbO and WO<sub>3</sub> doped materials have been shown to have intelligent applications due to their unique chemical and physical properties. These PbO and WO<sub>3</sub> doped materials are stated to have the following properties. Significant differences were observed in density and mass attenuation coefficient when replacing the lead (PbO) component with WO<sub>3</sub>. Lead is known as the subject of most studies due to its good radiation shielding material. For this study, materials with different radiation transport were produced using different ratios of lead composition (Tekin et al. 2017). Today, it is thought that matters for example concrete and Pb are used for radiation protection in nuclear power plants and both are a better alternative to concrete materials which can be recommended for required radiation protection (Akyildirim 2019). Since PbO and WO<sub>3</sub> doped materials absorb high energy radiation and are transparent to visible light, they are an alternative matrix compared to conventional matters (Mesbahi and Ghiasi 2018; Akkurt et al. 2010).

In this study, gamma radiation shielding properties of different ratios of PbO and WO<sub>3</sub> are added to concrete for photon and neutron interactions of X- and gamma rays at high energies. As a result of the researches conducted in this article, it can be concluded that this research shows that the PbO and WO<sub>3</sub>s added to the concrete and helps to realize the effect on the radiation shield properties. The main purpose of this study is to examine the radiation shielding parameters for %100 Concrete, %75 Concrete+%25 PbO, %50 Concrete+%50 PbO, %25 Concrete+%75 PbO, %100 PbO, %75 Concrete+%25 WO<sub>3</sub>, %50 Concrete+%50 WO<sub>3</sub>, %25Concrete+%75 WO<sub>3</sub>, %100 WO<sub>3</sub> by using  $\mu/\rho$ , HVL, TVL, MFP,  $\Sigma R$ , MSP and PR values.

## 2. Material and Method

### 2.1. WinXCoM Calculation

In the study conducted by Hubbell and Seltzer, the mass attenuation coefficient values which are theoretically calculated (Hubbell 1982). An alternative method suitable for manual calculations shows the need for the attenuation data required to calculate by the computer. Taking this into consideration, Berger and Hubbell (Trubey, D. K. Berger 2008) developed a computer program called XCOM to calculate the attenuation coefficients and cross-sections for any element, mixture or compound in the 1 keV-100 GeV energy region. Since then a number of updates have been made to this program, and a web version is now available. Recently, widely used and well known program (Gerward et al.; Trubey, D. K. Berger 2008). Windows infrastructure and Windows version are called WinXCom (Hubbell 1982).

In this study, the tables in the above-mentioned research were used for calculations. Concrete samples have been identified considering material properties such as elementary mass fractions and densities. Firstly, an ordinary concrete sample is modeled, considering the basic mass fraction and density properties (Dong et al. 2017). The next study was used to compare the results with the

standard WinXCoM data (Trubey, D. K. Berger 2008). To verify the modeled geometry, the obtained results were compared with the standard WinXCoM data for the pure concrete sample. The mass attenuation coefficients calculated by MCNPX were found to be in good agreement with the WinXCoM results. Definitions of concrete samples, basic mass fractions and densities of materials are given in Table 1 (Tekin et al. 2017).

Table 1. Density and chemical properties of the concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound

Element	%100 Concrete	%75Concr+ %25PbO	%50Concr+ %50PbO	%25Concr+ %75PbO	%100 PbO	%75 Concr+ %25 WO <sub>3</sub>	%50 Concr+ %50 WO <sub>3</sub>	%25 Concr+ %75 WO <sub>3</sub>	%100 WO <sub>3</sub>
Density (ρ,g/cm <sup>3</sup> )	2,26	4,0775	5,895	7,7125	9,53	3,2702	4,71	5,935	7,16
O	0,492	0,38692	0,28184	0,17676	0,07168	0,42076	0,34951	0,27827	0,20702
Na	0,005	0,00375	0,0025	0,00125	0	0,00375	0,0025	0,00125	0
Mg	0,003	0,00225	0,0015	0,00075	0	0,00225	0,0015	0,00075	0
Al	0,037	0,02775	0,0185	0,00925	0	0,02775	0,0185	0,00925	0
Si	0,37	0,2775	0,185	0,0925	0	0,2775	0,185	0,0925	0
Ca	0,082	0,0615	0,041	0,0205	0	0,0615	0,041	0,0205	0
Fe	0,011	0,00825	0,0055	0,00275	0	0,00825	0,0055	0,00275	0
Pb	0	0,23208	0,46416	0,69624	0,92832	0	0	0	0
W	0	0	0	0	0	0,19824	0,39649	0,59473	0,79298

## 2.2. Calculation Method of Shielding Parameters

Calculation of the MAC (μ/ρ) value is very important parameter to express the X-rays and gamma radiation retention of the material of radiation passing through a material. MAC (μ/ρ) value computed according to the Beer-Lambert law (Gerward et al. 2001; Yilmaz et al. 2011).

$$I = I_0 e^{-\mu x} = I_0 e^{-\mu_m t} \tag{1}$$

$$\mu_m = \left(\frac{\mu}{\rho}\right) = \frac{\ln(I_0/I)}{\rho t} \tag{2}$$

where I and I<sub>0</sub> indicates the attenuated and incident photons and x is showed the mass thickness of the material (great important for shielding calculation). Also, μ (cm<sup>-1</sup>) and μ<sub>m</sub> (cm<sup>2</sup>g<sup>-1</sup>) represent, and t (gcm<sup>-2</sup>) respectively. However, the density of the material is shown with ρ (gcm<sup>-3</sup>).

$$\mu_m = \left(\frac{\mu}{\rho}\right) = \sum_i w_i (\mu/\rho)_i \tag{3}$$

In the compound or a mixture, w<sub>i</sub> is given with this expression w<sub>i</sub> = n<sub>i</sub>A<sub>i</sub>/∑<sub>i</sub> n<sub>i</sub>A<sub>i</sub>. In the equation, A<sub>i</sub> is the atomic weight of the ith element, and n<sub>i</sub> is the number of atoms of ith constituent element. WinXCoM programme has been used for calculation of the MAC (μ/ρ) value (Gerward et al. 2001; Yilmaz et al. 2011). This value is created a major interest in the establishment of different nuclear models for X-ray and gamma photons (Singh et al. 2015).

HVL value is expressing the interaction of a material with gamma photon. It shows the halved thickness value in which the amount of radiation coming into the material (Kumar 2017). The HVL value proves how effective it is in gamma ray shielding. HVL (cm) values can be calculated following equation:

$$HVL = (\ln 2 / \mu) \tag{4}$$

On the other hand, the TVL value refers to the thickness of the substance in which the intensity of the incoming radiation decreases by one tenth. TVL (cm) values can be calculated following equation:

$$TVL = (\ln 10 / \mu) \tag{5}$$

MFP values represents the distance traveled by a moving photon between collisions in a material. The MFP value, is used quite often when examining radiation interaction, the other parameters. MFP (cm) values can be calculated following equation (Kamisioglu, Altunsoy Guclu, and Tekin 2020):

$$MFP = (1 / \mu) \tag{6}$$

Fast neutron removal cross-section ΣR (cm<sup>-1</sup>) is an indication of the possibility of interaction of neutrons and target material atoms. As the cross-section probability increases, the number of particles in the beam decreases accordingly as the number of interactions per unit time increases (El-Khayatt 2010). Beer-Lambert equation is utilized to compute the passage of fast neutrons (ΣR) in various thickness. ΣR (cm<sup>-1</sup>) values can be calculated following equation for composition or homogeneous compound (El-Khayatt 2010):

$$\Sigma R = \Sigma W_i (\Sigma R/\rho)_i \tag{7}$$

where  $w_i$  (g/cm<sup>3</sup>) is the weight percentages and  $\Sigma R/\rho$  (cm<sup>2</sup>/g) is the mass removal cross-section of the  $i$ th element.

The SRIM (Stopping and Range of Ions in Matter) code is the software package that calculates the stopping and range of ions, and it was developed by Ziegler and Biersack (Ziegler, Ziegler, and Biersack 2010). SRIM is a Monte Carlo simulation method and is known as a very powerful and very famous program in the relationship of radiation effects. SRIM tables for stopping power are a very friendly program that calculates the transport energy of the particle over a wide energy range. In fact, the SRIM code gives the amount of damage per unit with the help of neutron radiation damage. The effect of radiation on a particular substance, varies with amount of exposure absorption dose and energy. This radiation effect depends on the intensity of the energy, so we express it with the stopping power the energy lost while the charged particles pass through a material (Ziegler 2004).

Typical energies of beta particles released from radioactive sources are in the range of 1-10 MeV. As the energy decreases, the wavelength increases. As the atomic number increases, the coefficient of mass reduction at the specific wavelength increases with increasing  $Z$  because the stopping power increases (Ziegler et al. 2010). MSP (MeVcm<sup>2</sup> / g) value computed according to the Bethe-Bloch equality is given by the following equation:

$$-\frac{dE}{dx} = \frac{4\pi k_0^2 Z^2 e^4 n}{mc^2 \beta^2} \left[ \ln \frac{2mc^2 \beta^2}{I(1-\beta^2)} - \beta^2 \right] \tag{8}$$

in this equation, we can say that the expression of the MSP depends on the mass ( $m$ ), charge ( $e$ ) and velocity ( $\beta$ ) of the ion, the atomic number ( $Z$ ) and density of the material ( $\rho$ ) (Ziegler et al. 2010).

Understanding the losing energy of charged particles is very important in medical, medical and radiation applications. The energy loss rate of a charged particle is given by MSP and is obtained by dividing the linear stopping power by the density of the material. MSP ( $-dE / dx$ ) is a function that expresses the reduction of the kinetic energy of the ionizing particle passing through a material. MSP (MeVcm<sup>2</sup> / g) value can be calculated using the SRIM code (Tekin, Altunsoy, et al. 2019). Thus, how effective the protective material can be explained.

The PR value of a charged particle is determined by its travel before resting. Also, the PR refer to the range is defined in g (cm<sup>-2</sup>). The PR rates calculates are used to understand how charged particles are carried (Kuzmin 2006; Tekin, Issa, et al. 2019). PR value is computed following equality for proton and alpha (Tekin, Altunsoy, et al. 2019).

$$R(\beta) = \left( \frac{M}{Z^2} \right) R_p(\beta) \tag{9}$$

In this study, MSP and PR values for both H<sup>1</sup> and He<sup>+2</sup> particles have been calculated using SRIM software program for %100 concrete, %75 concrete+%25 PbO, %50 concrete+%50 PbO, %25 concrete+%75 PbO, %100 PbO, %75 concrete+%25 WO<sub>3</sub>, %50 concrete+%50 WO<sub>3</sub>, %25 concrete+%75 WO<sub>3</sub>, %100 WO<sub>3</sub> for between 0.010 and 10 MeV energies. As a result of studies, MSP and PR are indicating as a highly important parameter for identicate radiation shielding.

### 3. Results and Discussion

In this study, some nuclear radiation shielding parameters which are mass attenuation coefficient (MAC)  $\mu/\rho$  values, HVL, TVL, MFP and  $\Sigma R$  values were calculated by using WinXCom software for the photon energy range 0.01 MeV to 20 MeV. The MAC ( $\mu/\rho$ ) values are presented Fig. 1. As seen in Fig.1., all (MAC)  $\mu/\rho$  values which obtained in the energy range of 0.1 MeV to 20 MeV decrease with to the increase of photon energy. The reason for this can be commented as (MAC)  $\mu/\rho$  values vary depending on photoelectric absorption, Compton scattering and pair production for a material. Actually, it is seen that the (MAC)  $\mu/\rho$  values of the elements in the component changes according to the photon energy and atomic numbers (Jaeger, 1965; Chilton et al., 1984). Thus, the width of the region where an interaction predominate varies with the material type. At low energies where the photoelectric effect is dominant, the formation of photoelectric effect varies in proportional to  $Z^{4.5}$  and  $1/E^3$  (Hubbell 1982; Akyildirim 2018). The (MAC)  $\mu/\rho$  values is changed slightly due to Compton scattering becomes dominant interaction mechanism for the energy region from 100 keV to 10 MeV. The reason of this, it is caused by the interaction cross section changing with  $Z$  and  $1/E$  (Trubey, D. K. Berger 2008). Especially in the region of 0.05-6 MeV, the mass attenuation coefficients of all concretes are very close to each other. Therefore, sharp decreases are observed in the (MAC)  $\mu/\rho$  values of material in this investigation (Fig. 1.). From the Fig. 1. indicates that of the (MAC)  $\mu/\rho$  values highest and lowest are %100 PbO and %100 concrete in this energy region, respectively.

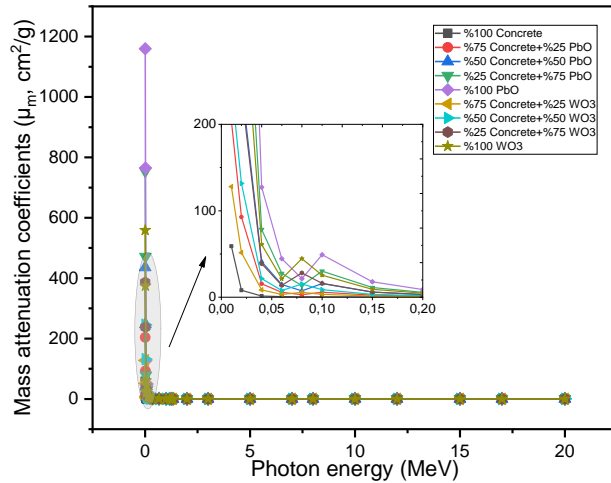


Figure 1. The MAC ( $\mu/\rho$ ) change graph of concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound according to the given photon energy

HVL and TVL values are the radiation shielding parameters that reduce the intensity of the radiation beam to half and tenth of its original value in a material, respectively, and they are frequently used with MFP value in radiation shielding calculations. In Fig. 2. it is given the graph of change of HVL values between 0.01 MeV and 20 MeV according to photon energy. In Fig. 3. it is given the graph of change of TVL values between 0.01 MeV and 20 MeV according to photon energy. Also, in Fig. 4. it is given a graph of change of MFP values between 0.01 MeV and 20 MeV according to photon energy. Looking at Fig. 2, Fig. 3. And Fig. 4. respectively; the HVL, TVL, and MFP values have been increased, at the same time the photon energy is increased. The HVL, TVL, and MFP values start to increase energy by taking the highest values around 5 MeV. This fact indicates that different interactions exist in different energy regions, for the HVL, TVL, and MFP values. In this study, the HVL, TVL and MFP values have been calculated for some material (%100 Concrete, %75 Concrete+%25 PbO, %50 Concrete+%50 PbO, %25 Concrete+%75 PbO, %100 PbO, %75 Concrete+%25 WO<sub>3</sub>, %50 Concrete+%50 WO<sub>3</sub>, %25Concrete+%75 WO<sub>3</sub>, %100 WO<sub>3</sub>). The value of lead and lead alloys was found to be lower than the concrete and the concrete alloys because it has a high density and atomic number. When we look at the results, it is clear that 0 PbO has the best radiation shielding properties compared to other materials. For the given energy region, %100 PbO concrete seems to be the best %100 Concrete least effective material.

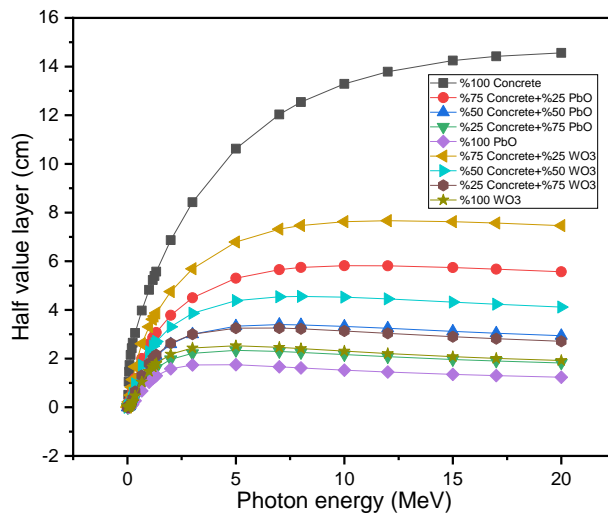


Figure 2. The HVL change graph of concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound according to the given photon energy

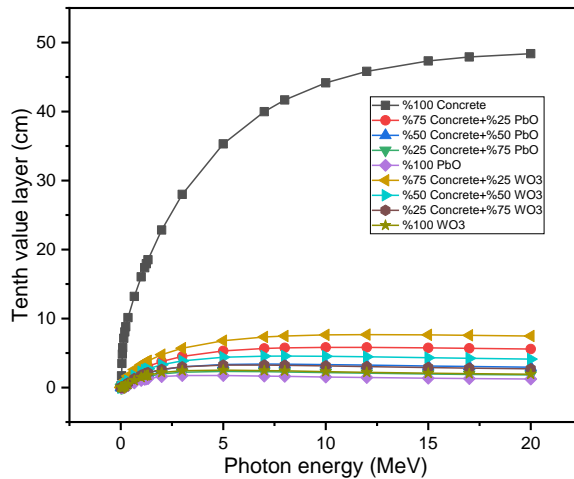


Figure 3. The TVL change graph of concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound according to the given photon energy

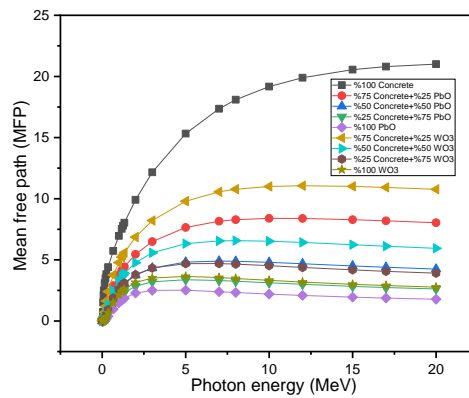


Figure 4. The MFP change graph of concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound according to the given photon energy

The neutron effective removal cross-section  $\Sigma_R$  refers to the possibility of the neutron particle passing through the substance without interacting. In this study, the radiation shielding properties of selected materials against fast neutrons are compared in Fig. 5. As it can be seen from the Fig. 5, %100 PbO has the highest  $\Sigma_R$  value and the %50 Concrete+%50 WO<sub>3</sub> has the lowest  $\Sigma_R$  value. All the computed  $\Sigma_R$  values for samples are given in Table 2. In addition, it was seen that the  $\Sigma_R$  values were changing depending on the physical and chemical components of the materials in Fig. 5.

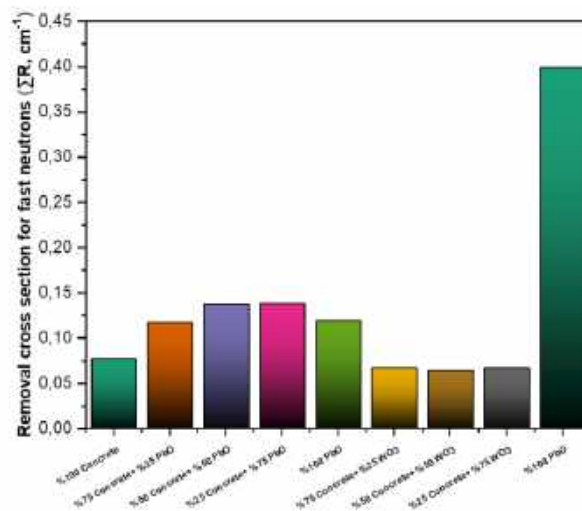


Figure 5. The  $\Sigma_R$  values of the concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound



Table 2. The  $\Sigma R$  table of concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound

Element	%100 Concrete ( $\rho = 2.26 \text{ g/cm}^3$ )			%75Concr+ %25PbO ( $\rho = 4.0775 \text{ g/cm}^3$ )			%50Concr+ %50PbO ( $\rho = 5.895 \text{ g/cm}^3$ )		
	Fraction by weight (%)	Partial Density ( $\text{g/cm}^3$ )	$\Sigma_R$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Fraction by weight (%)	Partial Density ( $\text{g/cm}^3$ )	$\Sigma_R$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Fraction by weight (%)	Partial Density ( $\text{g/cm}^3$ )	$\Sigma_R$ ( $\text{cm}^{-1}$ )
O	0,492000	1,11192	0,04503276	0,3869	1,5777	0,0639	0,2818	1,6614	0,0673
Na	0,005000	0,0113	0,00038533	0,0038	0,0153	0,0005	0,0025	0,0147	0,0005
Mg	0,003000	0,00678	0,00022577	0,0023	0,0092	0,0003	0,0015	0,0088	0,0003
Al	0,037000	0,08362	0,00245006	0,0278	0,1132	0,0033	0,0185	0,1091	0,0032
Si	0,370000	0,8362	0,0238317	0,2775	1,1315	0,0322	0,1850	1,0906	0,0311
Ca	0,082000	0,18532	0,00450327	0,0615	0,2508	0,0061	0,0410	0,2417	0,0059
Fe	0,011000	0,02486	0,00053200	0,0083	0,0336	0,0007	0,0055	0,0324	0,0007
Pb	0	0	0	0,2321	0,9463	0,0098	0,4642	2,7362	0,0285
W	0	0	0	0	0	0	0,2818	1,6614	0,0673
<b>TOTAL</b>			<b>0,076960</b>			<b>0,116940</b>			<b>0,137386</b>

Element	%25Concr+ %75PbO ( $\rho = 7.7125 \text{ g/cm}^3$ )			%100PbO ( $\rho = 9.53 \text{ g/cm}^3$ )			%75Concr+ %25WO <sub>3</sub> ( $\rho = 3.2702 \text{ g/cm}^3$ )		
	Fraction by weight (%)	Partial Density ( $\text{g/cm}^3$ )	$\Sigma_R$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Fraction by weight (%)	Partial Density ( $\text{g/cm}^3$ )	$\Sigma_R$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Fraction by weight (%)	Partial Density ( $\text{g/cm}^3$ )	$\Sigma_R$ ( $\text{cm}^{-1}$ )
O	0,1768	1,3633	0,0552	0,0717	0,6831	0,0277	0,4208	1,3760	0,0075
Na	0,0013	0,0096	0,0003	0,0000	0,0000	0,0000	0,0038	0,0123	0,0075
Mg	0,0008	0,0058	0,0002	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023	0,0074	0,0075
Al	0,0093	0,0713	0,0021	0,0000	0,0000	0,0000	0,0278	0,0907	0,0075
Si	0,0925	0,7134	0,0203	0,0000	0,0000	0,0000	0,2775	0,9075	0,0075
Ca	0,0205	0,1581	0,0038	0,0000	0,0000	0,0000	0,0615	0,2011	0,0075
Fe	0,0028	0,0212	0,0005	0,0000	0,0000	0,0000	0,0083	0,0270	0,0075
Pb	0,6962	5,3698	0,0558	0,9283	8,8469	0,0920	0,0000	0,0000	0,0075
W	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1982	0,6483	0,0075
<b>TOTAL</b>			<b>0,138297</b>			<b>0,119673</b>			<b>0,0671039</b>

Element	%50Concr+ %50 WO <sub>3</sub> ( $\rho = 4.71 \text{ g/cm}^3$ )			%25Concr+ %75 WO <sub>3</sub> ( $\rho = 5.935 \text{ g/cm}^3$ )			%100WO <sub>3</sub> ( $\rho = 7.16 \text{ g/cm}^3$ )		
	Fraction by weight (%)	Partial Density ( $\text{g/cm}^3$ )	$\Sigma_R$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Fraction by weight (%)	Partial Density ( $\text{g/cm}^3$ )	$\Sigma_R$ ( $\text{cm}^{-1}$ )	Fraction by weight (%)	Partial Density ( $\text{g/cm}^3$ )	$\Sigma_R$ ( $\text{cm}^{-1}$ )
O	0,0717	0,3376	0,0216	0,4208	2,4972	0,0075	0,0717	0,5132	0,0283
Na	0,0000	0,0000	0,0000	0,0038	0,0223	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000
Mg	0,0000	0,0000	0,0000	0,0023	0,0134	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000
Al	0,0000	0,0000	0,0000	0,0278	0,1647	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000
Si	0,0000	0,0000	0,0000	0,2775	1,6470	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000
Ca	0,0000	0,0000	0,0000	0,0615	0,3650	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000
Fe	0,0000	0,0000	0,0000	0,0083	0,0490	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000
Pb	0,9283	4,3724	0,0430	0,0000	0,0000	0,0075	0,9283	6,6468	0,3712
W	0,0000	0,0000	0,0000	0,1982	1,1766	0,0075	0,0000	0,0000	0,0000
<b>TOTAL</b>			<b>0,0646031</b>			<b>0,0671039</b>			<b>0,3995281</b>

As a result, the MSP and PR values were obtained by using the SRIM software for the concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound. In the Fig. 6 and Fig. 7. it shows that the changes in MSP values between the energies of 0.01-20 MeV. The MSP values vary as a function of kinetic energy which becomes a maximum of around 0.1 MeV and begins to decrease sharply after 0.1 MeV as shown in Fig. 6. and Fig. 7., respectively. All of these changes were calculated in it is shown in the Fig. 6 and Fig. 7. for proton (H<sup>1</sup>) and alpha (He<sup>+2</sup>) in the energy range 0.1-20 MeV, respectively. Furthermore, Fig. 6. and Fig. 7. illustrates that the %100 PbO has the minimum MSP values for the proton (H<sup>1</sup>) and alpha (He<sup>+2</sup>). Another one of the most important parameters is PR expression, it is affected by the change of kinetic energy for proton (H<sup>1</sup>) and alpha (He<sup>+2</sup>). Fig. 8. and Fig. 9. indicated that the %100 PbO sample has the lowest PR values for proton (H<sup>1</sup>) and alpha (He<sup>+2</sup>) particles. As a result of these studies, it has been shown that the material PbO can be used %100 as the best radiation shielding among the selected materials since it receives the lowest values along with PR measurements for the HVL, TVL, and MFP.

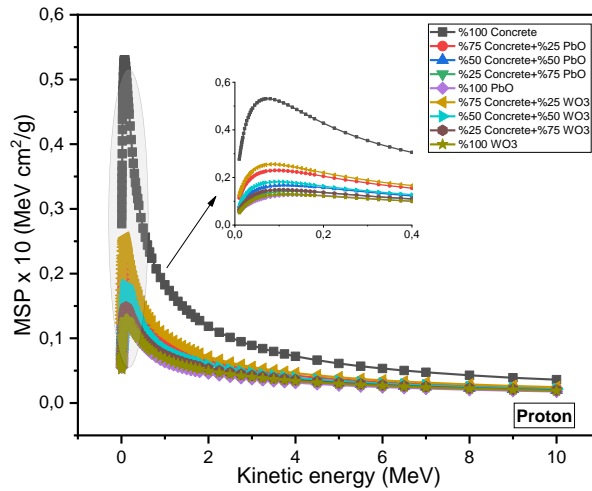


Figure 6. Collision mass stopping powers of concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound for proton particles (H<sup>1</sup>)

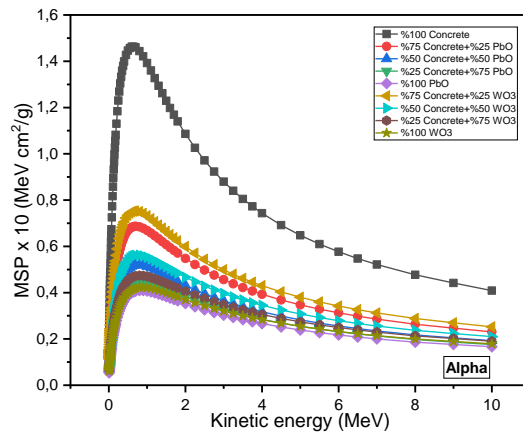


Figure 7. Collision mass stopping powers of concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound for alpha particles (He<sup>+2</sup>)

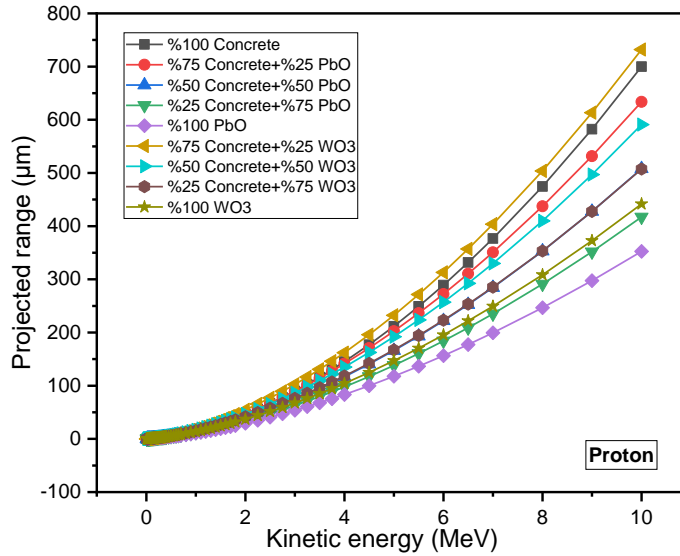


Figure 8. The PR as a function of  $E_k$  of concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound for proton particles ( $H^1$ )

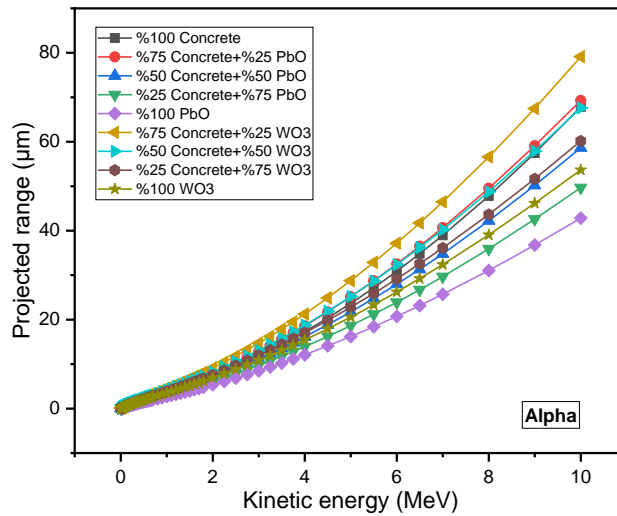


Figure 9. The PR as a function of  $E_k$  of concrete-PbO-WO<sub>3</sub> compound for alpha particles ( $He^{+2}$ )

#### 4. Conclusions and Recommendations

In this investigation,  $\mu/\rho$ , HVL, TVL, MFP,  $\Sigma R$ , MSP, and the PR values were calculated for gamma and neutron rays. %100 Concrete, %75 Concrete+%25 PbO, %50 Concrete+%50 PbO, %25 Concrete+%75 PbO, %100 PbO, %75 Concrete+%25 WO<sub>3</sub>, %50 Concrete+%50 WO<sub>3</sub>, %25Concrete+%75 WO<sub>3</sub>, %100 WO<sub>3</sub> materials have been used for this study. MAC, HVL, and TVL values vary depending on each other. These values have shown the best performance for %100 Concrete in 0.01-20 MeV energy region. According to the results obtained from this study, it can be stated that PbO and WO<sub>3</sub>-concrete systems are promising gamma-ray protective materials. Among these materials, The %100 PbO can be deduced that the material with the least radiation shielding feature. The %100 Concrete is better as radiation shielding properties in terms of including both  $H^1$  ion and higher density. The investigation showed the impact of the PbO and WO<sub>3</sub> matters on the radiation shielding of concrete. In addition, the results state clearly that the additive ratio PbO and the WO<sub>3</sub> change the results of  $\mu/\rho$ , HVL, TVL, MFP,  $\Sigma R$ , MSP, and PR values. When the concrete ratios are compared, it can be seen that materials with high mas attenuation coefficient and low HVL values give better results in radiation protection studies. Therefore, it has been observed that it is inevitable to use %100 Concrete as a strong shielding material.

## References

- Abbasova, Nigar, Zeynep Yüksel, Elchin Abbasov, Hasan Gülbiçim, and Mustafa Çağatay Tufan. 2019. "Investigation of Gamma-Ray Attenuation Parameters of Some Materials Used in Dental Applications." *Results in Physics* 12(November 2018):2202–5.
- Akkurt, I., H. Akyıldırım, B. Mavi, S. Kilincarslan, and C. Basyigit. 2010. "Photon Attenuation Coefficients of Concrete Includes Barite in Different Rate." *Annals of Nuclear Energy* 37(7):910–14.
- Akyıldırım, Hakan. 2018. "Attenuation Parameters and Effective Atomic Numbers of Concretes Containing Pumice for Some Photon Energies by Experiment, Simulation and Calculation." *European Journal of Science and Technology* (14):90–95.
- Akyıldırım, Hakan. 2019. "Olivine Mineral Used in Concrete for Gamma-Ray Shielding." *Arabian Journal of Geosciences* 12(8):1–8.
- Çağlar, Mustafa, H. Kayacık, Yaşar Karabul, Mehmet Kılıç, Zeynep Güven Özdemir, and O. İçelli. 2019. "Na<sub>2</sub>Si<sub>3</sub>O<sub>7</sub>/BaO Composites for the Gamma-Ray Shielding in Medical Applications: Experimental, MCNP5, and WinXCom Studies." *Progress in Nuclear Energy* 117(August):1–11.
- Dong, M. G., M. I. Sayyed, G. Lakshminarayana, M. Çelikkilek Ersundu, A. E. Ersundu, Priyanka Nayar, and M. A. Mahdi. 2017. "Investigation of Gamma Radiation Shielding Properties of Lithium Zinc Bismuth Borate Glasses Using XCOM Program and MCNP5 Code." *Journal of Non-Crystalline Solids* 468(March):12–16.
- Eke, Canel, Osman Agar, Christian Segebade, and Ismail Boztosun. 2017. "Attenuation Properties of Radiation Shielding Materials Such as Granite and Marble against  $\gamma$ -Ray Energies between 80 and 1350 KeV." *Radiochimica Acta* 105(10):851–63.
- El-Khayatt, A. M. 2010. "Calculation of Fast Neutron Removal Cross-Sections for Some Compounds and Materials." *Annals of Nuclear Energy* 37(2):218–22.
- Gerward, L., N. Guilbert, K. Bjorn Jensen, and H. Levring. 2001. "X-Ray Absorption in Matter. Reengineering XCOM." *Radiation Physics and Chemistry* 60(1–2):23–24.
- Hubbell, J. H. 1982. "Photon Mass Attenuation and Energy-Absorption Coefficients." *The International Journal Of Applied Radiation And Isotopes* 33(11):1269–90.
- Jagetia, Ganesh C. 2007. "Radioprotective Potential of Plants and Herbs against the Effects of Ionizing Radiation." *Journal of Clinical Biochemistry and Nutrition* 40(2):74–81.
- Jalali, Majid, and Ali Mohammadi. 2008. "Gamma Ray Attenuation Coefficient Measurement for Neutron-Absorbent Materials." *Radiation Physics and Chemistry* 77(5):523–27.
- Kamislioglu, M., E. E. Altunsoy Guclu, and H. O. Tekin. 2020. "Comparative Evaluation of Nuclear Radiation Shielding Properties of XTeO<sub>2</sub> + (100–x)Li<sub>2</sub>O Glass System." *Applied Physics A: Materials Science and Processing* 126(2).
- Karabul, Yaşar, Lidya Amon Susam, Orhan İçelli, and Önder Eyecioğlu. 2015. "Computation of EABF and EBF for Basalt Rock Samples." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment* 797:29–36.
- Kumar, Ashok. 2017. "Gamma Ray Shielding Properties of PbO-Li<sub>2</sub>O-B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Glasses." *Radiation Physics and Chemistry* 136(September 2016):50–53.
- Kuzmin, V. 2006. "Range Parameters of Heavy Ions in Carbon Calculated with First-Principles Potentials." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 249(1-2 SPEC. ISS.):13–17.
- McCuen, Richard. 2012. "Book Reviews: Book Reviews." *JAWRA Journal of the American Water Resources Association* 48(2):407–10.
- Mesbahi, Asghar, and Hosein Ghiasi. 2018. "Shielding Properties of the Ordinary Concrete Loaded with Micro- and Nano-Particles against Neutron and Gamma Radiations." *Applied Radiation and Isotopes* 136:27–31.
- Sayyed, M. I., and G. Lakshminarayana. 2018. "Structural, Thermal, Optical Features and Shielding Parameters Investigations of Optical Glasses for Gamma Radiation Shielding and Defense Applications." *Journal of Non-Crystalline Solids* 487(February):53–59.
- Sharaf, J. M., and M. S. Hamideen. 2013. "Photon Attenuation Coefficients and Shielding Effects of Jordanian Building Materials." *Annals of Nuclear Energy* 62:50–56.
- Singh, V. P., S. P. Shirmardi, M. E. Medhat, and N. M. Badiger. 2015. "Determination of Mass Attenuation Coefficient for Some Polymers Using Monte Carlo Simulation." *Vacuum* 119:284–88.
- Tekin, H. O., E. E. Altunsoy, E. Kavaz, M. I. Sayyed, O. Agar, and M. Kamislioglu. 2019. "Photon and Neutron Shielding Performance of Boron Phosphate Glasses for Diagnostic Radiology Facilities." *Results in Physics* 12(January):1457–64.
- Tekin, H. O., Shams A. M. Issa, E. Kavaz, and E. E. Altunsoy Guclu. 2019. "The Direct Effect of Er<sub>2</sub>O<sub>3</sub> on Bismuth Barium Telluro Borate Glasses for Nuclear Security Applications." *Materials Research Express* 6(11).
- Tekin, H. O., M. I. Sayyed, E. E. Altunsoy, and T. Manici. 2017. "Shielding Properties and Effects of WO<sub>3</sub> and PbO on Mass Attenuation Coefficients by Using MCNPX Code." *Digest Journal of Nanomaterials and Biostructures* 12(3):861–67.
- Trubey, D. K. Berger, M. J. and Hubbell. 2008. "Photon Cross Sections for Endf/b-Vi\*." *Annals of Nuclear Energy* 38(10):2204–12.
- Yilmaz, E., H. Baltas, E. Kiris, I. Ustabas, U. Cevik, and A. M. El-Khayatt. 2011. "Gamma Ray and Neutron Shielding Properties of Some Concrete Materials." *Annals of Nuclear Energy* 38(10):2204–12.
- Ziegler, James F. 2004. "Srim-2003." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 219–220(1–4):1027–36.
- Ziegler, James F., M. D. Ziegler, and J. P. Biersack. 2010. "SRIM - The Stopping and Range of Ions in Matter (2010)." *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section B: Beam Interactions with Materials and Atoms* 268(11–12):1818–23.



# Bakır ve Çinko Uygulamasının Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.)'ın Bazı Ekofizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi

Sema Leblebici<sup>1,2\*</sup>

<sup>1</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bilecik, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3762-6408)

<sup>2</sup> Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Biyoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezi, Bilecik, Türkiye

(İlk Geliş Tarihi 15 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 26 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.720608)

**ATIF/REFERENCE:** Leblebici, S. (2020). Bakır ve Çinko Uygulamasının Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench.)'ın Bazı Ekofizyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 796-802.

## Öz

Mikro besin elementlerinin toprakta optimum seviyeden daha yüksek ya da daha düşük miktarlarda bulunması abiyotik stres oluşumunda oldukça etkilidir. Mikro besin elementleri arasında yer alan bakır ve çinko metali bitkilerde birçok metabolik ve biyokimyasal olayda rol oynadığından bitki yaşamında oldukça önemli bir role sahiptir.

Bu çalışmada; materyal olarak son yıllarda gıda endüstrisinde yüksek potansiyele sahip bir ürün haline gelen *Fagopyrum esculentum* Moench. türü seçilmiştir. Bitki metabolizmasında, verim ve ürün kalitesinde önemli rol oynayan bakır ve çinko elementlerine ait 4 farklı konsantrasyonun Karabuğday'a ait temel büyüme ve gelişme parametreleri olan çimlenme oranı, bitki toplam uzunluğu, kök uzunluğu, gövde çapı, yaprak sayısı, kök ve gövde biyokütlesi, bakır ve çinko tolerans indeksi ile tohum canlılık indeksi belirlenmiştir. Bakır kirliliğinin çinkonun yüksek konsantrasyonlarına nazaran bitki gelişiminin ilk evresi olan tohum çimlenmesi ve fide gelişimini olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Ayrıca düşük konsantrasyonlardaki çinkonun tohum çimlenmesini olumlu etkilediğini ancak bakırın tohum çimlenmesini inhibe ettiği belirlenmiştir. Tohum canlılık indeksinin çinko konsantrasyonlarından etkilenmediği ancak yüksek bakır konsantrasyonlarında tohum canlılık indeksinin azaldığı tespit edilmiştir. Kök ve gövde yaş-kuru ağırlığının her iki metalde de artan konsantrasyonlarda azaldığı, bakır uygulamasında kök biyokütlesi sonuçlarının da buna eşlik ettiği ortaya konmuştur. Bu çalışma bakır ve çinko metallerinin bitkinin yaşamında önemli bir yeri olan erken gelişim evresindeki etkilerini ortaya koyarak önemli bir ekolojik sorun olan tarımsal topraklardaki kirliliğin kontrolü ile ilgili yapılacak olan çalışmalara katkı sağlayacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Karabuğday, Bakır, Çinko, Çimlenme, Fide gelişimi.

## Effect of Copper and Zinc Application on Some Ecophysiological Properties of Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.)

### Abstract

The presence of micro nutrients in the soil in higher or lower amounts than the optimum level is very effective in the formation of abiotic stress. As copper and zinc metal, which are among the micronutrients, play a role in many metabolic and biochemical processes in plants, they have a very important role in plant life.

In this study; *Fagopyrum esculentum* Moench., which has become a product with high potential in the food industry in recent years, was chosen as a material. Buckwheat of 4 different concentrations of copper and zinc elements, which play an important role in plant metabolism, yield and product quality. the type of germination the basic growth and development parameters for the ratio of the total length of the plants, root length, stem diameter, number of leaves, root and shoot biomass was determined seed viability index on copper and zinc tolerance index. It has been determined that copper pollution negatively affects seed germination and seedling development, which is the first phase of plant development compared to high concentrations of zinc. In addition it has been determined that low concentrations of zinc affect seed germination but copper inhibits seed germination. It was determined that seed viability index is not affected by zinc concentrations, but seed viability index decreases in high copper concentrations. It has been demonstrated

\* Sorumlu Yazar: Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bilecik, Türkiye, ORCID: 0000-0002-3762-6408, [leblebicisema@gmail.com](mailto:leblebicisema@gmail.com)



that root and stem wet-dry weight decreases with increasing concentrations in both metals and root biomass results accompany this in copper application. This study will contribute to the studies on the control of pollution in agricultural soils, which is an important ecological problem, by revealing the effects of copper and zinc metals in the early development phase, which has an important place in the life of the plant.

**Keywords:** Buckwheat, Copper, Zinc, Germination, Seedling development.

## 1. Giriş

*Fagopyrum esculentum* Moench. türü Polygonaceae familyasına ait Orta Asya kökenli tek yıllık bir bitkidir (Vojtišková ve ark., 2012; Heffler ve ark., 2014; Hussain, 2016; ). Tahıllarla hem benzerlik hem de farklılıklar gösteren ve yalancı tahıl grubuna dahil olan Karabuğday bitkisini tahıllardan ayıran temel farklılık; tahıllar gibi monokotil değil dikotil bir bitki oluşudur (Gondola ve Papp, 2010; Vojtišková ve ark., 2012; Bhaduri ve ark., 2016). Karabuğday bitkisi neredeyse tahıllar ile aynı miktarda içerdiği nişasta ve lif içeriği; dengeli aminoasit kompozisyonu sayesinde yüksek protein oranı; yüksek oranda linoleik asit gibi doymamış yağ asitlerini içermesi ve tokofereol, fenolik bileşikler, flavonoid ve alkaloid türevlerini bulundurması nedeniyle son yıllarda gıda endüstrisinde yüksek potansiyele sahip bir ürün haline gelmiştir. İçermiş olduğu bu ikincil metabolitler bitkiye antinflamatuar, hipolipidemik, antienjenotoksik, antidiyabetik, antikanser, antimikrobiyal gibi özellikler kazandırarak tıbbi amaçlarla kullanılmasını da sağlamaktadır (Brajdes ve Vizireanu, 2012; Ahmed ve ark., 2014; Gonçalves ve ark., 2016; Unal ve ark., 2017; Al-Snafi, 2017; Wang ve ark., 2017; Mishra ve Jain, 2019). Ayrıca bal üretiminde, çiftlik ve kümes hayvanlarının beslenmesinde kullanılmaktadır. Karabuğday'ın mineral madde bakımından zengin olması, fakir topraklarda bile yetiştirilebilmesi, hızlı büyüme gelişmesi, olumsuz koşullara dayanıklı olması ve soğuk iklim koşullarına uyum sağlayabilme özelliği bitkinin geniş alanlarda yayılış göstermesini sağlayan önemli faktörler arasında yer almaktadır (Campbell, 1997; Yashimoto ve ark., 2004; Tomar ve ark., 2008).

Bitkilerin maruz kaldığı olumsuz koşulların başında yetiştikleri topraklarda optimum seviyeden daha yüksek ya da daha düşük miktarlarda bulunan makro ve mikro besin elementleri gelmektedir (White ve Brown, 2010; Pandey, 2015; Naeem ve ark., 2017). Özellikle mikro besin elementlerinin toprakta bulunan miktarları abiyotik stres oluşumunda oldukça etkilidir. Bu elementlerinin alt ve üst sınırları bitkiden bitkiye değişiklik göstermektedir. Ayrıca çoğu mikro besin elementinin bitki metabolizmasındaki etkileri henüz tam olarak aydınlatılmamıştır (White ve Brown, 2010; Pandey, 2015; Naeem ve ark., 2017).

Mikro besin elementleri arasında yer alan Bakır (Cu), doğada bulunan temel elementlerden biridir. Toprakların oluştuğu anakayalarda bakır oranı oldukça azdır. Topraklardaki bakır fazlalığı insan aktivitesi sonucu oluşan kanalizasyon atıklarının gübre olarak değerlendirilmesi, emisyon ve atmosferik depositler, kömür ve maden yataklarının varlığı ve pestisid kullanımından kaynaklanmaktadır (Reichman, 2002). Toprakta 100 mg/kg, bitki kuru maddesinde ise 15-30 mg/kg'dan fazla bulunan bakır toksik etki oluşturmaktadır. Bakır toksisitesi genellikle bitki kök sistemlerinde açığa çıkmaktadır ve bitkide fotosentez, solunum, protein sentezi, iyon alımı ve hücre membran stabilitesi gibi fizyolojik olayların bozulmasına neden olmaktadır. Ayrıca bakır fazlalığında hücre duvarı elastikiyeti bozulmakta ve turgor azalmaktadır (Lin ve Wu, 1994; Adrees ve ark., 2015; Tripathi ve ark., 2015).

Diğer bir mikro element olan Çinko (Zn), toprakta; çinko silikat minerallerinde, oksitler halinde; kil minerallerinde tutulmuş olarak ya da organik maddede, magmatitlerde ve maden yataklarında çinko sülfür şeklinde ve bazı ağır metallerle birlikte sülfürler halinde bulunmaktadır. Bitkilerdeki optimum Zn konsantrasyonu 5-100 ppm arasında değişmekte iken çinko toksisitesi genellikle 400 ppm'den daha fazla olduğunda görülmektedir. Çinko alımını, bitkinin türüne olduğu kadar bulunduğu ortama da bağlıdır. Çinko toksisitesinde hücre organelleri parçalanır ve hücre büyümesi ve uzaması engellenir. Ayrıca hücrelerin ligninleşmesini artırarak hem kök hem de gövde büyümesini durdurur, genç yaprakların kıvrılmasına ve klorozise neden olur. Yüksek konsantrasyonlardaki çinko bitkide klorofilin merkezinde bulunan magnezyumun yerine geçerek klorofil sentezini azaltır (Broadley ve ark., 2007; Tsonev ve Lidon, 2012; Sadeghzadeh, 2013; Cakmak ve Kutman 2018). Fazla çinkonun kök meristem hücrelerinde birikerek profazın sonundaki olayları ve mitozu engellediği bilinmektedir (El-Ghamery ve ark., 2003).

Bu çalışmada; bitki metabolizmasında, verim ve ürün kalitesinde önemli rol oynayan bakır ve çinko elementlerine ait 4 farklı konsantrasyonun *F. esculentum* türüne ait temel büyüme ve gelişme parametreleri olan çimlenme oranı, bitki toplam uzunluğu, kök uzunluğu, gövde çapı, yaprak sayısı, kök ve gövde biyokütlesi, bakır ve çinko tolerans indeksi ile tohum canlılık indeksi belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar One-way ANOVA testi uygulanarak istatistiksel olarak karşılaştırılmıştır (SPSS-21).

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Petri Deneyleleri

Deneylelerde kullanılacak olan tohumlar rastgele seçilmiştir. Seçilen tohumlar % 10'luk sodyum hipoklorit (NaOCl) içinde 5 dakika bekletilerek steril edilmiştir. (Jabeen ve Ahmad, 2012). Tohumların çimlenme deneylelerini gerçekleştirmek üzere saf sudan ibaret kontrol grubu ile, 50, 75, 100 ve 150 ppm olmak üzere ayrı ayrı Cu ve Zn çözeltisi hazırlanmıştır. Tohumların ekiminde 12 cm'lik petriyeler kullanılmış, petriyelerin içine 2'şer kat kurutma kâğıdı yerleştirilmiştir. Ekimler 3 tekrarlı olarak gerçekleştirilmiştir. Ekimi yapılan tohumlar 16 saat gündüz/8 saat gece fotoperiyotta 25°C'de, %60 nemde iklimlendirme odasında 21 gün süreyle bekletilmiştir. Radikulanın kurutma kâğıdına değdi an çimlenmenin başlangıcı olarak kabul edilmiş ve çimlenme başladıktan sonra her gün çimlenen tohum sayıları kaydedilmiştir. 21 günün sonunda her petride çimlenmiş olan bireylelerin kök ve sürgün uzunlukları cetvel

yardımı ile santimetre cinsinden ölçülmüştür. Uzunlukları ölçülen bireylerin kök ve gövdeleri birbirinden ayrılmıştır. Her bir bireye ait kök ve gövde ağırlıkları tek tek ölçülemeyecek kadar hafif olduğundan her petride bulunan bireylerin kök ve sürgünlerinin yaş ve kuru ağırlıkları toplu olarak hassas terazi kullanılarak gram cinsinden tartılmıştır. Yaş ağırlıkları alınan kök ve sürgünler 105°C'ye ayarlı etüvde bir gece süre ile tutularak kurutulmuş daha sonra kuru ağırlıklarını yine hassas terazide tartılarak kaydedilmiştir. Bu işlemler hem bakır hem de çinko uygulanan tohumlar için ayrı ayrı yapılmıştır.

## 2.2. Saksı Deneyleri

Rastgele seçilen karabuğday tohumları 1 kg'lık saksılara ekilmiştir ve her saksıya 5'er tane tohum yerleştirilmiştir. Saksılarda torf toprağı kullanılmıştır ve deney üç tekrarlı olarak yapılmıştır. Kullanılan torf toprağı 4,73 ppm Cu; 24,13 ppm Zn içermektedir ve toprak kullanılan Cu ve Zn çözeltisi dışında herhangi bir kirliliğe maruz kalmamıştır. Ekim işlemi tamamlandıktan sonra saksılar iklim odasında 16 saat gündüz/8 saat gece fotoperiyotta, 25±2°C'de ve % 60 nemde bekletilmiştir. Tohumların kotiledonları çıkana kadar her saksı 200 ml saf su ile sulanmıştır. Kotiledonlar çıktıktan sonra deney sonuna kadar petri deneylerinde de kullanılan saf sudan ibaret kontrol grubu, 50, 75, 100 ve 150 ppm'lik çözeltiler ile sulanmıştır. Deney 6 hafta boyunca devam etmiştir. Deney sonunda fidelerin toplam bitki boyu (cm), kök uzunluğu (cm) cetvel ile, gövde çapı (mm) dijital kumpas ile, yaprak sayısı (adet), kök ve gövdeye ait yaş-kuru ağırlıkları (g) hassas terazi ile belirlenmiştir. Kuru ağırlık için kök ve gövde örnekleri 105 °C'ye ayarlı etüvde bir gece boyunca kurutulmuştur. Bu işlemler petri deneylerinde olduğu gibi hem bakır hem de çinko uygulanan fideler için ayrı ayrı yapılmıştır.

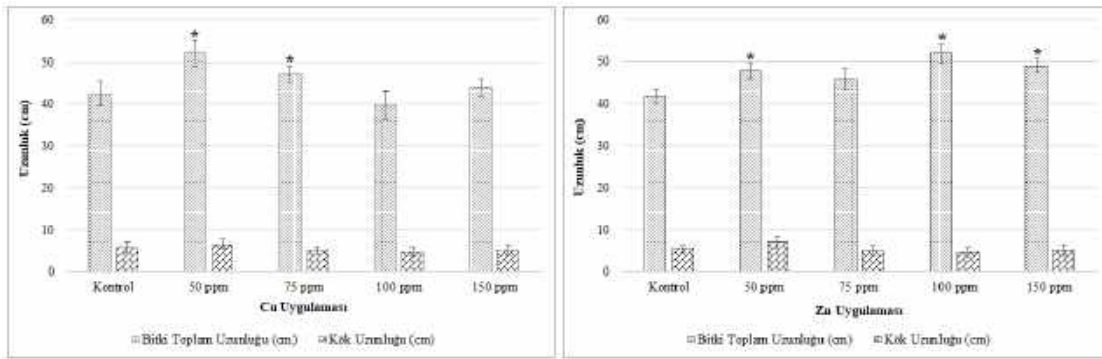
## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yapılan çalışmada, artan bakır konsantrasyonlarına bağlı olarak kontrole göre tohum çimlenme oranının azaldığı tespit edilmiştir (Tablo 3.1). Çinko uygulamasında ise 50 ppm konsantrasyonda en yüksek çimlenme oranı (%100±0) belirlenmiş; artan konsantrasyonlara paralel olarak çimlenme oranında azalma olduğu gözlenmiştir (Tablo 3.1) ( $p<0,05$ ).

Tablo 3.1. Bakır ve Çinko uygulanan tohumların % çimlenme oranları

Uygulama	Bakır (%)	Çinko (%)
Kontrol	98±3	97±4
50 ppm	95±3	100±0
75 ppm	93±2	95±5
100 ppm	92±2	93±3
150 ppm	90±3	92±3

Fidelere ait toplam bitki uzunluğu 50 ve 75 ppm bakır uygulamasında kontrole göre (42,52 cm) önemli derecede artış göstermiş (sırası ile 47,10 ve 39,74 cm); yüksek bakır konsantrasyonlarında ise azaldığı belirlenmiştir. Çinko uygulamasında ise toplam bitki uzunluğu, kontrole göre (41,83 cm) konsantrasyon artışına paralel olarak artış göstermiş; en önemli artışlar ise 50, 100 ve 150 ppm'de (sırası ile 47,94; 51,98 ve 49,08 cm) tespit edilmiştir. Bakır ve çinko uygulamasının her ikisinde de kök uzunluğu artan konsantrasyona bağlı olarak azalmıştır ancak istatistiksel olarak önemli bir azalma belirlenmemiştir (Şekil 3.1).

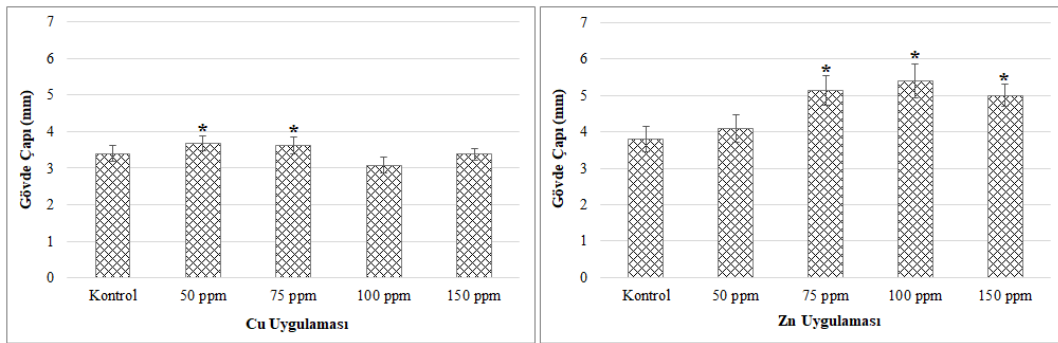


Şekil 3.1. Cu ve Zn uygulanan fidelere ait toplam bitki ve kök uzunlukları (cm)

Karabuğday bitkisinin gövde çapı kontrole göre (3,40 mm) bakırın 50 ve 75 ppm konsantrasyonlarında artmış (3,69 ve 3,62 mm), 100 ve 150 ppm'de (3,08 ve 3,38 mm) ise azalmıştır. Çinko uygulamasında ise artan konsantrasyonlara göre gövde çapında artış tespit edilmiş; kontrole göre (3,80 mm) 75, 100 ve 150 ppm konsantrasyonlarındaki artışın (sırası ile 5,14; 5,40 ve 5,00 mm) istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenmiştir. Bakır ve çinko uygulaması karşılaştırıldığında ise çinko uygulamasının bitki büyüme parametrelerden biri olan gövde çapını bakır uygulamasına göre daha fazla artırdığı tespit edilmiştir (Şekil 3.2). Taoprakta hem Cu hem de Zn'nun belirli bir seviyede bulunması bitki gelişimi olumlu yönde etkilemektedir. Cu için 50-70 ppm, Zn için ise 50-100 ppm arasındaki konsantrasyonların bitkiler için geçici bir gübreleme etkisi yaratmış olması muhtemeldir. Gübreleme etkisi, nisbi gelişme oranı artışında oldukça sık rastlanan bir durumdur.

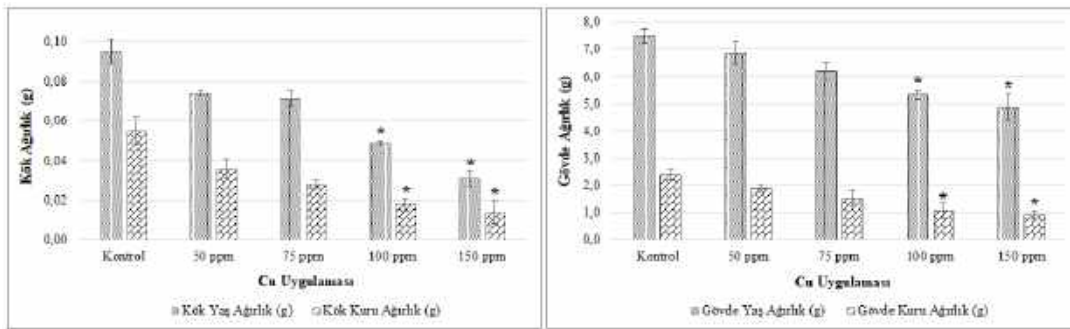
Çalışmamızda elde edilen sonuçlar çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu ile fide büyümesi parametreleri bakımından literatürdeki benzer çalışmalarla uyum göstermektedir. Kunjam ve arkadaşları (2015) yaptıkları çalışmada Zn, Ni, Cu, Cr metallerini

bezelye tohumlarına kontrol, 20, 40, 60 ve 80 ppm olmak üzere dört farklı konsantrasyonda uygulamışlardır. Tohum çimlenmesi ve fide büyümesinin Cu'nun 80 ppm ve daha yüksek konsantrasyonlarda olumsuz etkilendiği, Zn'nun ise herhangi bir etkisinin olmadığını tespit etmişlerdir. Bakır ve çinkonun 40 ppm konsantrasyonunun kök uzamasını kontrole göre %40 oranında artırdığını; sürgün gelişimini ise çinkonun %37,5 bakırın %27,5 oranında artırdığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda da 50 ppm bakır uygulamasında en yüksek toplam bitki uzunluğu belirlenmiştir. Yine 50 ppm çinko uygulamasında ise % 100 çimlenme oranı kaydedilmiştir. Her iki metalin düşük konsantrasyonlarının bitkinin gerek çimlenme oranı gerekse fide uzunluğunu olumlu yönde etkilemesi literatürdeki diğer çalışmaları destekler niteliktedir. Yapılan bir başka çalışmada (Zhang ve ark., 2015) ZnO nanopartiküllerinin biber, mısır ve salatalık bitkisine ait tohum çimlenmesi ve kök uzaması üzerine etkileri araştırılmıştır. ZnO nanopartiküllerinin mısırın kök uzunluğunu %17, salatalığın kök uzunluğunu ise %51 oranında azalttığı ancak çimlenme üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. ZnO nanopartikülünden serbest hale geçen Zn sadece salatalıkta kök uzamasını inhibe etmiştir. Çimlenme oranında kontrole göre herhangi bir değişiklik gözlenmemesi, tohum kabuğunun ZnO nanopartiküllerindeki Zn'nin alımını engellediğini düşündürmektedir. *Capsicum annuum* L. ile yapılan çalışmada ise yüksek konsantrasyonlarda (0,5 ve 0,75g) ZnO nanopartikül uygulamasının tohum çimlenmesini artırdığı aynı zamanda yine yüksek konsantrasyonlarda kök, sürgün ve fide uzunluğunun maksimum seviyeye ulaştığı belirtilmiştir (Afrayem ve Chaurasia, 2017). CuO nanopartiküllerinin tohum çimlenmesini, sürgün ve kök uzunluğunu, fotosentez ve solunum hızını ve enzimatik değişiklikleri azaltarak bitkiler üzerinde toksik etki oluşturduğu tespit edilmiştir (Da Costa ve Sharma, 2016; Rajput ve ark., 2017). Yasmeen'in yapmış olduğu çalışmada (2015), gümüş ve bakır nanoparçacıklarına maruz bırakılan buğday tohumlarının çimlenme oranında bir azalma tespit edilmiştir. Bakır nanoparçacıklarının buğday fidelerinin kök ve sürgün uzunluğunda ciddi bir azalmaya sebep olduğu ve büyümeyi inhibe edici bir etki gösterdiği belirtilmiştir.



Şekil 3.2. Cu ve Zn uygulanan fidelere ait gövde çapları (mm)

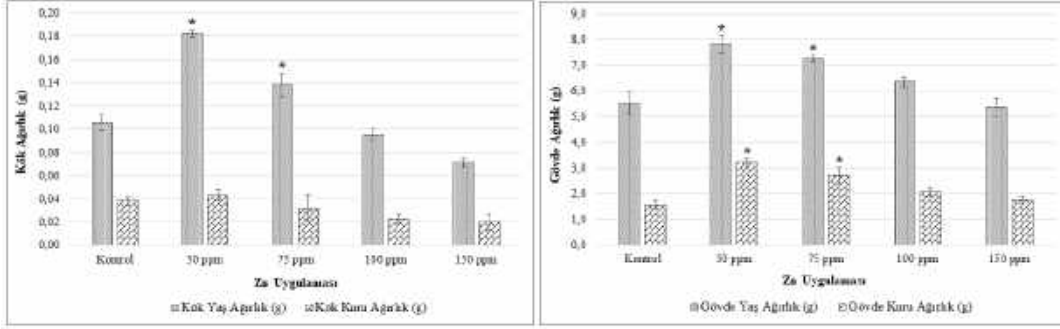
Çalışmamızda bakır uygulamasında konsantrasyon artışına bağlı olarak hem kök hem de gövde yaş ve kuru ağırlığının kontrole göre (kök 0,095 ve 0,055 g; gövde 7,49 ve 2,37 g) azaldığı belirlenmiş, 100 ppm (kök 0,049 ve 0,018 g; gövde 5,43 ve 1,08 g) ve 150 ppm'de (kök 0,031 ve 0,014 g; gövde 4,86 ve 0,91 g) meydana gelen azalmanın önemli olduğu ortaya konmuştur (Şekil 3.3). Ayrıca 50 ve 75 ppm çinko uygulanan buğday fidelerinin kök yaş (0,182; 0,138 g) ve kuru ağırlığı (0,043; 0,032 g) ile gövde yaş (7,84; 7,25 g) ve kuru ağırlığının (3,20; 2,70 g) kontrol grubuna göre (sırası ile 0,106 ve 0,038 g; 5,52 ve 1,57 g) önemli bir artış gösterdiği tespit edilmiştir (Şekil 3.4).



Şekil 3.3. Cu uygulanan fidelerin kök ve gövdelerine ait yaş-kuru ağırlıkları (g)

Yapılan bir çalışmada bakırın (Cu) *Lens culinaris* L.'nin tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerindeki toksik etkilerini araştırmıştır. 25 ppm konsantrasyonunda uygulanan bakırın kontrole kıyasla çimlenme oranını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Fide büyüme değişkenleri olan kök ve sürgün uzunluğu, fide büyüklüğü ve kök/sürgün oranı, kontrole kıyasla 25 ppm'de bakır uygulaması ile önemli ölçüde azalmıştır. Tüm bakır konsantrasyonları kontrole karşılaştırıldığında fidelerin kuru ağırlığının artan bakır konsantrasyonuna bağlı olarak azaldığı belirtilmiştir. Bakır konsantrasyonlarının artışına paralel olarak *L. culinaris*'in bakır tolerans indeksi ve fide canlılığı indeksinin de azaldığı rapor edilmiştir. *L. culinaris*'in tolerans indekslerinde ve fide canlılık indeksinde kontrole göre en düşük azalma yüzdesi 25 ppm bakır uygulamasında en yüksek azalma yüzdesi 100 ppm bakır uygulamasında kaydedilmiştir (Iqbal ve ark., 2018). Rahmani ve arkadaşlarının (2016) yapmış olduğu çalışmada ZnO ve CuO nanopartiküllerinin (0, 10, 100 ve 1000 mg/L) *Brassica napus* L. tohumlarına ait bazı büyüme ve fizyolojik parametreleri üzerine etkileri araştırılmıştır. 10 mg/L konsantrasyonundaki ZnO ve CuO'nun bitki büyüme tepkilerini indüklediğini; daha yüksek konsantrasyonlarının (100 ve 1000 mg/L.) ise kök ve sürgün

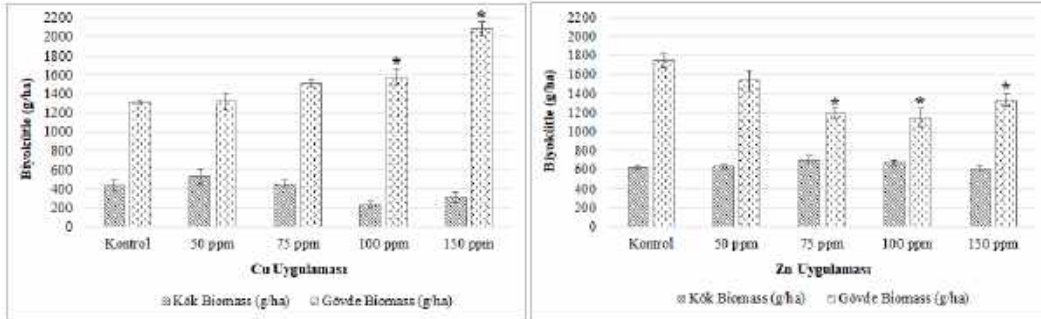
uzaması ile kök kuru ağırlığında önemli derecede düşüşe sebep olduğu rapor edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar literatürdeki çalışmaları dexter niteliktedir (Singh ve ark., 2007; Wang ve ark., 2010; Aliyas ve ark., 2018). Yüksek bakır ve çinko konsantrasyonlarında kök ve gövde yaş-kuru ağırlıklarının azaldığı ve yüksek metal konsantrasyonlarının bitki büyümesini inhibe ettiği tespit edilmiştir.



Şekil 3.4. Zn uygulanan fidelerin kök ve gövdelerine ait yaş-kuru ağırlıkları (g)

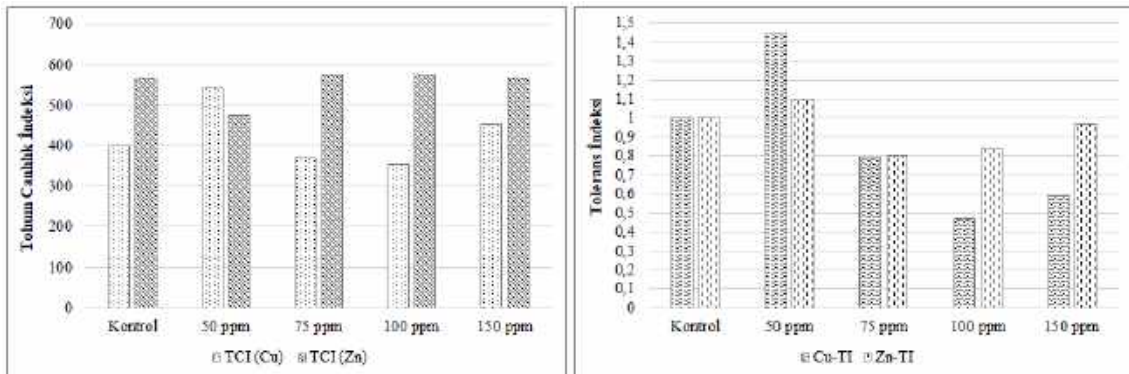
Bakır ve çinko uygulanan buğday fidelerinin kök ve gövdelerine ait biyokütle miktarları Şekil 3.5'te verilmiştir. Bakır uygulamasında konsantrasyon artışına bağlı olarak kök biyokütlesi azalırken; 100 (1578,9 g/ha) ve 150 ppm (2084,3 g/ha)'de gövde biyokütlesinin arttığı belirlenmiştir. Çinko uygulamasında ise gövde biyokütlesinde konsantrasyon artışına bağlı biyokütle miktarında kontrole göre (1749,1 g/ha) bir azalma olduğu; 75 (1190,3 g/ha), 100 (1149,6 g/ha) ve 150 ppm (1335,6 g/ha)'deki azalmanın ise önemli olduğu ortaya konmuştur. Çinko uygulamasının kök biyokütlesi üzerine önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir.

Wang ve arkadaşları (2010) yapmış oldukları çalışmada buğday tohumlarına bakır, kurşun ve çinko uygulamışlar ve bu üç metalin tohum çimlenmesini, plumula ve radikula uzamasını inhibe ettiğini tespit etmişlerdir. Metal uygulamasından 4 gün sonra genç buğday fidelerinde klorofil ve protein miktarının düştüğünü buna bağlı olarak biyokütle miktarında da azalma olduğunu rapor etmişlerdir. Araştırma sonuçları bu çalışma ile paralellik göstermektedir. Artan metal konsantrasyonlarına bağlı olarak çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğu azalma göstermiştir. Ancak çalışmamızda bakır uygulamasındaki gövde biyokütlesinin 150 ppm konsantrasyonda en yüksek seviyede olduğu tespit edilmiştir. Çinko uygulamasındaki biyokütle miktarı ise Wang ve arkadaşlarının elde ettiği sonuçları desteklemektedir.



Şekil 3.5. Cu ve Zn uygulanan fidelere ait kök ve gövde biyokütle miktarları (g/ha)

Farklı konsantrasyonlarda bakır ve çinko uygulanan buğday tohumlarının tohum canlılık indeksi karşılaştırıldığında çinko uygulanan tohumların canlılık indeksi bakıra göre daha yüksektir. Bakır uygulamasında en yüksek tohum canlılık indeksi 50 ppm'de (543,1), çinko uygulamasında en yüksek tohum canlılık indeksi 75 ppm'de (574,5) belirlenmiştir. Buğday fidelerinin 50 ppm'de bakır ve çinko toleransı yüksektir. En düşük bakır toleransı 100 ppm'de en düşük çinko toleransı ise 75 ppm'de tespit edilmiştir.



Şekil 3.6. Cu ve Zn uygulanan fidelere ait tohum canlılık indeksleri ve tolerans indeksleri



Shams ve arkadaşları (2018), marul tohumlarında nitrik oksit uygulamasının bakır stresi altındaki etkisini araştırmışlardır. Marul tohumlarına 0, 50, 100, 150 ve 200µM olmak üzere 5 farklı bakır sülfat uygulanmış; yüksek bakır konsantrasyonlarının (100, 150 ve 200µM) çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi, tohum canlılık indeksi ve fide taze ağırlığını olumsuz yönde etkilediği belirtilmiştir. Ayrıca düşük bakır konsantrasyonunun (50µM) tohum canlılık indeksi üzerine olumlu bir etkisinin olduğu rapor edilmiştir. Belirtilen tüm büyüme parametreleri sonuçları çalışmamızdaki bakır uygulamasından elde ettiğimiz sonuçları desteklemektedir. Çinkonun da aralarında bulunduğu 4 farklı metal ile buğday üzerinde yapılan çalışmada tohum çimlenmesi, kök, sürgün, fide büyümesi, fide canlılığı indeksi, buğdayın tolerans indeksleri üzerine fitotoksik etkilerini araştırmışlardır. Elde ettikleri tüm sonuçlarda kontrole kıyasla, tohum çimlenmesinin azaldığını; kök ve sürgün uzunluğunun azalarak bitkilerin normal büyümesini olumsuz etkilediğini tespit etmişlerdir (Shaikh ve ark., 2013). Çalışmamızda ise çinkonun 50 ppm konsantrasyonda çimlenmeyi olumlu etkilediği; 50, 100 ve 150 ppm'de toplam bitki uzunluğunun kontrole göre artış gösterdiği; ancak kök uzunluğunun Shaik ve arkadaşlarının (2013) çalışmasında olduğu gibi artan konsantrasyonlara bağlı olarak azaldığı belirlenmiştir. Gupta ve arkadaşları (2016), kurşun ve çinko ile yaptıkları çalışmalarında metallerin yüksek konsantrasyonlarının soya fasulyesi bitkisinin tohum çimlenmesi üzerine artan bir inhibitör etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Düşük çinko seviyelerinin (250 ve 500 mg/kg) % çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluğunu artırdığını, yüksek seviyelerinin ise (750 ve 1250 mg/kg) soya fidelerinin yüzdesi, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, tolerans indeksi, taze ve kuru ağırlığı üzerine olumsuz etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırmanın sonuçları çalışmamızla benzerlik göstermektedir.

#### 4. Sonuç

Günümüzde pestisit kullanımı ve endüstrileşmeye bağlı atık suların tarım arazilerine karışması nedeniyle oluşan kirlilik ürünlerin kalitesi ve verimi için büyük bir endişe yaratmaktadır. Doğaya verilen bu kirleticiler biyolojik olarak parçalanmadıkları için canlılara çok küçük miktarlarda bile toksik etki oluşturmaktadır. Özellikle bakır kirliliği sürdürülebilir tarımsal gıda üretimi için büyük bir tehdittir. Mikro besin elementleri arasında yer alan çinko, bitki metabolizmasının işleyişinde önemli rolü olan enzim sisteminin önemli bir parçasıdır. Ayrıca hücrelerin sağlıklı gelişimi, karbonhidrat metabolizması, fotosentetik elektron transferi ve kök-gövde gelişiminde rol oynamaktadır (Okcu ve ark.,2009).

Çalışmamızda düşük konsantrasyonlardaki çinkonun tohum çimlenmesini olumlu etkilediğini ancak bakırın tohum çimlenmesini inhibe ettiği belirtilmiştir. Tohum canlılık indeksinin çinko konsantrasyonlarından etkilenmediği ancak yüksek bakır konsantrasyonlarında tohum canlılık indeksinin azaldığı tespit edilmiştir. Kök ve gövde yaş-kuru ağırlığının her iki metalde de artan konsantrasyonlarda azaldığı, bakır uygulamasında kök biyokütlesi sonuçlarının da buna eşlik ettiği ortaya konmuştur. Yüksek bakır konsantrasyonlarında gövde biyokütlesinin artması ve kök biyokütlesinin artan çinko konsantrasyonlarından neredeyse etkilenmiyor olması çalışmamızın en dikkat çeken sonuçlarıdır.

Bu çalışma ile bakır kirliliğinin çinkonun yüksek konsantrasyonlarına nazaran bitki gelişiminin ilk evresi olan tohum çimlenmesi ve fide gelişimini olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Buğday bitkisi ile yapılan çalışmada bitkinin çinkoya bakırdan daha fazla tolerans göstermesinin sebebinin çinkonun bir mikro besin elementi olmasında kaynaklandığını düşündürmektedir. Ayrıca her ne kadar çinkonun bitkiye alımında ortamın pH'ı ve bitki türü etkili olsa da bakır toksisitesinin daha etkili olduğu söylenebilir. Bu çalışma, bakır ve çinko metallerinin bitkinin yaşamında önemli bir yeri olan erken gelişim evresindeki etkilerini ortaya koymaktadır ve önemli bir ekolojik sorun olan tarımsal topraklardaki kirliliğin kontrolü ile ilgili yapılacak olan çalışmalara temel oluşturacak niteliktedir.

#### Kaynakça

- Adrees M., Ali S., Rizwan M., Ibrahim M., Abbas F., Farid M., Zia-ur-Rehman M., Irshad M.K., Bharwana S.A. (2015) The effect of excess copper on growth and physiology of important food crops: a review, *Environ Sci Pollut Res*, 22: 8148–8162.
- Afrayeem S.M., Chaurasia A. (2017) Effect of zinc oxide nanoparticles on seed germination and seed vigour in chilli (*Capsicum annum* L.), *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(5): 1564-1566.
- Ahmed A., Khalid N., Ahmad A., Abbas N.A., Latif M.S.Z., Randhawa M.A. (2014) Phytochemicals and biofunctional properties of buckwheat: a review, *Journal of Agricultural Science*, 152: 349–369.
- Aliyas I.B., Kassim G.Y., Mutlak N.N. (2015) Evaluation Some Germination Characteristics for Buckwheat Seeds Under Experimental Ecology Conditions, *International Journal of Scientific and Research Publications*, 5(11): 634-638.
- Al-Snafi A.E., (2017) A review on *Fagopyrum esculentum*: A potential medicinal plant, *IOSR Journal of Pharmacy*, 7(3):21-32.
- Bhaduri N.P., Prajneshu M., Gaur M., Suri S. (2016) Seed germination behaviour and preliminary screening of bioactive components in buckwheat (*Fagopyrum* spp.), *DU Journal of Undergraduate Research and Innovation* 2(1): 121-130.
- Brajdes C., Vizireanu C. (2012) Sprouted buckwheat an important vegetable source of antioxidants, *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology*, 36(1) 53-60.
- Broadley M.R., White P.J., Hammond J.P., Zelko I., Lux A. (2007) Zinc in plants, *New Phytologist*, 173: 677–702.
- Cakmak I., Kutman U.B. (2018) Agronomic biofortification of cereals with zinc: a review, *European Journal of Soil Science*, 69: 172–180.
- Campbell, C.G. (1997). Buckwheat *Fagopyrum esculentum* Moench. Promoting the Conservation and Use of Underutilized and Neglected Crops 19. Rome, Italy: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research; Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute.
- Da Costa M.V.J., Sharma P.K. (2016) Effect of copper oxide nanoparticles on growth, morphology, photosynthesis, and antioxidant response in *Oryza sativa*, *Photosynthetica*, 54: 110–119.
- El-Ghamery A.A., El-Kholy M.A., El-Yousser A. (2003) Evaluation of cytological effects of Zn<sup>+2</sup> in relation to germination and root growth of *Nigella sativa* L. and *Triticum aestivum* L., *Mutation Research*, 537: 29-41.



- Gonçalves F.M.F., Debiage R.R., Gonçalves da Silva R.M., Porto P.P., Yoshihara E., Peixoto E.C.M.T. (2016) *Fagopyrum esculentum* Moench: A crop with many purposes in agriculture and human nutrition, *African Journal of Agricultural Research*, 11(12): 983-989.
- Gondola I., Papp P.P. (2010) Origin, Geographical Distribution and Phylogenetic Relationships of common Buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench.), *The European Journal of Plant Science and Biotechnology*, 4(Special Issue 1): 17-32.
- Gupta S., Meena M.K., Datta S. (2016) Effect of selected heavy metals (lead and zinc) on seedling growth of soybean *Glycine max* (L.) Merr., *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, 8(8): 302-305.
- Heffler E., Pizzimenti S., Badiu I., Guida G., Rolla G. (2014) Buckwheat allergy: an emerging clinical problem in Europe, *J. Allergy Ther.* 5: 168.
- Hussain I., Bano A., Faizanullah, Nosheen A. (2016) Multivariate analysis for elemental composition among indigenous common buckwheat genotypes of Baltistan, *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 26(6): 1725-1731.
- Iqbal M.Z., Habiba U., Nayab S., Shafiq M. (2018) Effects of copper on seed germination and seedling growth performance of *Lens culinaris* Medik., *Journal of Plant Development*, 25: 85-90.
- Jabeen, N., Ahmad, R. (2012) Improvement in growth and leaf water relation parameters of Sunflower and Safflower plants with foliar application of nutrient solutions under salt stress, *Pak. J. Bot.*, 44(4):1341-1345.
- Kunjam M., Govada H., Mididoddi N., Kota R.S.L.N. (2015) Studies on selected heavy metals on seed germination and plant growth in pea plant (*Pisum sativum*) grown in solid medium, *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 3(5): 85-87.
- Lin S.L., Wu L. (1994) Effects of copper concentration on mineral nutrient uptake and copper accumulation in protein of copper-tolerant and nontolerant *Lotus purshianus* L., *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 29(2): 214-228.
- Mishra M., Jain S. (2019) A Comparative Study on Nutritional Profile and Antinutrients of Buckwheat Fractions (*Fagopyrum esculentum*), *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 8(3): 3384-3393
- Naeem M., Ansari A.A., Gill S.S. (2017) Essential Plant Nutrients Uptake, Use Efficiency, and Management, 1<sup>st</sup> ed., Springer, 569 p.
- Okcu M., Tozlu E., Kumlay A.M., Pehlivan M. (2009) Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri, *Alınleri*, 17(B), 14-26.
- Pandey R. (2015) Mineral Nutrition of Plants, Indian Agricultural Research Institute, New Delhi, India.
- Rahmani F., Peymani A., Daneshvand E., Biparva P. (2016) Impact of zinc oxide and copper oxide nano-particles on physiological and molecular processes in *Brassica napus* L., *Ind J Plant Physiol*, 21: 122-128.
- Rajput V.D., Minkina T., Suskova S., Mandzhieva S., Tsitsuashvili V., Chaplugin V., Fedorenko A. (2017) Effects of copper nanoparticles (CuO NPs) on crop plants: a Mini Review, *BioNanoScience*, 8(1), 36-42.
- Reichman S.M. (2012) The Responses of Plants to Metal Toxicity: A review focusing on Copper, Manganese and Zinc, Australian Minerals and Energy Environment Foundation, Melbourne, Victoria.
- Sadeghzadeh B. (2013) A review of zinc nutrition and plant breeding, *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 13 (4): 905-927.
- Shaikh I.R., Shaikh P.R., Shaikh R.A., Shaikh A.A. (2013). Phytotoxic effects of heavy metals (Cr, Cd, Mn and Zn) on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination and seedlings growth in black cotton soil of Nanded, India.
- Shams M.K., Yıldırım E., Agar G., Ercisli S., Ekinci M., Dursun A., Kul R. (2018) Nitric oxide alleviates copper toxicity in germinating seed and seedling growth of *Lactuca sativa* L., *Not Bot Horti Agrobo*, 46(1): 167-172.
- Singh D., Nath K., Sharma Y.K. (2007) Response of wheat seed germination and seedling growth under copper stress, *J. Environ. Biol.*, 28(2), 409-414.
- Tomar O., Kumlay A.M., Çağlar A. (2008) Antioksidan ve Flavonoid Kaynağı Olarak Karabuğday (*Fagopyrum esculentum* Moench), *Hasad Gıda*, 23(274): 44-49.
- Tripathi D.K., Singh S., Singh S., Mishra S., Chauhan D.K., Dubey N.K. (2015) Micronutrients and their diverse role in agricultural crops: advances and future prospective, *Acta Physiol Plant*, 37: 139.
- Tsonev T., Lidon F.J.C. (2012) Zinc in plants - An overview, *Emir J. Food Agric*, 24 (4): 322-333.
- Unal H., Izli G., Izli N., Asik B.B. (2017) Comparison of some physical and chemical characteristics of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grains, *Cyta – Journal of Food*, 15(2): 257-265.
- Vojtíšková P., Kmentová P.K., Kubáň V., Kráčmar S. (2012) Chemical composition of buckwheat plant (*Fagopyrum esculentum*) and selected buckwheat products, *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 1 (February Special Issue), 1011-1019.
- Wang H., Zhong G., Shi G., Pan F. (2010) Toxicity of Cu, Pb, and Zn on seed germination and young seedlings of wheat (*Triticum aestivum* L.), 4th Conference on Computer and Computing Technologies in Agriculture (CCTA), Nanchang, China, pp.231-240.
- Wang L.J., Sheng M.Y., Wen P.C., Du J.Y. (2017) Morphological, hysiological, cytological and phytochemical studies in diploid and colchicine-induced tetraploid plants of *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn, *Botanical Studies*, 58:2
- White P.J., Brown P.H. (2010) Plant nutrition for sustainable development and global health, *Annals of Botany*, 105: 1073-1080.
- Yashimoto Y., Egashira T., Hanashiro I., Ohinata H., Takase Y., Takeda Y. (2004) Molecular structure and some physicochemical properties of buckwheat starches, *Creal Chem*, 81(4): 515-520.
- Yasmeen F., Razaq A., Iqbal M.N., Jhazab H.M. (2015) Effect of silver, copper and iron nanoparticles on wheat germination, *International Journal of Biosciences*, 6(4): 112-117.
- Zhang R., Zhang H., Tu C., Hu X., Li L., Luo Y., Christie P. (2015) Phytotoxicity of ZnO nanoparticles and the released Zn(II) ion to corn (*Zea mays* L.) and cucumber (*Cucumis sativus* L.) during germination, *Environmental Science and Pollution Research*, 22(14): 11109-11117.



# ***Lentinula edodes* Ekstraktının Sıçan Karaciğer Dokusu Üzerine İnflamatuar ve Apoptotik Etkisinin Değerlendirilmesi**

Özlem Coşkun<sup>1\*</sup>, Özlem Öztöpuş<sup>2</sup>, Başak Büyük<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyofizik Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0741-5001)

<sup>2</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyofizik Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1373-6311)

<sup>3</sup>İzmir Demokrasi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Histoloji-Embriyoloji Anabilim Dalı, İzmir, Türkiye (ORCID:0000-0003-1817-2241)

(İlk Geliş Tarihi 2 Temmuz 2020 ve Kabul Tarihi 27 Ağustos 2020)

(DOI:10.31590/ejosat.762597)

**ATIF/REFERENCE:** Coşkun, Ö., Öztöpuş, Ö. & Büyük, B. (2020). *Lentinula edodes* Ekstraktının Sıçan Karaciğer Dokusu Üzerine İnflamatuar ve Apoptotik Etkisinin Değerlendirilmesi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 803-808.

## **Öz**

*Lentinula edodes* (Shiitake mantarı) uzak Doğu ülkelerinde binlerce yıldır gıda ve ilaç olarak yetiştirilip kullanılmaktadır. Günümüzde dünya çapında en fazla tüketilen ikinci mantar türüdür. Dünya genelinde 100,000 veya daha fazla mantar türünün 100'den fazlasının toksik olduğu tahmin edilmektedir. Mantarlar, dünyanın pek çok yerinde değerli bir gıda maddesidir, ancak bazı türleri insanlarda zararlı etkilere neden olabilir, bazı durumlarda potansiyel olarak ölümcül olabilir. Son yıllarda mantar zehirlenmesi ile ilişkili kabul edilen klinik sendromların kapsamı genişlemiştir. Shiitake mantar türünün toksik etkisi konusunda çok az araştırmaya rastlanmış olup, konuyla ilgili bilimsel araştırmalara ihtiyaç vardır. Bu mantar türü yenilebilir, ancak bazı kişilerde küçük yan etkiler veya alerjik reaksiyonlar görülebilir. Literatürde shiitakeye bağlı toksikodermi ve shiitake dermatit vakaları bildirilmiştir. Shiitake mantar sporları alerjik reaksiyonlara neden olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızın amacı sıçanlara farklı dozda uygulanan shiitake mantarının karaciğer üzerine toksik etkisi olup olmadığını araştırmaktır. Çalışmada sıçanlara farklı dozlarda (düşük ve yüksek dozda) uygulanan Shiitake mantar ekstraktının karaciğere etkisi; TNF- $\alpha$  (inflamatuar belirteç), Bax, Bcl-2'nin (apoptotik belirteç) ekspresyon değişimleri incelenerek ve histopatolojik analizleri yapılarak değerlendirildi. Gruplara ait Bax, Bcl-2, TNF- $\alpha$  ekspresyon düzeyleri incelendiğinde Bax ekspresyon seviyesinde düşük doz ile kontrol grubu karşılaştırıldığında anlamlı bir düşüş izlendi ( $p < 0,05$ ). Bcl-2 ekspresyon seviyesinde kontrol grubu ve yüksek doz grubu ile karşılaştırıldığında anlamlı bir düşüş izlendi ( $p < 0,05$ ). TNF- $\alpha$  ekspresyon seviyesinde yüksek doz ve kontrol grubu karşılaştırıldığında yine anlamlı bir düşüş izlendi ( $p < 0,05$ ). Histopatolojik olarak gruplarda hidropik dejenerasyon ve sinüzoidal dilatasyon parametreleri değerlendirildi. Hidropik dejenerasyon ve sinüzoidal dilatasyon düşük dozda ve yüksek dozda, kontrol grubuna göre yüksek bulundu. Sonuçlar istatistiksel olarak anlamlı bulundu ( $p = 0,0$  ve  $p = 0,021$ ). Gruplara ait H&E boyama sonrasında Shiitake mantar ekstraktının doza bağlı olarak yapısal değişikliklerde hafif derecede artış saptanmıştır. Literatürde *Lentinula edodes* ekstraktının ishal ve deri döküntüsü gibi hafif yan etkilere yol açtığı, 1 hafta boyunca 50 mg/gün büyük dozlarda bile akut toksik olduğuna dair hiçbir kanıt bulunmamıştır. Sonuç olarak çalışmamızda shiitake mantarı uygulanan dozlarda sıçan karaciğer dokusuna gerek apoptotik belirteçlerin ekspresyonu bakımından gerekse histopatolojik olarak zararlı etki göstermemiştir.

**Anahtar Kelimeler:** *Lentinula edodes*, TNF- $\alpha$ , Bcl-2, Bax, karaciğer

## **Evaluation of Inflammatory and Apoptotic Effect of *Lentinula edodes* Extract on Rat Liver Tissue**

### **Abstract**

*Lentinula edodes* (Shiitake mushroom) have been grown and used as food and medicine in the Far East for thousands of years. Today, shiitake mushroom is the second most consumed mushroom species in the world and is one of the most grown edible mushrooms in the world. It is estimated that more than 100 of 100,000 or more fungal species worldwide are toxic. Mushrooms are a valuable foodstuff in many parts of the world, but some species can cause harmful effects on humans, in some cases potentially fatal. In recent years, the scope of clinical syndromes considered to be associated with fungal poisoning has expanded. Few studies have been found on the toxic effects of Shiitake mushroom species and scientific research is needed. This type of fungus is edible, but some people may experience minor side effects or allergic reactions. Toxicodermis and shiitake dermatitis cases have been reported in the

\*Sorumlu Yazar:ÇanakkaleOnsekiz Mart Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Biyofizik Bölümü, Çanakkale, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0741-5001, [ozlemcoskun@comu.edu.tr](mailto:ozlemcoskun@comu.edu.tr)

literature. Shiitake mushroom spores have been found to cause allergic reactions. The aim of this study was to investigate the toxic effects of shiitake fungus administered to rats on liver. In this study, the effect of Shiitake mushroom extract applied to rats at different doses (low and high doses) on liver was evaluated by examining expression changes of TNF- $\alpha$  (inflammatory marker), Bax, Bcl-2 (apoptotic marker) and histopathological analysis. When the Bax, Bcl-2, TNF- $\alpha$  expression levels of the groups were examined, a significant decrease was observed in the Bax expression level when the low dose was compared with the control group ( $p < 0.05$ ). There was a significant decrease in Bcl-2 expression level compared to the control group and the high dose group ( $p < 0.05$ ). When the high dose and control group were compared in TNF- $\alpha$  expression level, a significant decrease was observed again ( $p < 0.05$ ). Histopathologically, hydropic degeneration and sinusoidal dilation parameters were evaluated in the groups. Hydropic degeneration and sinusoidal dilation were found at low dose and high dose compared to the control group. Results were statistically significant ( $p = 0.0$  and  $p = 0.021$ ). After the H&E staining of the groups, a slight increase was observed in the structural changes depending on the dose of Shiitake fungus extract. In conclusion, there is no evidence in the literature that *L. edodes* extract causes mild side effects such as diarrhea and skin rash, and is acute toxic even at large doses of 50 mg / day for 1 week. As a result, in our study, rat liver tissue did not show any harmful effects on the expression of apoptotic markers or histopathologically at doses applied with shiitake mushroom.

**Keywords:** *Lentinula edodes*, TNF- $\alpha$ , Bcl-2, Bax, liver

## 1. Giriş

Mantarlar sahip olduğu besin ve tıbbi özelliklerinden dolayı bileşimlerinde bulunan etken maddelerin ekstrakte edilmesiyle birçok hastalığın tedavisinde veya önlenmesinde etkin olarak kullanılmaktadır (Sarıkürkcü vd., 2004). Bazı mantar türleri içerdikleri bileşenler sayesinde antitümör, bağışıklık düzenleyici, kardiyovasküler ve antimikrobiyal özelliğe sahiptirler (Karmali, 2008). Tıbbi mantarların biyolojik olarak aktif bileşenlerinin tanımlanması ve bunların tedavi ve bağışıklık sistemi modülatörleri olarak kullanılması konusunda önemli bilgi ve araştırmalar vardır. Esas olan yenilebilir mantarların aktif bileşenlerinin, bütün mantarları tüketirken veya bu mantarlardan elde edilen ekstraktları in vitro kullanırken fayda sağlamak için yeterli miktarlarda bulunup bulunmadığıdır. Özellikle de yenilen mantar türlerinin toksikolojik yan etkileri konusunda endişeler bulunmaktadır. Alınan miktara bağlı olarak ölümcül olabilen farklı sendromlara neden olabilirler (Yu vd., 2009).

Shiitake mantarı (*Lentinula edodes*), Asya'da yetiştirilen dünya çapında en yaygın tüketilen yenilebilir ikinci mantar türüdür. Shiitake'den türetilen hem a hem de p-glukanlar “biyoaktifler” olarak kabul edilir ve her ikisi de adjuvan olarak kullanılır. Asya mutfağında shiitake mantarı taze tüketilir, kurutulur veya çeşitli yemeklerde pişirilir. Shiitake ayrıca turşu olarak da tüketilir. Doğu alternatif tıbbında, kurutulmuş shiitake veya ekstraktlarının artralji, miyalji, yorgunluk, kardiyopulmoner sağlık ve hatta kanser de dahil olmak üzere birçok koşulda yardımcı olduğu düşünülmektedir (Nguyvnd, 2017). Shiitake mantarı yenilebilir, ancak bazı kişilerde az da olsa yan etkilere veya alerjik reaksiyonlara neden olabilir. Literatürde shiitake mantarına bağlı toksikodermi ve shiitake dermatit vakaları bildirilmiştir. Shiitake mantar sporlarına karşı alerjik reaksiyonlar oluştuğu saptanmıştır (Rahman ve Choudhury, 2012).

Karaciğer birçok ilaç veya kimyasal ajanın metabolizması için temel organdır. Klasik tedavi amaçlı ilaçlar, vitaminler, alkol, kokain, ekstazi, mantar, endüstriyel kimyasal ilaçların yanı sıra özellikle son yıllarda kullanılan şifalı bitkilerin bazılarının da karaciğerde toksik olaylara neden olabileceği belirtilmiştir (Arıcı, 2008). Karaciğerde toksik etkiye yol açabilen başlıca mekanizmalardan biri doza bağımlı olandır (Bioulac-Sage ve Balabaud, 2014). Karaciğer dokusunun en önemli özelliklerinden bir diğeri de kendi kendini yenileyebilme özelliğidir. Bu özelliği akut gelişen karaciğer hasarlarında, hepatektomi gibi doku kayıplarının yaşandığı durumlarda görülmektedir. Enfeksiyon ya da inflamasyon gibi istenmeyen durumlarda yenilenmenin aksine hücre ve/veya doku kayıplarıyla sonuçlanabilmektedir (Hall, 2013). Bu durum hepatik yaralanma, hepatik virüs, iltihaplanma ve alkol tüketimi gibi birçok risk faktöründen kaynaklanabilir (Chen vd., 2012). *Lentinula edodes*, hepatit dahil olmak üzere bulaşıcı hastalıklarda terapötik uygulamalar için potansiyel tıbbi makro fungustur. *Lentinula edodes* ekstraktının antikanser aktivitesi ve immüno-regülasyon aktivitesi gibi tıbbi etkiler gösterdiği ve kimyasalların yol açtığı karaciğer hasarına karşı koruduğu hepatik hücre kültüründe gösterilmiştir (Kojima vd., 2010; Akamatsu vd., 2004; Watanabe vd., 2006).

Sitokinler vücutta farklı hücreler tarafından sentezlenen çok yönlü fonksiyonel polipeptitler olup, haberci moleküller olarak işlev gören ve hücreler arası iletişimden sorumlu olan, bütün immün sistem hücrelerini aktive eden uyarılmış lenfositler, monositler ve makrofajlar ile bazı somatik hücreler tarafından sentezlenirler (Sacu ve Bildik, 2009). İnflamasyona, sitokinler olarak bilinen polipeptit yapıda çeşitli çözümlü faktörler aracılık eder. TNF- $\alpha$  (Tümör Nekroz Faktör alfa) akut inflamasyonda rol oynayan proinflatuar sitokin olarak inflamasyonun anahtar modülatörleridir (Feghali ve Wright, 1997). Hücre zedelenmesi ile uyarılan immün sistem sitokinleri (TNF gibi) aktifleşip, hücre içi kaspazları tetikleyerek apoptozu tetikler (Jaeschke vd., 2002). Hayvan modellerinde yapılan birçok çalışmada, hepatik karaciğer yetmezliğinde TNF- $\alpha$ 'nin apoptozu indüklenmesinde ve sinyalin yıkılmasının tetiklenmesinde rol oynadığı belirlenmiştir (Liu, 2009). Sitokin seviyelerindeki değişiklikler karaciğer hasarı dahil olmak üzere doku hasarının biyobelirteçleri olarak önerilmiştir (Steuerwald vd., 2013). Mantar biyoaktifleri; makrofajlar, doğal öldürücü hücreler (NK Hücreleri) ve hatta T lenfositleri gibi immün hücrelerden TNF- $\alpha$ , IFN- $\gamma$  (interferon-gama), IL-1 $\beta$  (interlökin-1 beta) gibi proinflatuar sitokinlerin salgılanmasını tetikleyebildiği yapılan çalışmalarla gösterilmiştir (Lull vd., 2005). Çalışmamızın amacı uzun zamandan beri faydalı ve çeşitli aktivitelere sahip olduğu bilinen shiitake mantarı ekstraktının sıçanlara düşük ve yüksek dozda uygulandığında karaciğer dokusuna etkisini inflamatuvar ve apoptotik belirteçlerin ekspresyon düzeylerini ve histopatolojik olarak etkisini değerlendirmektir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Hayvan Modeli

Çalışmada 30 erkek Wistar Albino sıçan (300-350 g) kullanıldı ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu tarafından onaylandı (Karar numarası: 2019/08-03). Deney boyunca tüm sıçanlar standart barınma koşulları (22 °C oda

sıcaklığı ve 12 saatlik aydınlık / karanlık döngüsü) altında tutuldu. Hayvanlar ticari diyetle beslendi ve çeşme suyu içmelerine izin verildi.

## 2.2. Deney Düzeni

Çalışmada kullanılacak olan 30 adet erkek Wistar Albino cinsi sıçan, her grupta 10 hayvan olacak şekilde rastgele 3 gruba ayrıldı.

Grup 1: Serum fizyolojik (Kontrol) grubu (n:10)

Grup 2: Düşük doz (100 mg/kg) grubu (n:10)

Grup 3: Yüksek doz (400 mg/kg) grubu (n:10)

Dozlar (Grotto vd., 2016) referans alınarak belirlendi.

Kontrol grubuna ait sıçanlara serum fizyolojik 2 ml gavaj yoluyla günde 1 kez 7 gün süreyle uygulandı. Grup 2'ye her gün 100 mg/kg *Lentinula edodes* ekstraktı 2 ml serum fizyolojik içerisinde hazırlanarak 7 gün, günde 1 defa gavajla uygulandı. Grup 3'e her gün 400 mg/kg *Lentinula edodes* ekstraktı 2 ml serum fizyolojik içerisinde hazırlanarak 7 gün, günde 1 defa gavajla uygulandı.

## 2.3. *Lentinula edodes* Ekstraktının Elde Edilmesi

Çalışmada *Lentinula edodes* mantarından elde edilen ekstraktlar kullanıldı. Bunun için, farklı polariteye sahip çözücülerden yararlanıldı. Ekstraktlar elde edilmeden önce, kurutulmuş mantar parçaları filtre kağıdı ile 10'ar gramlık paketler haline getirilerek, Soxhlet cihazında (Wisd, Wise Therm) ekstrakte edildi. 10 g bitki için 300 ml çözücü kullanıldı. 12 saat sürecek ekstraksiyon sonunda, filtre kağıdı ile sarılı mantar parçaları cihazdan çıkartılıp etüvde kurumaya bırakıldı. Bu şekilde çözücüsünden arındırılan mantar örneği, ikinci çözücü ile ekstrakte edilmeye hazır hale getirildi. Ekstraksiyon sırasıyla etil alkol (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>O, KN: 78,37 °C) ve saf su (H<sub>2</sub>O, KN: 100 °C) ile yapıldı. Daha sonra evaporatör (Spektral, Heidolph, Laborota 4001) yardımıyla ekstraktların çözücüleri tamamen uçuruldu. Elde edilen ham ekstraktlar buzdolabında (0-4 °C) muhafaza edildi. Test edilmeden önce saf suda çözülerek farklı konsantrasyonları hazırlanan ekstraktlar, membran filtre (0,2 µm) ile steril edildi.

## 2.4. Histopatolojik Değerlendirme

7 günlük uygulama sonunda hayvanlara Ketamin hidroklorür (35 mg/kg) ve Xylazin (15 mg/kg) anestezisi altında cerrahi işlem yapılarak karaciğer doku örnekleri alındı. Dokular % 10 nötr tamponlu formaline yerleştirildi. Fiksasyon, dehidratasyon ve temizleme işlemlerinden sonra karaciğer dokuları parafin içine gömüldü. Parafin blokları Rotatory Microtome (Leica RM2125 RTS) üzerinde 5 mm kalınlığında kesilerek hematoksilin-eozin (H&E) boyama işlemi yapıldı. Histopatolojik bölümlerdeki hidropik dejenerasyon, sinüzoidal dilatasyon varlığı ışık mikroskobu (ZeissAxioScope A1) altında incelendi ve aşağıdaki gibi 0-3 yarı kantitatif bir ölçekte derecelendirildi.

0: hasar yok

1: hafif hasar

2: orta hasar

3: şiddetli hasar

## 2.5. Genetik Analiz

Toplam RNA, QIAamp RNA spin kolonu (AmbionPure Link RNA Mini Kit) kullanılarak 10 ila 30 mg karaciğer dokusundan izole edildi. RNA kalitesi ve miktarı NanoDrop ND-1000 Spektrofotometre kullanılarak 260/280 absorbans oranı belirlendi. Sentezlenen cDNA örnekleri kantitatif Real-Time PCR (ABI Stepone) çalışması için kullanıldı. Gen ekspresyon seviyeleri Tagman probe kullanılarak analiz edildi. Kontrol olarak beta-aktin geni kullanıldı. TNF- $\alpha$ , Bax, Bcl-2 ve  $\beta$ -aktin primer probe ID numarası sırasıyla Rn01525859\_g1, Rn01480161\_g1, Rn99999125\_m1, Rn00667869\_m1'dir (ThermoFischer).

## 2.6. İstatistiksel Analiz

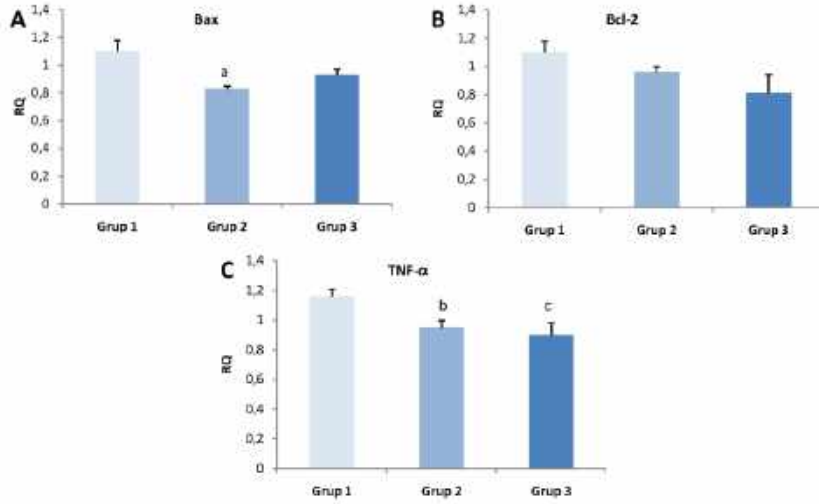
Verilerin istatistiksel analizi IBM SPSS Statistics Data Editor Version 2.1 kullanılarak gerçekleştirildi. Tanımlayıcı verileri sunmak için ortalama ve standart hata değerlerinin genetik ve histopatolojik sonuçları kullanıldı. Gruplar arasındaki fark ve karşılaştırma One-Way ANOVA ve ardından Tukey testi ile belirlendi. p < 0.05 değeri istatistiksel olarak anlamlı kabul edildi.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Gen Ekspresyon Analizi

Karaciğer dokusu TNF- $\alpha$  ekspresyon düzeyinin kontrol grubuna göre G2 ve G3'un yüksek bulunduğu, shiitake uygulamasından sonra Bcl-2 ekspresyonunun Grup 3'te, Grup 2'ye göre azaldığı Bax düzeyinin ise, yüksek doz shiitake verilen gruba kontrol grubunun yakın ekspresyon düzeyi gösterdiği belirlenmiştir.





Şekil 1. Gruplara ait Bax (A), Bcl-2 (B), TNF-α (C) ekspresyon düzeyleri.

Veriler, mRNA seviyeleri β-aktin ile normalize edilirdikten sonra  $2^{-\Delta\Delta CT}$  olarak verildi. Tüm sonuçlar her gruptaki on sıçan için ortalama ± standart hata olarak sunulmuştur. a: Grup 1 ile karşılaştırıldığında,  $p < 0,05$ ; b: Grup 1 ve Grup 3 ile karşılaştırıldığında  $p < 0,05$ ; c: Grup 1 ile karşılaştırıldığında  $p < 0,05$ .

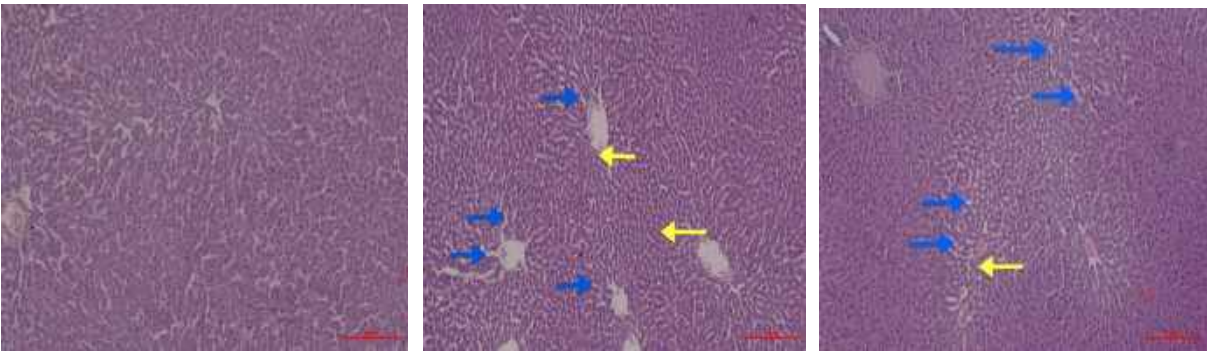
### 3.1.Histopatolojik Analiz

Histopatolojik olarak, her üç grupta da hidropik dejenerasyon, sinüzoidal dilatasyon parametreleri değerlendirildi. Hidropik dejenerasyon ve sinüzoidal dilatasyon için ortalama ve standart sapma değerleri Tablo 1’de verilmiştir. Hidropik dejenerasyon ve sinüzoidal dilatasyon Grup 2’de ve Grup 3’te Grup 1’e göre yüksek bulundu. Sonuçlar istatistiksel olarak anlamlıydı ( $p = 0,0$  ve  $p = 0,021$ ). Histopatolojik değişiklikler Tablo 1 ve Şekil 2’de görülmektedir.

**Tablo 1.** Hidropik dejenerasyon ve sinüzoidal dilatasyon sonuçları şu şekilde puanlandı: 0 = hasar yok, 1 = hafif hasar, 2 = orta hasar, 3 = ağır hasar. Sonuçlar her gruptaki on sıçan için ortalama ± standart hata olarak sunulmuştur. Hidropik dejenerasyon için a: Grup 2 ile karşılaştırıldığında  $p=0,05$ ; b: Grup 3 ile karşılaştırıldığında  $p<0,05$ ; Sinüzoidal dilatasyon için a: Grup 1 ile karşılaştırıldığında  $p<0,001$ ; b: Grup 3 ile karşılaştırıldığında  $p<0,001$ .

	Grup 1 (C) (Ort ± SH) (n=10)	Grup 2 (Düşük doz) (Ort ± SH) (n=10)	Grup 3 (Yüksek doz) (Ort ± SH) (n=10)	p
<b>Hidropik dejenerasyon</b>	0,0±0,0 <sup>a,b</sup>	0,86±0,26	1,0±0,36	0,0
<b>Sinüzoidal dilatasyon</b>	0,0±0,0 <sup>a,b</sup>	1,43±0,2	1,5±0,22	0,021

Tüm sonuçlar, her gruptaki sekiz sıçan için ortalama ± standart hata olarak sunulmuştur.



Şekil 2. Grup 1, 2 ve 3’e ait karaciğer dokusu kesitlerinin Hematoksilen-Eozin boyama görüntüleri. Mavi oklar sinüzoidal dilatasyon, sarı oklar hidropik dejenerasyon alanlarını göstermektedir (Büyütme x100).

Bütün mantarlar potansiyel olarak immün-modülatör özellikte olan birkaç bileşene sahiptir. İn vitro veriler, bütün mantar ekstraktlarının makrofaj ve sitokinlerin T hücreleri üretimini, anti-tümör bağışıklığının artırılmasında faydalı olduğunu göstermektedir.



*In vivo* ortamda yenilebilir mantarların immün düzenleyici fonksiyonlarını tespit etmek daha zordur (Yu vd., 2009). *Lentinula edodes* ekstraktı toksik değildir ve daha ucuzdur, kapsüllenmiş formu, öncelikle hastalıkların önlenmesi ve sağlığın korunması için günlük bir besin takviyesi olarak önerilmektedir (Hobbs vd., 2010).

Son yıllarda shiitake mantarı insanlarda çeşitli klinik çalışmalarda kullanılmış ve farklı kanser türleri, kalp hastalıkları, hiperlipidemi, hipertansiyon, bulaşıcı hastalık ve hepatit gibi çok çeşitli hastalıklarda faydalı olduğu belirtilmiştir. Literatürde shiitake'e bağlı toksikodermi ve dermatit vakaları rapor edilmiş (Wasser, 2005). *L. edodes* miselyum, ishal ve deri döküntüsü gibi hafif yan etkiler görünse de, 1 hafta boyunca 50 mg'in üzerindeki büyük dozlarda bile, akut toksik olduğuna dair hiçbir belirti göstermediği, ciddi bir yan etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Bununla birlikte, ileri kanserli hastaların klinik çalışmalarında, GOT (Glutamat Okzaloasetat Transminaz) ve GPT (Glutamat Piruvat Transaminaz) karaciğer enzimlerinde hafif bir artış ve göğüs üzerinde hafif bir basınç hissi gibi küçük yan reaksiyonlar meydana getirdiği belirtilmiştir (Kitzberger vd., 2007; Vasser vd., 1997).

Yapılan bir çalışmada sıçan diyetine shiitake mantarının eklenmesi, plazma TAG (Triasilgiserol) seviyesini önemli ölçüde azalttığı ancak karaciğerde TAG konsantrasyonunu arttırdığı bildirilmiştir. Karaciğerde TAG birikiminin hepatik steatoz gelişimine katkıda bulunduğu bildirilmiştir. Bununla uyumlu olarak son zamanlarda farelerde shiitake mantarı ile zenginleştirilmiş diyetin hepatik steatozu indüklediği bildirilmiştir (Handayani vd., 2014). Son zamanlarda yapılan çalışmalar shiitake mantarlarının hepatik steatozu arttırdığı ve altı hafta boyunca shiitake mantarları ile zenginleştirilmiş bir diyetle beslenen farelerde karaciğer yağlanması ( $p < 0,05$ ) olduğu dolayısıyla shiitake tüketiminin yağlı karaciğer gelişimi ile ilişkili olduğu bildirilmiştir (Chandra vd., 2011). Bu çalışmada da shiitake uygulanan gruplarda kontrol grubuna göre hafif derece de hidropik dejenerasyon ve sinüzoidal dilatasyon alanları gözlemlendi.

Yapılan bir çalışmada parasetamol ile indüklenen hepatoksiteye karşı *L. edodes*'in koruyucu etkisinin incelendiği çalışmada elde edilen bulgular *L. edodes* ekstraktının hem antioksidan hem de hepatoprotektif özelliklere sahip umut verici bir aday olabileceği önerilmiştir (Sasidharan vd., 2010). Diğer bir çalışmada *Lentinula* enjeksiyonunun, sıçanlarda karaciğer tümörünün büyümesini yavaşlattığı bildirilmiştir. Shiitake mantar ekstraktındaki polisakkarit fraksiyonunun karaciğeri korumasının yanı sıra, karaciğer fonksiyonunu iyileştirdiği ve hepatit B'ye karşı antikor üretimini arttırdığı gösterilmiştir (Rahman ve Choudhury, 2012; Smith vd., 2002).

Sitokinler, hücrel ve humoral immün yanıtların gelişiminde, inflamatuvar yanıtların uyarılmasında, hematopoiezin düzenlenmesinde, hücrelerin çoğalmasının ve farklılaşmasının kontrolünde, yara iyileşmesi süreçlerinin başlatılmasında önemli rollere sahiptirler (Öztürk, 2001; Vilcek, 2008). TNF- $\alpha$  doğal ve kazanılmış bağışıklık, hücre düzenlenmesi, farklılaşması ve apoptoz süreçlerinde önemli rollere sahip pleiotropik bir sitokindir. TNF- $\alpha$  doku hasarı ya da fiziksel stres sonrası kanda ilk saptanabilen sitokindir ve birçok otoimmün hastalıkta inflamasyonun başlamasında ve devam ettirilmesinde önemli özellikleri bulunmaktadır. TNF- $\alpha$ , akut inflamasyonda endotel hücrelerini adezyon molekülleri ve göçten sorumlu küçük sitokinleri üretmek adına uyarmaktadır. Sonuç olarak enfeksiyon bölgesine nötrofil ve makrofajların yapışmasına aracılık etmektedir (Çayakar, 2018). Bizim çalışmamızda da kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, 100 mg/kg ve 400 mg/kg shiitake ekstraktı verilen gruplarda karaciğer dokusunda Bax ve TNF- $\alpha$  ekspresyon düzeyinin anlamlı şekilde azaldığı belirlenmiştir ( $p < 0,05$ ). Bcl-2 ekspresyon düzeyi kontrol grubunun shiitake ekstraktı verilen 100 mg/kg ve 400 mg/kg grupla karşılaştırıldığında azaldığı ancak istatistiksel olarak anlamlı bulunmadığı görülmüştür ( $p < 0,069$  ve  $p < 0,456$ ).

Apoptoz, antiapoptotik ve proapoptotik proteinler arasındaki denge tarafından düzenlenir. Antiapoptotik Bcl-2 gen ailesi proteinleri (Bcl-2, Bcl-xL, bax, bad) apoptozun düzenlenmesinde rol oynarlar. Normalde Bcl-2 hücre proliferasyonuna neden olmadan hücrenin canlılığını sağlayan apoptoz inhibitörüdür (Bircan vd., 2005; Ramdial vd., 2000). Bcl-2 homodimerlerinin artışı hücre yaşamını sürdürmesine, Bax homodimer artışının hücre ölümüne neden olduğu bildirilmiştir (Ortiz vd., 2003). Antiapoptotik protein Bcl-2'nin apoptoza eğiliminin düşük olduğu yapılan bir çalışmada belirtilmiştir (Adams ve Cory, 2001). Bizim çalışmamızda da Bcl-2 ekspresyon düzeyi kontrol grubuna göre shiitake ekstraktı verilen gruplarda istatistiksel olarak anlamlı olmasa da düşüş göstermiştir. Bu çalışmada farklı dozlarda verilen shiitake ekstraktının karaciğer dokusunun histopatolojik incelemelerinde kontrole göre 100 mg/kg ve 400 mg/kg verilmiş gruplarda doza bağlı olarak hafif oranda yapısal değişiklikler gözlenmiştir. Dolayısıyla apoptotik belirteçlerde ve histopatolojik incelemelerde kontrole göre benzer sonuçların elde edilmesi, shiitake mantarının uygulanan dozlarda apoptotik süreç oluşturmadığı ve karaciğer dokusu üzerinde hasar oluşturmadığını göstermiştir.

## 4. Sonuç

Mantarlar içinde bulunan biyoaktif bileşiklerin katkı ve sinerjik etkilerinden yararlanarak sağlığın teşvik edilmesi için doğrudan diyetle kullanılabilir. Mantarların potansiyel terapötik etkileri çok büyüktür, ancak mantarların insanlara sağladığı çeşitli sağlık yararlarının ayrıntılı mekanizmaları, özellikle sağlık yararları etkilerine dair yeni kanıtların ortaya çıkmasıyla birlikte yoğun bir araştırma gerektirmektedir. Mantarların aktif bileşenlerinin izole edilerek potansiyel terapötik olarak kullanımı gelecek beklentilerdeki araştırmaların en önde gelenleri olmaya adaydır.

## Kaynakça

- Sarıkürkçü, C., Karslı Semiz, D., Solak, M. H., & Harmandar, M. 2004. Muğla Yöresi Yenilebilir Mantar Ekstraktlarının Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi. *Türkiye*, 8, 26-28.
- Karmali, A. 2008. SOD Activity, Cytochrome P-450, Cytochrome P-450 Reductase and Secondary Metabolites-Chemical and Biological Properties in Mushroom Nutrition. *International Mycotherapy Institute*, 9-11.
- Yu, S., Weaver, V., Martin, K., & Cantorna, M. T. 2009. The effects of whole mushrooms during inflammation. *BMC immunology*, 10(1), 1-13.

- Hobbs, C. 2000. Medicinal value of *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. (Agaricomycetidae). A literature review. *International Journal of Medicinal Mushrooms*, 2(4).
- Nguyen, A. H., Gonzaga, M. I., Lim, V. M., Adler, M. J., Mitkov, M. V., & Cappel, M. A. (2017). Clinical features of shiitake dermatitis: a systematic review. *International journal of dermatology*, 56(6), 610-616.
- Rahman, T., & Choudhury, M. B. K. 2012. Shiitake mushroom: a tool of medicine. *Bangladesh Journal of Medical Biochemistry*, 5(1), 24-32.
- Arıcı, S. 2008. Toksik hepatit. *Pamukkale Tıp Dergisi*, (2), 113-119.
- Bioulac-Sage, P, A, U, L, E, T, T, E., & Balabaud, C. 2009. Toxic and drug-induced disorders of the liver, In *Surgical Pathology of the GI Tract, Liver, Biliary Tract, and Pancreas*, 1059-1086.
- Guyton, A. C., & Hall, J. E. 2006. *Textbook of Medical physiology* 11 th Edition.
- Chen, M. F., Chung, H. H., & Lu, H. L. 2012. Protection of the extracts of *Lentinus edodes* mycelia against carbon-tetrachloride-induced hepatic injury in rats. *The Scientific World Journal*, 2012.
- Kojima, H., Akaki, J., Nakajima, S., Kamei, K., & Tamesada, M. 2010. Structural analysis of glycogen-like polysaccharides having macrophage-activating activity in extracts of *Lentinula edodes* mycelia. *Journal of natural medicines*, 64(1), 16.
- Akamatsu, S., Watanabe, A., Tamesada, M., Nakamura, R., Hayashi, S., Kodama, D., & Yagi, K. 2004. Hepatoprotective effect of extracts from *Lentinus edodes* mycelia on dimethylnitrosamine-induced liver injury. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 27(12), 1957-1960.
- Watanabe, A., Kobayashi, M., Hayashi, S., Kodama, D., Isoda, K., Kondoh, M., & Yagi, K. 2006. Protection against D-galactosamine-induced acute liver injury by oral administration of extracts from *Lentinus edodes* mycelia. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 29(8), 1651-1654.
- Sacu, D., Bildik, A. 2009. Deneysel Olarak Fibrosarkoma Oluşturulan Ratların Serumlarında İnterlökin 6 (IL-6) ve Tümör Nekrosis Faktör- $\alpha$  (TNF- $\alpha$ ) Düzeylerinin Belirlenmesi.
- Feghali, C. A., & Wright, T. M. 1997. Cytokines in acute and chronic inflammation. *Front Biosci*, 2(1), d12-d26.
- Jaeschke, H., Gores, G. J., Cederbaum, A. I., Hinson, J. A., Pessayre, D., & Lemasters, J. J. 2002. Mechanisms of hepatotoxicity. *Toxicological sciences*, 65(2), 166-176.
- Liu, Q. 2009. Role of cytokines in the pathophysiology of acute-on-chronic liver failure. *Blood purification*, 28(4), 331-341.
- Steuerwald, N, M., Foureau, D, M., Norton, H, J., Zhou, J., Parsons, J, C., Chalasani, N, & Stolz, A. 2013. Profiles of serum cytokines in acute drug-induced liver injury and their prognostic significance. *PLoS One*, 8(12), e81974.
- Lull, C., Wichers, H, J., & Savelkoul, H, F. 2005. Antiinflammatory and immunomodulating properties of fungal metabolites. *Mediators of inflammation*, 2005(2), 63-80.
- Grotto, D., Bueno, D, C, R., de Almeida Ramos, G, K., da Costa, S, R., Spim, S, R, V., & Gerenutti, M. 2016. Assessment of the safety of the shiitake culinary-medicinal mushroom, *lentinus edodes* (agaricomycetes), in rats: Biochemical, hematological, and antioxidative parameters. *International journal of medicinal mushrooms*, 18(10).
- Yu, S., Weaver, V., Martin, K., & Cantorna, M, T. 2009. The effects of whole mushrooms during inflammation. *BMC immunology*, 10(1), 12.
- Wasser, S. P. 2005. Shiitake (*Lentinus edodes*). *Encyclopedia of dietary supplements*, 653-664.
- Kitzberger, C. S. G., Smânia Jr, A., Pedrosa, R. C., & Ferreira, S. R. S. 2007. Antioxidant and antimicrobial activities of shiitake (*Lentinula edodes*) extracts obtained by organic solvents and supercritical fluids. *Journal of food engineering*, 80(2), 631-638.
- Handayani, D., Meyer, B. J., Chen, J., Brown, S. H., Mitchell, T. W., & Huang, X. F. 2014. A high-dose shiitake mushroom increases hepatic accumulation of triacylglycerol in rats fed a high-fat diet: underlying mechanism. *Nutrients*, 6(2), 650-662.
- Chandra, L. C., Smith, B. J., Clarke, S. L., Marlow, D., D'Offay, J. M., & Kuvibidila, S. R. 2011. Differential effects of shiitake and white button mushroom-supplemented diets on hepatic steatosis in C57BL/6 mice. *Food and chemical toxicology*, 49(12), 3074-3080.
- Sasidharan, S., Aravindran, S., Latha, L. Y., Vijenthil, R., Saravanan, D., Amutha, S. 2010. In vitro antioxidant activity and hepatoprotective effects of *Lentinula edodes* against paracetamol-induced hepatotoxicity. *Molecules*, 15(6), 4478-4489.
- Rahman, T., & Choudhury, M. B. K. 2012. Shiitake mushroom: a tool of medicine. *Bangladesh Journal of Medical Biochemistry*, 5(1), 24-32.
- Smith, J., Rowan, N., & Sullivan, R. 2002. *Medicinal mushrooms: their therapeutic properties and current medical usage with special emphasis on cancer treatments* (p. 256). London: Cancer Research UK.
- Öztürk, C., 2001. Sitokinler, Mersin Univ Tıp Fak Derg, 2(4), 523-528.
- Vilcek, J., 2008. First demonstration of the role of TNF in the pathogenesis of disease. *The Journal of Immunology*, 181(1), 5-6.
- Çayakar, A. 2018. Nedir Bu Tümör Nekrozis Faktör Alfa?. *Türkiye Klinikleri İç Hastalıkları Dergisi*, 3(2), 67-76.
- Bircan, S., Çandır, Ö., Kapucuoğlu, N., & Başpınar, Ş. 2005. p53, BCL-2, bax expression in Basal Cell Carcinomas and Nontumoral Surrounding Skin. *Turkish Journal of Pathology*, 21(3-4), 044-048.
- Ramdial, P. K., Madaree, A., Reddy, R., & Chetty, R. 2000. bcl-2 protein expression in aggressive and non-aggressive basal cell carcinomas. *Journal of cutaneous pathology*, 27(6), 283-291.
- Ortiz, A., Justo, P., Sanz, A., Lorz, C., & Egido, J. 2003. Targeting apoptosis in acute tubular injury. *Biochemical pharmacology*, 66(8), 1589-1594.
- Adams, J. M., & Cory, S. 2001. Life-or-death decisions by the Bcl-2 protein family. *Trends in biochemical sciences*, 26(1), 61-66.



# Periyodik Eğrilikli İçi Boş Lif İçeren Elastik Ortamda Gerilme Dağılımı

Reşat Köşker<sup>1\*</sup>, İsmail Gülten<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalürji Fakültesi, Matematik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0051-340X)

<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Mühendisliği Programı, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9459-5970)

(İlk Geliş Tarihi 16 Temmuz 2020 ve Kabul Tarihi 29 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.770569)

**ATIF/REFERENCE:** Köşker, R. & Gülten, İ. (2020). Periyodik Eğrilikli İçi Boş Lif İçeren Elastik Ortamda Gerilme Dağılımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 809-820.

## Öz

Bu makalede, düşük yoğunluklu periyodik eğrilikli içi boş lifler içeren sonsuz elastik bir ortamda gerilme dağılımı incelenmiştir. İçi boş liflerin düşük yoğunluğu dikkate alındığında, aralarındaki etkileşim ihmal edilir. Dolayısıyla, dikkate alınan ortam, sonsuz bir elastik gövdeye gömülü sonsuz bir uzunluğa sahip tek bir periyodik eğrilikli içi boş lifdir. Ayrıca, ortamın sonsuzda içi boş lif boyunca etkiyen düzgün dağılmış normal kuvvetlerle yüklendiği varsayılmaktadır. Ortamlar arası yüzeylerde ideal temas koşullarının sağlandığı düşünülmektedir. Araştırmalar, parçalı-homojen cisim modeli çerçevesinde elastisite teorisinin üç boyutlu geometrik doğrusal olmayan kesin denklemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sınır değer probleminin formülasyonu ve matematiksel çözümünde sınır formu pertürbasyon yöntemi kullanılmıştır. Bu çalışmada, içi boş lif ile matris arasındaki temas yüzeyleri üzerindeki normal gerilme ve kendi kendini dengeleyen kayma gerilmeleri için, sıfırıncı ve birinci yaklaşımlar çerçevesinde sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Ele alınan cisimdeki gerilme dağılımı ve geometrik doğrusal olmamanın bu dağılıma etkisi ile ilgili çok sayıda sayısal sonuç elde edilmiş ve yorumlanmıştır. Ayrıca, geometrik ve mekanik problem parametrelerinin bu dağılımlara etkileri de analiz edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** İçi Boş Lif, Lifli Kompozitler, Gerilme Dağılımı, Periyodik Eğrilik, Geometrik nonlineerite.

## Stress Distribution in Elastic Media Containing Hollow Fiber with Periodic Curvature

### Abstract

In the present paper, stress distribution is studied in an infinite elastic body containing low concentration of periodical curved hollow fibers. Taking the low concentration of hollow fibers into account the interaction between them is neglected. So, the considered media is a single periodical curved hollow fiber with an infinite length embedded in an infinite elastic body. Moreover, it is assumed that the body is loaded at infinity by uniformly distributed normal forces which act along the hollow fiber. We suppose that on the inter-medium surfaces the completely cohesion conditions are satisfied. The investigations are carried out within the framework of the piecewise homogeneous body model with the use of the three-dimensional geometrical nonlinear exact equations of the theory of elasticity. In formulation and mathematical solution of the obtained boundary value problem, the boundary form perturbation method is used. In this study, numerical results are obtained in the framework of the zeroth and the first approximations for the normal stress and the self-equilibrium shear stresses on the contact surfaces between hollow fiber and matrix. The numerous numerical results related to the stress distribution in considered body and the influence of geometrical nonlinearity to this distribution are obtained and interpreted. Moreover, the influences of the geometrical and mechanical parameters of problem to these distributions are also analyzed.

**Keywords:** Hollow Fiber, Fibrous Composites, Stress Distribution, Periodic Curvature, Geometrical Non-linearity.

\* Sorumlu Yazar: Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Matalürji Fakültesi, Matematik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0051-340X, [kosker@yildiz.edu.tr](mailto:kosker@yildiz.edu.tr)

## 1. Giriş

Kompozit malzemeler, uygun özelliklerinden dolayı uçuş araçlarında, otomobillerde, teknelerde, boru hatlarında, binalarda, yollarda, köprülerde ve diğer ürünlerde kullanılmaktadırlar (Ahmad ve ark. 2019; Çallıoğlu ve Kavla, 2019). Kompozitlerin en yaygın olanı, güçlendirici liflerin matris malzeme içine gömülü olduğu lifli kompozitlerdir. Tek yönlü lifli kompozitlerde liflerin başlangıç eğriliğine veya bükümüne sahip olabildiği bilinir (Kelly, 1998; Akbarov ve Guz, 2000; Guz, 2003). Bu eğrilikler tasarım sırasında duyulan gereksinim veya teknolojik işlemlerin sonucudur. Genellikle, teknolojik işlemler sırasında ortaya çıkan yerel eğrilikler, tasarım gereksinimi sonucu ortaya çıkmış olan eğrisellikler ise periyodik eğrilikler şeklinde modellenirler. Yapay olarak üretilen kompozit malzemelerin başarılı pratik kullanılışı, bu malzemelerdeki gerilme-şekil değiştirme söz konusu edilen başlangıç eğriliğinin dikkate alınarak belirlenmesine bağlıdır. Liflerdeki eğriliğin sonucu olarak kendi kendini dengeleyen gerilmeler artar ve bu gerilmeler lifler yönündeki basınç veya çekme etkisinde liflerin matristen ayrılmalarına yol açabilirler (Akbarov ve Guz, 2000; Corten ve ark., 1967). Bu ayrılma, toplamları kompozitlerin mukavemet ve rijitliğini önemli ölçüde değiştirebilecek makro çatlaklara sebep olurlar (Kashtalyan, 2005). Bunlar dışında, güçlendirici liflerin başlangıç küçük eğriliği, tek yönlü kompozit malzemelerin çeşitli kırılma ve stabilite kaybı problemleri için model olarak da kullanılırlar (Akbarov, 2012). Sonuç olarak, eğrisel yapıya sahip kompozit malzemelerin mekaniğinin tespiti, hem şekil değiştiren katı cisimler mekaniğinin gelişimi hem de modern mühendislikte kullanılan çok özel kompozit malzeme bileşenlerinin uygulamalarında önemlidir. Bu amaçla, Akbarov ve Guz (1985) makalesinde, tek yönlü kompozitlerde gerilim-gerinim durumunu araştırmak için elastisite teorisinin üç boyutlu kesin denklemlerinin kullanılmasıyla parçalı homojen cisim modeli çerçevesinde bir yöntem geliştirilmiştir. Bu yöntemle elde edilen sonuçlar Akbarov ve Guz (2002)'de detaylandırılmıştır.

Akbarov ve Guz (1985) yayınında kullanılan yöntem, lifler arasındaki etkileşimin yok sayıldığı ve düşük yoğunluklu liflerin olduğu durum için uygulanmıştır. Bu yöntem, Kosker ve Akbarov (2003)'de periyodik eğrilikli komşu iki lif için geliştirilmiş ve sayısal sonuçlar verilmiştir. Akbarov ve Kosker (2003)'de söz konusu edilen yöntem geometrik doğrusal olmayan duruma genişletilmiş ve tek ve komşu iki periyodik eğrilikli lif için elde edilen sayısal sonuçlar verilmiştir. Bu problemlerin stabilite kaybı araştırmaları Akbarov (2007)'de özetlenmiştir. Akbarov ve ark (2004, 2006, 2010, 2016) yayınlarında ise söz konusu edilen yaklaşım, sonsuz matriste periyodik olarak yerleştirilmiş bir lifler sırası için geliştirilmiş ve karşılık gelen sayısal sonuçlar sunulmuştur.

Bununla birlikte, yukarıda detaylandırılan tüm araştırmalarda, kompozit malzemelerin takviye elemanlarının geleneksel malzemelerden yapıldığı varsayılmıştır. Akbarov (2013) makalesinde, kompozit içindeki takviye elemanının çift duvarlı karbon nanotüp olduğu durumda tek yönlü lifli kompozitlerin yapısında iç stabilite kaybı problemlerinin geliştirilmesi için girişimde bulunulmuştur. Bu girişim, karbon nanotüpün, malzeme sabitlerinin belli ölçüler dahilinde olması durumunda, içi boş lif olarak modellenebileceği fikrine dayandırılmıştır (Qian ve ark., 2000; Zhuk ve Guz, 2007; Guz ve Dekret, 2008; Maligino ve ark., 2009).

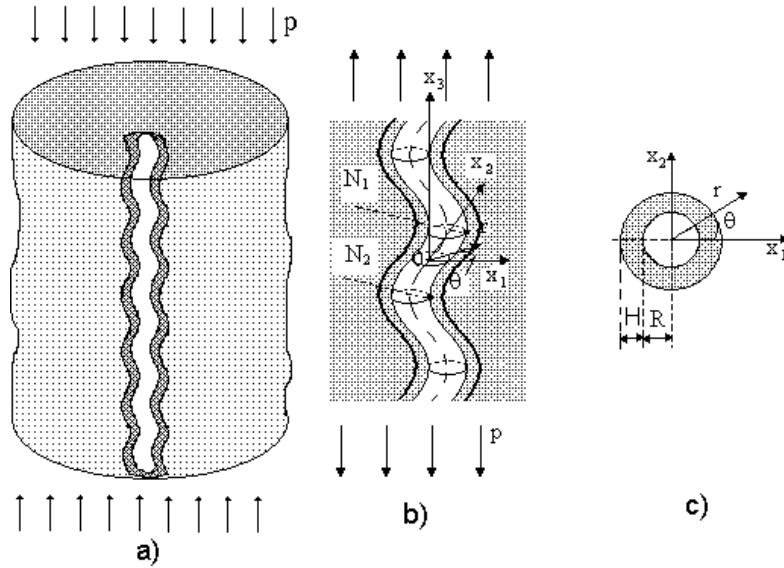
Bu çalışmada, sonsuz bir cisimde düşük yoğunluklu sonsuz uzunlukta periyodik eğrilikli içi boş lifler olduğu problem ele alınmış ve bu problemin gerilme dağılımı araştırılmıştır. Düşük yoğunluk, içi boş lifler arasındaki mesafenin, lifler arası etkileşimin ihmal edilebileceği kadar büyük olduğu anlamında kullanılmıştır. Araştırmalar, parçalı-homojen cisim modeli çerçevesinde elastisite teorisinin üç boyutlu geometrik doğrusal olmayan kesin denklemleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Cismin, sonsuzda lifler yönünde düzgün dağılmış normal kuvvetler etkisinde olduğu varsayılmıştır.

Matris ile içi boş lif yüzeyleri arasında tam yapışma olduğu varsayılarak ele alınan problemin matematiksel formülasyonu ile sınır-değer problemi elde edilmiştir. Bu problemin çözümü için, tüm bilinmeyenlerin küçük bir parametrenin kuvvet serisi biçiminde gösterildiği sınır formu pertürbasyon yöntemi kullanılmıştır. Böylece, her bir yaklaşım için denklemler takımı elde edilmiş ve yine her bir yaklaşım için temas koşulları bulunmuştur. İstenen değerler sayısal olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada, içi boş lif ve matris arasındaki temas yüzeylerinde normal gerilme ve kendi kendini dengeleyen kayma gerilmeleri için sıfıncı ve birinci yaklaşımlar çerçevesinde sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Dikkate alınan cisimdeki gerilme dağılımı ve geometrik doğrusal olmamanın bu dağılıma etkisi ile ilgili çok sayıda sayısal sonuç elde edilmiş ve yorumlanmıştır.

## 2. Problemin Matematiksel Formülasyonu

Sonsuz elastik ortamda düşük yoğunluklu periyodik eğrilikli içi boş lifler olduğunu düşünelim (Şekil 1a). Burada “düşük yoğunluklu” ile lifler arasındaki etkileşimin ihmal edilebilecek kadar liflerin birbirinden uzak olduğu vurgulanmaktadır. Lifin orta çizgisine dik olan kesitlerin daire olduğunu ve iç yarıçapın  $R$ ; lif kalınlığının  $H$  dolayısıyla lif yarıçapının  $R + H$  (Şekil 1c) olduğunu ve bu değerlerin lif boyunca sabit kaldığını varsayalım. Söz konusu edilen kesit dairelerin merkezinden geçen eğriyi çalışma boyunca lifin orta çizgisi olarak ifade edeceğiz. Lagrange koordinatları olarak başlangıç noktası lifin orta çizgisi üzerinde olacak şekilde  $Ox_1x_2x_3$  kartezyen  $O\theta z$  silindirik koordinat takımlarını seçelim (Şekil 1b, c). Cismin sonsuzda lif yönünde ( $Ox_3$  ( $Oz$ ) yönünde)  $p$  yoğunluklu düzgün dağılmış normal kuvvetler etkisinde olduğu düşünülmektedir.





Şekil 1. Ele alınan problemin geometrisi ve seçilen koordinat takımları

Bu durumda incelemelerimiz lif ve matrisin farklı lineer elastik, homojen ve izotropik malzemelerden oluştuğu düşünülerek, sürekli ortamlar mekaniğinde elastisite teorisinin kesin üç boyutlu geometrik nonlineer denklemleri kullanılarak yapılacaktır. İçi boş lifle ilgili tüm büyüklükler (2) üst indisi ile gösterilirken, matris ile ilgili olanlar (1) üst indisi ile gösterilecektir. Lifin orta çizgi denklemini

$$x_1 = \varepsilon \delta(x_3) = L \sin\left(\frac{2\pi}{l} x_3\right) = \varepsilon l \sin\left(\frac{2\pi}{l} x_3\right) = \varepsilon l \sin(\alpha x_3), \quad x_2 = 0, \quad \varepsilon = \frac{L}{l}, \quad (1)$$

olarak ifade edelim.  $\varepsilon$  ( $0 < \varepsilon \ll 1$ ) lifin eğilme genliğini belirten küçük bir parametre ( $L$  eğriliğin genliği,  $l$  eğriliğin periyodu olmak üzere),  $\delta(x_3)$  fonksiyonu ise malzemenin  $p$  yoğunluklu düzgün dağılmış normal kuvvetler etkisine girmeden önceki (başlangıç durumundaki, şekil değiştirme gerçekleşmeden önceki) eğilme formunu ifade etmektedir. (1) denkleminde ifade ettiğimiz üzere, lifin orta çizgisi  $x_2 = 0$  düzlemi üzerindedir. Kuvvetlerin yüklenmesinin ardından da bu çizginin aynı düzlem üzerinde kaldığı varsayılacaktır. İçi boş lif ile matris arasındaki temas yüzeyini  $S$  ile gösterelim. Yukarıda kabul edilen varsayımlar dikkate alındığında, bu yüzeyin ve birim dış normal vektörü bileşenlerinin ifadeleri aşağıdaki şekilde yazılabilirler:

$$r_k = (1 + \varepsilon^2 (\delta'(t_3))^2 \sin^2 \theta)^{-1} \left\{ (\varepsilon \delta(t_3) + \varepsilon^3 \delta(t_3) (\delta'(t_3))^2 \sin^2 \theta + [R^2 - \varepsilon^2 (\delta(t_3))^2 - \varepsilon^4 (\delta'(t_3))^2 (\delta'(t_3))^2 (1 + \varepsilon^2 (\delta'(t_3))^2 \sin^2 \theta)]^{1/2} \right\} \quad (2)$$

$$z_k = t_3 - \varepsilon \delta'(t_3) r(t_3) \sin \theta + \varepsilon^2 \delta(t_3) \delta'(t_3), \quad \delta'(t_3) = \frac{d\delta(t_3)}{dt_3}$$

$$A(\theta, t_3) = \left[ \left( r(\theta, t_3) \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial t_3} \right)^2 + \left( \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial \theta} \frac{\partial r(\theta, t_3)}{\partial t_3} - \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial t_3} \frac{\partial r(\theta, t_3)}{\partial \theta} \right)^2 + \left( r(\theta, t_3) \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial t_3} \right)^2 \right]^{1/2} \text{ olmak üzere}$$

$$n_r = r(\theta, t_3) \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial t_3} [A(\theta, t_3)]^{-1}, \quad n_\theta = \left[ \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial \theta} \frac{\partial r(\theta, t_3)}{\partial t_3} - \frac{\partial r(\theta, t_3)}{\partial \theta} \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial t_3} \right] [A(\theta, t_3)]^{-1}, \quad n_z = -r(\theta, t_3) \frac{\partial r(\theta, t_3)}{\partial t_3} [A(\theta, t_3)]^{-1} \quad (3)$$

(2) ifadelerinde  $t_3 \in (-\infty, +\infty)$  bir parametredir. Lif malzemesi ve sonsuz elastik ortamda aşağıdaki alan denklemleri sağlanır.

$$\nabla_i \left[ \sigma^{(k)in} \left( g_n^j + \nabla_n u^{(kj)} \right) \right] = 0, \quad (4)$$

$$2\varepsilon_{jm}^{(k)} = \nabla_j u_m^{(k)} + \nabla_m u_j^{(k)} + \nabla_j u^{(kn)} \nabla_m u_n^{(k)}, \quad (5)$$

$$\sigma_{(in)}^{(k)} = e^{(k)} \delta_{in}^n + 2\varepsilon_{(in)}^{(k)}, \quad e^{(k)} = \varepsilon_{(rr)}^{(k)} + \varepsilon_{(\theta\theta)}^{(k)} + \varepsilon_{(zz)}^{(k)}, \quad k = 1, 2 \quad (6)$$

Burada  $\sigma_{(in)}^{(k)}$  'lar ve  $\varepsilon_{(in)}^{(k)}$  'lar sırasıyla gerilme ve şekil değiştirme tansörlerinin fiziksel bileşenleridir. Verdiğimiz (4)-(6) denklemlerinde tansör notasyonu kullanılmıştır ve tekrarlanan indislere göre Einstein toplam uyuşumu yapılacak, ancak tekrarlanan altı çizili indislere göre bu uyuşum uygulanmayacaktır.  $S$  yüzeyi üzerinde ideal temas koşullarının sağlandığını kabul edelim ve bu koşulları

$$\sigma^{(1)in} \left( g_n^j + \nabla_n u^{(1j)} \right) \Big|_S \mathbf{n}_j = \sigma^{(2)in} \left( g_n^j + \nabla_n u^{(2j)} \right) \Big|_S \mathbf{n}_j, \quad \mathbf{u}_j^{(1)} \Big|_S = \mathbf{u}_j^{(2)} \Big|_S, \quad (7)$$



Bu denklemlerde  $n_j$  'ler ara yüzeyin birim normal vektörü  $\mathbf{n}$  'nin kovaryant bileşenleridir. Bundan başka, lifin iç yüzeyinde (bu yüzeyi  $S_0$  ile, bu yüzeyin dış normal vektörünün bileşenlerini ise  $n_j^0$  ile işaret edelim)

$$\sigma^{(2)in} \left( g_n^j + \nabla_n u^{(2)j} \right) \Big|_{S_0} n_j^0 = 0, \quad (8)$$

sınır koşullarının sağlanır. Bunların yanı sıra aşağıdaki sınır koşullarının da sağlandığını varsayacağız.

$$\sigma_{zz}^{(1)} \xrightarrow{r_i \rightarrow \infty} P, \quad \sigma_{ij}^{(1)} \xrightarrow{r_i \rightarrow \infty} 0, \quad ij \neq zz \quad (9)$$

$\sigma^{ij}$ ,  $\varepsilon^{ij}$  ve  $\sigma_{ij}$ ,  $\varepsilon_{ij}$  gerilme ( $\sigma$ ) ve şekil değiştirme ( $\varepsilon$ ) tansörlerinin ele alınan silindirik koordinat takımındaki kovaryant ve kontravaryant bileşenlerini,  $u^i$ ,  $u_i$ 'ler ise yer değiştirme ( $\mathbf{u}$ ) vektörünün bu koordinat takımındaki kovaryant ve kontravaryant bileşenlerini göstermektedir.

Yukarıda söylenenlerle, ele alınan problemin matematik formülasyonu genel bir biçimde verilmiş olmaktadır. Böylece, sonsuz elastik bir ortamdaki periyodik eğrilikli içi boş sonsuz uzun tek lif içeren kompozit malzemede gerilme analizi (4)-(6) denklemler takımının (7)-(9) temas koşulları çerçevesinde incelenmesine, dolayısıyla sınır-değer problemi haline getirilmiştir. Bundan sonraki aşamada bu sınır-değer probleminin çözümü ile ilgilenilecektir.

### 3. Sınır-Değer Probleminin Çözümü

Bir önceki bölümde elde edilen sınır-değer problemi Akbarov ve Guz (2000)'de verilen sınır formu pertürbasyon yöntemi kullanılarak çözülecektir. Buna göre bilinmeyen büyüklüklerin tümü, aşağıdaki şekilde, küçük  $\varepsilon$  parametresi cinsinden seri şeklinde gösterileceklerdir.

$$\sigma_{rr}^{(k)} = \sum_{q=0}^{\infty} \varepsilon^q \sigma_{rr}^{(k),q}, \dots, \varepsilon_{rr}^{(k)} = \sum_{q=0}^{\infty} \varepsilon^q \varepsilon_{rr}^{(k),q}, \dots, u_r^{(k)} = \sum_{q=0}^{\infty} \varepsilon^q u_r^{(k),q}, \dots \quad (10)$$

$\varepsilon^q$  nun katsayıları, detayları burada verilmeyen bazı rutin ama uzun işlemler yapılarak elde edilebilirler. Ayrıca, lif-matris arayüzey denklemleri ile bu yüzeyin birim dış vektör bileşenleri de bu küçük parametreye göre seriye açılırsa aşağıdakiler elde edilir:

$$r = R + \varepsilon \delta' \cos \theta + \frac{\varepsilon^2}{2} \left( \frac{\delta^2}{R} - R \delta'^2 \right) \cos^2 \theta + \dots, \quad z = t - R \delta' \cos \theta + \varepsilon^2 \delta \delta' \sin^2 \theta + \dots \quad (11)$$

$$n_r = 1 - \frac{\varepsilon^2}{2} \left( \frac{\delta^2}{R} \sin^2 \theta + \delta'^2 \cos^2 \theta \right) + \dots, \quad n_\theta = \varepsilon \frac{\delta}{R} \sin \theta + \frac{\varepsilon^2}{2} \sin 2\theta (\delta \delta' - \delta'^2) + \dots, \quad (12)$$

$$n_z = \varepsilon \delta \sin \theta - \frac{\varepsilon^2}{2} \sin 2\theta \left( R \delta'^2 - \frac{\delta^2}{R} - R \delta \delta'' \right) + \dots$$

(10) ifadeleri (4)-(6) denklemlerinde yerlerine konur ve küçük parametrenin eşit kuvvetlerine göre gruplandırma yapılırsa her bir yaklaşım için bir tam system elde ederiz. Bu durumda, (4)-(6) denklemleri sıfırcı yaklaşım için sağlanır ve birinci ve diğer yaklaşımlar için elde edilen denklemler önceki yaklaşımlarda elde edilen değerleri içerirler. Lif malzemesi güçlendirici olduğundan bu malzemeyi nispeten sert alabiliriz. Böylece sıfırcı yaklaşım için elde edilen denklemlerde lineer olmayan terim ihmal edilebileceğinden birinci ve diğer yaklaşımlarda  $(g_n^j + \nabla_n u^{(k),j,0})$  terimi  $\delta_n^j$  terimi ile yer değiştirir. Bu kabullerle, birinci yaklaşım için denge denklemleri tansör ve vektörlerin fiziksel bileşenleri cinsinden aşağıdaki şekilde elde edilirler:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{rr}^{(k),1}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{r\theta}^{(k),1}}{\partial \theta} + \frac{\partial \sigma_{rz}^{(k),1}}{\partial z} + \frac{1}{r} \left( \sigma_{rr}^{(k),1} - \sigma_{\theta\theta}^{(k),1} \right) + \sigma_{zz}^{(k),0} \left( \frac{\partial^2 u_r^{(k),1}}{\partial z^2} \right) &= 0 \\ \frac{\partial \sigma_{r\theta}^{(k),1}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{\theta\theta}^{(k),1}}{\partial \theta} + \frac{\partial \sigma_{\theta z}^{(k),1}}{\partial z} + \frac{2}{r} \sigma_{r\theta}^{(k),1} + \frac{\partial}{\partial z} \left( \sigma_{zz}^{(k),0} \frac{\partial^2 u_\theta^{(k),1}}{\partial z^2} \right) &= 0 \\ \frac{\partial \sigma_{rz}^{(k),1}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{\theta z}^{(k),1}}{\partial \theta} + \frac{\partial \sigma_{zz}^{(k),1}}{\partial z} + \frac{1}{r} \sigma_{rz}^{(k),1} + \frac{\partial}{\partial z} \left( \sigma_{zz}^{(k),0} \frac{\partial^2 u_z^{(k),1}}{\partial z^2} \right) &= 0 \end{aligned} \quad (13)$$

Mekanik ve geometrik ilişkiler de aşağıdaki gibi yazılabilirler:

$$\sigma_{(m)}^{(k),1} = \lambda^{(k)} e^{(k),1} \delta_m^n + 2\mu^{(k)} \varepsilon_{(m)}^{(k),1}, \quad \lambda = \frac{Ev}{(1+\nu)(1-2\nu)}, \quad \mu = \frac{E}{2(1+\nu)} \quad e^{(k),1} = \varepsilon_{(11)}^{(k),1} + \varepsilon_{(22)}^{(k),1} + \varepsilon_{(33)}^{(k),1}, \quad \varepsilon_{rr}^{(k),1} = \frac{\partial u_r^{(k),1}}{\partial r},$$

$$\varepsilon_{\theta\theta}^{(k),1} = \frac{\partial u_{\theta}^{(k),1}}{r \partial \theta} + \frac{u_r^{(k),1}}{r}, \varepsilon_{zz}^{(k),1} = \frac{\partial u_z^{(k),1}}{\partial z}, \varepsilon_{r\theta}^{(k),1} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_r^{(k),1}}{r \partial \theta} + \frac{\partial u_{\theta}^{(k),1}}{\partial r} - \frac{u_{\theta}^{(k),1}}{r} \right), \varepsilon_{\theta z}^{(k),1} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_{\theta}^{(k),1}}{\partial z} + \frac{\partial u_z^{(k),1}}{r \partial \theta} \right),$$

$$\varepsilon_{r^2}^{(k),1} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_z^{(k),1}}{\partial r} + \frac{\partial u_r^{(k),1}}{\partial z} \right) \quad (14)$$

Birinci yaklaşım için elde edilen bu denklemler, elastisite teorisinin üç boyutlu doğrusallaştırılmış denklemleri ile çakışır (Akbarov ve Guz, 2000).

Şimdi, her bir yaklaşım temas koşullarını (7)-(8) koşullarından yararlanarak elde edeceğiz. Bunun için, (10)-(12) ifadelerini (7)-(8) denklemlerinde,  $\sigma_{rr}^{(k),q}, \dots, u_r^{(k),q}$  ( $R, \theta, t_3$ ) ve ( $R+H, \theta, t_3$ ) noktaları civarında Taylor serisine açarak kullanacağız. Bu işlemleri ve küçük parametrenin eşit kuvvetleri cinsinden gruplandırma yapar ve kabüllerimizi dikkate alırsak her bir yaklaşım için aşağıdaki temas koşullarına ulaşırız.

Sıfıncı yaklaşım için:

$$\sigma_{(ij)}^{(2),0} \Big|_{r=R+H} = \sigma_{(ij)}^{(1),0} \Big|_{r=R+H}, u_{(i)}^{(2),0} \Big|_{r=R+H} = u_{(i)}^{(1),0} \Big|_{r=R+H}; \sigma_{(ij)}^{(2),0} \Big|_{r=R} = 0 \quad (ij) = rr, r\theta, rz, \quad (i) = r, \theta, z \quad (15)$$

Birinci yaklaşım için:

$$\left[ \sigma_{(ir)} \right]_{1,1}^{2,1} + f_1 \left[ \frac{\partial \sigma_{(ir)}}{\partial r} \right]_{1,0}^{2,0} + \phi_1 \left[ \frac{\partial \sigma_{(ir)}}{\partial z} \right]_{1,0}^{2,0} + \gamma_r \left[ \sigma_{(ir)} \right]_{1,0}^{2,0} + \gamma_{\theta} \left[ \sigma_{(i\theta)} \right]_{1,0}^{2,0} + \gamma_z \left[ \sigma_{(iz)} \right]_{1,0}^{2,0} = 0, \left[ u_{(i)} \right]_{1,1}^{2,1} + f_1 \left[ \frac{\partial u_{(i)}}{\partial r} \right]_{1,0}^{2,0} + \phi_1 \left[ \frac{\partial u_{(i)}}{\partial z} \right]_{1,0}^{2,0} = 0 \quad (16)$$

$$\left[ \sigma_{(ir)} \right]_{1,1}^{2,1} + f_{11} \left[ \frac{\partial \sigma_{(ir)}}{\partial r} \right]_{1,0}^{2,0} + \phi_{11} \left[ \frac{\partial \sigma_{(ir)}}{\partial z} \right]_{1,0}^{2,0} + \gamma_{r1} \left[ \sigma_{(ir)} \right]_{1,0}^{2,0} + \gamma_{\theta 1} \left[ \sigma_{(i\theta)} \right]_{1,0}^{2,0} + \gamma_{z1} \left[ \sigma_{(iz)} \right]_{1,0}^{2,0} = 0, \quad (i) = r, \theta, z \quad (17)$$

(16) ve (17) denklemlerinde (i) yerine  $r, \theta$  and  $z$  koyarak birinci yaklaşımın temas koşullarını açık olarak elde ederiz., (16)-(17)'de aşağıdaki notasyon kullanılmıştır:

$$[\phi]_{1,s}^{2,s} = \phi^{(2),s} - \phi^{(1),s}; \quad [\phi]^{2,s} = \phi^{(2),s};$$

$$f_1 = \delta(t_3) \cos \theta; \quad \phi_1 = -(R+H) \delta'(t_3) \cos \theta, \quad \gamma_r = \left( \frac{\delta(t_3)}{R+H} - \delta''(t_3)(R+H) \right) \cos \theta; \quad \gamma_{\theta} = -\frac{\delta(t_3)}{R+H} \sin \theta; \quad \gamma_z = -\delta'(t_3) \cos \theta;$$

$$f_{11} = \delta(t_3) \cos \theta; \quad \phi_{11} = -R \delta'(t_3) \cos \theta, \quad \gamma_{r1} = \left( \frac{\delta(t_3)}{R} - \delta''(t_3)R \right) \cos \theta; \quad \gamma_{\theta 1} = -\frac{\delta(t_3)}{R} \sin \theta; \quad \gamma_{z1} = -\delta'(t_3) \cos \theta;$$

$$\delta'(t_3) = \frac{d\delta(t_3)}{dt_3}, \quad \delta''(t_3) = \frac{d^2\delta(t_3)}{dt_3^2}, \quad \delta(t_3) = t \sin \left( \frac{2\pi}{t} x_3 \right)$$

Şimdi, sıfıncı ve birinci yaklaşımlara ait bilinmeyenleri belirleyeceğiz. Akbarov ve Guz (2000)'a göre Poisson oranlarının eşit alınması ( $\nu^{(1)} = \nu^{(2)}$ ) nümerik sonuçlarda önemli bir etki yapmamaktadır. İşlemleri basitleştirmek için lif malzemesi ile matris malzemesinin Poisson oranlarını eşit kabul edeceğiz. Buradan, belli bazı işlemlerle sıfıncı yaklaşımın çözümü aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\varepsilon_{zz}^{(1),0} = \varepsilon_{zz}^{(2),0} = \frac{P}{E^{(1)}}, \quad \sigma_{zz}^{(1),0} = p, \quad u_z^{(1),0} = u_z^{(2),0} = \frac{P}{E^{(1)}} z, \quad u_r^{(1),0} = -\nu^{(1)} \varepsilon_{zz}^{(1),0},$$

$$u_r^{(2),0} = -\nu^{(2)} \varepsilon_{zz}^{(2),0}, \quad u_{\theta}^{(1),0} = u_{\theta}^{(2),0} = 0, \quad \sigma_{rr}^{(1),0} = \sigma_{rr}^{(2),0} = \sigma_{\theta\theta}^{(1),0} = \sigma_{\theta\theta}^{(2),0} = 0, \quad \sigma_{zz}^{(2),0} = p \frac{E^{(2)}}{E^{(1)}}. \quad (18)$$

Burada,  $E^{(1)}$ , ve  $E^{(2)}$ , sırasıyla matris ve lif malzemelerinin  $Ox_3$  yönündeki elastisite modülleridir.

Sıfıncı yaklaşımın çözümü olan (18) ifadelerini dikkate alırsak, birinci yaklaşıma ait temas koşulları aşağıdaki hale gelir:

$$\left( \sigma_{rr}^{(1),1} - \sigma_{rr}^{(2),1} \right) \Big|_{(R+H,\theta,t_3)} = 0, \quad \left( \sigma_{r\theta}^{(1),1} - \sigma_{r\theta}^{(2),1} \right) \Big|_{(R+H,\theta,t_3)} = 0, \quad \left( \sigma_{rz}^{(1),1} - \sigma_{rz}^{(2),1} \right) \Big|_{(R+H,\theta,t_3)} = \left( \sigma_{zz}^{(1),0} - \sigma_{zz}^{(2),0} \right) \frac{d\delta(t_3)}{dt_3} \cos \theta$$

$$\left( u_r^{(1),1} - u_r^{(2),1} \right) \Big|_{(R+H,\theta,t_3)} = 0, \quad \left( u_{\theta}^{(1),1} - u_{\theta}^{(2),1} \right) \Big|_{(R+H,\theta,t_3)} = 0, \quad \left( u_z^{(1),1} - u_z^{(2),1} \right) \Big|_{(R+H,\theta,t_3)} = 0$$

$$\sigma_{rr}^{(2),1} \Big|_{(R,\theta,t_3)} = 0, \quad \sigma_{r\theta}^{(2),1} \Big|_{(R,\theta,t_3)} = 0, \quad \sigma_{rz}^{(2),1} \Big|_{(R,\theta,t_3)} = \sigma_{zz}^{(2),0} \frac{d\delta(t_3)}{dt_3} \cos \theta \quad (19)$$

Birinci yaklaşıma ait olan (13), (14), (19) problemini çözmek için aşağıdaki gösterilimi kullanacağız (Guz, 1999).

$$u_r^{(k),q} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \psi^{(k),q} - \frac{\partial^2}{\partial r \partial z} \chi^{(k),q}; \quad u_\theta^{(k),q} = -\frac{\partial}{\partial r} \psi^{(k),q} - \frac{1}{r} \frac{\partial^2}{\partial \theta \partial z} \chi^{(k),q}; \quad \Delta_1^{(k)} = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2}$$

$$u_z^{(k),q} = (\lambda^{(k)} + \mu^{(k)})^{-1} \left( (\lambda^{(k)} + 2\mu^{(k)}) \Delta_1^{(k)} + (\mu^{(k)} + \sigma_{zz}^{(k),0}) \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \chi^{(k),q}; \quad q = 1, 2.$$

(20)

(20)'deki  $\psi^{(k),q}, \chi^{(k),q}$  fonksiyonlar aşağıdaki, diferansiyel denklemleri sağlarlar:

$$\left( \Delta_1^{(k)} + (\xi_1^{(k)})^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \psi^{(k),q} = 0; \quad \left( \Delta_1^{(k)} + (\xi_2^{(k)})^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \left( \Delta_1^{(k)} + (\xi_3^{(k)})^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \chi^{(k),q} = 0, \quad k = 1, 2$$

$$\xi_1^{(k)} = \sqrt{\frac{\mu^{(k)} + \sigma_{zz}^{(k),0}}{\mu^{(k)}}}, \quad \xi_2^{(k)} = \sqrt{\frac{\mu^{(k)} + \sigma_{zz}^{(k),0}}{\mu^{(k)}}}, \quad \xi_3^{(k)} = \sqrt{\frac{\lambda^{(k)} + 2\mu^{(k)} + \sigma_{zz}^{(k),0}}{\lambda^{(k)} + 2\mu^{(k)}}} \quad (21)$$

Birinci yaklaşımın temas koşullarının aldığı son şekil olan (19)'u dikkate alarak (21) diferansiyel denklemlerini çözersek  $\psi^{(k),q}, \chi^{(k),q}$  fonksiyonlarını aşağıdaki gibi elde ederiz.

$$\psi^{(2)} = \alpha \left[ A_1^{(2)} I_1(\xi_1^{(2)} \alpha r) + B_1^{(2)} K_1(\xi_1^{(2)} \alpha r) \right] \sin \alpha z \sin \theta$$

$$\chi^{(2)} = \left[ A_2^{(2)} I_1(\xi_2^{(2)} \alpha r) + A_3^{(2)} I_1(\xi_3^{(2)} \alpha r) + B_2^{(2)} K_1(\xi_2^{(2)} \alpha r) + B_3^{(2)} K_1(\xi_3^{(2)} \alpha r) \right] \cos \alpha z \cos \theta \quad (22)$$

$$\psi^{(1)} = A_1^{(1)} K_1(\xi_1^{(1)} \alpha r) \sin \alpha z \sin \theta$$

$$\chi^{(1)} = \left[ A_2^{(1)} K_1(\xi_2^{(1)} \alpha r) + A_3^{(1)} K_1(\xi_3^{(1)} \alpha r) \right] \cos \alpha z \cos \theta \quad (23)$$

(22), (23)'de  $\alpha = 2\pi/\ell$  dir.  $I_n(x), K_n(x)$  ise sırasıyla sanal argümanlı Bessel fonksiyonları ve Macdonald fonksiyonlarıdır. (22) ve (23) fonksiyonlarını (20) ve (14)'de kullanır, sonra elde edilenleri (19) temas koşullarına taşırsak  $A_k^{(q)}, B_k^{(q)}, k = 1, 2, 3; q = 1, 2$  bilinmeyenleri belirleyebileceğimiz lineer denklemler sistemi elde etmiş oluruz. Bu sistemi çözerek, istediğimiz gerilme değerlerine ulaşırız.

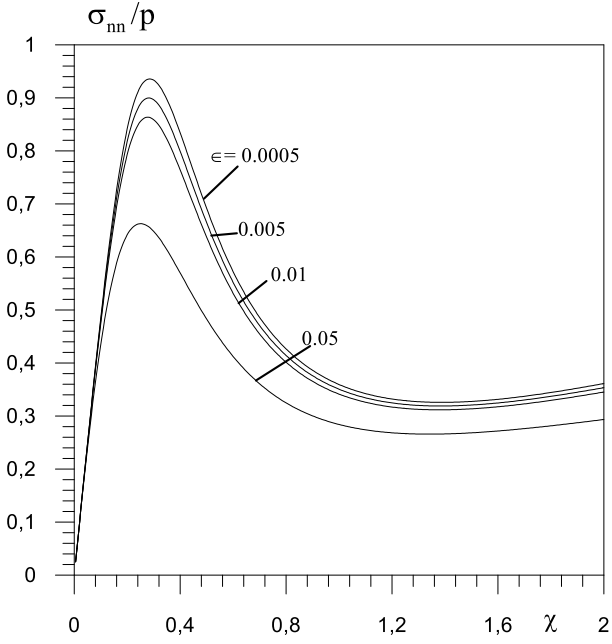
### 3. Sayısal Sonuçlar ve Tartışma

Normal ve kayma gerilmelerinin sayısal değerleri sıfırncı ve birinci yaklaşım çerçevesinde elde edilmişlerdir. Sonraki yaklaşımların hesaba katılması, değerleri nitelik olarak değiştirmemekte, ancak nicelik olarak kalitesini artırmaktadır. Dolayısıyla, hesabın buradaki sınırlandırması gerilmelerin parametre değerlerine göre değişimlerini izleyebilmek için yeterli olacaktır (Akbarov ve Guz, 2000; Kosker ve Akbarov, 2003; Akbarov ve Kosker, 2003, Akbarov ve ark., 2004, 2006, 2010, 2016; v.d.). Sayısal değerler FTN77 programlama ile kodlanan program aracılığı ile bilgisayarda otomatik olarak üretilmişlerdir. Lifin içindeki boşluğun tamamen kaldırılması ile elde edilen sonuçların Akbarov ve Guz (2000)'deki sonuçlarla çakışması ve bilinen mekaniksel değerlendirmelerle uyumlu olmaları, elde edilen sayısal değerlerin doğruluğunu göstermiştir.

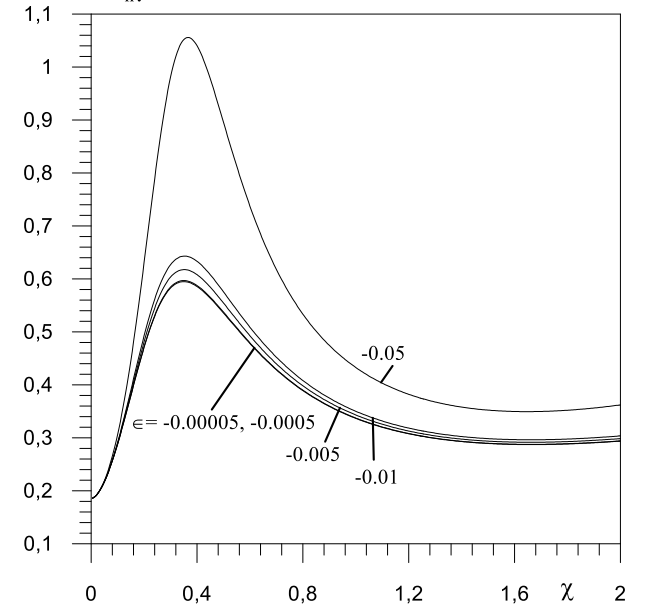
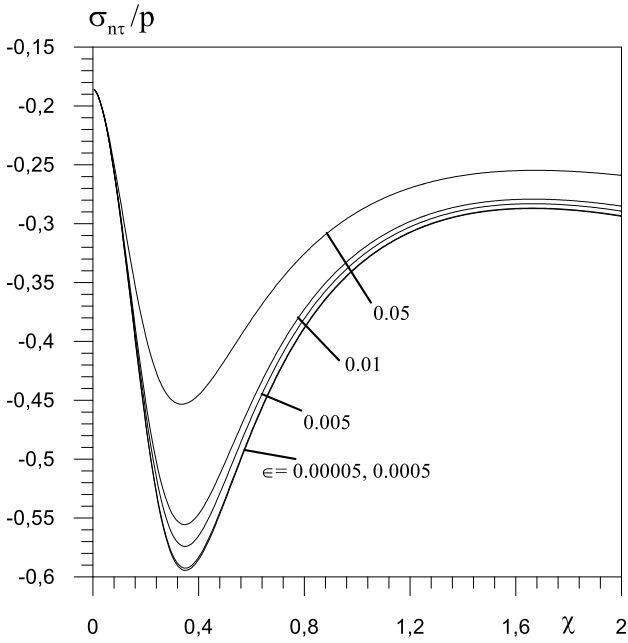
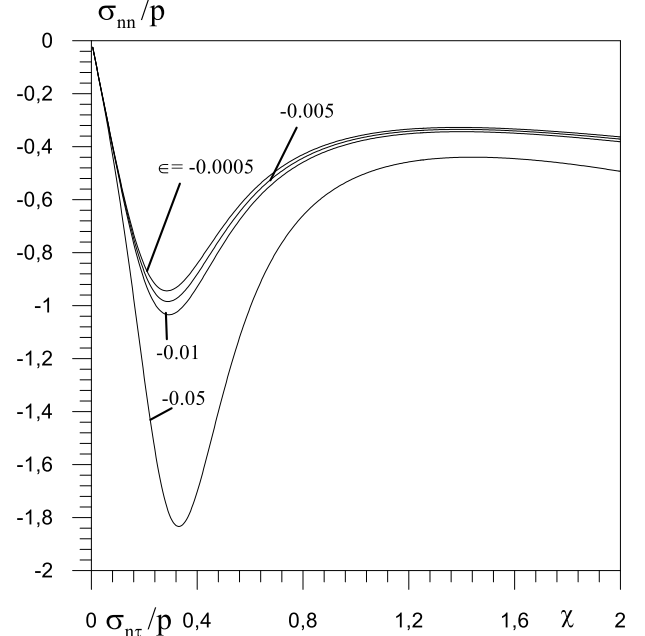
$\sigma_{nn}, \sigma_{nr}$  ve  $\sigma_{ne}$  gerilmeleri, arakesit yüzeyi üzerinde, sırasıyla  $(\theta = 0, \alpha t_3 = \pi/2), (\theta = 0, \alpha t_3 = 0), (\theta = \pi/2, \alpha t_3 = \pi/2)$  noktalarında mutlak maksimal değerlerini almaktadırlar. Bunu, gerilme değerlerinin hesabına giren gerilme tansörünün fiziksel bileşeninin matematiksel ifadesinden görmek mümkün olmuştur.

Gerilme değerlerine geometrik nonlineeritenin etkisini göstermek için,  $\epsilon = p/E^{(1)}$  boyutsuz parametresini, lif yarıçapının etkisini göstermek için  $\chi = \alpha(R+H)$  boyutsuz parametresini ve lif kalınlığının etkisini göstermek için de  $\gamma = H/(R+H)$  boyutsuz parametrelerini tanımlayalım. Şekil 2, 3 ve 4'de sırasıyla  $\sigma_{nn}/p, \sigma_{nr}/p$  e  $\sigma_{ne}/p$  'ler ile  $\chi = \alpha(R+H)$  arasındaki ilişkiyi gösterirken Şekil 5, 6 ve 7 ise  $\sigma_{nn}/p, \sigma_{nr}/p$  e  $\sigma_{ne}/p$  'ler ile  $\gamma = H/(R+H)$  arasındaki ilişkiyi yansıtmaktadır. Bu grafikler  $\epsilon = 0.015, \nu^{(1)} = \nu^{(2)} = 0.3, E^{(2)}/E^{(1)} = 300$  durumunda farklı  $\epsilon$  parametresi değerlerinde kurulmuşlardır. Bilindiği üzere geometrik lineer durumda söz konusu gerilmeler için elde edilen sonuçlar, çekme ( $\epsilon > 0$ ) ve basınç ( $\epsilon < 0$ ) durumlarında ancak işaret farkı gösterirler. Bu grafiklerden de  $\epsilon = \pm 5.10^{-5}$  değerlerinde gerilme değerlerinin mutlak değerinin çakıştığı izlenmektedir. Ayrıca, grafikler  $|\epsilon|$  değeri arttıkça çekmede gerilme değerlerinin azaldığını, basınçta ise gerilme değerlerinin arttığını göstermektedir.  $\sigma_{nn}, \sigma_{ne}$  gerilmeleri  $\sigma_{nr}$

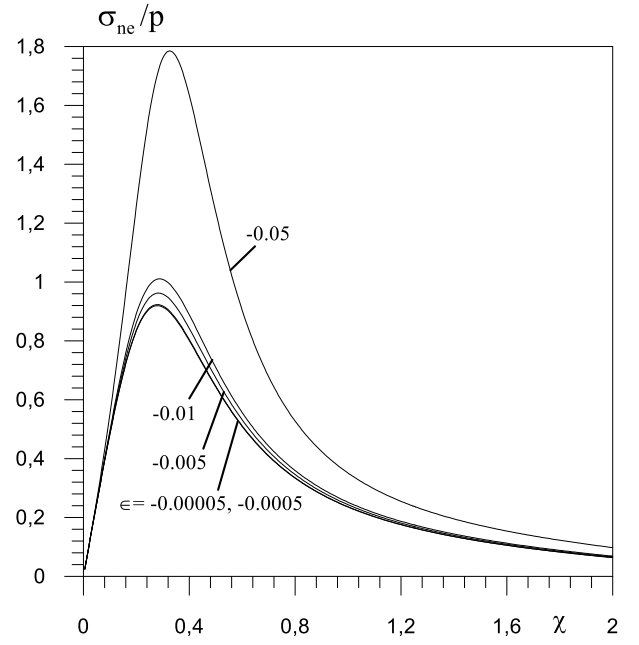
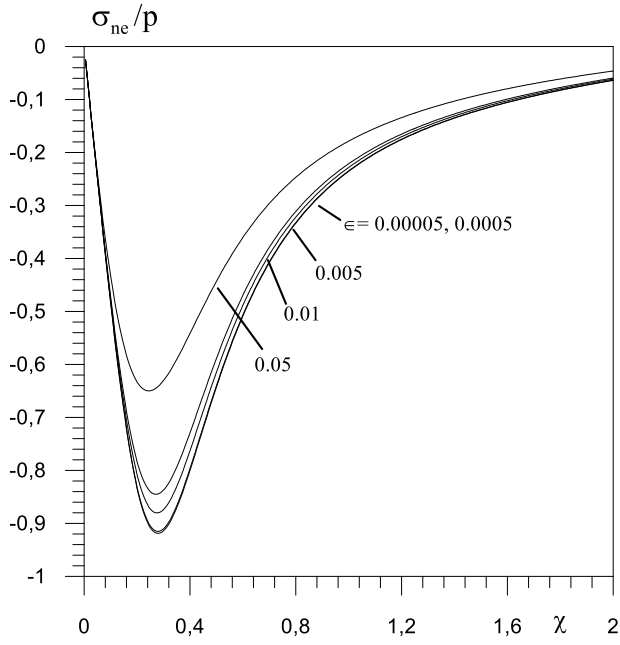
gerilme değerlerine göre daha büyük değerler alabilmektedirler. Yine grafiklerden,  $\sigma_{nn}/p$ ,  $\sigma_{nr}/p$  ve  $\sigma_{ne}/p$  'ler ve  $\chi$  parametresi arasındaki ilişkilerin monoton olmadığını, söz konusu gerilmeler ile  $\gamma$  arasındaki ilişkilerin ise monoton olduğunu söyleyebiliriz.  $v^{(1)} = v^{(2)}$  olmasından dolayı sıfırcı yaklaşımda bu gerilmeler özdeşlikle sıfıra eşittir. Dolayısıyla, bu gerilmelerin grafik ve tablolardaki değerleri lifin başlangıç eğilmesinden kaynaklanmaktadır.



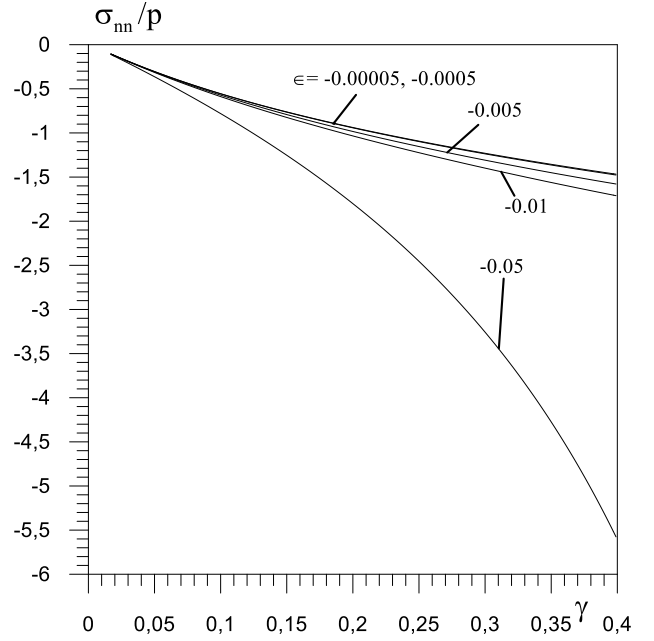
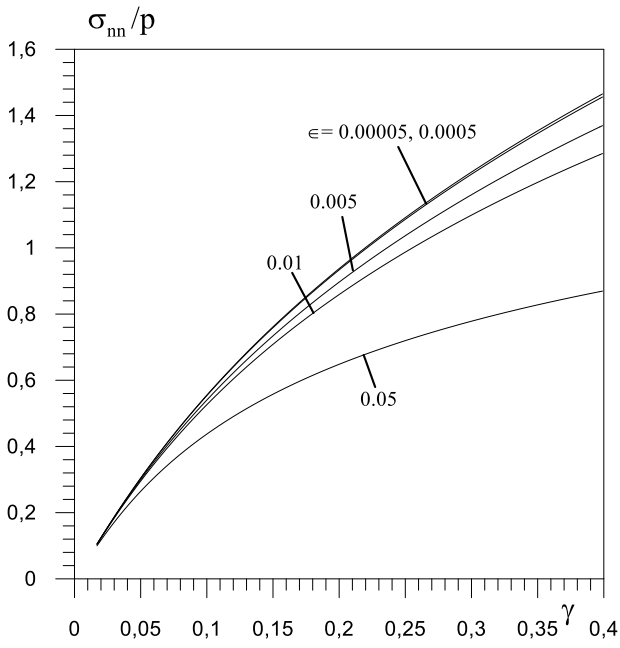
Şekil 2. Çekme ve basınçta çeşitli  $\epsilon$  değerlerinde  $\sigma_{nn}/p$  ile  $\chi$  arasındaki ilişki ( $\gamma = 0.2$ )



Şekil 3. Çekme ve basınçta çeşitli  $\epsilon$  değerlerinde  $\sigma_{nr}/p$  ile  $\chi$  arasındaki ilişki ( $\gamma = 0.2$ )

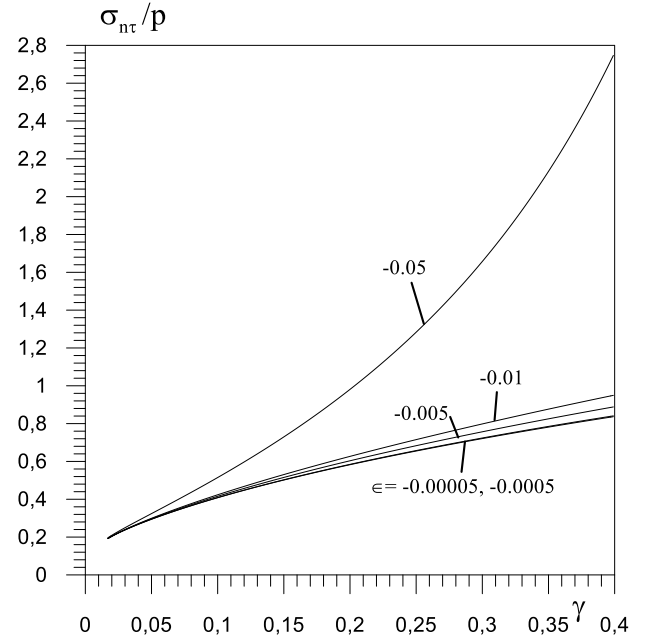
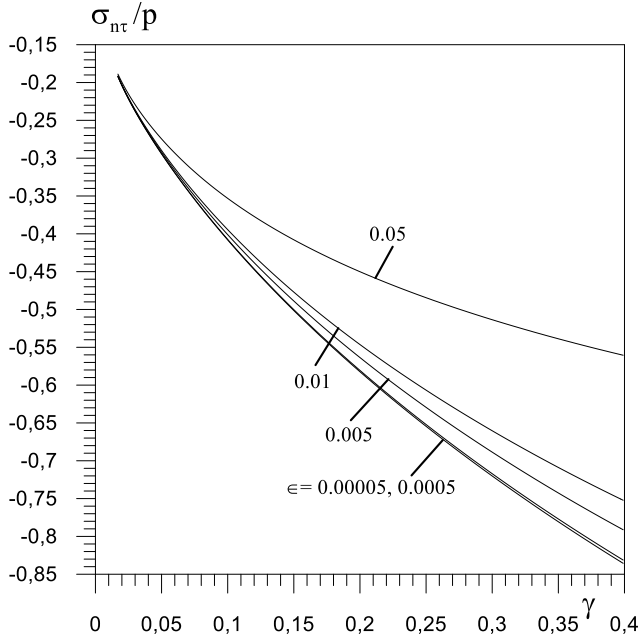


Şekil 4. Çekme ve basınçta çeşitli  $\epsilon$  değerlerinde  $\sigma_{ne}/p$  ile  $\chi$  arasındaki ilişki ( $\gamma = 0.2$ )

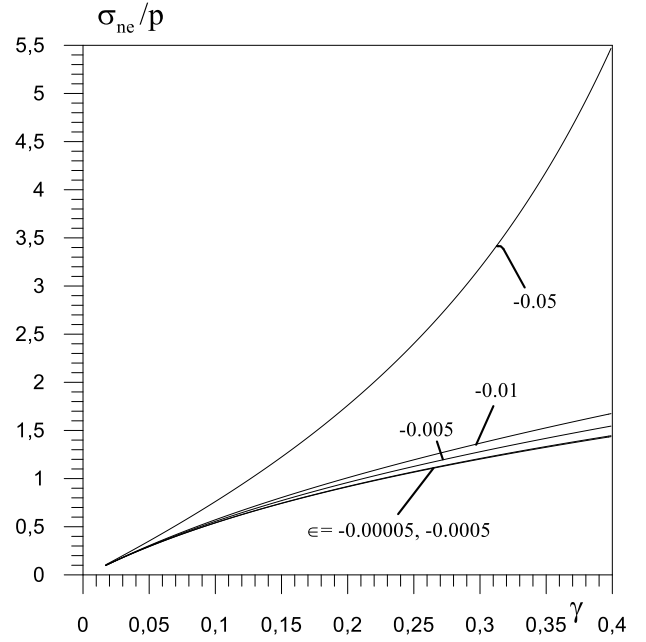
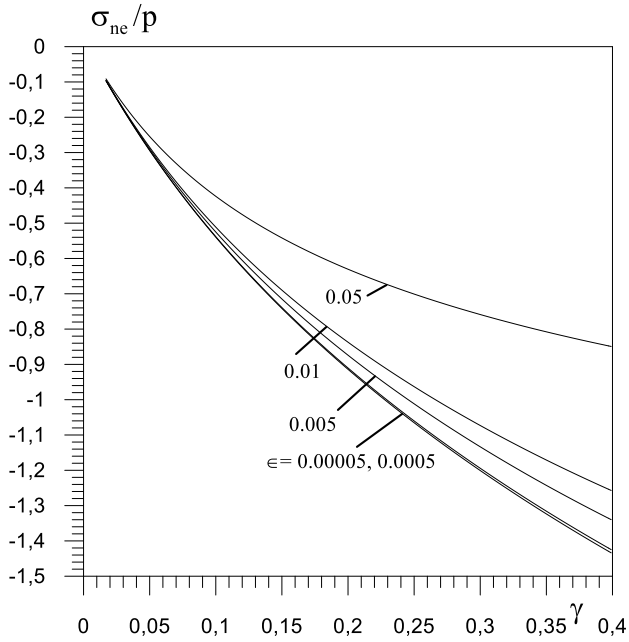


Şekil 5. Çekme ve basınçta çeşitli  $\epsilon$  değerlerinde  $\sigma_{nn}/p$  ile  $\gamma$  arasındaki ilişki ( $\chi = 0.3$ )





Şekil 6. Çekme ve basınçta çeşitli  $\epsilon$  değerlerinde  $\sigma_{nr}/p$  ile  $\gamma$  arasındaki ilişki ( $\chi=0.3$ )



Şekil 7. Çekme ve basınçta çeşitli  $\epsilon$  değerlerinde  $\sigma_{ne}/p$  ile  $\gamma$  arasındaki ilişki ( $\chi=0.3$ )

Tablo 1, 2 ve 3 çeşitli  $\gamma$ ,  $E^{(2)}/E^{(1)}$  ve  $\epsilon$  değerlerinde sırasıyla  $\sigma_{nn}/p$ ,  $\sigma_{nr}/p$  e  $\sigma_{ne}/p$  gerilmelerinin aldığı somut sayısal değerler görülmektedir. Buradan da,  $|\epsilon|$  değeri arttıkça çekmede gerilme değerlerinin azaldığı, basınçta ise gerilme değerlerinin arttığı görülmektedir. Ayrıca geometrik lineer durumunda çekme ve basınca karşılık gelen gerilme değerlerinin mutlak değerce aynı kaldığına tanık olunmaktadır. Bundan başka  $\gamma$  ve  $E^{(2)}/E^{(1)}$  parametrelerinin artımının gerilme değerlerini artırdığını söyleyebiliriz.

Tüm sayısal hesaplamalarda kullanılan  $\epsilon$  değerlerinin stabilite kaybına sebep olan kritik değerlerden küçük olduğunu, dolayısıyla stabilite kaybı öncesi gerilme araştırması yapıldığını belirtelim.

Tablo 1. Çeşitli  $\gamma$ ,  $\frac{E^{(2)}}{E^{(1)}}$  ve  $\epsilon$  değerleri için  $\sigma_{nn}/p$  gerilme değerleri ( $\chi = 0.3$ )

		$\sigma_{nn}/p$							
$\frac{E^{(2)}}{E^{(1)}}$	$\gamma$	$\epsilon = p/E^{(1)}$							
		Çekme				Basınc			
		0.00005	0.005	0.01	0.05	-0.00005	-0.005	-0.01	-0.05
20	0.05	0.0191	0.019	0.019	0.0189	-0.0191	-0.0191	-0.0191	-0.0192
	0.1	0.037	0.0369	0.0368	0.0363	-0.037	-0.037	-0.0371	-0.0377
	0.2	0.0736	0.0733	0.073	0.0708	-0.0736	-0.0739	-0.0742	-0.0768
	0.3	0.1076	0.107	0.1064	0.1019	-0.1076	-0.1082	-0.1088	-0.1144
	0.4	0.1377	0.1367	0.1357	0.1286	-0.1377	-0.1387	-0.1398	-0.149
50	0.05	0.0485	0.0483	0.0482	0.0473	-0.0485	-0.0486	-0.0487	-0.0498
	0.1	0.099	0.0984	0.0979	0.0941	-0.099	-0.0995	-0.1	-0.1047
	0.2	0.1931	0.1913	0.1894	0.1761	-0.1932	-0.1951	-0.1972	-0.2156
	0.3	0.2753	0.2716	0.2679	0.2425	-0.2754	-0.2793	-0.2834	-0.3222
	0.4	0.3461	0.3403	0.3346	0.2964	-0.3462	-0.3523	-0.3587	-0.4222
100	0.05	0.1015	0.1009	0.1004	0.0964	-0.1015	-0.102	-0.1026	-0.1076
	0.1	0.2019	0.1999	0.1978	0.1833	-0.202	-0.2041	-0.2063	-0.2267
	0.2	0.377	0.3701	0.3634	0.3185	-0.3772	-0.3844	-0.3921	-0.4698
	0.3	0.5235	0.5104	0.498	0.4184	-0.5238	-0.5377	-0.5526	-0.717
	0.4	0.6473	0.6276	0.609	0.4952	-0.6477	-0.6688	-0.6918	-0.9665
300	0.05	0.3043	0.2997	0.2952	0.2644	-0.3044	-0.3092	-0.3143	-0.3632
	0.1	0.555	0.5402	0.5261	0.4374	-0.5554	-0.5712	-0.5882	-0.7807
	0.2	0.9373	0.8965	0.859	0.6482	-0.9382	-0.9833	-1.0339	-1.8008
	0.3	1.229	1.1604	1.0989	0.7784	-1.2305	-1.3085	-1.3987	-3.2574
	0.4	1.4673	1.3712	1.2867	0.8701	-1.4693	-1.5811	-1.7137	-5.6074
400	0.05	0.3959	0.3882	0.3808	0.3314	-0.3961	-0.4041	-0.4127	-0.5005
	0.1	0.7005	0.6772	0.6553	0.5238	-0.701	-0.7262	-0.7538	-1.0992
	0.2	1.1433	1.0833	1.0292	0.7414	-1.1446	-1.2122	-1.2897	-2.7417
	0.3	1.4715	1.3745	1.2892	0.87	-1.4736	-1.5866	-1.7208	-5.7449
	0.4	1.7376	1.6047	1.4904	0.9594	-1.7405	-1.8992	-2.0934	-13.6635

Tablo 2. Çeşitli  $\gamma$ ,  $\frac{E^{(2)}}{E^{(1)}}$  ve  $\epsilon$  değerleri için  $\sigma_{nr}/p$  gerilme değerleri ( $\chi = 0.3$ )

		$\sigma_{nr}/p$							
$\frac{E^{(2)}}{E^{(1)}}$	$\gamma$	$\epsilon = p/E^{(1)}$							
		Çekme				Basınc			
		0.00005	0.005	0.01	0.05	-0.00005	-0.005	-0.01	-0.05
20	0.05	-0.0981	-0.0981	-0.098	-0.0979	0.0981	0.0981	0.0981	0.0982
	0.1	-0.137	-0.1369	-0.1369	-0.1365	0.137	0.137	0.1371	0.1376
	0.2	-0.1796	-0.1794	-0.1792	-0.1778	0.1796	0.1797	0.1799	0.1817
	0.3	-0.2075	-0.2071	-0.2068	-0.2042	0.2075	0.2079	0.2083	0.2117
	0.4	-0.2292	-0.2286	-0.2281	-0.2241	0.2292	0.2298	0.2304	0.2358
50	0.05	-0.1484	-0.1483	-0.1482	-0.1475	0.1484	0.1485	0.1486	0.1494
	0.1	-0.1924	-0.1921	-0.1918	-0.1895	0.1924	0.1928	0.1931	0.1961
	0.2	-0.2498	-0.2487	-0.2477	-0.2406	0.2498	0.2508	0.2519	0.2622
	0.3	-0.2944	-0.2925	-0.2906	-0.2775	0.2945	0.2965	0.2987	0.3193
	0.4	-0.3323	-0.3293	-0.3264	-0.3071	0.3324	0.3355	0.3388	0.3719
100	0.05	-0.1915	-0.1911	-0.1908	-0.1884	0.1915	0.1918	0.1922	0.1953
	0.1	-0.249	-0.2479	-0.2468	-0.2392	0.2491	0.2502	0.2514	0.2625
	0.2	-0.3362	-0.3327	-0.3294	-0.3073	0.3362	0.3399	0.3437	0.3828
	0.3	-0.408	-0.4017	-0.3956	-0.3572	0.4082	0.415	0.4222	0.5031
	0.4	-0.4699	-0.4603	-0.4514	-0.3966	0.4701	0.4803	0.4915	0.6258
300	0.05	-0.2943	-0.292	-0.2898	-0.2745	0.2944	0.2968	0.2993	0.3241
	0.1	-0.4081	-0.4011	-0.3945	-0.3531	0.4082	0.4156	0.4237	0.5149
	0.2	-0.5823	-0.5636	-0.5464	-0.4501	0.5827	0.6034	0.6267	0.9809
	0.3	-0.7202	-0.6886	-0.6603	-0.5135	0.7208	0.7567	0.7983	1.6573
	0.4	-0.8366	-0.7922	-0.753	-0.5609	0.8376	0.8894	0.9508	2.7612
400	0.05	-0.3351	-0.3314	-0.3278	-0.3042	0.3352	0.3391	0.3433	0.3861
	0.1	-0.4708	-0.46	-0.45	-0.3898	0.471	0.4826	0.4953	0.6555
	0.2	-0.6715	-0.6443	-0.6197	-0.4896	0.6721	0.7029	0.7381	1.4007
	0.3	-0.8267	-0.7824	-0.7435	-0.5528	0.8276	0.8792	0.9405	2.7844
	0.4	-0.957	-0.8959	-0.8433	-0.5997	0.9584	1.0315	1.1209	6.4639

Tablo 3. Çeşitli  $\gamma$ ,  $\frac{E^{(2)}}{E^{(1)}}$  ve  $\epsilon$  değerleri için  $\sigma_{ne}/p$  gerilme değerleri ( $\chi=0.3$ )

		$\sigma_{ne}/p$							
$\frac{E^{(2)}}{E^{(1)}}$	$\gamma$	$\epsilon = p/E^{(1)}$							
		Çekme				Basınç			
		0.00005	0.005	0.01	0.05	-0.00005	-0.005	-0.01	-0.05
20	0.05	-0.0065	-0.0065	-0.0065	-0.0064	0.0065	0.0065	0.0065	0.0066
	0.1	-0.0255	-0.0255	-0.0254	-0.0249	0.0255	0.0256	0.0257	0.0263
	0.2	-0.0632	-0.0629	-0.0626	-0.0605	0.0632	0.0635	0.0638	0.0663
	0.3	-0.0967	-0.0961	-0.0956	-0.0912	0.0967	0.0973	0.098	0.1033
	0.4	-0.1258	-0.1249	-0.1239	-0.1171	0.1258	0.1268	0.1278	0.1365
50	0.05	-0.038	-0.0378	-0.0377	-0.0368	0.038	0.0381	0.0382	0.0393
	0.1	-0.0897	-0.0892	-0.0887	-0.0848	0.0897	0.0902	0.0908	0.0955
	0.2	-0.1828	-0.1809	-0.1791	-0.166	0.1828	0.1847	0.1867	0.2048
	0.3	-0.2629	-0.2592	-0.2556	-0.2309	0.263	0.2667	0.2707	0.3085
	0.4	-0.3315	-0.3259	-0.3204	-0.2832	0.3316	0.3375	0.3438	0.4054
100	0.05	-0.0927	-0.0922	-0.0916	-0.0876	0.0927	0.0933	0.0938	0.0988
	0.1	-0.1925	-0.1905	-0.1885	-0.174	0.1926	0.1947	0.1969	0.2171
	0.2	-0.3641	-0.3573	-0.3507	-0.3066	0.3642	0.3714	0.3789	0.4552
	0.3	-0.5072	-0.4944	-0.4822	-0.4044	0.5075	0.5211	0.5357	0.6966
	0.4	-0.6283	-0.6091	-0.5909	-0.4797	0.6287	0.6494	0.6718	0.9402
300	0.05	-0.294	-0.2895	-0.285	-0.2545	0.2941	0.2989	0.3039	0.3524
	0.1	-0.5396	-0.525	-0.5112	-0.4239	0.5399	0.5554	0.5722	0.7615
	0.2	-0.914	-0.874	-0.8372	-0.6304	0.9148	0.9591	1.0087	1.7607
	0.3	-1.2007	-1.1335	-1.0731	-0.7588	1.2022	1.2786	1.3671	3.1898
	0.4	-1.4359	-1.3416	-1.2587	-0.85	1.438	1.5476	1.6777	5.4986
400	0.05	-0.384	-0.3764	-0.369	-0.3203	0.3841	0.3921	0.4006	0.4872
	0.1	-0.6821	-0.6591	-0.6376	-0.5084	0.6825	0.7073	0.7344	1.0736
	0.2	-1.1159	-1.0571	-1.004	-0.7218	1.1172	1.1835	1.2595	2.6832
	0.3	-1.4389	-1.3438	-1.2601	-0.8488	1.441	1.5518	1.6835	5.6307
	0.4	-1.7022	-1.5717	-1.4594	-0.9381	1.705	1.8609	2.0515	13.4111

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada, periyodik eğrilikli sonsuz uzunluklu içi boş liflerin düşük yoğunluklu olarak yer aldığı sonsuz elastik ortamda normal ve kayma gerilmeleri çalışılmıştır. Düşük yoğunluk kavramı, içi boş liflerin aralarındaki etkileşimin ihmal edilebileceği kadar birbirlerinden uzak olduğunu ifade etmektedir. Lif ve matris malzemelerinin farklı lineer elastik, homojen ve izotrop olduğu, lif yüzeyine dik kesitin içi çemberler olduğu (içi boş kısmı ve dolu kısmı için) ve bu çemberlerin yarıçaplarının lif boyunca değişmediği varsayılmıştır. İçi boş lifin orta çizgisinin bir düzlem üzerinde olduğu ve şekil değiştirmeden sonra da bu düzlem üzerinde kaldığı düşünülmüştür. Araştırma, parçalı-homojen cisim modeli çerçevesinde elastisite teorisinin üç boyutlu doğrusal olmayan kesin denklemleri kullanılarak yapılmıştır. Ele alınan cisme, sonsuzda içi boş lifler yönünde düzgün dağılmış normal kuvvetin etkideği varsayılmıştır.

Arakesit yüzey denklemi ve yüzeyin normal vektör bileşenleri yazıldıktan sonra, her iki malzemede sağlanan denge denklemleri ve bünye deklemlerinin yazılması ve bunlara ideal temas koşullarının eklenmesi ile yukarıda verilen problemin matematiksel formülasyonu yapılmış ve sınır değer problemi haline getirilmiştir. Bu sınır değer problemi sınır formu pertürbasyon yöntemi kullanılarak çözülmüştür. Bu amaçla, tüm bilinmeyenler küçük bir parametre cinsinden seri olarak yazılmış, bunlar ilgili yerlerine konup küçük parametrenin eşit kuvvetlerinin gruplandırılması ile her bir yaklaşım için sınır değer problemi elde edilmiştir. Bu yaklaşımlardan sıfıncı ve birinci yaklaşım çözümlere sayısal değerlere ulaşılmıştır.

Gerilme değerlerinin, lifin yarıçapı, lifin dolu kısmının kalınlığı, geometrik nonlineerite, elastisite sabitleri oranları parametrelerinden nasıl etkilendiğini gösteren sayısal sonuçlar elde edilmiştir. Bunlar grafik ve tablolarla gösterilmiştir. Geometrik nonlineeritenin gerilme değerlerine etkisini göstermek için kullanılan yük değerleri, stabilite kaybına sebep olan kritik yük değerlerinden küçük seçilmiş, dolayısıyla stabilite kaybı öncesi gerilme dağılımı çalışılmıştır. Yük değerlerinin mutlak değerce değeri arttıkça çekmede gerilme değerlerinin azaldığı, basınçta ise gerilme değerlerinin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, lifin dolu kısmının kalınlığının artırılması ve elastisite sabitleri oranının artması gerilme değerlerini arttırmaktadır. İçi boş lifin yarıçapı ile gerilme değerleri arasındaki ilişkinin monoton olmadığı da saptanmıştır.

Literatürde içi boş lifli kompozit malzemenin, lif kalınlığının ve elastisite sabitleri oranının belli değerlerinde nanokompozit olarak tanımlanacağı ifade edilmektedir. Bu durumda, içi boş lif karbon nano tüp olarak düşünülür. Bilindiği gibi, karbon nanotüpler yüksek teknolojik ürünlerde sıklıkla kullanılmaya başlanan yapı elemanlarındandır. Buna göre, bu çalışmada elastisite sabitleri oranının 300

ve 400 alınmasıyla elde edilen sayısal değerler, karbon nanotüpün gömülü olduğu elastik cisimde gerilme değerlerine karşılık gelmektedir.

## **Açıklama**

Bu araştırma Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'nce desteklenmiştir. Proje No: 2014-07-03-DOP01

## **Kaynakça**

- AHMAD, M , GÜVEN, G , SARIKAVAKLI, N . (2019). “Some Features of Doping of Nano–Graphite in Natural Coir Fibre Epoxy Composites” . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , (15) , 491-498 . DOI: 10.31590/ejosat.540021
- AKBAROV, Surkay D. (2007). “Three-dimensional stability loss problems of the viscoelastic composite materials and structural members”. *International Applied Mechanics*. 43 (10):3-27.
- AKBAROV, Surkay D. (2012). *Stability Loss and Buckling Delamination: Three-Dimensional Linearized Approach for Elastic and Viscoelastic Composites*. Springer.
- AKBAROV, Surkay D. (2013). “Microbuckling of a Double-Walled Carbon Nanotube Embedded in an Elastic Matrix”. *International Journal of Solids and Structures*. 50: 2584- 2596.
- AKBAROV, Surkay D., KOSKER, Resat ve UCAN, Yasemen (2004). “Stress distribution in an elastic body with a periodically curved row of fibers”. *Mechanics of Composite Materials*. 40 (3): 191-202.
- AKBAROV, Surkay D., KOSKER, Resat ve UCAN, Yasemen (2006). “Stress distribution in a composite material with the row of anti-phase periodically curved fibers”. *International Applied Mechanics*. 42 (4): 486-493.
- AKBAROV, Surkay D., KOSKER, Resat ve UCAN, Yasemen (2010). “The Effect of the Geometrical Non-Linearity on the Stress Distribution in the Infinite Elastic Body with a Periodically Curved Row of Fibers”. *CMC:Computers, Materials, & Continua*. 17 (2): 77-102.
- AKBAROV, Surkay D., KOSKER, Resat ve UCAN, Yasemen (2016). “Influence of the interaction between fibers periodically located in a composite material on the distribution of stresses in it”. *Mechanics of Composite Materials*. 52 (2): 243-256.
- AKBAROV, Surkay D. ve KOSKER, Resat (2003). “On a stress analysis in the infinite elastic body with two neighbouring curved fibers”. *Composites Part B: Engineering*. 34 (2): 143-150.
- AKBAROV, Surkay D., GUZ, Aleksander N. (1985). “Method of Solving Problems in the Mechanics of Fiber Composites With Curved Structures”. *Soviet Applied Mechanics*. March: 777-785.
- AKBAROV, Surkay D., GUZ, Aleksander N. (2002). “Mechanics of curved composites (piecewise homogenous body model)”. *International Applied Mechanics*. 38 (12): 1415-1439.
- AKBAROV, Surkay D., GUZ, Aleksander N. (2000). *Mechanics of Curved Composites*. Kluwer Academic Publishers.
- CORTEN, H. T., BROUTMAN, L. J., & KROCH, R. H. (1967). *Modern Composite Materials. Micromechanics and Fracture Behavior of Composites*. Addison-Wesley, Reading, Massachusetts.
- ÇALLIOĞLU, H , KAVLA, F . (2019). “Mechanical Behaviors of Composite Leaf Springs with Additive of Carbon Nanotubes and Chitosan” . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , Special Issue, 270-283 . DOI: 10.31590/ejosat.638084
- GUZ, Aleksander N. (1999). *Fundamentals of the Three-Dimensional Theory of Stability of Deformable Bodies*. Springer-Verlag. Berlin, Germany.
- GUZ, Aleksander N. (2003). “On one two-level model in the mesomechanics of compression fracture of Cracked Composites”. *International Applied Mechanics*. 39 (3):274-285.
- GUZ, Aleksander N. and DEKRET, V.A., (2008).” On two models in the three-dimensional theory of stability of composites”. *International Applied Mechanics*. 44 (8): 839-854.
- KASHTALYAN, M. Yu. (2005). “On deformation of ceramic cracked matrix cross-ply composites laminates”. *International Applied Mechanics*. 41 (1):37-47.
- KELLY, Anthony (1998), “Composite Materials: impediments do wider use and some suggestions to overcome these”, *Proceeding Book ECCM-8, 3-6 June, Napoles-Italy, Vol. I, pp. 15-18*.
- KOSKER, Resat ve AKBAROV, Surkay D. (2003). “Influence of the interaction between two neighbouring periodically curved fibers on the stress distribution in a composite material” . *Mechanics of Composite Materials*. 39 (2): 165-176.
- MALIGINO, A.R. & WARRIOR, N.A. & LONG, A.C. (2009). “Effect on inter-fibre spacing on damage evolution in unidirectional (UD) fibre-reinforced composites.”. *European Journal of Mechanics - A/Solids.*, 28: 768-776.
- QIAN, D.; DICKKEY, E. C.; ANDREWS, R.; RANTELL, T. (2000): “Load transfer and deformation mechanisms of carbon nanotube-polyethylene composites”. *Applied Physics Letters*. 76 (20): 2868-2870.
- ZHUK, Y.A. and GUZ, I.A. (2007). “ Features of plane wave propagation along the layers of a prestrained nanocomposite”. *International Applied Mechanics*. 43 (4): 361-379.



# Zivzik Narı Çekirdek Yağının Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi

Şule Azime Yeniçeri<sup>1\*</sup>, Erdoğan Küçüköner<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4014-5274)

<sup>2</sup>Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9259-4800)

(İlk Geliş Tarihi 19 Haziran 2020 ve Kabul Tarihi 29 Ağustos 2020)

(DOI:10.31590/ejosat.755195)

**ATIF/REFERENCE:** Yeniçeri, Ş. A. & Küçüköner, E. (2020). Zivzik Narı Çekirdek Yağının Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 821-826.

## Öz

Bu çalışmada Güneydoğu Anadolu Bölgesinde bulunan Siirt Yöresine ait bir nar çeşidi olan Zivzik Narı çekirdeklerinden soğuk pres yöntemiyle elde edilen eşsiz ve değerli bir yağ olan nar çekirdek yağının Gaz kromatografisi (GC-MS) ile yağ asidi kompozisyonunun belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda Soxhalet ekstraksiyon yöntemiyle nar çekirdeklerinin yağ oranları belirlenmiştir. Soğuk pres tekniğiyle %3 yağ elde edilirken, soxhalet ekstraksiyon yöntemiyle %19,48 oranında yağ elde edilmiştir. Diğer soğuk pres teknikleriyle elde edilen nar çekirdek yağı eldesine göre verim düşük çıkarken, soxhalet ekstraksiyon tekniğiyle elde edilen yağ miktarı diğer çalışmalarla benzerlik göstermiştir. Nar çekirdeği yağının yağ asidi bileşiminin doymuş yağ asitlerinden olan palmitik asit (% 8,0) ve stearik asit (% 3,87), ile doymamış yağ asitlerinden oleik asit (% 14,0), linoleik asit (% 15,22), punikik asit (% 50,17) olmak üzere toplam beş adet yağ asidinden oluştuğu tespit edilmiştir. Bu farklılığa, çeşit, iklim, yetiştirme koşulları ve toprak yapısının sebep olduğu düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Zivzik Narı, Yağ asidi kompozisyonu, Soğuk Pres.

## Determination of Fatty Acid Composition of Zivzik Pomegranate Seed Oil

### Abstract

In this study, the fatty acid composition was determined by Gas chromatography (GC-MS) of pomegranate seed oil, which is a unique and valuable oil obtained from the seeds of Zivzik Pomegranate, which is a pomegranate variety in the Southeastern Anatolia Region, by cold press method. At the same time, the oil ratios of pomegranate seeds were determined by Soxhalet extraction method. While 3% oil was obtained by cold press technique, 19.48% oil was obtained by soxhalet extraction method. While the yield was low compared to the pomegranate seed oil obtained with other cold press techniques, the amount of oil obtained with the soxhalet extraction technique was similar to other studies. It was determined five fatty acid of pomegranate seed oil, two of saturated fatty acid palmitic acid (8.0%) and stearic acid (3.87%), three of unsaturated fatty acids, oleic acid (14.0%), linoleic acid (15.22%), punicic acid (50.17%). It is thought that this difference is caused by cultivars, climate, growing conditions and soil structure.

**Keywords:** Zivzik Pomegranate, Fatty Acid Composition, Cold Pres.

## 1. Giriş

Nar (*Punica granatum*) Punicaceae familyasının Punica cinsine ait olan en önemli türü *Punica granatum L.* olan doğu kökenli küçük bir ağaç türüdür (Schubert vd., 1999). Dünya genelinde antik çağlarda da şimdi olduğu gibi Tunus, Türkiye, İspanya, Mısır, Fas, ABD, Çin, Hindistan, Arjantin, İsrail ve Güney Afrika gibi Akdeniz iklimine sahip bölgelerde yetiştirilmiştir (Qin vd., 2020). Günümüzde İran başta olmak üzere Çin ve Hindistan'da yetiştirilmekle birlikte Türkiye de nar üretiminde 4. sırada yer almaktadır

\*Sorumlu Yazar: Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4014-5274, [sulezengin@siirt.edu.tr](mailto:sulezengin@siirt.edu.tr)



(Yıldırım vd. 2016). Çoğunlukla Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu bölgelerimizde yetiştirilmekte olan nar, çeşit ve form bakımından oldukça zengindir (Yaşar, 2008). Dünya genelinde 500'den fazla çeşidi bulunan narın; boyut, renk, şekil, tohum sertlik, tat ve aroma özellikleri, büyüme karakteristikleri ve meyve kalitesi gibi özellikleri farklılık gösterebilmektedir (Hoca, 2019). Türkiye'de yetiştirilen bir çok nar çeşidi belirtilmiştir (Kurt ve Şahin 2013; Şimşek 2017). Ancak yaygın olarak yetiştiriciliği ve ihracatı yapılan, Hicaz narı çeşidimizdir (Eyigün 2012; Yazıcı ve Şahin, 2016).

Nar; çekirdek, meyve suyu ve kabuk olmak üzere üç ana kısımdan oluşmaktadır (Okumuş vd., 2015). Meyvesinde %52'si daneden oluşurken; danenin de %78'i meyve eti %22'si ise çekirdekten meydana gelmektedir (Kulkarni ve Aradhya, 2005). Çeşitli faktörlere bağlı olarak nar çekirdeklerinin ortalama %20,80 yağ içerdiği belirtilmiştir (Vardin vd., 2012). Bununla birlikte nar çekirdeği yağı E vitamini ve antioksidan polifenoller açısından zengin, konjuge yağ asitlerini bünyesinde bulunduran nadir kaynaklardan birisidir (Aksoy, 2017). Bu nedenle başta Türkiye olmak üzere dünyanın farklı bölgelerinde çeşitlerine göre, nar çekirdek yağının, yağ asidi kompozisyonu birçok araştırmacı tarafından çalışılmıştır (Hernandez vd. 2000; Schubert vd. 1999; Melgarejo ve Artes 2000; Gölükçü vd. 2005; Fadavi vd. 2006; Özdoğan 2014; Özgür vd. 2015). Bununla birlikte Zivzik narı çekirdek yağı üzerine hiçbir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Aynı zamanda tarımın dünyada ilk yapıldığı bölgelerden olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi; verimli toprakları, zengin kaynakları ve uygun iklim koşulları ile uzun yıllardır işlenmemiş, kimyasal gübre, zirai ilaç, hormon gibi maddelerin kullanılmadığı alanlara sahip olmasından dolayı önemli bir bölgedir (Taş vd. 2016). Bu nedenle Zivzik narı bu bölgede yetiştirilmekte olan önemli bir üründür. Ancak Zivzik narı ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, narın kimyasal içeriği, ürün kalitesinin ve verimin artırılması veya fonksiyonel ürün olarak değerlendirilmesi ile ilgili birçok farklı çalışmalar gerçekleştirilmiştir (Vardin vd. 2012; Kuyucu, 2013; İzol, 2012; Aydın Demirhan, 2017; Aybek, 2019; Felek 2019; Al-Jabbari 2017; Zenger 2012; Taş vd. 2016).

Bununla birlikte İzol (2012)'nin yapmış olduğu çalışmalar sonucunda tat olarak Hicaz narı ve diğer narlarla (Hacı Hesin, Ali Ağay, Radişu) kıyaslandığında, en çok beğenilen nar suyu Zivzik Narı suyu olmakla birlikte, en çok Radişu ve Zivzik narlarının sahip oldukları renk yoğunluğu, antosiyanin, toplam asitlik ve suda çözünür kuru madde miktarlarından dolayı meyve suyu sanayisine daha uygun narlar olarak değerlendirilmiştir. Yine Aybek (2019) yapmış olduğu çalışmada zivzik narının tatlı nar çeşidi olması nedeniyle endüstriyel ve geleneksel üretime elverişli olduğunu, fermantasyonda oldukça kolaylık sağladığını ve endüstriyel olarak sirke üretimine iyi bir kaynak olacağı, özellikle piyasada satılan ticari nar sirkesiyle kıyaslandığında antosiyanin ve organik asit olarak daha zengin olduğu ve ticari nar sirkesinden çok daha güçlü bir antioksidan aktiviteye sahip olduğunu ifade etmiştir. Çalışmalardan görüldüğü üzere yeterince önem verilmeyen Zivzik narının Hicaz narına göre çeşitli üstün özellikleri mevcuttur.

Türkiye'de en çok üretimi ve ihracatı yapılan tür olan Hicaz narı üzerinde birçok çalışma yapılmasına rağmen, Zivzik Narı çekirdek yağı, yağ asidi kompozisyonu üzerinde herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bizde çalışmamızda literatür de görülen bu eksikliği gidermek ve Zivzik Narına olan ilgiyi arttırmayı hedeflemekteyiz.

## **2. Materyal ve Metot**

### **2.1. Materyal**

Çalışmamızda kullanılan Siirt'in Şirvan ilçesine ait Zivzik narları Kasım ve Aralık aylarında Siirt bölgesinde bulunan yerel bir pazarlamacıdan temin edilmiştir. Çalışma süresince narlar +4°C'de muhafaza edilmiştir.

### **2.2. Yöntem**

#### **2.2.1. Zivzik Narı Çekirdeklerinin Eldesi**

Çalışmamız kapsamında 650 kg Zivzik narı tek tek narlar danelendikten sonra paslanmaz çelik elekten geçirilerek nar suyu uzaklaştırılmış, saf suyla yıkanarak tekrar suyu uzaklaştırdıktan sonra kurutma kağıtlarının üzerine serilerek, 25-40°C arasında değişen sıcaklıklarda 72 saat süresince kurutulmuştur. Kurutma sonrasında 28 kg nar çekirdeği elde edilmiştir. Elde edilen çekirdeğin 25 kg'ı Oneva Yağ (Neva Gıda Maddeleri ve Baskı Malzemeleri Dış Ticaret Limited Şirketi, İstanbul) fabrikasında soğuk pres yağ ekstraktörü yardımıyla ekstrakte edilerek nar çekirdek yağı elde edilmiştir. Ekstraksiyon öncesinde cihaz yıkayıp temizlendikten sonra çekirdekler preslenmiş ve yağ çıkışı sıcaklığının 40°C'yi geçmemesi sağlanmıştır. Elde edilen yağ ve pres keki +4°C'de buzdolabında muhafaza edilmiştir.

#### **2.2.2. Zivzik Narı Çekirdek Yağının Yağ Oranının Belirlenmesi**

Nar çekirdeği yağının yağ oranının belirlenmesi Koç (2016)'a göre yapılmıştır. Nar çekirdeği örneklerinde, ham yağ tayini, soxhelet ekstraktöründe hekzan solvent (çözücü) olarak kullanılarak yapılmıştır. Buna göre, nar çekirdeği örnekleri öğütülüp, tartılarak darası alınarak kartuşların içerisine konulmuş ve daha sonra soxhelet timbillerinin içine yerleştirilmiştir. Ekstraksiyon işlemine 3 saat süre ile devam edilmiştir. Ekstraksiyon işlemi bittikten sonra distilasyon ile çözücü yağdan uzaklaştırılmış ve örnekler etüvde 105±5°C'de 30 dakika tutularak çözücü tamamen uçurulmuş ve desikatörde soğutulduktan sonra tartım işlemi yapılmış ve aşağıdaki eşitliğe göre her bir nar çekirdeği çeşitine ait % yağ oranı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$\% \text{ Yağ (g/100g)} = ((M2 - M1) / m) \times 100$$

M1 = Sabit tartıma getirilmiş balonun ağırlığı (g)

M2 = Balonda son tartımda bulunan toplam yağ miktarı (g)

m = Alınan örneğin ağırlığı (g)' dir.

### 2.2.3. Zivzik Narı Çekirdek Yağının Yağ Asidi Kompozisyonunun Belirlenmesi

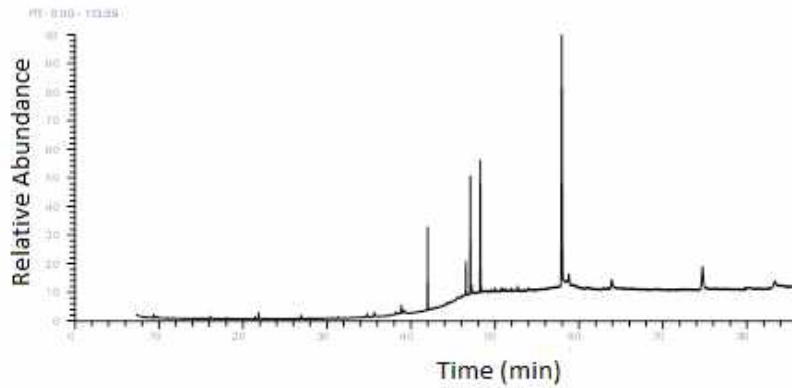
Esterleştirme için 3 mL yağ örneğinden alınarak, üzerine 5 mL 1 M metanollü KOH çözeltisi eklenerek vortekslenmiş, üst faz alınarak 0,22 mikron filtreden süzülerek okuma yapılmıştır. Analiz GC-MS (GC-MS, Thermo/ISQLT series -Thermo Fisher Scientific, the US) ile Thermo Scientific TGWAXMS (60 m, 0,25 mm, 0,25 µm film kalınlığı) kılcal kolonu kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Helyum gazı (1,2 mL/min) yürütücü faz olarak kullanılmıştır. Fırın sıcaklığı programı 70°C'de (6 dakika tutuldu) başlanmış, doğrusal olarak 230°C 'ye (4°C dakika da bir artış sağlanarak) kadar yükseltilmiştir. Bu sıcaklıkta 55 dakika tutulmuştur. Ardından sıcaklık artışı her bir dakikada 4°C olacak şekilde devam edilerek son sıcaklık 240°C olarak belirlenmiştir. Son sıcaklıkta 10 dakika tutulmuştur. Purge (tahlie) akışı 5,0 mL/min ve Split (ayırma) akışı 6,0 mL/min olarak ayarlanmıştır (Akkemik vd. 2019).

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Zivzik Narı Çekirdek Yağı ve Yağ Asidi Kompozisyonu Sonuçları

Çalışma sonrasında soğuk presle Zivzik narı çekirdeklerinden %3, soxhalet ekstraksiyonla %19,48 ±0,81 oranında yağ elde edilmiştir. Schubert vd. (1999) soğuk pres yöntemiyle nar çekirdeğinden %5,3 yağ elde ederken, Karatekin (2016), soğuk pres yöntemiyle nar çekirdeğinden %7 oranında yağ elde etmiştir. Soğuk presle elde edilen yağ oranının, diğer çalışmalara göre düşük olduğu görülmüştür. Yağ eldesindeki değişkenliğin (%3-7 aralığı) çeşit farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çalışmamızı destekler şekilde yapılan bir araştırmada Pakyürek vd. (2020) Zivzik çeşidine ait genotiplerin çekirdeğinin Ege ve Akdeniz bölgesinde yetişen nar çeşitlerinin çekirdeğine göre daha sert olduğunu tespit etmişlerdir. Bu nedenle Zivzik nar çeşidinin çekirdeğinden yağ eldesinde kullanılan soğuk pres yönteminin, verimin düşük çıkmasına neden olduğu düşünülmektedir. Soxhalet ekstraksiyon yöntemiyle elde ettiğimiz değer ise %11,6-18,0 (Özdoğan 2014) ve %6,63 ile %19,3 (Fadavi vd. 2006; Hernandez vd. 2000) olarak belirtilen aralıktan yüksek, %13,95-24,13 (Gölükçü 2008), %18 ile %28 (Özgür vd. 2015) olarak tespit edilen aralıkta, %21,25 (Gölükçü vd. 2005) değerinden düşük olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak Zivzik narı çekirdeklerinin iyi bir nar çekirdek yağı kaynağı olabileceği görülmektedir.

Ayrıca yağ asidi kompozisyonu incelendiğinde doymuş yağ asitlerinden stearik, palmitik, ve doymamış yağ asitlerinden linoleik, oleik ve punikik asit olmak üzere toplamda beş adet yağ asidi tespit edilmiştir. Nar çekirdek yağında bulunan doymuş yağ asitlerinden palmitik asit (C16:0) %8,0, stearik asit (C18:0) %3,87, oranlarında tespit edilirken, nar çekirdek yağında bulunan doymamış yağ asitlerinden oleik asit (C18:1) %14,0, linoleik asit (C18:2) %15,22, punikik asit (C18:3) ise %50,17 olarak belirlenmiştir. Şekil 1'de Nar Çekirdek Yağına ait kromotogram verilmiştir.



Şekil 1. Nar Çekirdek Yağı Yağ Asidi Kompozisyonu Profili

Çalışmamız sonucunda tespit edilen %50,17 oranında punikik asidin, diğer çalışmalarda %31,8-88,22 aralığında değişim gösterdiği görülmüştür (Tablo 1). Zivzik narı çekirdek yağının yağ asidi içeriği Fadavi vd. (2006) ve Melgarejo ve Artes (2000) tarafından tespit edilen punikik asit içeriği aralığında kalmıştır. Hatta Melgarejo ve Artes (2000)' in yapmış olduğu çalışmada San Felipe de Blanca çeşidinin Zivzik narı çekirdek yağının punikik asit içeriğine çok yakın oranda (%50,53) punikik asit içerdiği görülmüştür. Ancak diğer çalışmalarda tespit edilen değerlerden oldukça düşük olduğu görülmüştür.

Bununla birlikte Zivzik narı çekirdek yağında linoleik asit %15,22 oranında tespit edilirken, aynı yağ asidinin farklı nar çeşitlerinde %0,7-24,4 aralığında değişim gösterdiği ifade edilmiştir (Tablo 1). Zivzik Nar çeşidinin literatürde incelenen diğer nar çeşitleri ile kıyaslandığında oldukça yüksek bir oranda linoleik asit içerdiği görülmektedir (Tablo 1). Linoleik asit (LA), esansiyel bir yağ asidi olduğundan vücuda mutlaka dışarıdan alınması gerekmektedir. Bebek formülasyonlarında da bulunan, LA 'nın eksikliğinde bebeklerde pullu deri, cilt lezyonları, zeka geriliği olabileceği ifade edilmektedir (Whelan ve Fritsche, 2013). Aynı zamanda linoleik gibi, esansiyel yağ asitleri sağlıklı hücre membranının sağlanması, beyin ve sinir sistemi işlevlerinin iyi bir şekilde fonksiyonlarını

yerine getirmesi ve hormon benzeri eikosanoidlerin üretimi için de gereklidirler (Ayan, 2016). Zivzik narı çekirdek yağında linoleik asit açısından iyi bir kaynak olduğu tespit edilmiştir.

Nar çeşitlerinin çekirdek yağlarında oleik asit'in %0,4-20,25 oranında değiştiği (Tablo 1) görülürken Zivzik nar çekirdek yağında oleik asit miktarının %14,0 değerle belirtilen aralıkta yer aldığı tespit edilmiştir. Hatta birçok çeşide göre oldukça yüksek oranda oleik asit içerdiği yaptığımız çalışma ile tespit edilmiştir. Yüksek oleik asit içeriğine sahip olan yağlar, düşük özgül ağırlıkları sebebiyle oldukça hafif olduğundan dolayı özellikle pişirme veya kızartma yağı olarak çok tercih edilmektedir. Aynı zamanda yüksek oleik asit içeriğine sahip yağlar sadece insan ve hayvan beslenmesinde kullanılmasıyla sınırlı kalmayıp, sanayide de (biyodizel, aşınmayı önleyici, kayganlaştırıcı, yapıştırıcı, boya, sabun, mum, cila, vernik, deterjan, kauçuk, plastik, kozmetik, parfüm, ilaç, pestisit, mürekkep, vb.) geniş bir kullanım alanına sahiptir (Baydar, 2016).

Nar çekirdek yağlarının palmitik asit ve stearik asit içeriği irdelendiğinde genel olarak stearik asitin yaklaşık %3 civarlarında seyrettiği çok az bir çeşidinde ise yaklaşık %9 ve üzerinde olduğu görülmektedir (Tablo 1). Palmitik asit ise genelleme yapılamayacak düzeyde değişkenlik göstermektedir (Tablo 1). Zivzik nar çekirdek yağının palmitik asit ve stearik asit içeriği bakımından literatürle uyumlu olduğu görülmektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Farklı Nar Çeşitlerinde Punikik, Linoleik, Oleik, Palmitik, Stearik Asit İçeriği

Nar Çeşidi/İncelenen bölge	Punikik asit	Linoleik asit	Oleik asit	Palmitik asit	Stearik asit	Kaynaklar
25 farklı nar çeşidi/İran	%31,8-86,6 linolenik(C18:3)	%0,7-24,4	%0,4-17,4	%0,3-9,9	%2,8-16,7	Fadavi vd. (2006)
7 tatlı nar klonu/İspanya	%43,43-88,22 linolenik(C18:3)	%5,19- %16,50	%3,67- 20,25	%2,58- 14,91	%1,16- 8,98	Melgarejo ve Artes (2000)
Farklı yöre ve çeşit/Türkiye	%68,45-83,84	%4,05-7,93	% 3,9- 12,89	% 3,26- 5,25	%1,75- 2,48	Özdoğan (2014)
Üç çeşit nar/İspanya	%66,76-79,29	%4,98-7,74	% 4,70- 5,91	% 2,99- 3,83	%1,6-2,38	Hernandez vd. (2000)
Karışık kültür/İsrail	%65,3	%6,6	% 6,3	% 4,8	%2,3	Schubert vd. (1999)
Beş farklı çeşit nar/İran	%78,25-82,40	%5,22-7,08	%5,71- 7,48	%2,95-3,57	%1,99- 2,54	Habibnio (2012)
Hicaz Narı/Batı Akdeniz Araştırma Enstitüsü/Türkiye	%78,83	%5,81	%6,83	%4,62	%2,77	Gölükçü vd. (2005)
Fabrikadan temin edilen çekirdek/Türkiye	%78,59	%0,81	%8,08	%7,96	%2,89	Özgür vd. (2015)
Hazır yağ (rafinasyon süresince)/Türkiye	%55,89-78,51	%4,79- 16,46	% 3,65- 8,19	%2,41-3,70	%1,73- 2,29	Topkafa (2013)
Zivzik Narı/Türkiye	%50,17	%15,22	% 14,0	%8	% 3,87	Mevcut çalışmada

Çalışmamızda %8,74 oranındaki madde tanımlanamamıştır. Benzer şekilde Schubert vd. (1999) yaptıkları çalışmada %14,2 oranında yağ asidini tanımlayamamış ve bunların muhtemelen punikik asidin izomeri olabileceğini düşünmüştür.

Yapılan bazı çalışmalarda çeşidine göre ya hiç ya da eser miktarda veya yaklaşık %3 civarlarında araşidik asit içeren, nar çekirdek yağlarının olduğu ifade edilmiştir (Melgarejo ve Artes 2000; Karatekin 2016; Özgür vd. 2015; Gölükçü vd. 2005; Özdoğan 2014; Topkafa 2013; Habibnio 2012; Schubert vd. 1999; Hernandez vd. 2000). Ancak Zivzik Narında da araşidik aside hiç rastlanılmamıştır.

Ayrıca yapılan bazı çalışmalarda nar çekirdek yağında yukarıda belirtilen yağ asitlerine ilave olarak %0,01-2,88 palmitoleik asit (Melgarejo ve Artes, 2000; Topkafa 2013), %0,72 eikosan asit, %0,43 vaksenik asit, %0,32 T-skualen, %0,24 6-9-12 oktadekadienoik asit, %0,22 8-11oktadekadienoik asit (Karatekin 2016), %0,0-3,9 behenik asit (Karatekin 2016, Topkafa 2013, Özdoğan 2014, Fadavi 2006), miristik asit (% 0,01-4,7) (Fadavi 2006, Topkafa 2013), %0,03-0,05 margarik asit, % 0,45-0,55 gadoleik asit, %5,46-9,71 katalpik asit, %1,06-3,36  $\beta$ -eleostearik asit (Topkafa 2013), gibi asitlerde tespit edilmiştir. Zivzik Narı çekirdek yağının bu yağ asitlerini içermediği görülmüştür.

Bu çalışma sonucunda tatlı bir nar çeşidi olan Zivzik narında SFA/PUFA (doymuş/doymamış yağ asidi) oranı 0,14 olarak hesaplanmıştır. Yine İspanyada yedi adet tatlı nar çeşidi üzerinde yapılan bir çalışmada doymuş/doymamış yağ aside oranının 0,04-0,35 (Melgarejo ve Artes 2000) olduğu görülmüştür. Bizimde tespit ettiğimiz değer bu aralıkta olmuştur.

Yağ bitkilerinin genetik, ekolojik, morfolojik, fizyolojik ve kültürel uygulamaların etkisiyle yağ asitleri sentezinin değişiklik gösterdiği yapılan çalışmalarla tespit edilmiştir (Karaca ve Aytaç, 2007). Bu nedenle araştırmamızda tespit edilen yağ asitleri, yağ asidi içerikleri, yağ oranı gibi özelliklerinin diğer çalışmalarla olan farklılıklarına, incelenen nar çeşidi, toprak yapısı ve iklim gibi faktörlerin sebep olabileceği düşünülmektedir.

Bununla birlikte beslenmede ihtiyaç duyulan yağların büyük bir oranı (%92,1) bitkisel kökenli yağlardan karşılanırken (Onat vd. 2017), bitkisel ham yağ üretiminin ise %27'si, %18-24 oranında yağ içeren, PUFA/SFA oranı (doymamış yağ asidi/doymuş yağ asidi) 5,7 olan soyadan karşılanmaktadır (Arioğlu vd. 2010). Zivzik narı çekirdek yağının ise yağ veriminin soyaya yakın olması (%19,48) ve PUFA/SFA oranının 6,72, olması kıymetli bir yağ olduğunu göstermektedir. Yine ihtiyaç duyulan yağın en az %30'unun çoklu doymamış yağ asidi içeren bitkisel kaynaklı yağlardan sağlanmasının gerekmesi (Arioğlu, 2016), yağların hastalıkların tedavisinde kullanılabilir olması (Akkemik, 2020), sanayide hammadde olarak, biyodizel üretiminde, ilaç, kozmetik, kimya (Arioğlu, 2016) gibi bir çok alanda kullanılabilmesi sebebiyle nar çekirdek yağında daha fazla yararlanılması gerektiği düşünülmektedir. Özellikle

Zivzik narı çekirdek yağının içerdiği sağlık üzerinde birçok faydalı etkiye sahip yüksek miktardaki çoklu doymamış yağ asitleri sebepleriyle Hicaz Narı gibi ihraç edilebilen bir nar olabileceği ve ülke ekonomisine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

#### 4. Sonuç

Bu çalışma ile Siirt yöresine ait bir nar çeşidi olan Zivzik Narı çekirdek yağının yağ asidi kompozisyonu belirlenmiştir ve Türkiye’de yetiştirilmekte olan türlere göre punikik asit içeriğinin düşük, linoleik, oleik ve palmitik asit içeriğinin ise çok daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.Yapılan diğer çalışmalara bakıldığında ise yine benzer sonuçlar görülmektedir. Bu nedenle Zivzik narı çekirdekleri önemli avantajlarada sahiptir. Bununla birlikte yağlar için sağlık açısından önemli bir kalite kriteri olan doymuş yağ asitlerinin doymamış yağ asitlerine oranının düşük olması sebebiyle sağlık açınsındanda faydalı bir yağ olduğu düşünülmektedir. Bu sonuçlar doğrultusunda Türkiye de nar üretiminde on ikinci sırada yer alan Siirt bölgesine ait Zivzik narına daha çok dikkat çekilerek kabuk ve çekirdek gibi atıklarının yanında meyve olarakta daha fazla değerlendirilmesine yönelik olarak yapılacak olan çalışmalara da kaynak sağlanmaktadır. Nar çekirdek yağının gıda formülasyonlarında kullanılmasının yanında sağlıklı bir gıda olarakta tüketilmesi önerilmektedir. Bu çalışmanın yapılacak olan diğer çalışmalara kaynak sağlayacağı düşünülmektedir.

#### 5. Teşekkür

Doktora çalışmasının bir parçası olan bu çalışmada desteklerinden dolayı Neva Gıda Maddeleri ve Baskı Malzemeleri Dış Ticaret Limited Şirketi Oneva Yağ’a teşekkür ederiz.

#### Kaynakça

- Akkemik, E (2020). Çuha Çiçeği (*Oenothera biennis*) ve Tatlı Badem (*Prunus dulcis* Mill.) Yağlarının Antienzim Aktivitelerinin Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 583-590.
- Akkemik, E., Aybek, A., & Felek, I. (2019). Effects Of Cefan Melon (*Cucumis Melo* L.) Seed Extracts On Human Erythrocyte Carbonic Anhydrase I-Ii Enzymes. *Applied Ecology And Environmental Research*, 17(6), 14699-14713.
- Aksoy, S, F. (2017).Soğuk Pres Nar Ve Üzüm Çekirdeği Yağı Atıklarından Elde Edilen Ekstraktların Enkapsülasyonu Ve Salata Soslarının Raf Ömrü Üzerine Etkisi.Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul, 47ss, Türkiye.
- Al-Jabbari, K. H.(2017).Determination of rooting performances in differant iba doses and of pomological characteritics of salakhani and zivzik pomegranate (*punica granatum* l.) varieties. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 74s, Siirt, Türkiye.
- Arıoğlu, H. H., Kolsarıcı, O., Göksu, A. T., Güllüoğlu, L., Arslan, M., Çalışkan, S.,Söğüt T., Kurt, C.,& Arslanoğlu, F. (2010). Yağ bitkileri üretiminin artırılması olanakları. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, 11-15 Ocak, Ankara.
- Arıoğlu, H. (2016). Türkiye’de Yağlı Tohum ve Ham Yağ Üretimi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(ÖZEL SAYI-2), 357-368.
- Ayan, B. (2016). Linoleik asit’in sıçanlarda metatreksat kaynaklı test hasarına karşı antioksidan ve antiapoptotik etkileri.Karadeniz Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Histoloji ve Embriyoloji Anabilim Dalı, Trabzon, 75ss, Türkiye.
- Aybek, A. (2019). Geleneksel yöntemlerle zivzik narından sirke üretimi ve elde edilen sirkenin kalite parametrelerinin araştırılması. Fen Bilimleri Enstitüsü,Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 95s, Siirt, Türkiye.
- Aydın Demirhan, Ş. (2017). Yol Kenarı Bahçelerinde Yetiştirilen Zivzik Narında (*Punica granatum* L.) Ağır Metal Durumunun Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siirt, Türkiye.
- Baydar, H. ( 2016 ).Yağ Bitkilerinde Oleik Asitçe Zenginleşitlerin İslahında Yaşanan Gelişmeler. TÜRKTOB, *TürkiyeTohumcular Birliği Dergisi, Ekim-Aralık*, 20, 34-39. <https://www.turktob.org.tr/dergi/makaleler/dergi20/34-39.pdf>
- Eyigün, F.Ş. (2012). Hicaz Nar Çeşidine Ait Narlardan Elde Edilen Nar Ekşilerinin Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 112s.
- Fadavi, A., Barzegar, M., & Azizi, M. H. (2006). Determination of fatty acids and total lipid content in oilseed of 25 pomegranates varieties grown in Iran. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(6-7), 676-680.
- Felek, İ. (2019). Bal Kabağı ve Zivzik Nar Kabuğu Unu ile Zenginleştirilmiş Hazır Tarhana Çorbası Üretimi.Fen Bilimleri Enstitüsü,Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 90s, Siirt, Türkiye.
- Gölküçü, M., Tokgöz, H., & Çelikyurt, M. A. (2005). Nar Çekirdeğinin Bazı Özellikleri Ve Nar Çekirdeği Yağının Yağ Asiti Bileşimi. *Derim*, 22(2), 33-40.
- Gölküçü, M., Tokgöz, H., & Kırılan, M. (2008). Ülkemizde yetiştirilen önemli nar (*Punica granatum*) çeşitlerine ait çekirdeklerin bazı özellikleri. *Gıda*, 33(6), 281-290.
- Habibnia M., Ghavami M., Ansari-pour M., & Vosough. S. (2012). Chemical Evaluation of Oils Extracted from Five Different Varieties of Iranian Pomegranate Seeds, *Journal of Food Biosciences and Technology*. 2(2), 35-40.
- Hernandez, F., Melgarejo, P., Olias, J. M., & Artes, F. (2000). Fatty acid composition and total lipid content of seed oil from three commercial pomegranate cultivars. *Production, Processing and Marketing of Pomegranate in the Mediterranean Region: Advances in Research and Technology*, 205-209.



- Hoca, G. (2019). Bursa İlinde Tüketime Sunulan Nar Ekşisi Ve Nar Ekşili Soslarda Sorbik Asit Ve Benzoik Asit Miktarlarının Belirlenmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 57s, Bursa, Türkiye.
- İzol, G. (2012). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Yetiştirilen Zivzik Ve Görümlü Narlarının Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, 73ss, Şanlıurfa, Türkiye.
- Karaca, E., & Aytaç, S. (2007). Yağ bitkilerinde yağ asitleri kompozisyonu üzerine etki eden faktörler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 22(1), 123-131.
- Karatekin, S. (2016). Kozmetik Sanayide Hammadde Olarak Kullanılan Tatlı Badem, Portakal Kabuğu ve Nar Çekirdeği Yağlarının Kimyasal İçeriklerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 42s, Isparta, Türkiye.
- Kulkarni, A.P.&Aradhya, S.M., 2005. Chemical changers antioxidant activity in pomagranate arils during development. *Food Chemistry*, 93 (2): 319-324.
- Koç, M. (2016). Soğuk Pres Tekniğiyle Elde Edilen Farklı Üzüm Çekirdeklerine Ait Çekirdek Yağlarının Fizikokimyasal Özellikleri Ve Oksidatif Stabiliteilerinin Belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 78s, Tekirdağ, Türkiye.
- Kurt, H., & Şahin, G. (2013). Bir Ziraat Coğrafyası Çalışması, Türkiye'de Nar (*Punica granatum* L.) Tarimi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (27), 551-574.
- Kuyucu, A., E. (2013). Zivzik Narı (Siirt)'ndan Elde Edilen Aktif Karbonun Karakterizasyonu Ve Boyar Madde Adsorpsiyonu. Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İlk Öğretim Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 100s, Van, Türkiye.
- Melgarejo, P.,& Artes, F. (2000). Total lipid content and fatty acid composition of oilseed from lesser known sweet pomegranate clones. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(10), 1452-1454.
- Onat B, Arıoğlu H, Güllüoğlu L, Kurt C, Bakal H, (2017). Dünya ve Türkiye'de Yağlı Tohum ve Ham Yağ Üretimine Bir Bakış, *KSÜ, Doğa Bilimleri Dergisi*, 20 (Özel Sayı) sayfa:149-153.
- Okumuş, G., Yıldız, E., & Bayizit, A. A. (2015). Doğal antioksidan bileşikler: Nar yan ürünlerinin antioksidan olarak değerlendirilmesi. *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, Cilt 29, Sayı 2, 203-214.
- Pakyürek, M., Erez, M. E., Özrenk, K., Atlı, H. S., Gezer, R., Şahin, M., & Ertaş, A. (2020). Zivzik Narında Klon Seleksiyonu. *Euroasia Journal Of Mathematics-Engineering Natural & Medical Sciences, International Indexed & Refereed*, 7 (8), 160-169.
- Qin, G., Liu, C., Li, J., Qi, Y., Gao, Z., Zhang, X., Yi, X., Pan H., Ming R.,ve Xu, Y. (2020). Diversity of metabolite accumulation patterns in inner and outer seed coats of pomegranate: exploring their relationship with genetic mechanisms of seed coat development. *Horticulture Research*, 7(1), 1-14.
- Özgür, A., Erdem, T., & Öztekin, S. (2015). Nar Çekirdeği Yağının Çıkarılması Amacıyla Farklı Kurutma Yöntemlerinin Uygulanması Üzerine Bir Araştırma. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 11(2), 167-172.
- Özdoğan, N. (2014). Nar Çekirdek Yağının Ekstraksiyonu Ve Özelliklerinin Araştırılması. İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 66ss, İstanbul, Türkiye.
- Schubert, S. Y., Lansky, E. P., & Neeman, I. (1999). Antioxidant and eicosanoid enzyme inhibition properties of pomegranate seed oil and fermented juice flavonoids. *Journal of ethnopharmacology*, 66(1), 11-17.
- Şimşek M. (2017). A General Overview Of Pomegranate (*Punica Granatum* L.) Production Potential, Effects To Health, Problems And Solution Proposals of Turkey. *Middle East Journal of Science* 3(1): 51-58.
- Taş, L., Boz, İ., Akbay, C.(2016). Siirt İli Şirvan İlçesinde Organik Zivzik Narının Benimsenmesi Ve Yayılması. XII. Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 1127-1136.
- Topkafa, M. (2013). Yenilebilir Nar Çekirdeği Yağının Rafinasyon Özelliklerinin İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Doktora Tezi, 187ss, Konya, Türkiye.
- Whelan, J.,& Fritsche, K. (2013). Linoleic acid. *Advances in Nutrition*, 4(3), 311-312.
- Vardin, H., Karaaslan, M., Yılmaz, F., İzol, G., Cesur, Ö., Yüksekaya, S., Çevik, G. (2012). Zivzik Ve Görümlü Narlarının Özelliklerinin ve Katma Değerli Ürünlere İşlenebilirliğinin Belirlenmesi Projesi. Şanlıurfa.
- Yaşar, M. (2008). Nar suyuna farklı oranlarda maltodekstrin eklenerek püskürtmeli kurutucu ile nar suyu tozu elde edilmesi üzerine bir çalışma.Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 47ss, Urfa, Türkiye
- Yazıcı, K., ve Şahin, A. (2016). Characterization of pomegranate (*Punica granatum* L.) hybrids and their potential use in further breeding. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 40(6), 813-824.
- Yıldırım, A., Toğrul, Ö., Çetin, S., Öğretmen, H., Sarı P.,veHayoğlu, İ. (2016). Narın Çikolata Üretiminde Kullanımı. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 20(1), 12-19.
- Zenger, G. (2012). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Yetiştirilen Zivzik Ve Görümlü Narlarının Fizikokimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 92ss, Şanlıurfa, Türkiye.





# Covid-19 Salgınına Yönelik Zaman Serisi Verileri ile Prophet Model Kullanarak Makine Öğrenmesi Temelli Vaka Tahminlemesi

Onur Sevli<sup>1\*</sup>, Vesile Gül Başer<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8933-8395)  
<sup>2</sup> Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Bilgisayar ve Öğretim Teknolojileri Eğitimi Bölümü, Burdur, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0752-9498)

(İlk Geliş Tarihi 8 Temmuz 2020 ve Kabul Tarihi 29 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.766623)

**ATIF/REFERENCE:** Sevli, O. & Başer, V. G. (2020). Covid-19 Salgınına Yönelik Zaman Serisi Verileri ile Prophet Model Kullanarak Makine Öğrenmesi Temelli Vaka Tahminlemesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 827-835.

## Öz

Koronavirüsler 21. yüzyılda keşfedilen ve dünyada yaygın olarak görülen, insan ve hayvanlarda hastalığa sebep olan bir virüs türüdür. 2002 yılındaki SARS ve 2012 yılındaki MERS salgınlarından sonra, 2019 yılı sonunda Çin'in Wuhan eyaletinde ortaya çıkıp hızla yayılan Covid-19 bir pandemiye sebep olmuştur. Bu çalışmanın yapıldığı dönemde hala yayılmaya devam eden ve henüz kontrol altına alınamayan Covid-19 ile ilgili tıp alanı başta olmak üzere farklı disiplinlerde yoğun çalışmalar sürdürülmektedir. Yapılan çalışmaların neredeyse tamamı virüsün yapısı, kontrol ve önlemeye dair tıbbi çalışmalardır. Bilgisayar bilimlerinde öngörücü disiplinler içerisinde yer alan makine öğrenmesi, mevcut verilerden hareketle geleceğe dönük tutarlı tahminlerde bulunabilmektedir. Bu amaçla geliştirilen farklı modeller içerisinde Facebook veri bilimi ekibi tarafından geliştirilen ve açık kaynak kodla kullanıma sunulan Prophet modeli zaman serisi verileri üzerinde, günlük, haftalık, dönemsel, yıllık tutarlı tahminler ortaya koyabilmektedir. Bu çalışmada, dünya genelindeki Covid-19 vakalarına ilişkin güncel veri seti üzerinde, Prophet modeli ile geleceğe dönük tahminler yapılmış ve gerçek vakalarla karşılaştırılarak büyük oranda tutarlı sonuç verdikleri ortaya konmuştur. Doğrulanmış Covid-19 vakaları, virüsün sebep olduğu hastalık kaynaklı ölümler ve hastalıktan kurtulan vakalar için gerçekleştirilen üç ayrı tahminleme çalışmasında, doğrulanmış vaka ve ölüm sayılarındaki artışın çalışmanın yapıldığı tarihi takip eden bir haftalık süreçte tahminlerden yüksek olabileceği, kurtulan vaka sayılarının ise tahminler doğrultusunda gerçekleşeceği öngörülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Covid-19, Makine öğrenmesi, Prophet model, Vaka tahminleme.

## Machine Learning Based Case Estimation Using Prophet Model with Time Series Data for Covid-19 Outbreak

### Abstract

Coronaviruses were discovered in the 21st century and are a common type of virus that causes disease in humans and animals worldwide. After the SARS outbreak in 2002 and the MERS outbreaks in 2012, Covid-19 appeared in the Wuhan province of China at the end of 2019, causing an outbreak. In the period when this study was carried out, intensive studies related to Covid-19 which is still spreading and not yet under control are continuing in different disciplines, especially in the field of medicine. Almost all of the studies carried out are medical studies on the epidemiology of the virus, control and prevention activities. Machine learning, which is one of the predictive disciplines in computer science, can make consistent predictions based on the available data. The Prophet model, developed by the Facebook data science team and offered as an open source project, can provide consistent daily, weekly, periodic and annual estimates on the time series data. In this study, future estimations made with the Prophet model on the current dataset of Covid-19 cases worldwide, and it was revealed that the predictions provide a highly consistent result by comparing with real cases. In three separate estimation studies for confirmed Covid-19 cases, disease-induced deaths and survivors, it was predicted that the increase in the number of confirmed cases and deaths will be higher than the estimates in the one-week period following the date of the study, and the number of recovered cases will be based on the estimates.

**Keywords:** Covid-19, Machine learning, Prophet model, Case estimation.

\* Sorumlu Yazar: Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Burdur, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8933-8395, [onursevli@mehmetakif.edu.tr](mailto:onursevli@mehmetakif.edu.tr)

## 1. Giriş

Koronavirüsler 21. yüzyılda keşfedilen, insanlarda solunum yolu hastalıklarına neden olan ve tüm dünyada yaygın görülen virüs türüdür [1]. Çeşitli koronavirüs türleri yakın dönemlerde salgınlara neden olmuştur. 2002 yılında Çin'in Guandong eyaletinde ortaya çıkıp hızla yayılan SARS [2] ve 2012 yılında Arap Yarımadası'nda ortaya çıkıp ölümcül salgınlara sebep olan MERS [3] birer koronavirüs türüdür. SARS ve MERS salgınlarının ardından 2019 koronavirüs salgını 21. yüzyılın üçüncü büyük salgını olarak nitelendirilmektedir [4]. Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkarak kısa zamanda hızla yayılan ve Covid-19 olarak adlandırılan virüs ilk kez 24.01.2020 tarihinde Zu vd. tarafından bir çalışma raporu olarak sunulmuştur [5]. Dünya genelinde hızla yayılmaya devam eden ve bu nedenle Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından pandemik bir hastalık olarak ilan edilen Covid-19 daha önce tanımlanan koronavirüslerden farklılık göstermektedir.

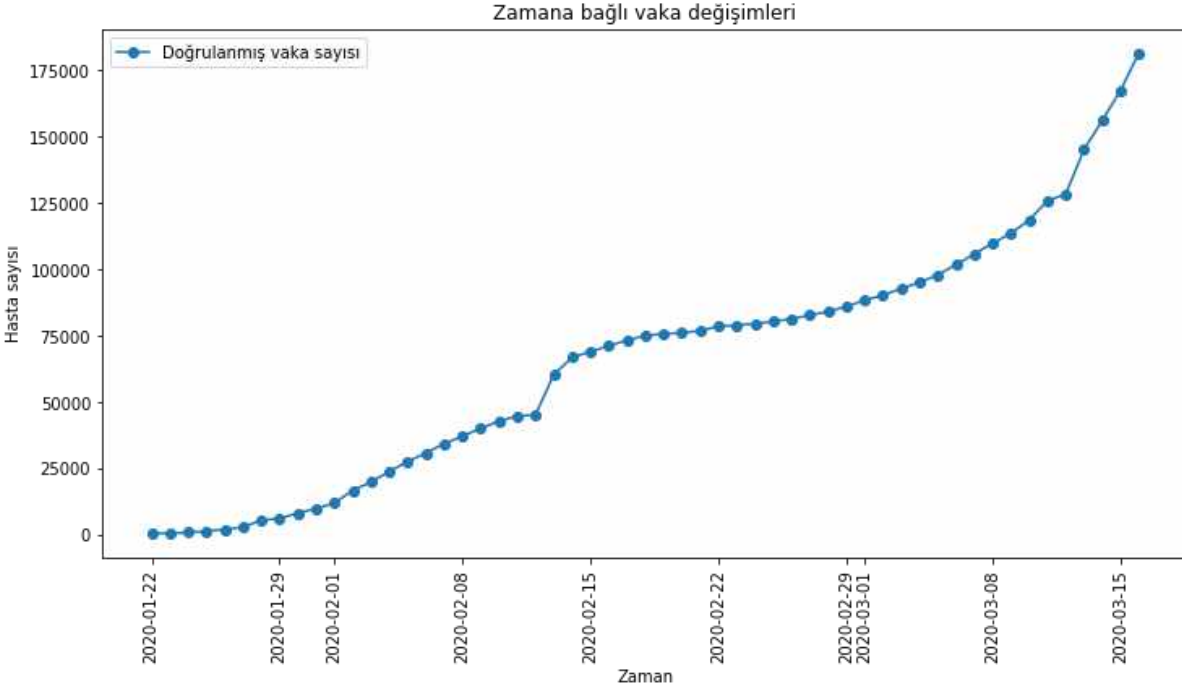
Koronavirüsler geniş bir aile olup bazıları insanlarda bazıları ise deve, kedi, yarası gibi hayvanlarda hastalığa sebep olmaktadır. Hayvansal kaynaklı olduğu düşünülen Covid-19'un, Çin'in Huanan deniz ürünleri pazarından bir insana geçmiş olduğu tahmin edilmekte ve günümüzde insandan insana hızlı bir şekilde yayılmaktadır. Covid-19 virüsü insan vücudunda; ateş, öksürük, boğaz ağrısı ve nefes darlığı gibi belirtiler ile kendini göstermekte ve teşhisi bu yeni virüse özgü geliştirilmiş testlerle yapılabilmektedir.

John Hopkins Üniversitesi'nin (JHU) dünya genelinden anlık derlediği güncel verilere göre, çalışmanın gerçekleştirildiği 2020 Mart ayının ilk yarısında dünya genelindeki doğrulanmış koronavirüs vaka sayısı yaklaşık 240 bin, virüsten kaynaklı ölüm sayısı 10 bin, virüsten kurtulanların sayısı ise 85 bin civarındadır. Virüsün yaygın olarak görüldüğü ilk beş ülke yaklaşık 81 bin vaka ile Çin, 41 bin vaka ile İtalya, 18 bin vaka ile İran, 18 bin vaka ile İspanya ve 15 bin vaka ile Almanya'dır. Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi esnasında dünya genelindeki vaka sayıları artmaya devam etmektedir ve araştırmanın yapıldığı gün itibariyle Türkiye'deki doğrulanmış vaka sayısı ise 400'e yaklaşmaktadır [6]. Araştırmanın yapıldığı gün dünya genelinde Covid-19'un yayıldığı bölgeler ve yoğunlukları gösteren harita Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. 2020 Mart ayının ilk yarısında Covid-19 vaka yayılımını gösterir harita [7]

Covid-19 dünya genelinde hızlı bir şekilde yayılmakta ve üstel bir artış göstermektedir (Şekil 2). Tüm bilim insanlarının ortak amacı büyüme eğrisinin düzleşmesini sağlamaktır. Vaka sayılarının zaman içerisinde artması olasıdır ancak eğrinin düzleşmesi birim vaka sayısının daha geniş bir zaman düzlemine yayıldığını gösterir ve vakanın kontrol altına alındığına dair bir göstergedir.



Şekil 2. Zamana bağlı vaka değişimleri grafiği

Henüz tam anlamıyla kontrol altına alınamayan Covid-19 salgını ile ilgili yapılan yayın çalışmalarının pek çoğu hastalığın epidemiyolojisi [8] [9] [10], klinik [11] [12] [13] ve karakteristik özellikleri [14] [15], yayılımı [16], kontrolü ve önlenmesi [17] gibi tıbbi bilimlerle ilgilidir. Bunun yanında henüz yayımlanmamış, taslak şeklinde, tıbbi çalışmalara da rastlanmaktadır.

Covid-19 ile ilgili tıbbi çalışmalara ek olarak bilgisayar teknolojisi yardımıyla hastalığın yayılımı, seyrine ve geleceğine ilişkin tahminleme çalışmalarının yapılabilme potansiyeli vardır. Bu anlamda yapay zekânın bir alt dalı olan makine öğrenmesi, mevcut veriler üzerinden öğrenen algoritmalar ile geleceğe dönük tahminler yapabilme yeteneği ile ön plana çıkmaktadır. Bu çalışmanın gerçekleştirildiği zaman aralığında Covid-19 konusunda makine öğrenmesi ile ilgili mevcut bir çalışmaya rastlanmamıştır. Makine öğrenmesinin Covid-19 salgının seyri hakkında faydalı öngörüler sağlayabileceği düşüncesinden hareketle JHU tarafından paylaşılan ve anlık olarak güncellenen, tüm dünyadaki Covid-19 vakalarını gösteren veri seti üzerinden bir makine öğrenmesi modeli olan ve Facebook tarafından geliştirilen Prophet ile dünya genelindeki doğrulanmış vaka, ölüm ve hastalıktan kurtulan vakaları tahminleyen bir çalışma gerçekleştirilmiştir. Verinin elde edildiği tarih itibariyle takip eden bir haftalık dönem için de tahminler üretilmiş ve gerçek değerlerin ilerlemeleri ile karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

JHU tarafından derlenen ve çalışmanın yapıldığı gün itibariyle, 22 Ocak 2020 ile 18 Mart 2020 tarih aralığındaki verileri kapsayan veri seti üzerinde, Facebook tarafından geliştirilen Prophet model kullanılarak vaka tahminlemeleri gerçekleştirilmiştir.

Yapılan çalışmada kullanılan model Python ile kodlanmıştır. Çalışma 32 GB RAM, Intel Core i7-9750H işlemci, NVIDIA GeForce RTX 2070 grafik kartına sahip donanım üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Eldeki veri seti %80 eğitim ve %20 test seti şeklinde ayrılmıştır. Eğitim verileri kullanılarak doğrulanmış hasta vakalar, ölümlü vakalar ve hastalıktan kurtulan vaka sayılarına yönelik olarak tahminlemeler yapılmıştır. Sistemin tahmin ettiği değerler gerçek vaka değerleri ile karşılaştırılmış ve ortalama tahmin hata değerleri üzerinden sistem başarısı yorumlanmıştır. Ayrıca veri setinde mevcut olmayan sonraki bir hafta için de tahminler üretilmiştir. Veri setindeki gerçek vakaların seyrine göre sistemin ürettiği tahminler, grafikteki yönelimler açısından yorumlanmıştır. Herhangi ek bir regresör ya da ek tahmin parametresi kullanılmadan gerçekleştirilen çalışmanın grafikleri ve tahmin hatalarına ilişkin değerler verilerek elde edilen sonuçların doğruluğu tartışılmıştır.

### 2.1. Veri Seti

Bu çalışmada John Hopkins Üniversitesi tarafından derlenen ve dünya genelindeki güncel Covid-19 vakalarını içeren, sürekli güncellenen ve kamunun erişimine açık bir şekilde paylaşılan “Coronavirus COVID-19 Global Cases” veri seti kullanılmıştır [7]. Veri setine dünya genelindeki günlük vakalar eklenmekte ve veri miktarı sürekli artmaktadır. Halen süregelen pandemi dönemi içerisinde gerçekleştirilen bu çalışma belirli bir tarih aralığı ile sınırlandırılmıştır. Veri seti içerisinde yer alan ilk vaka 22 Ocak 2020 tarihine aittir ve analiz çalışmasının gerçekleştirildiği 18 Mart 2020 tarihine kadar olan güncel veriler kullanılmıştır. Veri setinde bulunan ve çalışmada kullanılan özellikler şunlardır:

- Date: Vakanın görüldüğü tarih
- Country: Vakanın görüldüğü ülke

- Confirmed: Doğrulanmış hasta vaka sayısı
- Deaths: Hastalık kaynaklı ölüm sayısı
- Recovered: Hastalıktan kurtulanların sayısı

Çalışmanın yapıldığı tarih itibarıyla veri seti içerisinde 6722 adet kayıt yer almakta ve hastalığın etki ettiği 179 ülkeye ilişkin veriler bulunmaktadır. Çalışmanın yapıldığı tarih itibarıyla en çok vaka sayısı Çin’de bulunmakta olup zaman içerisinde değişkenlik göstermesi muhtemeldir. Veriler bir zaman serisi formunda olup 1’den başlayıp binlere kadar uzanan değerler içermektedir. Veri seti tarih ve ilgili tarihe kadar olan toplam vaka sayısı olmak üzere temel iki nitelik üzerinden analiz edilmiştir.

## 2.2. Makine Öğrenmesi ve Prophet Modeli

Makine öğrenmesi yapay zekânın bir alt dalı olup makinelerin daha önceki çözümlerden yola çıkarak yeni çözümler üretmesini sağlayan bir tekniktir. Üretilen dijital veri miktarının her geçen gün daha da artmasına bağlı olarak ortaya çıkan büyük veri yığınları üzerinden matematik ve istatistik yöntemlere dayalı çeşitli algoritmalar ile tahminler yapmayı sağlayan yöntemdir. Makine öğrenmesi, denetimli ve denetimsiz öğrenme olarak iki alt grupta incelenebilir. Denetimli öğrenme veri seti içerisinde girdi özelliklerine karşılık hedef özellik değerini de yer aldığı durumları ifade eder. Denetimsiz öğrenmede ise veri setinde girdi özelliklerine karşılık ulaşılacak hedef özellik direkt olarak yer almamaktadır.

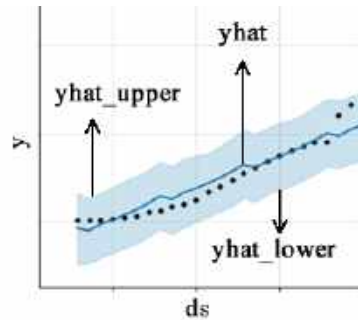
Makine öğrenmesi ile analiz edilecek veriler zamandan bağımsız değerler olabileceği gibi zamana bağlı değişim gösteren değerler de olabilir. Veri seti içerisinde işlenecek bir verinin zamana bağlı değişim göstermesi durumunda zaman serisi analizi kullanılır [18]. Zaman serisi analizinde nicel yöntemler kullanılır. Zaman serisi analizi zaman içerisinde düzenli aralıklarla ölçümlenen değerlerin istatistiksel olarak analiz edilip geleceğe dönük öngörüler üretilmesini hedefler. Büyük veri kavramı ile birlikte ortaya çıkan çok sayıda tarihsel verinin etkin bir şekilde analiz edilerek geleceğe dönük isabetli tahminler üretilebilmesi konusunda makine öğrenmesi teknikleri klasik istatistiksel tekniklere göre daha yüksek başarı sergilemektedir [19]. Makine öğrenmesi ile zaman serisi analizlerinin yapılabilmesi için eldeki verilerin denetimli öğrenme modeline uygun hale getirilmesi gerekir.

Makine öğrenmesi ile zaman serisi analizi konusunda uygulanagelen farklı teknikler olmakla birlikte Facebook tarafından geliştirilip açık kaynak kodla kullanıma sunulan Prophet modeli başarılı tahminlemeler yapabilmeyi sağlamaktadır.

Prophet modeli Facebook veri bilimi ekibi tarafından geliştirilen açık kaynak kodlu bir tahminleme uygulamasıdır [20]. Doğrusal olmayan zaman serisi verileri üzerinden yıllık, dönemlik, haftalık, günlük tahminlerde bulunmayı sağlayan prosedürler içerir. Prophet modeli veri kayıpları ve uç değerleri başarılı bir şekilde ele alma kabiliyetine sahiptir. Model, günümüzde Facebook bünyesindeki pek çok uygulamada aktif olarak kullanılmaktadır. Prophet modeli Python ve R dilleri ile birlikte kullanılacak fonksiyonlar barındırır.

Bu çalışmada Prophet modelin Python dili modülleri kullanılmıştır. Prophet, makine öğrenmesi alanında yaygın olarak kullanılan sklearn modelinin prosedürlerini takip eder. Prophet iki özellikli bir veri kümesini girdi olarak alır. Bu özelliklerden ilki olan  $ds$  zaman damgasıdır ve Python dilindeki veri işleme kütüphanesi olan pandas tarafından ele alınabilecek zaman formatlarını destekler. Diğer özellik olan  $y$  ise tahmine konu olan nümerik ölçüm değeridir. İçerisinde  $ds$  ve  $y$  değerleri içeren veri seti ile eğitilen model farklı periyotlarda tahminler üretebilir. Prophet modelinin işleyişindeki sezgisel yaklaşım verinin detaylarına boğulmadan etkili tahminler oluşturabilmeyi sağlar [21].

Model üzerinden yapılan tarih bazlı gelecek tahminleri bir değer aralığı olarak üretilir. Muhtemel tahmin değeri  $yhat$ , tahmin üst sınırı  $yhat\_upper$  ve tahmin alt sınırı  $yhat\_lower$  değerleri ile bir değer bandı olarak üretilir (Şekil 3).



Şekil 3. Prophet model tahmin bandı

Verilerin regrese edilmesi ile gerçek verilerin dağılımına bağlı olarak tahmin bandının genişliği farklılık gösterir. Düzenli ilerleme gösteren veriler için tahmin bandı dar ve üst alt tahmin değerleri birbirine yakınken, veri seyrinin düzensiz olması halinde Prophet modeli daha geniş bir tahmin bandı üretir.

### 3. Deneysel Uygulamalar ve Bulgular

Bu çalışmada Prophet model kullanılarak dünya genelindeki onaylanmış vakalar, ölümler ve kurtulan vakalara yönelik tahminlemeler yapılmıştır. Yapılan tahminler süreçteki gerçek sayılarla karşılaştırılarak tahmin başarısı yorumlanmıştır.

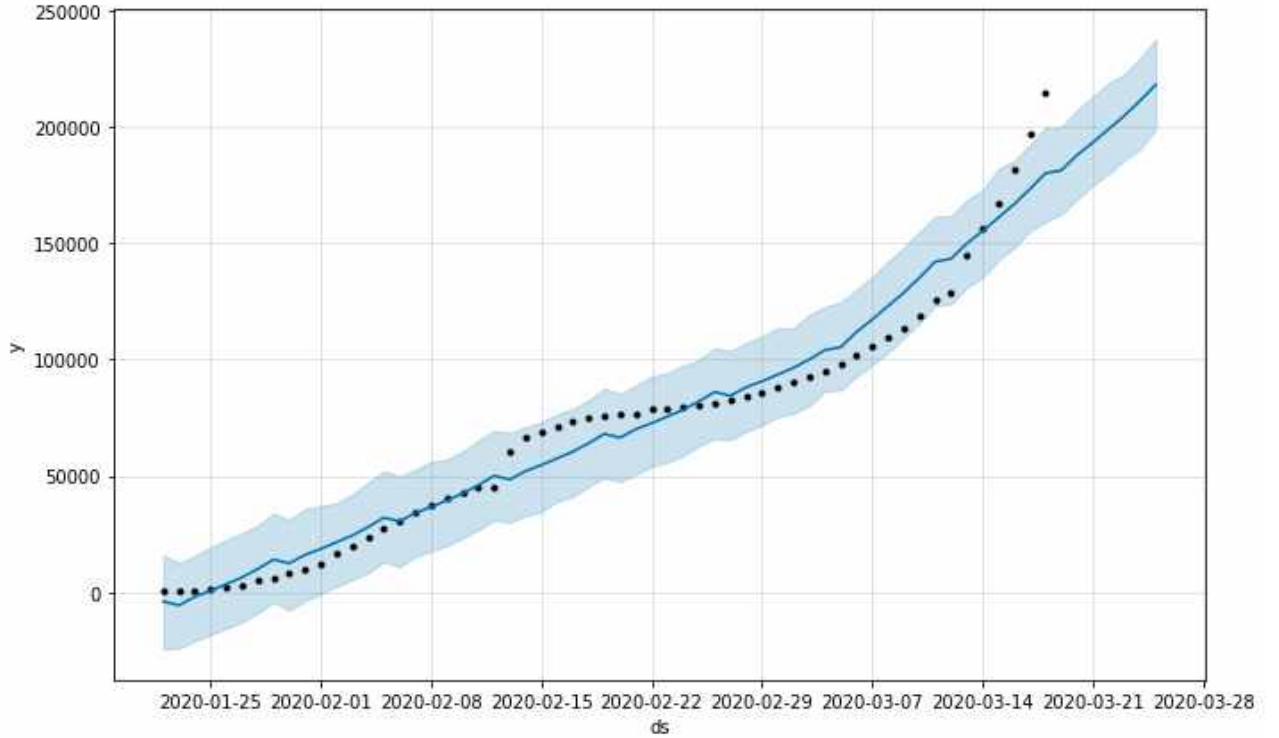
Modelin performansı değerlendirilirken gerçek değerler ile modelin ürettiği tahminlerin uyumuna bakılmıştır. Tahmin edilen değerlerin gerçek değerlerden uzaklıkları temel alınarak farklı metrikler üretilebilir. Bu metriklerden biri olan ortalama mutlak yüzde hata (mean absolute percent error –MAPE), zaman serisi modellerinde tahminlerin doğruluğunu ölçmek için sıkça kullanılmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada modelin başarısını yorumlamak için MAPE metriği kullanılmıştır. MAPE metriği Denklem 1’de yer alan formül ile hesaplanır.

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{g_i - t_i}{g_i} \right| \quad (1)$$

Verilen formülde g gerçek değerleri, t modelin tahmin ettiği değerleri temsil eder.

#### 3.1. Dünya Geneli Doğrulanmış Vaka Tahminlemesi

Veri seti üzerinden Prophet model ile gelecek bir haftayı da içine alacak şekilde yapılan dünya genelindeki doğrulanmış vaka sayılarına ilişkin tahmin ve gerçek değerlere ait grafikler Şekil 4’te görülmektedir.



Şekil 4. Dünya geneli doğrulanmış vakalar ve tahmin grafiği

Grafikte modelin ürettiği tahmin aralığı bir bant şeklinde görülmektedir. Kesikli noktalar ile gösterilen eğri gerçek vaka değerlerine ilişkin grafikdir.

Dünya genelindeki vaka sayıları belirli dönemlerde farklı yönelimler göstermiştir. Tahmin edilen değer bandı genel anlamda gerçek değer grafiği ile uyum göstermesine karşın belirli aralıklarda sapmalar olduğu görülmektedir. Grafikte son döneme yakın gerçek vaka grafiği seyrinin değiştiği ve daha hızlı bir artışa geçtiği, bunun sonucu olarak tahmin bandının önceki dönem seyrine göre ilerlediği çizginin doğru dışına çıktığı görülmektedir. Gerçek değerlere ait grafiğin son bulunduğu noktadan itibaren, veri seti içerisindeki tarih aralığını takip eden 7 günlük sonrasındaki tahminlerin, gerçek değerlerin çıkışına göre daha alt değerlerde ilerlediği görülmektedir. Diğer bir değişle takip eden dönemde gerçekleşmesi olası vakaların, önceki dönem ilerlemesi göz önüne alındığında oluşturulan tahminlere göre daha yüksek olacağı yorumu yapılabilir.

Dünya geneli vaka sayılarının tahmininde modelin başarısını değerlendirmek, gerçek ve tahmin değerleri grafiği 15 eş döneme ayrılıp, her bir kesitteki MAPE değerleri hesaplanmıştır. Kesit sayısı artırılarak daha küçük ölçekli incelemeler yapılabilir ancak bu durumda genel görünüm ve değerlendirmeden uzaklaşılması söz konusudur. Elde edilen MAPE değerleri Tablo 1’de verilmiştir.



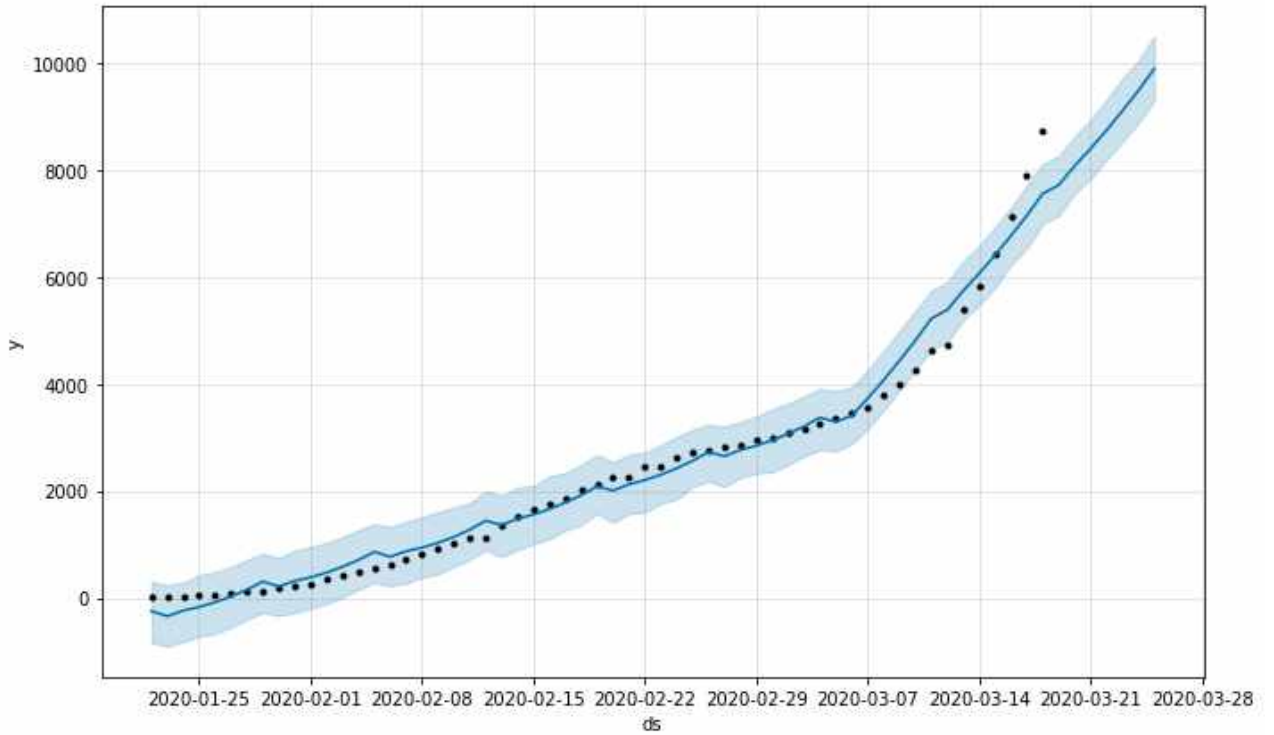
Tablo 1 incelendiğinde MAPE değerlerinin son dönemlerde yükselişe geçtiği görülmektedir. Bu durum, ilgili dönemde gerçek değerlerin tahmin edilen değerlerden farklı bir seyir izlemesinden kaynaklanmaktadır. Belirli dönemlerdeki sabit eğimli ilerlemeler yanında bazı dönemlerde normal seyrin aksine, vaka düşüş ya da yükselişleri meydana gelmiştir. Bu durumlarda tahmin eğrisi gerçek değerlerin daha önceki seyrine bağlı ilerlerken, gerçek değerler ile tahminler arasındaki farklılık artış göstermiştir. Şekil 3'teki grafiğin son kısımları incelendiğinde, gerçek değerler grafiğinin seyrinin değişmesi, tahmin edilen değerlerden uzaklaşmaya neden olmuş ve bunun sonucu Tablo 1'deki son dönem hata değerleri artış göstermiştir. Son dönemlerdeki hata değerinin artışı, takip eden dönemde ortaya çıkacak vaka sayılarının tahminlerden fazla olacağı şeklinde yorumlanabilir.

Tablo 1. Dünya geneli doğrulanmış vaka sayısı tahminlerine ait MAPE değerleri

Dönem	MAPE	Dönem	MAPE	Dönem	MAPE
1	0.032779	6	0.054031	11	0.238940
2	0.036100	7	0.077866	12	0.280545
3	0.013790	8	0.105800	13	0.329363
4	0.012677	9	0.098306	14	0.372845
5	0.033422	10	0.190662	15	0.409744

### 3.2. Dünya Geneli Ölümle Sonuçlanan Vaka Tahminlemesi

Veri seti üzerinden Prophet model ile gelecek bir haftayı da içine alacak şekilde yapılan dünya genelindeki ölümle sonuçlanan vakalara ilişkin tahmin grafiği Şekil 5'te yer almaktadır.



Şekil 5. Dünya geneli ölümle sonuçlanan vaka ve tahmin grafiği

Grafiklerde görüldüğü gibi yapılan tahminler gerçek değerler ile yüksek uyumluluk göstermektedir. Ancak doğrulanmış vaka sayısı tahminlerinde olduğu gibi burada da son dönemde sapmalar olduğu görülmektedir. Son dönemlerde ölümle sonuçlanan vaka sayıları önceki dönemlerdeki vaka ilerleme seyrine göre yapılan tahminlerden daha hızlı bir artış göstermiştir. Grafiğe bakarak, veri setindeki mevcut tarih aralığının sonrasındaki dönem için yapılan tahminlere göre gerçek vakaların daha yüksek seyredeceği yorumu yapılabilir. Tahminler üzerinden 15 ayrı dönem için hesaplanan MAPE değerleri Tablo 2'de yer almaktadır.

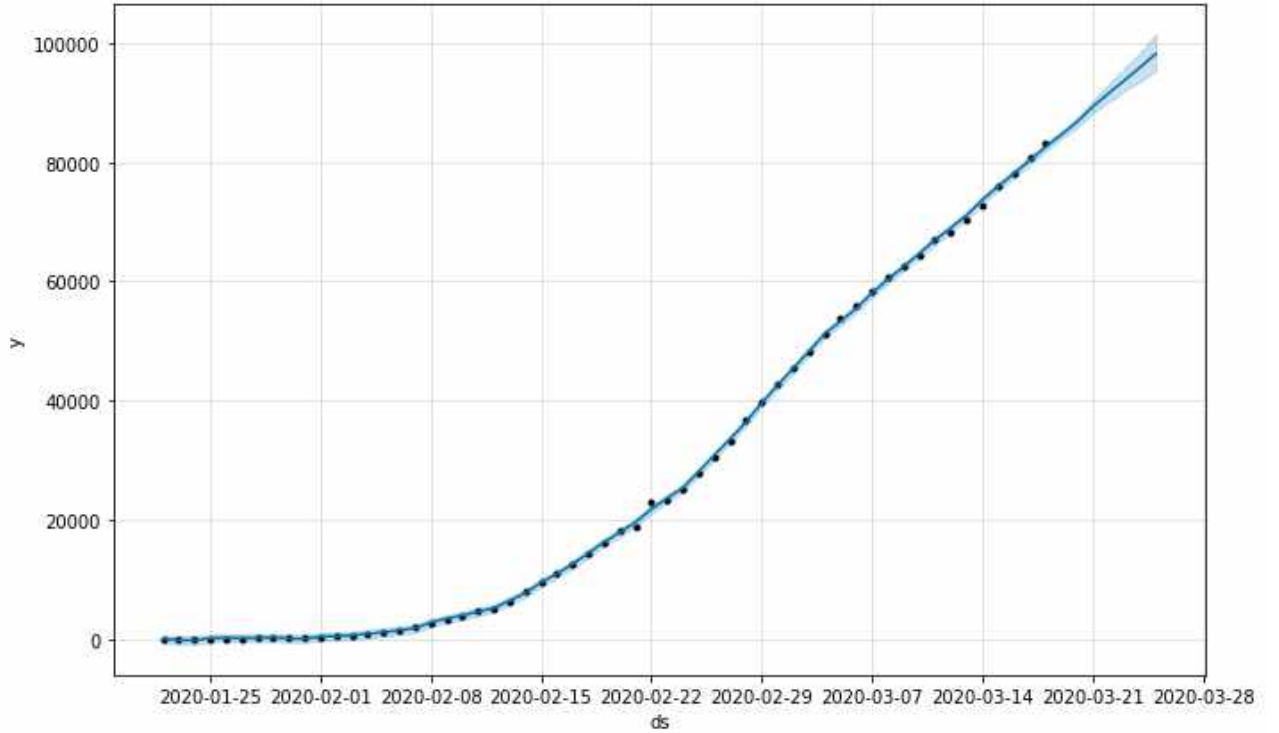
Tablo 2. Dünya geneli ölümlü vaka sayısı tahminlerine ait MAPE değerleri

Dönem	MAPE	Dönem	MAPE	Dönem	MAPE
1	0.008512	6	0.098874	11	0.318934
2	0.010443	7	0.137431	12	0.376171
3	0.026255	8	0.192274	13	0.424326
4	0.027047	9	0.191867	14	0.471522
5	0.075439	10	0.283769	15	0.515744

Tablo incelendiğinde ilk dönemdeki hata değerlerinin çok küçük olduğu görülmektedir. Bu durum gerçek vakalar ile tutarlı tahminlerin yapıldığını gösterir. Son dönemlere gelindiğinde MAPE değerlerinin arttığı görülmektedir. Son dönemdeki ölümlü vaka sayılarındaki ani yükseliş tahmin edilen değerlerden uzak sonuçlar ortaya çıkarmış ve hata oranı yükselmiştir. Hatadaki artış ve grafikteki ilerlemelere bakıldığında sonraki dönem için yapılan tahminlere göre gerçek değerlerin daha yüksek olacağı öngörülebilir.

### 3.3. Dünya Geneli Hastalıktan Kurtulan Vaka Tahminlemesi

Veri seti üzerinden Prophet model ile gelecek bir haftayı da içine alacak şekilde yapılan, dünya genelindeki hastalıktan kurtulan vakalara ilişkin tahmin grafiği Şekil 6'da gösterilmektedir.



Şekil 6. Dünya geneli hastalıktan kurtulan vaka ve tahmin grafiği

Hastalıktan kurtulanların sayısındaki düzenli ilerleme model ile elde edilen tahmin bandının daha dar olmasını, daha net tahminler yapılabilmesini sağlamıştır. Grafikten görüleceği üzere gerçek değerler ile tahmin edilen değerler arasında son derece yüksek bir uyumluluk söz konusudur. Belirli günlerde küçük sapmalar yaşansa da genel olarak gerçek değerler tahmin aralığında seyretmiştir. Veri setindeki tarih aralığının sonrasındaki 7 günlük tahminlerin de grafikteki ilerlemeye bağlı olarak gerçek değerler ile örtüşeceği öngörülmektedir.

Yapılan tahminler üzerinden 15 ayrı dönem için hesaplanan MAPE değerleri Tablo 3'te yer almaktadır. Tablodaki değerler incelendiğinde hata değerlerinin son derece düşük olduğu görülmektedir. Belirli dönemlerde küçük yükselişler söz konusu olsa da genel anlamda tahmin edilen ve gerçek değerler birbiri ile uyumludur. Tablodaki değerler göz önüne alındığında sonraki dönemler içerisinde, hastalıktan kurtulan vaka sayılarının beklenen şekilde seyredeceği sonucuna varılabilir.

Tablo 3. Dünya geneli kurtulan vaka sayısı tahminlerine ait MAPE değerleri

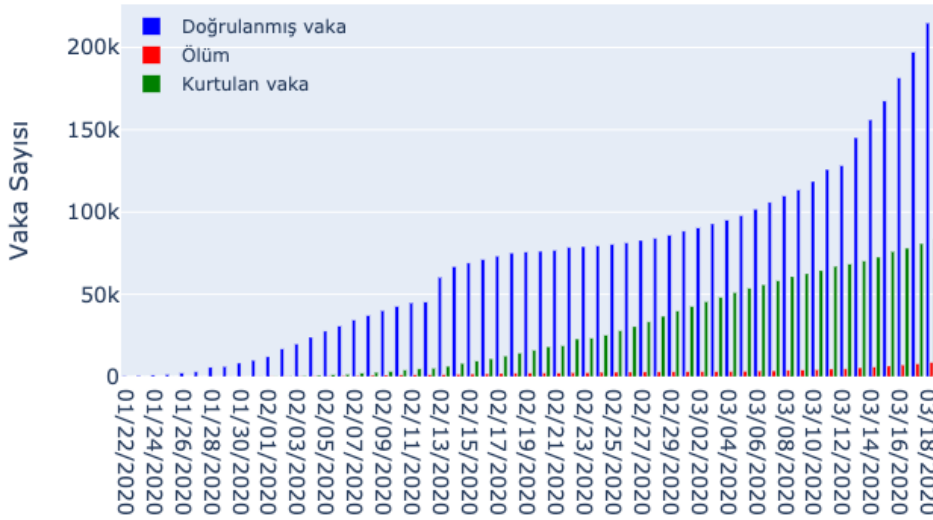
Dönem	MAPE	Dönem	MAPE	Dönem	MAPE
1	0.014432	6	0.031592	11	0.084837
2	0.008573	7	0.043573	12	0.069185
3	0.005040	8	0.042231	13	0.074262
4	0.017583	9	0.064573	14	0.071380
5	0.019761	10	0.075396	15	0.071053

#### 4. Sonuç

Koronavirüsler yaygın olarak görülen ve belirli dönemlerde salgınlara neden olan bir virüs türüdür. Birer koronavirüs türü olan SARS ve MERS salgınlarından sonra 2019 yılı sonunda Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkarak hızla yayılan Covid-19 bir pandemiye sebep olmuştur. Çalışmanın gerçekleştirildiği sırada yayılımı devam eden bir virüs ile ilgili bilim insanları farklı alanlarda yoğun çalışmalar sürdürmektedir. Bilgisayar bilimleri alanında, yapay zekânın bir alt dalı olan makine öğrenmesi teknikleri ile virüsün dünya üzerindeki yayılımı, önlenmesi ve tedavisi konusunda çalışmalar yapılabilir. Bu doğrultuda gerçekleştirilen çalışmada dünya genelindeki güncel Covid-19 salgın verileri kullanılarak, bir makine öğrenmesi modeli olan Prophet yardımıyla vaka tahminlemeleri yapılmıştır.

Kullanılan veri seti içerisindeki verilerin dağılımları Şekil 7'de yer almaktadır. Doğrulanmış vaka, ölüm ve kurtulan vakaların sayısı her geçen gün artış göstermektedir. Facebook tarafından geliştirilen Prophet model kullanılarak yapılan tahminler, veri seti içerisindeki 22 Ocak – 18 Mart 2020 tarih aralığındaki vakalar yanında takip eden bir haftayı da kapsayacak şekilde kurgulanmıştır.

Dünya Geneli Vaka Sayısı



Şekil 7. Veri seti içerisinde yer alan dünya geneli vaka sayıları

Model üzerinden elde edilen tahminler her üç vaka türü için de gerçek değerler ile büyük oranda uyumluluk göstermiştir. Tahminler ve gerçek değerler arasındaki uyumu ölçmek için MAPE hata metriği kullanılmıştır. Şekil 6'daki grafikte doğrulanmış vaka sayılarında sürekli bir artış olmakla birlikte artışın düzenli olmadığı görülmektedir. Özellikle son dönemdeki hızlı yükselişler tahminler ile gerçek değerler arasındaki farkın açılmasına sebep olmuştur. Benzer şekilde ölüm vakalarındaki düzensiz artış da özellikle son dönemdeki tahminlerle uyumsuzluğu arttırmıştır. Elde edilen tahmin bulguları ve gerçek değerlerin seyri göz önüne alınarak gelecek dönem seyrinin tahminlerden yüksek olacağı yorumu yapılabilir. Hastalıktan kurtulan vaka sayısının daha düzenli bir ilerleme gösterdiği Şekil 6'da görülmektedir. Bu veriler ışığında model ile yapılan kurtulan vaka tahminleri de gerçek değerler ile çok yüksek uyum göstermiştir. Bu nedenle gelecek döneme ilişkin tahmin değerlerinin de gerçek değerler ile yüksek uyum göstereceği öngörülmektedir.

Bu çalışma ve benzeri makine öğrenmesi temelli çalışmalar ile vakaların seyri ve yayılımı ile ilgili farklı çalışmalar yapılabilir. Bu doğrultuda erken önlemler ve protokollerin geliştirilmesi sağlanabilir.

## **Kaynakça**

- [1] K. McIntosh and S. Perlman, "Coronaviruses, including severe acute respiratory syndrome (SARS) and Middle East respiratory syndrome (MERS)," *Mand. Douglas Bennetts Princ. Pract. Infect. Dis. Updat. Ed. 8th Ed Phila. PA Elsevier Saunders*, 2015.
- [2] P. K. Chan and M. C. Chan, "Tracing the SARS-coronavirus," *J. Thorac. Dis.*, vol. 5, no. Suppl 2, p. S118, 2013.
- [3] R. J. de Groot et al., "Commentary: Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV): announcement of the Coronavirus Study Group," *J. Virol.*, vol. 87, no. 14, pp. 7790–7792, 2013.
- [4] E. R. Ahmet Görkem and S. ÜNAL, "2019 Koronavirüs Salgını–Anlık Durum ve İlk İzlenimler," *FLORA*, vol. 25, p. 8, 2020.
- [5] N. Zhu et al., "A novel coronavirus from patients with pneumonia in China, 2019," *N. Engl. J. Med.*, 2020.
- [6] Johns Hopkins University (JHU), "Coronavirus COVID-19 (2019-nCoV) Global Cases." <https://gisanddata.maps.arcgis.com/apps/opsdashboard/index.html> (accessed Mar. 18, 2020).
- [7] E. Dong, H. Du, and L. Gardner, "An interactive web-based dashboard to track COVID-19 in real time," *Lancet Infect. Dis.*, p. S1473309920301201, Feb. 2020, doi: 10.1016/S1473-3099(20)30120-1.
- [8] H. A. Rothan and S. N. Byrareddy, "The epidemiology and pathogenesis of coronavirus disease (COVID-19) outbreak," *J. Autoimmun.*, p. 102433, 2020.
- [9] V. Surveillances, "The epidemiological characteristics of an outbreak of 2019 novel coronavirus diseases (COVID-19)—China, 2020," *China CDC Wkly.*, vol. 2, no. 8, pp. 113–122, 2020.
- [10] R. M. Anderson, H. Heesterbeek, D. Klinkenberg, and T. D. Hollingsworth, "How will country-based mitigation measures influence the course of the COVID-19 epidemic?," *The Lancet*, vol. 395, no. 10228, pp. 931–934, 2020.
- [11] A. J. Rodriguez-Morales et al., "Clinical, laboratory and imaging features of COVID-19: A systematic review and meta-analysis," *Travel Med. Infect. Dis.*, p. 101623, 2020.
- [12] T. Xu et al., "Clinical features and dynamics of viral load in imported and non-imported patients with COVID-19," *Int. J. Infect. Dis.*, 2020.
- [13] W. Yang et al., "Clinical characteristics and imaging manifestations of the 2019 novel coronavirus disease (COVID-19): A multi-center study in Wenzhou city, Zhejiang, China," *J. Infect.*, 2020.
- [14] M. A. Shereen, S. Khan, A. Kazmi, N. Bashir, and R. Siddique, "COVID-19 infection: origin, transmission, and characteristics of human coronaviruses," *J. Adv. Res.*, 2020.
- [15] S. Tian et al., "Characteristics of COVID-19 infection in Beijing," *J. Infect.*, 2020.
- [16] P. Li et al., "Transmission of COVID-19 in the terminal stage of incubation period: a familial cluster," *Int. J. Infect. Dis.*, 2020.
- [17] J. Hellewell et al., "Feasibility of controlling COVID-19 outbreaks by isolation of cases and contacts," *Lancet Glob. Health*, 2020.
- [18] S. E. Seker, C. Mert, K. Al-Naami, N. Ozalp, and U. Ayan, "Time series analysis on stock market for text mining correlation of economy news," *Int. J. Soc. Sci. Humanity Stud.*, vol. 6, no. 1, pp. 69–91, 2013.
- [19] G. Bontempi, S. B. Taieb, and Y.-A. Le Borgne, "Machine learning strategies for time series forecasting," in *European business intelligence summer school*, 2012, pp. 62–77.
- [20] S. J. Taylor and B. Letham, "Prophet: forecasting at scale," *Facebook Res.*, 2017.
- [21] S. J. Taylor and B. Letham, "Forecasting at scale," *Am. Stat.*, vol. 72, no. 1, pp. 37–45, 2018.



# Application of CCME WQI to assess drinking water quality under Turkish national legislations: Lake Aygır

Asude Çavuş<sup>1\*</sup>, Fazıl Şen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Fisheries, Department of Basic Sciences, Tuşba, 65080 Van, Turkey (Orcid ID: 0000-0001-8328-4675)

<sup>1</sup> Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Fisheries, Department of Basic Sciences, Tuşba, 65080 Van, Turkey (Orcid ID: 0000-0002-8650-3375)

(First received 8 July 2020 and in final form 29 August 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.766166)

**ATIF/REFERENCE:** Çavuş, A. & Şen, F. (2020). Application of CCME WQI to assess drinking water quality under Turkish national legislations: Lake Aygır. *European Journal of Science and Technology*, (19), 836-842.

## Abstract

In this study, different guidelines have been determined in many legislations for the evaluation of drinking water of Lake Aygır in Bitlis. In monitoring water quality, CWQI was chosen as a model. In this model, the guideline values in Turkish national legislation, which determine the quality of drinking water, are used. Selected legislations: "Regulation on Water for Human Consumption", "Water-Water for Human Consumption", "Regulation on Surface Water Quality Management", "Regulation on Quality and Purification of Drinking Water Supply Water" and their index values are 86.21, 86.23, 88.88 and 84.71 respectively. CWQI<sub>ASQ-Y</sub> has been determined as 72.48 and CWQI<sub>ASQ-M</sub> has been determined as 81.75 within the "Regulation on the Amendment of the Surface Water Quality Regulation". Lake Aygır waters are classified in medium quality according to CWQI<sub>ASQ-Y</sub> and in good quality according to all other guidelines.

**Keywords:** CCME WQI, Turkish national legislations, water quality.

## 1. Introduction

Water for human consumption is used for drinking, cooking, food preparing, and cleaning purposes. Creeks, rivers, etc. streams; lake, dam, etc. stagnant waters and spring waters can be used in its original form or after purification (TSE 2005).

Water management is the development, distribution, and use of water resources in a planned way. Water resources management is to use water more planned and economically, to identify and prevent problems threatening water resources, and to protect water and water-related ecosystems. (Şen, 2017). One of the quick and easy ways to manage water is to use water quality indices.

The water quality index (WQI) is a way to summarize in simple terms reporting a large number of water quality data for water resources management (Akkaraboyina and Raju, 2012).

The Canadian Water Quality Index was developed by the Canadian Department of Environment. It is a widely used model (Bharti and Katyal, 2011). In this model, evaluation is made according to the frequency of sampling of WQI variables, frequency of unsuccessful variables, and deviations from target values given in the standards. The model does not define any water quality parameters or time concepts as the parameters will vary from location to location and depend on environmental conditions. It is subjective to determine the guideline values that are suitable for the use of water without expert opinion and validation. In calculating this index, at least four parameters, and at least four measurements of these parameters are sufficient (CCME, 2001).

Until now, different parameters and different formulas have been selected to obtain water quality indices. Oxygen saturation (OS), biological oxygen demand (BOD<sub>5</sub>), turbidity, total solids, nitrate, phosphate, pH, temperature, fecal coliform (FC), pesticide and toxic compounds for NSF-WQI (Brown et al. 1972; McClelland 1974), dissolved oxygen (DO), electrical conductivity (EC) and turbidity for WQI<sub>min</sub> (Pesce and Wunderlin, 2000), Secchi disk depth, chlorophyll-a and total phosphorus for the Carlson Trophic Status Index (Carlson and Simpson, 1996), DO, turbidity, total phosphorus, fecal coliform, specific conductivity for a WQI by Said et al. (2004) must be measured.

\* Corresponding Author: Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Fisheries, Department of Basic Sciences, Tuşba, 65080 Van, Turkey, Orcid ID: 0000-0001-8328-4675, [a.gultekin@yyu.edu.tr](mailto:a.gultekin@yyu.edu.tr)



In CWQI and other water quality index comparisons, the results of water quality indices created by using the parameters selected according to the basin with the help of experts are more suitable. The advantage of CWQI is that it concludes by using all the parameters measured under the desired legislation. There is no need for mandatory parameters or expert opinion. It gives superficial information about the water supply quality.

In this study, the water quality results of Lake Aygır in the study of Çavuş (2018) were used for the implementation of CWQI. The protection and better management of this water resource, which is used for different purposes, add a special value to the study.

## 2. Material ve Methods

### 2.1. Study area

Lake Aygır (38 ° 50 ' 14 " N, 42 ° 49 ' 20 " E) is located on the south of Mount Suphan in Adilcevaz, Bitlis (Figure 1, Golden Software 2010, Google Earth, 2018). There is a village on its shore. The water of Lake Aygır has a freshwater character and is used for drinking, irrigation, fishing, cage aquaculture, and recreational activities. No industrial establishment was found in the region. (Güllü and Güzel, 2006; Elp et al., 2014; Çavuş and Şen, 2018; Çavuş and Şen, 2020).



Figure 1.The Lake Aygır.

### 2.2. Dataset of Analysis

Analysis data were taken from a thesis study supported by Van Yuzuncu Yil University Scientific Research Projects Directorate. In the thesis, it's reported that five sampling stations were established. Sampling was performed thirteen times monthly (May 2015-May 2016). Water samples were stored in 1000 ml sample bottles and put in the cooler box. There were 51 water quality parameters measured in-situ and in the laboratory (Çavuş, 2018).

### 2.3. Calculation of CWQI

The Canadian water quality index formula was given below (CCME, 2001).

$$CWQI = 100 - \left[ \frac{\sqrt{F1^2 + F2^2 + F3^2}}{1.732} \right] \quad \text{Equation 1}$$

The formulas of the unknown in Equation (1) are given in Equation (2, 3, 8).

CWQI: Canada Water Quality Index

F1: represents the percentage of the parameter, ie scope, that exceed its limit in the manual.

F2: represents the percentage of individual tests in each parameter that exceed its limit in the manual, ie frequency.

F3: represents the measure (deviation) of the failed test that exceeded its limit in the manual, the multiplicity. This is calculated in three stages. First, the deviation is calculated (Equation 4, 5, 6). Second, the normalized sum (nse) of deviations is calculated (Equation 7). Then a formula is applied for nse to change between 1 and 100 (Equation 8).

$$F1 = 100 * \frac{\text{Number of failed variables}}{\text{Total number of variables}} \quad \text{Equation 2}$$

$$F2 = 100 * \frac{\text{Number of failed tests}}{\text{Total number of tests}} \quad \text{Equation 3}$$

$$\text{excursion}_i = \left[ \frac{\text{Failed test value}_i}{\text{Objective}_i} \right] - 1 \quad \text{Equation 4}$$

$$\text{excursion}_i = \left[ \frac{\text{Objective}_i}{\text{Failed test value}_i} \right] - 1 \quad \text{Equation 5}$$

$$\text{excursion}_i = \text{Failed test value}_i \quad \text{Equation 6}$$

$$\text{nse} = 100 * \frac{\sum_{i=1}^n \text{excursion}_i}{\# \text{ of tests}} \quad \text{Equation 7}$$

$$F3 = \left[ \frac{nse}{0.01*(nse+1)} \right]$$

Equation 8

## 2.4. Classification of CWQI

The calculated Canadian water quality index values are classified into five categories (CCME, 2001, Table 1).

Table 1. Categories of Canadian water quality index values.

Categories	Values
Excellent water	(95-100)
Good quality water	(80-94)
Fair quality water	(65-79)
Marginal quality water	(45-64)
Poor quality water	(0-44)

## 2.5. Selection of quality criteria

There are some points to consider when choosing legislation. Turkey Presidency of Administrative Affairs, General Directorate of Law and Legislation has been decided to publish official newspapers on the internet. The legislation published in official newspapers is based on. A legislation searched from the website [www.resmigazete.gov.tr](http://www.resmigazete.gov.tr) appears as published. The provisions that have been amended or removed later in the mentioned legislation are not available at this address. To find the mentioned provisions, the number of legislation (eg 29327) or name was searched from the address <https://www.mevzuat.gov.tr>. Removed, amended articles, chapters, or abolished regulations have been determined. Thus, updates on water quality standards could be followed. As a result of the researches, it was deemed appropriate to select the regulations in Table 2.

Table 2. General information about national legislations included drinking water purpose.

Legislation	Legislation number	Year	Institution	Abbreviations
Water-Water for Human Consumption	TS 266	2005	Industry and Trade Ministry	TS 266
Regulation on Water for Human Consumption	25730	2005	Ministry of Health	WHC
Regulation on Surface Water Quality Management	28483	2012	Ministry of Forestry and Water Management	SQM
Regulation on the Amendment of the Surface Water Quality Regulation	29797	2016	Ministry of Forestry and Water Management	ASQ
Regulation on Quality and Purification of Drinking Water Supply Water	30823	2019	Ministry of Agriculture and Forestry	QPDS

Water quality index was calculated on raw water quality results. There are several national regulations to which CWQI can be applied for drinking water. These are "Regulation on Water for Human Consumption", "Water-Water for Human Consumption", "Regulation on Surface Water Quality Management", "Regulation on Quality and Purification of Drinking Water Supply Water" and "Regulation on the Amendment of the Surface Water Quality Regulation". Detailed information about the legislations was given in Table 2.

TS 266 "Waters-Waters for human consumption" was published in 2005 by the Turkish Standards Institute of Turkish Ministry of Industry and Trade (TSE). This standard is used to determine the quality of the water used for drinking water. Information about when, and by which institution, the other regulations were published was given in Table 2.

ASQ-Y is the annual average environmental quality standards that will compare the arithmetic average of the 1-year monitoring results of the parameters included in the "Regulation on the amendment to the surface water quality regulation". In exceptional cases (accidents, natural disasters, etc.), the individual monitoring data of any parameter is compared to the maximum permissible environmental quality standard (ASQ-M). As a result of the evaluation, if the monitoring data are lower than both MAK standard and YO standard values, environmental quality standard values of the receiving environment are provided.

Class I values, based on the Quality Criteria of the Continental Surface Water Resources in SQM (2012) and ASQ (2016), were chosen as CCME target values. Class II was selected as limit value.

It is stated that the environmental quality standards specified in SQM (2012) should be met for the parameters not included in QPDS (2019) (Anonim, 2017).

The "Regulation on the Quality of Surface Water to be Obtained or Planted to be Drinking Water" published in the Official Gazette dated 29/6/2012 and numbered 28338 has been repealed (Anonymous, 2019). The quality standards and classification given in the "Regulation on Quality and Treatment of Drinking Water Supply Water" published in the Official Gazette dated 06.07.2019 and numbered 30823 was examined instead.

A1 class in QPDS (2019) has been selected as the guide values of CWQI<sub>QPDS</sub>. Because A1 class refers to water that becomes potable after simple physical treatment and disinfection. At the same time, it is similar to the guide features selected in other regulations. The reason why A2 and A3 classes are not chosen as guidelines is the need for chemical treatment (A2) and advanced treatment (A3).

Article 7 (Classification of Continental Surface Surface Water) and Article 8 (Determination of Water Quality Class) in the third part (Quality Classification of Water Environments) of the “Regulation on Water Pollution Control” have been abolished. For details on classification, the “Surface Water Quality Management Regulation” No. 28483 has been referenced (Anonymous, 2004). CCME WQI will not be applied to Anonymous (2004) due to the removal of the regulation articles.

Fourteen of the parameters measured in Lake Aygır are common in Turkish national legislations. Apart from the common ones, the number of the parameters measured in the Lake Aygır are 11 in the QPDS, 9 in the SQM, and 7 in the WHC, ASQ, and TS 266. Water quality parameters for legislations are presented in Figure 2. TS 266 and WHC parameters are exactly the same. The difference between these two regulations stems from the guidelines.

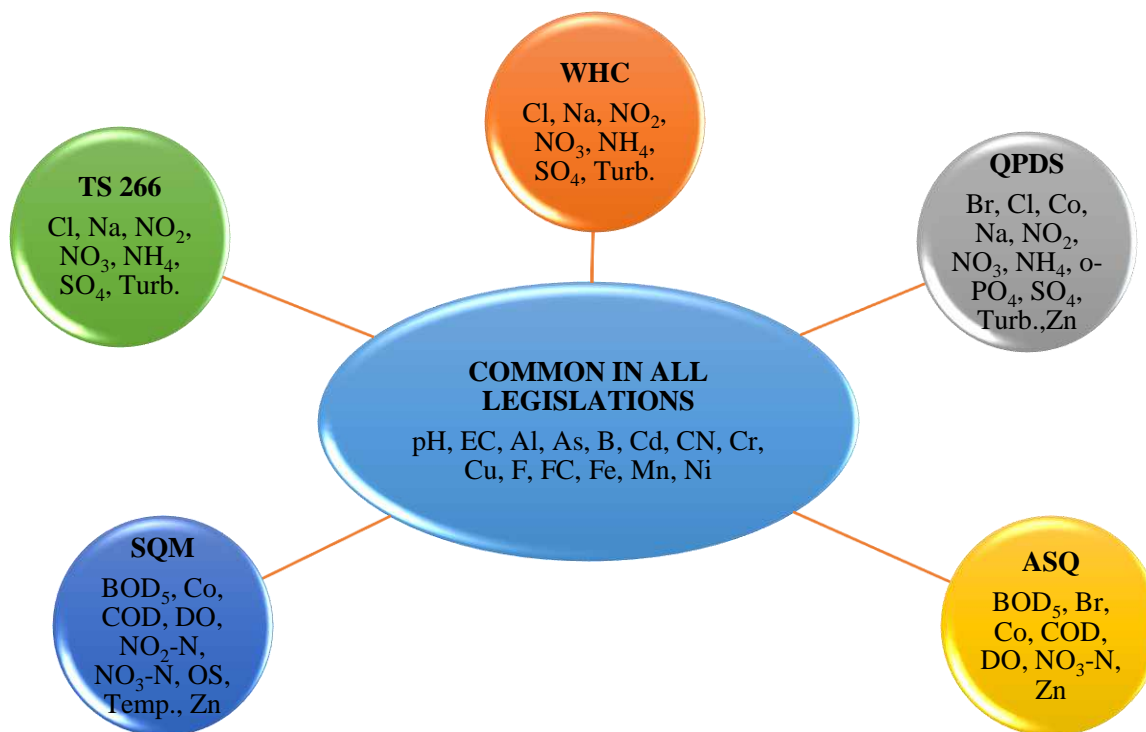


Figure 2. In the legislation water quality parameters, measured in Lake Aygır.

### 3. Results and Discussion

In the evaluation of Lake Aygır, 25 of the parameters in QPDS were used. The failed parameters of QPDS (2019) were turbidity, arsenic, fluoride, cadmium, and orthophosphate. CWQI<sub>QPDS</sub> value, obtained by adapting CCME WQI to QPDS standards, determined as 88.44. The value was classified in good quality waters according to the classification of CCME WQI. The frequency of individual tests of each parameter failing to meet the limits established with the QPDS legislation, totaled 18 occurrences. Most non-compliance value showed turbidity (%61) (Table 3, Table 4, Table 7).

Table 3. Number of failed parameters in regulations

	QPDS	WHC	TS 266	ASQ-M	ASQ-Y	SQM
Al					14 ( 4%)	
As	2 ( 11%)	2 ( 7%)	2 ( 12%)			
Br				63 (35 %)	93 ( 26%)	
Cd	3 ( 17%)	3 ( 11%)	3 ( 18%)	19 ( 11%)	89 ( 25%)	3 (4%)
CN				2 ( 1%)	40 ( 11%)	
Cu				77 ( 43%)	100 ( 28%)	
DO				17 ( 9%)	17 ( 4.7%)	17 (24%)
F	1 ( 6%)	1 ( 4%)	1 ( 6%)	1 ( 1%)	1 ( 0.3%)	1 (1%)
FC		10 ( 37%)	10 ( 59%)			
NO <sub>2</sub> -N						1(1 %)
Turbidity	11 ( 61%)	11 ( 41%)	1 ( 6%)			
o-PO <sub>4</sub>	1 ( 6%)					
OS						33 (46%)
pH						16 (23%)

In the evaluation of Lake Aygır, 21 of the parameters in WHC were used. The failed parameters of WHC (2005) were turbidity, arsenic, fluoride, cadmium, and fecal coliform (FC).  $CWQI_{WHC}$  value, obtained by adapting CCME WQI to WHC standards, determined as 86.21. The value was classified in good quality waters according to the classification of CCME WQI. The frequency of individual tests of each parameter failing to meet the limits established with the QPDS legislation, totaled 27 occurrences. Most non-compliance value showed turbidity (%41) (Table 3, Table 4, Table 7).

*Table 4. F1 values of the legislations*

Legislation	Number of failed variables	Total number of variables	F1
QPDS	5	25	20.00
WHC	5	21	23.81
TS 266	5	21	23.81
ASQ-M	6	21	28.57
ASQ-Y	7	21	33.33
SQM	6	23	26.09

In the evaluation of Lake Aygır, 21 of the parameters in TS 266 were used. The failed parameters of TS 266 (2005) were turbidity, arsenic, fluoride, cadmium, and fecal coliform.  $CWQI_{TS\ 266}$  value, obtained by adapting CCME WQI to TS 266 standards, determined as 86.23. The value was classified in good quality waters according to the classification of CCME WQI. The frequency of individual tests of each parameter failing to meet the limits established with the QPDS legislation, totaled 17 occurrences. Most non-compliance value showed fecal coliform (%59) (Table 3, Table 4, Table 7).

*Table 5. F2 values of the legislations*

Legislation	Number of failed tests	Total number of tests	F2
QPDS	18	3141	0.57
WHC	27	2757	0.98
TS 266	17	2757	0.62
ASQ-M	179	2623	6.82
ASQ-Y	354	2623	13.50
SQM	71	2894	2.45

In the evaluation of Lake Aygır, 21 of the parameters in ASQ were used. The failed parameters of ASQ-M were dissolved oxygen, fluoride, cadmium, copper, bromide, and cyanide.  $CWQI_{ASQ-M}$  value, obtained by adapting CCME WQI to ASQ standards, determined as 81.75. The value was classified in good quality waters according to the classification of CCME WQI. The frequency of individual tests of each parameter failing to meet the limits established with the QPDS legislation, totaled 179 occurrences. Most non-compliance value showed Cu (%43) (Table 3, Table 4, Table 7).

In the evaluation of Lake Aygır, 21 of the parameters in ASQ were used. The failed parameters of ASQ-Y were dissolved oxygen, fluoride, cadmium, aluminum, copper, bromide, and cyanide.  $CWQI_{ASQ-Y}$  value, obtained by adapting CCME WQI to ASQ standards, determined as 72.48. The value was classified in fair quality waters according to the classification of CCME WQI. The frequency of individual tests of each parameter failing to meet the limits established with the QPDS legislation, totaled 354 occurrences. Most non-compliance value showed Cu (%28) (Table 3, Table 4, Table 7).

In the evaluation of Lake Aygır, 23 of the parameters in SQM were used. The failed parameters of SQM (2012) were pH, oxygen saturation (OS), dissolved oxygen (DO), nitrite nitrogen, fluoride, and cadmium.  $CWQI_{SQM}$  value, obtained by adapting CCME WQI to SQM standards, determined as 84.71. The value was classified in good quality waters according to the classification of CCME WQI. The frequency of individual tests of each parameter failing to meet the limits established with the QPDS legislation, totaled 71 occurrences. Most non-compliance value showed OS (%46) (Table 3, Table 4, Table 7).

*Table 6. F3 values of the legislations*

Legislation	$\sum$ excursion	$\sum$ excursion/# of tests	F3
QPDS	22.33	0.01	0.70
WHC	45.77	0.02	1.63
TS 266	29.71	0.01	1.07
ASQ-M	346.05	0.13	11.66
ASQ-Y	1194.64	0.46	31.29
SQM	115.12	0.04	3.83

The CWQI results were close to each other. The reason that the results are not exactly the same was caused by the variability of the regulation parameters and/or guide values (Figure 2). CWQI categorization ranged from “fair” to “good,” most legislations were “good” (80%), followed by “fair” (20%) water quality.



There are studies in the literature where water quality is determined in various surface waters by applying CWQI model. A water quality assessment was made in 2010 on a part of the Tigris River (Baghdad, Iraq) with CWQI. CWQI results ranged from 37 to 42 (poor). It's reported that serious action should be taken (Al-Janabi et al., 2012). The water quality of 15 rivers was determined by applying CWQI model in New Brunswick (Canada) (El-Jabi et al. 2014). In the Damodar River (India), CWQI was applied to the data set obtained for one year for eight sampling points (Haldar et al. 2016). The Canadian model guides local authorities to improve water quality from tropical reservoirs (Braga et al. 2015; Perbiche-Neves et al. 2017), rivers (Villa-Achupallas et al. 2018) and floodplain lakes (Fantin-Cruz et al. 2016) ( Sutadian et al. 2016).

Table 7. CWQI values of the legislations

Legislation	F1	F2	F3	CWQI
QPDS	20.00	0.57	0.70	88.44
WHC	23.81	0.98	1.63	86.21
TS 266	23.81	0.62	1.07	86.23
ASQ-M	28.57	6.82	11.66	81.75
ASQ-Y	33.33	13.50	31.29	72.48
SQM	26.09	2.45	3.83	84.71

#### 4. Conclusions and Recommendations

The main purpose of Turkish directives is to protect public health and the environment by defining guideline values for water quality indicators. Indices are an objective way to evaluate aquatic ecosystems; Its results provide important information on decision making by competent authorities to better manage water ecosystems. Lake Aygır data set were applied to the Canadian water quality index (CWQI), and the legislation of the Republic of Turkey. Thus, drinking water quality were determined. As a result, the average CWQI<sub>drinking</sub> and were calculated as  $83.30 \pm 5.74$ . Calculated water quality index value was classified in good quality waters. Due to the low population of Lake Aygır village and no industrial establishment around it, the CWQI might have been at a “good” quality. The lake may have missed an “excellent” quality due to the presence of a village on the shore, cage fishing and its geological structure.

In five legislation failed parameters were pH, OS, DO, NO<sub>2</sub>-N, Al, As, Cd, CN, Cu, Br, F, turbidity, and FC. Lake Aygır is supplied to Aydınlar Town as drinking water (Çavuş, 2018; Çavuş and Şen, 2020). We do not have information about the filtration of Lake Aygır waters reaching the Aydınlar town. Therefore, we cannot advise on the filtering of these parameters.

In the lake soft computing models can be used instead of the traditional procedure because they reduce time, cost, effort and sometimes computational errors. One of the intelligent models is fuzzy logic approach that solves complex problems dealing with uncertainty and uncertainty data. Adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) can be used to predict, informate, simulate to systems which has little experience with data behavior like Lake Aygır. In modeling of Lake Aygır water quality index different hybrid intelligence models based on ANFIS integrated with fuzzy c-means data clustering, grid partition and subtractive clustering models can be used (Yaseen et al., 2018; Sonmez et al., 2018). Therefore, use of hybrid ANFIS can be suitable to follow up the water quality index in further researches.

#### Reference

- Akkaraboyina, M. K., Raju, B. S. N. (2012). Assessment of water quality index of River Godavari at Rajahmundry. *Universal Journal of Environmental Research and Technology*, 2(3), 161-167.
- Al-Janabi, Z. Z., Al-Kubaisi, A. R., Al-Obaidy, A. H. M. J. (2012). Assessment of water quality of Tigris River by using water quality index (CCME WQI). *Al-Nahrain Journal of Science*, 15(1), 119-126.
- Anonymous, 2004. Water Pollution Control Regulation. Official Gazette Date: 31.12.2004, number: 25687. Ministry of Environment and Forest, Ankara, Turkey.
- Anonymous, 2017. Regulation on Protection of Drinking-Potable Water Basins. Ministry of Forestry and Water Management.
- Anonymous, 2020. “Communiqué on Technical Procedures for Drinking Water Treatment Plants”. Official Gazette Date: 07.03.2020, number: 31061. Ministry of Agriculture and Forestry, Ankara, Turkey.
- ASQ, 2012. Regulation on the Amendment of the Surface Water Quality Regulation. Official Gazette number: 29797. Ministry of Forestry and Water Management, Ankara, Turkey.
- Bharti N., Katyal D., Water Quality Indices Used for Surface Water Vulnerability Assessment, *International J. Environ. Sci.*, 2 (1), 154-173, 2011.
- Braga, R. (2015). *A política do precariado: do populismo à hegemonia lulista*. Boitempo Editorial.
- Brown, R. M., Mc Clelland, N. I., Deininger, R. A., O'Connor, M. F., 1972. A water quality index-crashing the psychological barrier. *Indicators of environmental quality*. 1: 173-182. Springer, Boston, MA.
- Carlson, R. E., Simpson, J. (1996). A coordinator's guide to volunteer lake monitoring methods. *North American Lake Management Society*, 96, 305.
- CCME (2001). Canadian water quality guidelines for the protection of aquatic life. *CCME Water Quality Index 1.0, Technical report*. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canada.
- Çavuş A., Şen F., 2018. Evaluation on Multipurpose ater uses or Aygır Lake, Bitlis, Turkey , Internat onal Agricultural Science Congress, VAN, TURKEY, 9-12 May 2018, pp.239-239.



- Çavuş, A. 2018. An investigation on water quality and management o Aygır Lake. Van Yuzuncu Yil University. Doctoral thesis. 251 p.
- Çavuş, A., Şen, F.. (2020). Assessment In Situ Measurements In Monitoring Water Quality Status Of Lake Aygır, Bitlis. Journal of Agriculture, 3 (1), 19-27. DOI: 10.46876/ja.750086
- El-JabiN.,CaissieD.,TurkkanN.,WaterQualityIndex Assessment under Climate Change, J. Water Resour. Prot., 6, 533-542, 2014.
- Elp, M., Şen, F., Atıcı, A. A., 2014. İnci kefalinin (Alburnus tarichi (Guldenstaedtii, 1814)) Van Gölü havzası su kaynaklarındaki yayılım bölgeleri. Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences, 24 (3): 228-232.
- Fantin-Cruz, I., Pedrollo, O., Girard, P., Zeilhofer, P., Hamilton, S. K. (2016). Changes in river water quality caused by a diversion hydropower dam bordering the Pantanal floodplain. *Hydrobiologia*, 768(1), 223-238.
- Güllü, K., Güzel, Ş., 2006. Adilcevaz Hidroelektrik Santrali (Bitlis) Baraj Göletinde gökkuşağı alabalığının (oncorhynchus mykiss, w., 1792) kafeslerde yetiştirilebilirliği ve büyüme performansı. Yüzüncü Yil Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 16 (2): 81-85.
- Haldar D., Halder S., Das (Saha) P., Assessment of Water Quality of Damodar River in South Bengal Region of India by Canadian Council of Ministers of Environment (CCME) Water Quality Index: a Case Study”, *Desalin. Water Treat.*, 57 (8), 3489-3502, 2016.
- McClelland, N. I. (1974). *Water quality index application in the Kansas River Basin* (Vol. 74, No. 1). US Environmental Protection Agency-Region VII.
- Pesce, S. F., Wunderlin, D. A., 2000. Use of water quality indices to verify the impact of Córdoba City (Argentina) on Suquia River. *Water Research*, 34 (11): 2915-2926.
- QPDS, 2019. “Regulation on Quality and Purification of Drinking Water Supply Water”. Official Gazette number: 30823. Ministry of Agriculture and Forestry, Ankara, Turkey.
- Said, A., Stevens, D. K., Sehlke, G. (2004). An innovative index for evaluating water quality in streams. *Environmental Management*, 34(3), 406-414.
- Sonmez, A.Y., Kale, S., Ozdemir, R.C., Kadak, A.E. (2018). An Adaptive Neuro-Fuzzy Inference System (ANFIS) to Predict of Cadmium (Cd) Concentrations in the Filyos River, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 18, 1333-1343. [http://doi.org/10.4194/1303-2712-v18\\_12\\_01](http://doi.org/10.4194/1303-2712-v18_12_01)
- SQM, 2012. “Regulation on Surface Water Quality Management” Official Gazette number: 28483. Ministry of Forestry and Water Management, Ankara, Turkey.
- Sutadian, A. D., Muttill, N., Yilmaz, A. G., Perera, B. J. C. (2016). Development of river water quality indices—a review. *Environmental monitoring and assessment*, 188(1), 58.
- Şen, F., 2017. Türkiye’de Su Kaynakları Yönetimi, Söz Sahibi Kurumlar, Gıda, Tarım and Hayvancılık Bakanlığı and Su Ürünleri uygulamaları, 2023-2071 Vizyonuyla Tarım, (Ed. Sabri Kızılkaya, Hüseyin Öztürk, Fatih oğan, Şahin eğirmen, Nail Süngü), Semih Sistem O set Basım Yayım, Ankara, 208-241.
- TSE, 2005. TS 266, Water-Water for Human Consumption. Turkish Standardization Institute, Industry and Trade Ministry. Ankara, Turkey.
- Villa-Achupallas, M., Rosado, D., Aguilar, S., Galindo-Riaño, M. D. (2018). Water quality in the tropical Andes hotspot: the Yacuambi river (southeastern Ecuador). *Science of the Total Environment*, 633, 50-58.
- WHC, 2005. Regulation on Water for Human Consumption. Official Gazette number: 25730. Ministry of Health. Ankara, Turkey.
- Yaseen, Z.M., Ramal, M.M., Diop, L. et al. 2018. Hybrid Adaptive Neuro-Fuzzy Models for Water Quality Index Estimation. *Water Resour Manage* 32, 2227–2245. <https://doi.org/10.1007/s11269-018-1915-7>



# İncir (*Ficus carica*) Odunun Kimyasal, Fiziksel ve Morfolojik Özellikleri

Zehra Odabaş Serin<sup>1\*</sup>, Meltem Kılıç Penezoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6280-9548)

<sup>2</sup>Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği, Kahramanmaraş, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0794-7304)

(İlk Geliş Tarihi 1 Temmuz 2020 ve Kabul Tarihi 30 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.784500)

**ATIF/REFERENCE:** Odabaş-Serin, Z., & Kılıç Penezoğlu, M. (2020). İncir (*Ficus carica*) Odunun Kimyasal, Fiziksel ve Morfolojik Özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 843-849.

## Öz

Bu çalışmada, Aydın ve Kahramanmaraş'ta yetişen incir (*Ficus carica*) odunlarının bazı kimyasal, fiziksel ve morfolojik özellikleri tespit edilmiştir. Elde edilen veriler daha sonra t-testi analizi ile karşılaştırılmıştır.

Kimyasal özelliklerden holoselüloz,  $\alpha$ -selüloz, lignin, alkol-benzen çözünürlüğü, sıcak su çözünürlüğü, soğuk su çözünürlüğü, %1 NaOH çözünürlüğü ve kül miktarı tespit edilmiştir. Bu değerler sırasıyla Aydın incir odun örneklerinde %72.20, %38.47, %22.71, %1.00, %8.42, %7.43, %19.62, %3.13 ve K.Maraş örneklerinde ise %64.43, %41.78, %16.18, %7.92, %16.60, %15.47, %24.53 ve %3.70 bulunmuştur.

Fiziksel özellikler bakımından iki farklı bölgeye ait örnekler arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Buna göre ortalama olarak incir odununun hava kurusu yoğunluğu ( $D_{12}$ ) 0.73 g/cm<sup>3</sup>, tam kuru yoğunluğu ( $D_0$ ) 0.61 g/cm<sup>3</sup>, hacim yoğunluk değeri (R) 0.54 g/cm<sup>3</sup>, lif doygunluk noktası (LDN) %21.88, maksimum rutubet içeriği (MMC) %118.88, hacimsel daralma miktarı ( $\beta_v$ ) %11.63 ve hacimsel genişleme değeri ( $\alpha_v$ ) %22.89 tespit edilmiştir.

Lif uzunluğu, lif genişliği, lif çeper kalınlığı ve lümen çapı ortalama olarak Aydın'dan alınan incir odunlarında sırasıyla 0.83 mm, 22.05  $\mu$ m, 5.44  $\mu$ m, 16.05  $\mu$ m ve K.Maraş odunlarında ise 0.88 mm, 20.44  $\mu$ m, 3.86  $\mu$ m, 16.58  $\mu$ m bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Ficus carica, Odun, Kimyasal Bileşenler, Fiziksel Özellikler, Lif Morfolojisi

## Chemical, Physical and Morphological Properties of Fig (*Ficus carica*) Wood

### Abstract

In this study, chemical, physical and morphological properties of fig (*Ficus carica*) wood obtained from Aydın and Kahramanmaraş (Turkey) provinces were determined. The obtained data were compared with t-test analysis.

Chemical features like holocellulose,  $\alpha$ -cellulose, lignin, alcohol-benzene solubility, hot-cold water and 1% NaOH solubilities and ash content were determined. The results of samples, taken from Aydın were 72.20%, 38.47%, 22.71%, 1.00%, 8.42%, 7.43%, 19.62%, 3.13% and for K.Maraş samples 64.43%, 41.78%, 16.18%, 7.92%, 16.60%, 15.47%, 24.53% and 3.70%, respectively.

For the physical properties, no statistical difference was found between the samples. According to the result, air density was found ( $D_{12}$ ) 0.73 g/cm<sup>3</sup>, oven dry density ( $D_0$ ) 0.61 g/cm<sup>3</sup>, basic density (R) 0.54 g/cm<sup>3</sup>, fiber saturation point (LDN) %21.88, maximum moisture content (MMC) %118.88, volumetric shrinkage ( $\beta_v$ ) %11.63 and volumetric swelling ( $\alpha_v$ ) as %22.89.

Fiber length, fiber diameter, cell wall thickness and lumen diameter were found to be 0.83 mm, 22.05  $\mu$ m, 5.44  $\mu$ m, 16.05  $\mu$ m, respectively in fig wood from Aydın and 0.88 mm, 20.44  $\mu$ m, 3.86  $\mu$ m, 16.58  $\mu$ m in K.Maraş samples, respectively.

**Keywords:** Ficus carica, Wood, Chemical Components, Physical Properties, Fiber Morphology

\* Sorumlu Yazar: Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Müh. Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6280-9548, [zehra@ksu.edu.tr](mailto:zehra@ksu.edu.tr)

## 1. Giriş

Orman ürünleri sektöründe odun hammaddesinin hem devamlılığının sağlanması hem de kullanım alanlarına karar verebilmek için bazı özelliklerinin (kimyasal ve morfolojik vb.) bilinmesi önem arz etmektedir.

Son yıllarda hızla artan yapılaşma nedeniyle meyve bahçeleri imara açılmakta ve birçok incir, zeytin vb. ağaçlar kesilmektedir. Kesilen bu ağaçlar faydalı, ekonomik bir şekilde değerlendirilmemekte ve bilinçsiz bir şekilde yakacak odun olarak tüketilmektedir.

Sahin ve Onay (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, meyve ağaçlarından elde edilen odunların, yaygın olarak kullanılan diğer odunlara benzer özellik gösterdiğini, peyzaj ve diğer yapısal uygulamalarda alternatif olarak kullanılmasının mümkün olduğunu bildirmiştir. Bunun yanı sıra özellikle incir odununun (*Ficus carica*), diğer meyve ağaç odunlarına göre estetik olarak daha çekici olduğuda ortaya konulmuştur (Sahin ve Onay, 2020).

FAO 2018 yılı verilerine göre incir (*Ficus carica* L.), hasat alanı bakımından 61.498 ha ile Fas Dünya sıralamasında ilk sırayı alırken bunu 51.389 ha ile Türkiye takip etmektedir. Subtropik ve tropik iklim kuşağının hakim olduğu bölgelerde yetişen incir, geniş bir adaptasyon yeteneğine sahiptir (Akyüz, 1993). Türkiye genelinde yaş incir üretimi bakımından ilk sırayı 186.346 ton üretimi ile Aydın ili almaktadır. Bunu sırasıyla İzmir (45.652 ton), Bursa (26.385 ton), Mersin (7.693 ton), Hatay (3.756 ton), Antalya (3.034 ton), Balıkesir (2.356 ton), Çanakkale (2.187 ton), Manisa (2.148 ton), Adana (2.109 ton), Ordu (2.085 ton), Samsun (2.081 ton), Muğla (2.080 ton), Gaziantep (1.992 ton), Adıyaman (1.633 ton), Mardin (1.422 ton) ve Kahramanmaraş (1.261 ton) takip etmektedir (TÜİK, 2019).

Yapılan literatür araştırmasına göre incir ağaçlarının daha çok meyvesi çalışılmış olup odununun kimyasal, fiziksel ve morfolojik özellikleri hakkında bilgimiz dahilinde yeterli çalışmaya ulaşılamamıştır. Bu çalışmada Aydın ve Kahramanmaraş'tan temin edilen incir odununun bazı kimyasal, fiziksel ve morfolojik özellikleri tespit edilerek karşılaştırılmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

İncir (*Ficus carica*) tomrukları Şekil 1'de görüldüğü üzere Türkiye'nin Aydın ve Kahramanmaraş illerinden temin edilmiştir. Her bir ağaç türü için 3 ağaç kesilmiştir. Şehir merkezinden alınan incir ağaçlarının yaşı Aydın örneklerinde 47 ve Kahramanmaraş örneklerinde ise 60'dır.



Şekil 1. İncir odunlarının temin edildiği iller

### 2.2. Metot

#### 2.2.1. Kimyasal ve Fiziksel Testler

Kimyasal analizlerde kullanılacak örnekler TAPPI T-264 om-07 standardına göre hazırlanmıştır. İncir odunları, yonga boyutuna getirildikten sonra Willey tipi bir öğütücüde öğütülerek eleme işlemine tabii tutulmuştur. 60 mesh elek üzerinde kalan örnekler, ağzı kapaklı bir cam kavanoz içerisinde muhafaza edilmiştir.

Fiziksel testlerde kullanılacak örnekler ise ağaç gövdesinin toprağa yakın kısmından ve 2 - 4 m aralığında alınan 1 m uzunluğundaki tomruklardan hazırlanmıştır. Örnekler TS 2470 (1976) standardına uygun olarak 2x2x3 cm ölçülerinde hazırlanmıştır.

Çalışma kapsamında incir odunlarına uygulanan kimyasal, fiziksel testler ve ilgili standartlar Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada uygulanan testler ve ilgili standartlar

<b>Kimyasal Testler</b>	<b>İlgili standart</b>
Holoselüloz	Klorit yöntemi (Wise ve Karl 1962)
$\alpha$ -selüloz	Rowell (2005)
Lignin	TAPPI T 222 om-02 (2002)
Alkol-benzen çözünürlüğü	TAPPI T 264 cm-07 (2007)
Sıcak su çözünürlüğü	TAPPI T 207 om-99 (1999)
Soğuk su çözünürlüğü	TAPPI T 207 om-99 (1999)
%1 NaOH çözünürlüğü	TAPPI T 212 om-12 (2012)
Kül miktarı	TAPPI T 211 om-02 (2002)
<b>Fiziksel Testler</b>	<b>İlgili standart</b>
Rutubet tayini	TS 2471 (1976)
Hava kurusu yoğunluk	TS 2472 (1976)
Tam kuru yoğunluk	TS 2472 (1976)
Hacim yoğunluk değeri	TS 2472 (1976)
Odunda daralma miktarı (Çekme tayini)	TS 4083 ve TS 4085 (1983)
Odunda şişme tayini (Genişleme miktarı)	TS 4084 ve TS 4086 (1983)
Lif doygunluk noktası	Bozkurt ve Göker (1987)
Maksimum rutubet içeriği	Bozkurt ve Göker (1987)

Kimyasal testler 3 kere ve fiziksel testler ise 75 kere tekrar edilip ortalaması hesaplanmıştır. Odunların kimyasal bileşenleri tam kuru odun ağırlığına oranla yüzde olarak hesaplanmıştır.

### 2.2.2. Morfolojik Özellikler

İncir örneklerinin morfolojik özellikleri Spearin ve Isenberg (1947) yöntemine göre belirlenmiştir. Kibrit çöpü boyutlarına getirilen odun örnekleri, sodyum klorit ve asetik asit ile maserasyon işlemine tabii tutulmuştur. Pipet yardımıyla bir damla örnek lam üzerine damlatıldıktan sonra Olympus BX51 ışık mikroskopunda lif uzunluğu, lif genişliği, lümen çapı ve lif çeper kalınlığı ölçülmüştür. Lif uzunluğu ölçümleri sırasında 4x ve diğer özelliklerde ise 40x objektifi kullanılmıştır. Her bir özellik için rastgele 100 ölçüm yapılmış ve ortalaması alınmıştır.

### 2.2.3. İstatistiksel Analiz

Çalışma kapsamında elde edilen verilerin değerlendirilmesinde SPSS paket programı kullanılmıştır. Aydın ve Kahramanmaraş'tan alınan incir odun özelliklerine ait sonuçlar %95 güven aralığında ( $p < 0.05$ ) t-testi ile karşılaştırılmıştır.

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

### 3.1. Kimyasal Özellikler

Aydın ve Kahramanmaraş'tan alınan incir odunları üzerinde kimyasal bileşenleri olarak holoselüloz,  $\alpha$ -selüloz, lignin, alkol-benzen çözünürlüğü, sıcak su çözünürlüğü, soğuk su çözünürlüğü, %1 NaOH çözünürlüğü ve kül miktarı belirlenmiştir. Bu testlere ait ortalama ve standart sapma değerleri ile literatürde yer alan bazı meyve ağaçlarının kimyasal bileşen sonuçları Tablo 2'de verilmiştir.

Farklı illerden temin edilen incir odunlarının holoselüloz ortalama değerlerine uygulanan t-testi analiz sonuçlarına göre iki şehre ait incir odununun holoselüloz miktarı %95 güven aralığında istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ( $p=0.000$ ). Bu değer Aydın'dan temin edilen incir odununda %72.20 ve K.Maraş örneklerinde ise %64.43 olarak tespit edilmiştir. Tabloda verilen diğer meyve ağacı odunlarına bakıldığında bu değer Trabzon hurmasında %70.8, kivide %73.5, kayısıda %79.50, yabani kirazda %77.2, portakalda %80.47, turunçta %81.18, lamas limonunda %83.17, ak dutta %85.98, kara dutta %69.15, ıgdede 80.9-82.0 ve fındıkta %82.07'dir (Tutuş vd., 2014; Gençler, 2015; Gençler vd., 2018; Gençler ve Türkmen, 2016; Kesik vd., 2017; Tutuş vd., 2016; Tutuş vd., 2018; Gündüz vd., 2009; Walia, 2013, Akgül ve Akça, 2014, Gençler ve Özgül, 2016). Verilenlere göre incir odununun holoselüloz değeri Trabzon hurması, kivi ve karadut odununkine yakın olmuş ve karakteristik olarak yapraklı ağaç (%63-90) özelliği göstermiştir.

$\alpha$ -selüloz ve lignin ortalamalarına uygulanan t-testi sonuçlarına göre her iki şehre ait odun örneklerinin  $\alpha$ -selüloz ve lignin içeriklerinde istatistiksel olarak bir fark ( $p=0.000$ ) tespit edilmiştir.  $\alpha$ -selüloz miktarı K.Maraş örneklerinde (%41.78) ve lignin değeri ise Aydın'dan temin edilen incir odunlarında (%22.71) yüksek tespit edilmiştir. Literatürde  $\alpha$ -selüloz miktarı Trabzon hurmasında %36.45, kivide %38.30, kayısıda %42.33, yabani kirazda %39.7, portakalda %50.68, turunçta %48.84, lamas limonunda %47.36, kara dutta %45, ıgdede 50.3-52.3 ve fındıkta %41.33 bulunmuştur (Tutuş vd., 2014; Gençler, 2015; Gençler, 2018; Gençler ve Türkmen, 2016; Kesik vd., 2017; Tutuş vd., 2016; Tutuş vd., 2018; Walia, 2013, Akgül ve Akça, 2014; Gençler ve Özgül, 2016). Tablo 2'de verilenlere göre genel olarak incir odunun  $\alpha$ -selüloz ve lignin içeriğinin diğer meyve ağacı odununkilerine yakın olduğu görülmektedir.



Tablo 2. İncir ve bazı meyve ağaç odunlarının kimyasal bileşenleri (%)

Odun türü	Holosefülöz (%)	$\alpha$ -sefülöz (%)	Lignin (%)	Alkol-benzen çöz. (%)	Sıcak su çöz. (%)	Soğuk su çöz. (%)	%1 NaOH çöz. (%)	Kül (%)	Kaynak
İncir									
Aydın	72.20 ( $\pm 1.50$ )	38.47 ( $\pm 1.60$ )	22.71 ( $\pm 1.10$ )	1.00 ( $\pm 0.38$ )	8.42 ( $\pm 1.39$ )	7.43 ( $\pm 1.55$ )	19.62 ( $\pm 1.22$ )	3.13 ( $\pm 0.42$ )	Tespit
K.Maraş	64.43 ( $\pm 2.39$ )	41.78 ( $\pm 0.39$ )	16.18 ( $\pm 0.59$ )	7.92 ( $\pm 2.08$ )	16.60 ( $\pm 1.06$ )	15.47 ( $\pm 1.16$ )	24.53 ( $\pm 1.07$ )	3.70 ( $\pm 0.59$ )	
Trabzon hurması	70.8	36.45	29.82	4.45	3.54	2.08	13.27	0.42	Tutuş vd., 2014
Kivi	73.5	38.30	25.30	2.01*	-	-	-	-	Gençer, 2015
Kayısı	80.1	56.41	30.03	5.88 <sup>1</sup>	7.74	4.20	27.40	0.48	Tutuş vd., 2016
Kayısı	79.50	42.33	16.43	9.02*	8.94	6.75	-	-	Gençer vd., 2018
Yabani kiraz									
Diri odun	77.1 ( $\pm 0.59$ )	39.9 ( $\pm 1.21$ )	16.20 ( $\pm 0.41$ )	10.8 ( $\pm 1.33$ )	9.9 ( $\pm 0.76$ )	6.5 ( $\pm 0.65$ )	26.6 ( $\pm 0.75$ )	0.5 ( $\pm 0.00$ )	Gençer ve Türkmen, 2016
Öz odun	77.3 ( $\pm 1.56$ )	39.4 ( $\pm 0.19$ )	17.80 ( $\pm 1.22$ )	6.3 ( $\pm 1.93$ )	6.7 ( $\pm 0.46$ )	4.6 ( $\pm 0.24$ )	23.7 ( $\pm 1.97$ )	0.6 ( $\pm 0.01$ )	
Portakal	80.47	50.68	20.82	13.66*	11.80	6.80	14.30	2.42	Kesik vd., 2017
Turunç	81.18	48.84	19.73	7.94 <sup>2</sup>	7.94	5.66	14.92	2.69	Tutuş vd., 2016
Limas limonu	83.17	47.36	23.92	1.23	4.45	3.23	14.42	1.57	Tutuş vd., 2018
Ak dut	85.98	-	21.30	11.13*	14.83	6.04	14.83	-	Gündüz vd., 2009
Kara dut	69.15	45.0	21.42	2.60	4.98	3.90	18.0	0.85	Walia, 2013
İğde ağacı	80.9 - 82.0	50.3 - 52.3	22.9 - 24.0	3.6 - 4.3*	3.5 - 5.2	2.5 - 4.3	14.1 - 14.7	0.4 - 0.7	Akgül ve Akça, 2014
Fındık	82.07	41.33	15.89	2.83	3.70	2.90	18.48	0.72	Gençer ve Özgül, 2016
İYA	70-81	40-45	24-32	1-8	1-6	1-4	8-14	<1	Tutuş vd., 2010
YA	63-90	36-49	21-25	1-7	1-8	1-5	15-22	<1	Tutuş vd., 2010

\*: Alkol çözünürlüğü; <sup>1</sup>: Toluen-aseton-etanolde çözünürlük; <sup>2</sup>: Toluen-etanolde çözünürlük

Aydın ve K.Maraş'tan temin edilen incir odunlarının alkol-benzen, sıcak su, soğuk su ve %1 NaOH çözünürlük değerlerine uygulanan t-test analiz sonuçlarına göre iki şehre ait incir odunlarının çözünürlük içerikleri %95 güven aralığında farklılık göstermiştir ( $p=0.000$ ). Tablo 2'de görüldüğü üzere bu değerler K.Maraş incir odunlarında daha yüksek bulunmuştur. Aydın incir örnekleriyle karşılaştırıldığında K.Maraş örneklerinin alkol-benzen çözünürlüğü 7 kat, sıcak su çözünürlüğü %97, soğuk su çözünürlüğü %108 ve %1 NaOH çözünürlüğü %25 oranında daha fazladır. Literatür sonuçlarıyla da mukayese edildiğinde en yüksek sıcak su (%16.60) ve soğuk su çözünürlük (%15.47) değerlerinin K.Maraş incir odunlarında olduğu görülmektedir (Tablo 2).

İncir odunlarının ortalama kül verilerine uygulanan t-testi analiz sonuçlarına göre iki şehre ait kül miktarı %95 güven aralığında istatistiksel açıdan farklı bulunmuştur ( $p=0.034$ ). Kül miktarı Aydın incir odununda %3.13 ve K.Maraş örneklerinde ise %3.70'dir. Bu değer Trabzon hurmasında %0.42, kayısıda %0.48, yabani kirazda %0.6, portakalda %2.42, turunçta %2.69, lamas limonunda %1.57, kara dutta %0.85, iğdede %0.4-0.7 ve fındıkta %0.72 bulunmuştur (Tutuş vd., 2014; Tutuş vd., 2016; Gençer ve Türkmen, 2016; Kesik vd., 2017; Tutuş vd., 2016; Tutuş vd., 2018; Walia, 2013; Akgül ve Akça, 2014; Gençer ve Özgül, 2016). Tablo 2'de verilen literatür verileriyle karşılaştırıldığında incir odununun kül içeriğinin diğer meyve ağaç odunlarına göre çok daha fazla olduğu görülmektedir.

### 3.2. Fiziksel Özellikler

Çalışma kapsamında incir odun örneklerinin hava kuru yoğunluk ( $D_{12}$ ), tam kuru yoğunluk ( $D_0$ ), hacim yoğunluk değeri ( $R$ ), teğet yönde daralma ( $\beta_t$ ), radyal yönde daralma ( $\beta_r$ ), boyuna yönde daralma ( $\beta_l$ ), hacmen daralma ( $\beta_v$ ), teğet yönde genişleme ( $\alpha_t$ ), radyal yönde genişleme ( $\alpha_r$ ), boyuna yönde genişleme ( $\alpha_l$ ), hacmen genişleme ( $\alpha_v$ ), lif doygunluk noktası (LDN) ve maksimum rutubet içeriği (MMC) belirlenmiştir. Bu fiziksel özelliklere ait ortalama, standart sapma ve t-testi analiz sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. İncir odununa ait bazı fiziksel özellikler

Fiziksel özellikler	Aydın	K.Maraş	p	
$D_{12}$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.73 ( $\pm 0.06$ )	0.72 ( $\pm 0.08$ )	<b>0.720</b>	
$D_0$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.61 ( $\pm 0.04$ )	0.60 ( $\pm 0.03$ )	<b>0.125</b>	
$R$ (g/cm <sup>3</sup> )	0.54 ( $\pm 0.04$ )	0.54 ( $\pm 0.04$ )	<b>0.528</b>	
$\beta$ (%)	$\beta_t$	9.44 ( $\pm 2.17$ )	8.93 ( $\pm 2.82$ )	<b>0.377</b>
	$\beta_r$	1.98 ( $\pm 2.11$ )	1.76 ( $\pm 1.68$ )	<b>0.473</b>
	$\beta_l$	0.51 ( $\pm 0.55$ )	0.63 ( $\pm 0.77$ )	<b>0.263</b>
	$\beta_v$	11.93 ( $\pm 2.56$ )	11.32 ( $\pm 2.72$ )	<b>0.425</b>
$\alpha$ (%)	$\alpha_t$	16.72 ( $\pm 2.89$ )	16.14 ( $\pm 2.65$ )	<b>0.287</b>
	$\alpha_r$	5.96 ( $\pm 2.55$ )	5.71 ( $\pm 2.39$ )	<b>0.538</b>
	$\alpha_l$	0.57 ( $\pm 0.55$ )	0.67 ( $\pm 0.65$ )	<b>0.304</b>
	$\alpha_v$	23.25 ( $\pm 3.52$ )	22.53 ( $\pm 3.35$ )	<b>0.266</b>
LDN (%)	22.35 ( $\pm 6.20$ )	21.41 ( $\pm 6.46$ )	<b>0.542</b>	
MMC (%)	118.19 ( $\pm 9.96$ )	119.56 ( $\pm 8.48$ )	<b>0.545</b>	

$\beta_t$ : Teğet yönde daralma,  $\beta_r$ : Radyal yönde daralma,  $\beta_l$ : Boyuna yönde daralma,  $\beta_v$ : Hacmen daralma,  $\alpha_t$ : Teğet yönde genişleme,  $\alpha_r$ : Radyal yönde genişleme,  $\alpha_l$ : Boyuna yönde genişleme,  $\alpha_v$ : Hacmen genişleme,  $p$ : t-test analizi

Tablo 3'de görüldüğü üzere incir odunlarının hava kuru yoğunluk ( $D_{12}$ ) ve tam kuru yoğunluk ( $D_0$ ) ile hacim yoğunluk değerlerine ( $R$ ) %95 güven aralığında uygulanan t-testi analiz sonuçlarına göre Aydın ve K.Maraş örnekleri arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunmamıştır ( $p=0.125-0.720$ ). Aydın ve K.Maraş örneklerinin genel ortalaması alındığında hava kuru yoğunluk 0.73 g/cm<sup>3</sup>, tam kuru yoğunluk 0.61 g/cm<sup>3</sup> ve hacim yoğunluk değeri 0.54 g/cm<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Literatürde bazı ağaç odunlarının fiziksel



özellikleri şu şekilde bildirilmiştir: Ak dut  $D_{12}$  0.67 g/cm<sup>3</sup>,  $D_0$  0.60 g/cm<sup>3</sup>, R 0.53 g/cm<sup>3</sup> (Gündüz vd., 2009); ıhlamur  $D_{12}$  0.53 g/cm<sup>3</sup>,  $D_0$  0.49 g/cm<sup>3</sup> (As vd., 2001); keçiboynuzu  $D_{12}$  0.86 g/cm<sup>3</sup>,  $D_0$  0.81 g/cm<sup>3</sup> (As vd., 2001); anadolu kestanesi  $D_{12}$  0.59 g/cm<sup>3</sup>,  $D_0$  0.56 g/cm<sup>3</sup>, R 0.47 g/cm<sup>3</sup> (Oral, 2006); portakal  $D_{12}$  0.80 g/cm<sup>3</sup>,  $D_0$  0.76 g/cm<sup>3</sup>, R 0.60 g/cm<sup>3</sup> (Kesik vd., 2017), hırnık R 0.64 g/cm<sup>3</sup>, yeni dünya R 0.63 g/cm<sup>3</sup> (Topaloğlu vd., 2019). Bu sonuçlarla karşılaştırıldığında incir odununun  $D_{12}$ ,  $D_0$  ve R değerleri keçiboynuzu ve portakaldan düşük, diğerlerinden ise yüksektir.

İncir odununa ait daralma ( $\beta_t$ ,  $\beta_r$ ,  $\beta_l$ ,  $\beta_v$ ) ve genişleme ( $\alpha_t$ ,  $\alpha_r$ ,  $\alpha_l$ ,  $\alpha_v$ ) değerlerine uygulanan t-testi analiz sonuçlarına göre K.Maraş ve Aydın örnekleri arasında istatistiksel anlamda bir fark bulunmamıştır ( $p=0.263-0.473$  ve  $p=0.266-0.538$ ). Aydın'dan alınan incir örneklerinde  $\beta_t$  %9.44,  $\beta_r$  %1.98,  $\beta_l$  %0.51 ve  $\beta_v$  %11.93 iken K.Maraş incir odunlarında  $\beta_t$  %8.93,  $\beta_r$  %1.73,  $\beta_l$  %0.63 ve  $\beta_v$  %11.32 olarak belirlenmiştir. Genişleme değerlerine bakıldığında Aydın incir odunlarında  $\alpha_t$  %16.72,  $\alpha_r$  %5.96,  $\alpha_l$  %0.57 ve  $\alpha_v$  %23.25 iken bu değerler K.Maraş örneklerinde  $\alpha_t$  %16.14,  $\alpha_r$  %5.71,  $\alpha_l$  %0.67 ve  $\alpha_v$  %22.53 bulunmuştur. Yapılan bir çalışmada ak dut odununun hem  $\beta_v$  ve hem de  $\alpha_v$  değeri %11.6 (Gündüz vd., 2009), keçiboynuzu odunu  $\beta_t$  %8.1,  $\beta_r$  %4.4,  $\beta_v$  %12.4 (As vd., 2001), anadolu kestane odunu  $\beta_t$  %6.4,  $\beta_r$  %4.3,  $\beta_v$  %11.3 (As vd., 2001), ıhlamur odunu  $\beta_t$  %9.1,  $\beta_r$  %5.5,  $\beta_v$  %14.9 (As vd., 2001) ve portakal odunu  $\beta_t$  %7.90,  $\beta_r$  %7.49,  $\beta_l$  %0.11,  $\alpha_t$  %8.01,  $\alpha_r$  %7.64,  $\alpha_l$  %0.10 (Kesik vd., 2017) bulunmuştur.

Farklı illerden temin edilen incir odunlarının LDN ve MMC ortalama değerlerine %95 güven aralığında uygulanan t-testi analiz sonuçlarına göre iki şehir arasında bu özellikler bakımından bir fark bulunmamıştır ( $p=0.542-0.545$ ) (Tablo 3). LDN ve MMC sırasıyla, Aydın incir odununda %22.35 ile %118.19 ve K.Maraş incir odununda %21.41 ile %119.56'dır. Yapılan diğer çalışmalarda LDN değeri ak dut odununda %23 (Gündüz vd., 2009) ve anadolu kestane odununda %25.59 (Ay ve Şahin, 2002) olduğu bildirilmiştir. MMC değeri ise ak dutta %121.55 (Gündüz vd., 2009) ve anadolu kestanesinde %156.54 (Ay ve Şahin, 2002)'dir. Bu iki fiziksel özellik bakımından incir ve ak dut odununun birbirine yakın olduğu görülmektedir.

### 3.3. Morfolojik Özellikler

Aydın ve Kahramanmaraş'tan temin edilen incir odun liflerinin morfolojik özellikleri olarak lif uzunluğu, lif genişliği, lif çeper kalınlığı ve lümen çapı tespit edilmiştir. Bu ölçümlere ait ortalama, standart sapma değerleri ve literatürde yer alan bazı meyve ağaçlarının morfolojik özellikleri Tablo 4'de verilmiştir.

Tablo 4. İncir ve bazı meyve ağaç odunlarının morfolojik özellikleri

Oدون türü	Latince isimi	Lif uzunluğu (mm)	Lif genişliği (µm)	Lif çeper Kalınlığı (µm)	Lümen çapı (µm)	Kaynak
İncir Aydın K.Maraş	<i>Ficus carica</i>	0.83 (±0.13)	22.05 (±7.54)	5.44 (±2.27)	16.05 (±8.59)	Tespit
		0.88 (±0.16)	20.44 (±4.12)	3.86 (±0.98)	16.58 (±4.13)	
İncir	<i>Ficus carica</i> L. subsp. carica	0.95	21.4	4.5	12.5	Yaman, 2014
Trabzon hurması	<i>Diospyros kaki</i>	1.10	26.2	5.98	14.27	Tutuş vd., 2014
Kayısı Diri odun Öz odun	<i>Prunus armeniaca</i> L.	0.69	12.08	3.19	5.69	Gençer vd., 2018
		0.72	13.75	3.85	6.05	
Yabani kiraz Diri odun Öz odun	<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	1.11	20.35	4.93	10.50	Gençer ve Türkmen, 2016
		1.09	19.05	4.35	10.35	
Yabani kiraz	<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench	0.96	19.35	4.04	11.26	Yaman, 2002
Lamas limonu	<i>Citrus lemon</i> var. lamas	0.75	13.74	3.69	6.36	Tutuş vd., 2018
Yeni dünya	<i>Eriobotrya japonica</i> (Thunb.)	1.16	17.0	5.12	6.74	Topaloğlu vd., 2019
Hırnık	<i>Diospyros lotus</i> L.	0.94	16.59	5.21	6.17	
Fındık	<i>Corylus avellana</i> L.	1.04	22.2	4.3	13.66	Gençer ve Özgül, 2016
İYA	-	2.7 - 4.6	32 - 43	-	-	Atchison, 1987
YA	-	0.7 - 1.6	20 - 40	-	-	

Farklı illerden temin edilen incir odunlarının lif uzunluğu ile lif genişliği değerlerine %95 güven aralığında uygulanan t-testi analiz sonuçlarına göre iki şehre ait örneklerin lif uzunlukları ve genişlikleri istatistiksel açıdan farklılık göstermiştir ( $p=0.020$  ve  $p=0.052$ ). K.Maraş incir odunlarının lif uzunluğu daha fazla iken (0.88 mm), Aydın'dan temin edilen örneklerinde lif genişlikleri (22.05 µm) fazla olmuştur. Karakteristik bir özellikleri olarak yapraklı ağaçların lif uzunlukları 0.7-1.6 mm ve lif genişlikleri 20-40 µm aralığındadır (Atchison, 1987). Buna göre incir odunu bu iki özellik bakımından yapraklı ağaç lif özelliği göstermektedir. Tablo 4'de görüldüğü üzere Yaman (2014) incir odununun lif uzunluğunu 0.95 mm ve lif genişliğini ise 21.4 µm bulmuştur. Bu değerler bizim bulduğumuz sonuçlara yakın çıkmıştır. Lif uzunluğu Trabzon hurmasında 1.10 mm, kayısıda 0.71 mm, yabani kirazda 1.10 mm, lamas limonunda 0.75 mm, yeni dünyada 1.16 mm, hırnıkta 0.94 mm ve fındıkta 1.04 mm; lif genişliği ise Trabzon hurmasında 26.2 µm, kayısıda 12.08-13.75 µm, yabani kirazda 19.05-20.35 µm, lamas limonunda 13.74 µm, yeni dünyada 17.0 µm, hırnıkta 16.59 µm ve fındıkta 22.2 µm'dir (Tutuş vd., 2014; Gençer vd., 2018; Gençer ve Türkmen, 2016; Tutuş vd., 2018; Topaloğlu vd., 2019; Gençer ve Özgül, 2016). Bu sonuçlara

göre incir odununun lif genişliği Trabzon hurmasından az, yabani kiraz ve fındığa yakın ve diğer meyve odunlarından daha geniş olduğu görülmektedir.

Lif çeper kalınlığı bakımından Aydın ve K.Maraş incir örnekleri t-testi ile %95 güven aralığında karşılaştırıldığında istatistiksel anlamda bir fark bulunmuştur ( $p=0.000$ ). Bu değer Aydın örneklerinde  $5.44 \mu\text{m}$  ve K.Maraş örneklerinde ise  $3.86 \mu\text{m}$  olarak ölçülmüştür. Buna göre Aydın incir odun liflerinin çeper kalınlıkları, K.Maraş örneklerine göre %41 oranında daha fazladır. İncir odunuyla yapılan bir başka çalışmada ise lif çeper kalınlığı  $4.5 \mu\text{m}$  olarak tespit edilmiştir (Yaman, 2014). Tablo 4’de görüldüğü üzere lif çeper kalınlığı Trabzon hurmasında  $5.98 \mu\text{m}$ , kayısıda  $3.19-3.85 \mu\text{m}$ , yabani kirazda  $4.35-4.93 \mu\text{m}$ , lamas limonunda  $3.69 \mu\text{m}$ , yeni dünyada  $5.12 \mu\text{m}$ , hırnıkta  $5.21 \mu\text{m}$  ve fındıkta  $4.3 \mu\text{m}$ ’dir (Tutuş vd., 2014; Gençer vd., 2018; Gençer ve Türkmen, 2016; Tutuş vd., 2018; Topaloğlu vd., 2019; Gençer ve Özgül, 2016).

İncir odunlarına ait lümen çapı ortalamalarına uygulanan t-testi analiz sonucuna göre Aydın ve K.Maraş’tan alınan örnekler arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır ( $p=0.563$ ). Lümen çapı Aydın incir odununda  $16.05 \mu\text{m}$  ve K.Maraş örneklerinde ise  $16.58 \mu\text{m}$  olarak ölçülmüştür. Tablo 4’de verilen diğer meyve ağaçlarının lümen çapları ise Trabzon hurmasında  $14.27 \mu\text{m}$ , incirde  $12.5 \mu\text{m}$ , kayısıda  $5.69-6.05 \mu\text{m}$ , yabani kirazda  $10.35-10.50$ , lamas limonunda  $6.36 \mu\text{m}$ , yeni dünyada  $6.74 \mu\text{m}$ , hırnıkta  $6.17 \mu\text{m}$  ve fındıkta  $13.66 \mu\text{m}$ ’dir (Tutuş vd., 2014; Yaman, 2014; Gençer vd., 2018; Gençer ve Türkmen, 2016; Tutuş vd., 2018; Topaloğlu vd., 2019; Gençer ve Özgül, 2016). Genel olarak bir değerlendirme yapıldığında en geniş lümen çapı, çalışma kapsamında kullandığımız incir odunlarında görülmüştür.

## 4. Sonuç

Bu çalışmada K.Maraş ve Aydın’dan temin edilen incir (*Ficus carica*) odunlarının morfolojik, kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir.

İncir odunu, kimyasal özellikler bakımından karakteristik olarak yapraklı ağaç özelliği göstermiştir. Yüksek oranda çözünürlük değerlerine (alkol-benzen %1-7.92, sıcak su %8.42-16.60, soğuk su %7.43-15.47, %1 NaOH %19.62-24.53) ve kül içeriğine (%3.13-3.70) sahiptir. Bu odunu kullanmaya düşünen orman ürünleri sektörlerinin bunu göz önünde bulundurmaları faydalı olacaktır.

Aydın ve K.Maraş örneklerinin fiziksel özellikleri arasında istatistiksel olarak bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Buna göre genel ortalamaları alındığında incir odununun,  $D_{12} 0.73 \text{ g/cm}^3$ ,  $D_0 0.61 \text{ g/cm}^3$ ,  $R 0.54 \text{ g/cm}^3$ ,  $\beta_t \%9.19$ ,  $\beta_r \%1.87$ ,  $\beta_l \%0.57$ ,  $\beta_v \%11.63$ ,  $\alpha_t \%16.43$ ,  $\alpha_r \%5.84$ ,  $\alpha_l \%0.62$ ,  $\alpha_v \%22.89$ , LDN %21.88 ve MMC %118.88’dir. Yüksek bir yoğunluğa sahip olması dikkat çekicidir.

Morfolojik özellikler bakımından da incir odunu, karakteristik olarak yapraklı ağaç lif özelliklerini taşımakta ve birçok meyve ağacına kıyasla geniş lümen çapına sahiptir ( $16.05 - 16.58 \mu\text{m}$ ).

Literatürde incir odun özellikleri üzerine kısıtlı araştırmalar mevcuttur. Bu konuda daha fazla araştırmaların yapılarak, mevcut verilerin desteklenmesi yararlı olacaktır. Elde edilecek bilgiler hem dünya literatürüne hem de orman ürünleri sanayisine (kâğıt, MDF, yongalevha vb.) önemli katkılar sağlayacaktır.

## Teşekkür

Bu çalışma 2013/3-21 YLS proje numarası ile Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Bilimsel ve Araştırma Projeleri (BAP) Birimi tarafından desteklenmiştir.

## Kaynakça

- Akgül, M. ve Akça, M. (2014). İğde ağacı odunu (*Elaeagnus angustifolia* L.) ve kabuğunun kimyasal analizi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu Bildiri Kitabı, 568-573, 22-24 Ekim 2014, Isparta.
- Akyüz, D. (1993). İncir bitkisinde yaprak, aya, sap ve sürgündeki makro ve mikro besin elementlerinin mevsimsel değişimi ve birbirleriyle ilişkileri üzerine araştırmalar, Yüksek Lisans Tezi.
- As, N., Koç, K. H., Doğu, A. D., Atik, C., Aksu, B. ve Erdinler, E.S. (2001). Türkiye’de yetişen endüstriyel öneme sahip ağaçların anatomik, fiziksel, mekanik ve kimyasal özellikleri. *İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Dergisi*, 51(1), 71-88.
- Atchison, J. E. (1987). Data on non-wood plant fibers. In *The secondary fibers and non-wood pulping*, 3rd ed., ed. F. Hamilton, Chap. 3. Atlanta, GA: TAPPI Press.
- Ay, N. ve Şahin, H. (2002). Maçka-Çatak bölgesi anadolu kestanesi (*Castanea Sativa* Mill.) odununun bazı fiziksel özellikleri. *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 1(1), 63-71.
- Bozkurt, Y. ve Göker, Y. (1987). Physical and mechanical wood technology. İstanbul University Publication No: 3445, Faculty of Forestry Publication No: 388, İstanbul, Turkey.
- FAO (2020). www. fao.org. Erişim Tarihi 23.02.2020. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Gençer, A. (2015). The utilization of kiwi (*Actinidia deliciosa*) pruning waste for kraft paper production and the effect of the bark on paper properties. *Drewno*, Vol.58 (194), 103-113. doi:10.12841/wood.1644-3985.084.08
- Gençer, A. ve Özgül, U. (2016). Utilization of common hazelnut (*Corylus avellana* L.) prunings for pulp production. *Drvna industrija*, 67(2), 157-162. doi:10.5552/drind.2016.1529
- Gençer, A. ve Türkmen, H.G. (2016). Yabani kiraz diri odunu ve öz odunundan kâğıt üretim şartlarının belirlenmesi. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 18(1), 23-31.
- Gençer, A., Özgül, U., Onat, S. M., Gündüz, G., Yaman, B. ve Yazıcı, H. (2018). Chemical and morphological properties of apricot wood (*Prunus armeniaca* L.) and fruit endocarp. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 20(2), 205-209. doi: 10.24011/barofd.412958

- Gündüz, G., Yıldırım, N., Şirin, G. ve Onat, S. M. (2009). Ak dut ağacının anatomik, kimyasal, fiziksel ve mekanik özellikleri. *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, 5(1), 131-149.
- Kesik, H. İ., Kaymakçı, A., Olgun, Ç., Çağatay, K. ve Tor, Ö. (2017). Portakal (*Citrus x sinensis* (L.) Osbeck) odununun fiziksel, kimyasal ve mekanik özellikleri. *Uluslararası Taşkoprü Pompeiopolis Bilim Kültür Sanat Araştırmalar Sempozyumu*, 1627-1633, 10-12 Nisan, 2017.
- Oral, M. A. (2006). Anadolu kestanesinin sağlıklı ve hastalıklı odunlarının bazı anatomik ve fiziksel özellikleri, Yüksek Lisans Tezi, Orman Endüstri Mühendisliği A.B.D., Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi.
- Rowell, R.M. (2005). Handbook of Wood Chemistry and Wood Composites, Taylor & Francis Group, CRC Press, USA.
- Sahin, C.K. ve Onay, B. (2020). Alternative wood species for playgrounds wood from fruit trees. *Wood Research*, 65(1), 149-160.
- Spearin, W.E. ve Isenberg I.H. (1947). Maceration of woody tissue with acetic acid and sodium chlorite. *Science* 105: 214.
- TAPPI T 207 cm-99 (1999). Water solubility of wood and pulp. Tappi Press, Atlanta, GA, USA.
- TAPPI T 211om-02 (2002). Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525 °C. Tappi Press, Atlanta, GA, USA.
- TAPPI T 212om-12 (2012). One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp. Tappi Press, Atlanta, GA, USA.
- TAPPI T 222 om-02 (2002). Acid-insoluble lignin in wood and pulp. Tappi Press, Atlanta, GA, USA.
- TAPPI T 264 cm-07 (2007). Preparation of wood for chemical analysis, Tappi Press, Atlanta, GA, USA.
- Topaloğlu, E., Öztürk, M., Ustaömer, D. ve Serdar, B. (2019). Doğu Karadeniz Bölgesi'ndeki bazı meyve ağaçlarının odun anatomisi özellikleri ve kâğıt üretimi açısından değerlendirilmesi. *Ormancılık araştırma Dergisi*, 6(2), 142-151. <https://doi.org/10.17568/ogmoad.543568>
- TS 2470 (1976). Odunda fiziksel ve mekanik deneyler için numune alma metotları ve genel özellikleri, 1.Baskı, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS 2471 (1976). Odunda, fiziksel ve mekanik deneyler için rutubet miktarı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS 2472 (1976). Odunda, fiziksel ve mekanik deneyler için birim hacim ağırlığı tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS 4083 (1983). Odunda radyal ve teğet doğrultuda çekmenin tayini, TSE, Ankara.
- TS 4084 (1983). Odunda radyal ve teğet doğrultuda şişmenin tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, Türkiye.
- TS 4085 (1983). Odunda hacimsel çekmenin tayini, TS 4085, TSE, Ankara, Türkiye.
- TS 4086 (1983). Odunda hacimsel şişmenin tayini, TS 4086, TSE, Ankara, Türkiye.
- TUİK (2019). [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr). Erişim Tarihi 27.07.2019.
- Tutuş, A., Çiçekler, M. ve Ayaz, A. (2016). Kayısı (*Prunus armeniaca* L.) odunu yongalarının kâğıt hamuru ve kâğıt üretiminde değerlendirilmesi. *Türkiye Ormancılık Dergisi*, 17(1), 61-67. doi: 10.18182/tjf.29700
- Tutuş, A., Çiçekler, M. ve Küçükbey, N. (2016). Pulp and paper production from bitter orange (*Citrus aurantium* L.) woods with soda-ash method. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 16(1): 14-18.
- Tutuş, A., Çiçekler, M., Bektaş, İ., Odabaş-Serin, Z. ve Özdemir, F. (2018). Investigation of the chemical morphological properties of lamas lemon tree wood growing in the Erdemli, Proceedings Book of International Erdemli Symposium, 19-21 April 2018, 894-899, Erdemli-Mersin, Turkey.
- Tutuş, A., Çiçekler, M., Özdemir, F. ve Yılmaz, U. (2014). Kahramanmaraş koşullarında yetişen Trabzon hurma ağacı (*Diospyros kaki*)'nin kâğıt hamuru ve kâğıt üretiminde değerlendirilmesi, II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24 Ekim 2014, Isparta, s.775-784.
- Tutuş, A., Ezici, A.C., Ateş, S. (2010). Chemical, morphological and anatomical properties and evaluation of cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.) in pulp industry. *Scientific Research and Essays*, Vol. 5(12):1553-1560.
- Walia, Y. K. (2013). Chemical and physical analysis of *Morus nigra* (Black mulberry) for its pulpability. *Asian Journal of Advanced Basic Sciences*, 1(1), 40-44.
- Wise, E.L. v Karl, H.L. (1962). Cellulose and hemicelluloses in pulp and paper science and technology. In: Earl, C.L. (Ed.) Vol. 1: Pulp, McGraw Hill-Book Co., New York.
- Yaman, B. (2014). Anatomical differences between stem and branch wood of *Ficus carica* L. subsp. *carica*. *Modern Phytomorphology*, 6: 79-83.



# Leed Sertifikasyon Sistemi Bağlamında Sürdürülebilir Kentleşme Projesi: Atatürk Orman Çiftliği Örneği

İlknur Akıner<sup>1\*</sup>, Muhammed Ernur Akıner<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Antalya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9550-146X)

<sup>2</sup> Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Çevre Koruma ve Kontrol, Antalya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5192-2473)

(İlk Geliş Tarihi 24 Mart 2020 ve Kabul Tarihi 30 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.708262)

**ATIF/REFERENCE:** Akıner, İ. & Akıner, M. E. (2020). Leed Sertifikasyon Sistemi Bağlamında Sürdürülebilir Kentleşme Projesi: Atatürk Orman Çiftliği Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 850-857.

## Öz

Kentsel planlama ve tasarım disiplinlerinin de gündeminde olan çevresel problemler, içinde bulunduğumuz yüzyılın en önemli sorunudur. Oysa 1920'lerde çevre bilincinin, tüm dünyada, henüz bu kadar yaygın olmadığı bir dönemde, Türkiye Cumhuriyeti'nin kurucusu Atatürk, Atatürk Orman Çiftliği'ne (AOC) bağlı çevre sorunlarının başarılı bir şekilde ele alınması bağlamında, çevre bilincini yaymaya çalışmıştır. Atatürk Orman Çiftliği, Türkiye için çok önemli bir değerdir ve çevre bilincinin oluşmasında çok önemli bir rol oynamıştır. Bu değer iki farklı nedeni vardır. Birincisi, tarihsel açıdan bakıldığında, Türkiye Cumhuriyeti'nin 1923'te ilan edilmesi sırasında Türkiye'nin azim ve kararlılığının bir göstergesidir. Yeni kurulan başkent, tarım ve hayvancılık alanında örnek teşkil etmekte, diğer bir deyişle ülke çapında çevre bilincinin oluşturulmasında öncülük etmektedir. Atatürk Orman Çiftliği projesi, tarım için uygun bir arazi yapısına sahip olmamasına rağmen, Ankara'nın bataklık ve çorak alanlarında çevre problemlerinin gündeme getirilmesi adına başarıyla yürütülmüştür. İkinci önemli neden ise, AOC çevre problemleri bağlamında yeni başkent için kentsel planlamanın potansiyel tetikleyicisi olmuştur. Atatürk Orman Çiftliği, kentsel planlama projesi uygulama sürecinde, çevre konularında farkındalık düzeyinin artırılması ile birlikte ulusal politikanın bir sembolü olarak büyük bir sürdürülebilir kent eksenini değerlendirilmektedir. Bu araştırma ağırlıklı olarak Atatürk Orman Çiftliği ve sürdürülebilirlik sürecinin çevre duyarlılığı hakkında uluslararası politikalar aracılığıyla değerlendirilmesi ve sorgulanmasına dayanmaktadır. Ayrıca, bu araştırma AOC'nin bugünkü durumunu dikkate almamaktadır, Mustafa Kemal Atatürk dönemi içindeki tarihsel süreç üzerine yoğunlaşmaktadır. Planlama kavramı ve ortaya çıkan planlama ilkeleri ve politikaları, LEED (Leadership in Environment and Energy Design) çevre değerlendirme belgelendirme sistemine dayalı proje bazlı bir çevresel değerlendirme olarak ele alınmakta ve tartışılmaktadır. Atatürk Orman Çiftliğinin evrim süreci ve çevre duyarlılığı, LEED uluslararası değerlendirme sistemi ile "belgelendirilmemiş bir örnek olay" çalışması olarak kuruluş dönemi içerisinde ele alınmaktadır. Dolayısıyla, o dönemki şartların günümüze kadar muhafaza edilmesi durumunda ileriye dönük bir projeksiyon olarak LEED sertifikasyon sistemi bağlamında değerlendirilmektedir. AOC, LEED sisteminin yenilikçi sürdürülebilir (yeşil) altyapı, tasarım süreci ve mahalle dokusu kategorileri aracılığıyla kentsel projeler ve sürdürülebilirlik değerlendirme ilkeleri açısından analiz edilmekte, sorgulanmakta ve akıllı büyüme, şehircilik ve yeşil bina açısından iyi performans gösteren örnek geliştirme projelerini onaylamak için tasarlanmış olan LEED Mahalle Gelişimi sisteminin (LEED-ND; (LEED v4 for Neighborhood Development Plan, 2009) Akıllı Konum ve Bağlantı, Mahalle Dokusu ve Tasarımı, Yeşil Altyapı ve Binalar, İnovasyon ve Tasarım Süreci, Bölgesel Öncelikli Kredi kategorileri doğrultusunda puanlanmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Atatürk Orman Çiftliği, Çevresel Değerlendirme, LEED (Leadership in Environment and Energy Design), LEED-ND v4 Mahalle Gelişimi Planı, Sürdürülebilir Kentleşme Projesi, Kentsel Tarım.

## Sustainable Urbanization Project in the Context of Leed Certification System: A Case study of Ataturk Forest Farm

### Abstract

One of the most burning and leading issues of the 21st century is an environmental problem on the agenda of contemporary urban planning and urban design disciplines. In the 1920s, environmental awareness was not yet widespread through the whole world. During this period, Ataturk, the founder of the Republic of Turkey sought to spread environmental awareness in the context of successfully addressing environmental problems linked to Ataturk Forest Farm (AFF). Ataturk Forest Farm is a very important value for Turkey and it was played an enormously significant role in generating environmental awareness. This value has been attributed to twofold reasons.

\* Sorumlu Yazar: Akdeniz Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Antalya, Türkiye, ORCID: 0000-0002-9550-146X, [ilknurakiner@gmail.com](mailto:ilknurakiner@gmail.com)



From the historical point of view, it is an indicator of the perseverance and determination of Turkey during the proclamation of the Republic of Turkey in 1923. The newly established capital was claim to being the example and pioneer in the field of agriculture and animal husbandry in other words environmental awareness within the whole country. Nevertheless, hardly a suitable land for agriculture should be shown to be brought into the country in terms of environmental problems. In spite of the fact that Ataturk Forest Farm project has been successfully conducted in a marshland and bad lands of Ankara the capital in Turkey. The second important reason was the potential trigger effect of urban planning for the new capital in terms of environmental problem. Ataturk Forest Farm as a huge green urban axis as a symbol of national politics together with increasing awareness level on environmental issues to the urban planning projects implementation process. The research on the subject is mainly majored on Ataturk Forest Farm and the evaluation of the sustainability process of the sensitivity about the environment is analyzed by international politics and the process is questioned for AFF. The planning concept and the emerging planning principles and politics are discussed as a project based environmental assessment which is reference to the LEED (Leadership in Environment and Energy Design) Environmental Assessment Certification System. The evolution process and environmental sensitivity of Atatürk Forest Farm are handled during the establishment period as an "undocumented case study" with the LEED international evaluation system. Therefore, in the context of the LEED certification system, it is considered as a prospective projection if the conditions at that time have been preserved to date. Through its innovative sustainable (green) infrastructure, design process, and neighborhood texture categories, AFF is analyzed, questioned, and designed to approve example development projects that perform well in terms of smart growth, urbanism and green building, through the innovative sustainable (green) infrastructure, neighborhood texture categories. Its development system (LEED-ND; (LEED v4 for Neighborhood Development Plan, 2009) is scored in line with Smart Location and Connection, Neighborhood Texture and Design, Green Infrastructure and Buildings, Innovation and Design Process, Regional Priority Credit.

**Keywords:** Ataturk Forest Farm, Environmental Assessment, LEED (Leadership in Environment and Energy Design), LEED v4 for Neighborhood Development Plan, Sustainable Urbanization Project, Urban Agriculture.

## 1. Giriş

Hızlı kentleşme, şehirlerde yeşil alanlara duyulan ihtiyacı arttırmaktadır. Tarihsel gelişim sürecinde, kentsel tarım şehirlerin sürdürülebilirliğini artırmak açısından antik Mısır'dan bu yana önemli bir rol oynamaktadır. Sürdürülebilir kalkınma stratejisi kapsamında, kentsel-kırsal bağlantılar kentsel alanlarda yaşam kalitesini arttırmaktadır. Mougeot'a (2000) göre, kentsel tarım, kentsel merkezlere belirli hizmetlerin sağlanması için öncelikle kentsel temelli kaynakları kullanarak kentsel merkezlere yakın alanlarda uygulanan tarımdır. Diğer bir deyişle, kentsel tarım kentsel yoksulluğun azaltılmasına yardımcı olmaktadır ve hane halklarının gıda güvenliğini, doğanın ve şehir yaşamının sağlıklı bir kombinasyonu ile birlikte geliştirmektedir. Buna göre, yaşam alanlarımıza yakın ürün yetiştirmek, vatandaşların doğrudan üreticiden taze ve sağlıklı gıdalara ulaşmalarını sağlamaktadır. Sonuç olarak, gıda üretimimizi yaşam alanlarımızın dışına sürmek yerine, paketlenmiş veya dondurulmuş gıda satan büyük pazarlara götürmek yerine, mahallemizde tutabildiğimiz zaman sağlıklı ve taze gıda ürünlerine olan uzaklığı azaltabiliriz. Kentsel tarım ayrıca şehir için ekstra yeşil alan sağlayarak ve sağlık standartlarını da geliştirmektedir (Mougeot, 2000).

Başkent Ankara, yaklaşık 100 yıl öncesine dayanan Atatürk Orman Çiftliği (AOÇ) gibi sürdürülebilir kentleşme projesiyle kurulmuştur. Bu çiftlik, kentsel tarım gelişmelerinin öncü örneklerinden biri olarak gösterilmektedir. AOÇ, "kentsel tarım" kavramı ile ilgili olarak, gıda, iş gücü, eğitim ve rekreasyon olanakları sağlama gibi işlevleri de barındırmaktadır. Kuruluş amacı itibarıyla kentleşme sürecinde başta gıda ürünleri sağlamak, eğitim ve istihdam fırsatları yaratmak için projelendirilmiştir. Ayrıca, bu çiftliğin sınırları içerisinde, piknik alanları, göletler, sosyal aktiviteler, eğitim alanları ve spor tesisleri de dahil olmak üzere, Türkiye'nin ilk Milli Botanik Bahçesi'nin yapılması planlanmıştır (Açıksöz, 2004).

AOÇ, 5 Mayıs 1925 tarihinde kurulmuş olup, Türkiye'nin gelişmemiş tarım ve yeşil alanlarına rehberlik etmek amacıyla Atatürk'ün kişisel girişimi ile bir çiftlik olarak 55.000 dekarlık arazide yer almıştır. Dönem itibarıyla yeni gelişen tarım teknikleri, üretilen tahıl ve diğer ürünler beraberinde, ilkel koşullarda çiftçilik yapan geniş köylü kitleleri ile paylaşımı amaçlamıştır. Çiftlik, tamamlayıcı tarım fonksiyonları ve ilk aşamada büyük çaplı bir "toprak ıslahı" ile Türkiye Cumhuriyeti'nin kurulması sırasında planlı bir gelişme göstermiştir. Konu ile ilgili literatür kapsamında taranan kaynaklarda çiftlik arazisinin tarım için uygun olmadığı belirtilmektedir. Öte yandan, çiftliğin, yardımcı binalar ve sürdürülebilir tarım alanı aracılığıyla sağlıklı gıda ve tarımsal üretim merkezi olarak tasarlandığı anlatılmaktadır. Sürdürülebilir malzeme ve tekniklerin kullanımı ile birlikte çiftlik projesi aracılığıyla konaklama, eğlence ve dinlenme tesisleri sağlanmıştır (Öztoprak, 2006; Köroğlu, 2009; Kalıpçı, 2010). Bu bağlamda, Atatürk Orman Çiftliği, devlet çiftliklerinin kurulması için öncü bir kentleşme projesi ve tarımın bilimsel yöntemler ve modern teknoloji kullanılarak dönüştürülmesinin ilk örneği olarak görülmektedir. Ankara'nın nispeten verimli olmayan topraklarında kamu iktisadi teşebbüsünün en büyük başarılarından birini yaratmıştır. Tarımın ilgili endüstrilerle birlikte gelişmesi, yenilikçi tarım tekniklerinin geliştirilmesi ve denenmesi, tarım iş gücünün eğitimi, kooperatifler altındaki üreticilerin örgütlenmesi ve insan kaynaklarının geliştirilmesi, çiftliğin kurulmasındaki temel hedefler arasında yer almaktadır (Keskinok, 2010). Keskinok (2010), verimli olmayan bir toprağın seçiminin bilinçli ve ideolojik bir yaklaşım olduğunu belirtmektedir. Kırsal kesimde yaşayan insanların yaşamlarını ve çalışma koşullarını değiştirme amacı da güden çiftlik öncelikle üretken bir yer olarak geliştirilmiş, ancak aynı zamanda kent sakinlerinin ihtiyacı için eğlence ve kültürel alanları da sunmuştur. Son yıllarda çevre problemlerinde önemli bir rol oynayan günümüz çevre politikaları, mevzuat ve yönetmelikleri; 1920 yılında Atatürk tarafından tarım projesi planlama ve organizasyon aşamalarıyla stratejik yönetim açısından ele alınmıştır (Köroğlu, 2009; Kalıpçı, 2010).

Çevreyle ilgili artan küresel farkındalığın ve insan ile doğa arasındaki bağlantıya yönelik algının kavramsal ve teorik arka planı 20. yüzyılın sonlarında başlamıştır. Çevresel problemler ve enerji krizleri küresel ölçekte yaygınlaşmaya başlamış, ayrıca 1960'ların



sonlarında ve 1970'lerin başlarında sürdürülebilir kalkınma çağı da ortaya çıkmıştır. Kentsel tarım hareketi kavramı, kentlerin daha sürdürülebilir bir gelecekte varolmaları için dünya çapında önemli bir strateji olarak kabul edilmiştir (World Commission on Environment and Development, 1987). Sürdürülebilir politikalara dayalı çevresel ve sosyal konularda şehir planlama stratejilerinin benimsenmesi gerekliliği Birleşmiş Milletlerin çevre üzerine düzenlediği konferans kapsamında, Agenda 21'de vurgulanmıştır (United Nations Conference on Environment and Development, 1992).

Yerleşim ve Kentleşme, 2007-2013 için 9. Kalkınma Planı Raporu (2007), Türkiye'de sürdürülebilir şehir çözümleri için kentsel tarım kavramlarının rolüne işaret etmektedir. Birçok araştırmacıya göre, Atatürk Orman Çiftliği, modern tarım ve sanayi üretim tekniklerini bir araya getirip, sosyal ve kültürel aktivitelerle birleştirerek bir kentsel çiftliği geliştirip yeni bir toplumun temelini oluşturmak için Türkiye Cumhuriyeti'nin temel kuruluş felsefesini temsil eden eşsiz bir mekansal proje olarak karşımıza çıkmaktadır (Kalıpçı, 2010; Kaçar, 2011). Sonuç itibarıyla kuruluş sürecinde AOÇ, basit bir arazi sorunu ya da kültürel miras sorunu olarak görülmemektedir. Türk milletinin kültürel dönüşümüne bilinçli bir katkı olarak değerlendirilmektedir (Kaçar, 2011). Bu araştırmanın amacı iki yönlüdür; birincisi kentsel tarımın tarihi evrimini, sürdürülebilir bir kentsel proje - AOÇ ile vurgulamaktır. Diğer ise, kuruluş dönemi içinde bulunduğu planlama ilkeleri ve politik yapı bağlamında ve kentleşme projesinin belirli dinamikleri çerçevesinde, LEED sertifikasyon sistemi kategorileri aracılığıyla AOÇ projesini analiz etmek ve puanlamaya çalışmaktır. Bu nedenle, araştırma sorusu, AOÇ projesinin uluslararası bir çevresel değerlendirme sistemi ile belgelendirilme olasılığına odaklanmaktadır.

## **2. Atatürk Orman Çiftliği'nin Tarihsel Gelişimi ve Sürdürülebilir Kalkınma**

### **2.1. AOÇ'nin kuruluşu ve gelişimi**

5 Mayıs 1925 tarihinde kurulan Atatürk Orman Çiftliği, tarımsal, endüstriyel ve ticari bileşenlerin yanı sıra dinlenme ve boş zaman değerlendirme aktiviteleriyle ilgili bir sürdürülebilir kentsel proje olarak tasarlanmış ve geliştirilmiştir. Atatürk Orman Çiftliği örneği, sürdürülebilir bir kentleşme projesi modeline dönüşerek yeni yaşam biçimleri sergilemiş ve batıdan başkente giren demiryolu boyunca genç Türkiye Cumhuriyeti dönemi için yeni bir imaj ortaya çıkartmıştır. Bu nedenle, İstanbul'dan başkent Ankara'ya yaklaşırken, AOÇ projesi modeli, yeni rejimin dönüşümünün bir göstergesi olarak görülmüştür ve tüm ülkeye yayılacak yeniliklerin ve yeni toplumun kurucusu olması istenmiştir (Kaçar, 2011). Arazi geliştirme ve parsellere ayırma; çevrenin güzelleştirilmesi; yerli ve yabancı canlı stokların araştırılması ve en uygun olanların yetiştirilmesi; kooperatifler ve ekonomik ortaklık yoluyla çevre köylerle örgütlenme; üretim faaliyetinin iç ve dış pazarlara göre düzenlenmesi; yurtiçinde çeşitli yerlerde acentelerin kurulması; tarımsal prosedürlerde reform, köylerin üretimini ve gelişimini arttırmak; tarımsal üretim alanlarının gelişimi, halk için uygun fiyatlı ve sağlıklı gıdalar; insanların rekreasyon ve dinlenme ihtiyaçları için kamusal alanların oluşturulması, çiftliğin kurucu ilkeleri arasında yer almaktadır (Keskinok, 2010).

Keskinok (2010), bu tür kamu çiftliklerinin ekonomik katkılarının yanı sıra tarımsal üretim, istihdam olanakları ve buldukları yerleşim yerlerinde ticari ve küçük sanayi sektörleri üzerindeki çoğalma etkilerinin de kamu hizmeti sağlanması açısından dikkate değer olduğunu belirtmektedir. Bu tür çiftliklerde oluşturulan kampüs benzeri planlı ve tasarlanmış çevre, yakın yerleşimler için bir model olmuştur. Zamanla, bu işletmeler yakın yerleşimlerle sadece ekonomik açıdan değil, aynı zamanda üretime dayalı bir kent kültürünün yaratılmasında da organik ilişkiler geliştirmişlerdir (Keskinok, 2010). Genç cumhuriyetin ilk planlı kentsel alanı olan AOÇ, tarım, sanayi ve ticaret için bir model olarak kurulmuş, aynı zamanda rekreasyon hizmetleri de veren kamusal ortak alan olarak tasarlanmıştır (Öztoprak, 2006; Alpagut, 2010; Kaçar, 2011).

Atatürk Orman Çiftliği, kuruluş itibarıyla geniş bir rekreasyonel tarım alanı olmakla beraber, bünyesinde pekçok küçük çiftlik alanı ve işletmeyi de barındırmaktadır. Bunlar sırasıyla, endüstriyel ve tarımsal üretim alanları, seralar, restoranlar, kiler, fırınlar, mutfak ve çamaşırhaneler, bir süt çiftliği, bira fabrikası, konut birimleri, personel ve aileleri için lojman, kreş, konaklama yerleri, hangar, modern atölye, tahıl ambarı, ilk etapta yüz inek için bir ahır, süt satış dükkanı, civar bölgelerde yaşayanlar için rekreasyon alanı, doğal peyzaj, parklar ve bahçeler, havuzlar, yönetim birimleri, hayvanat bahçesi, su pompası ve tren istasyonundan oluşmaktadır (Alpagut, 2010).

Öztoprak (2006), AOÇ toprak yapısının hem ulusal hem de uluslararası uzmanlar tarafından çiftlik projesi uygulama aşamasından önce laboratuvar koşullarında bilimsel yöntemlere göre dikkatli bir şekilde incelendiğini belirtmektedir. İnceleme sonuçlarına bakıldığında AOÇ arazisinin çoğu bu analizlere göre yetersiz kalmıştır (Öztoprak, 2006; Kaçar, 2011). Çiftlik için seçilen arazi toprak yapısının, tarihi belge niteliğinde ilgili kaynaklar aracılığıyla günümüze dek ulaşan laboratuvar tutanaklarında yer alan olumsuz analiz sonuçlarına rağmen, Atatürk'ün, çiftlik projesinin hayata geçirilmesi için bu verimsiz ve sağlıksız arazileri bilhassa seçtiği ifade edilmektedir. Demiryolu boyunca uzanan bataklık ve çorak topraklarda özellikle tarım yapılarak her durumda en kötümser koşulları yönetebilmenin mümkün olduğunu kanıtlamak amacıyla Atatürk'ün böyle bir karara imza attığı iddia edilmektedir. Dönem içerisindeki bilirkişilerin olumsuz raporlarına rağmen, tarım, hayvancılık ve rekreasyon için uygun alanlara oldukça rasyonel bir yaklaşımla karar verildiği belirtilmektedir (Öztoprak, 2006; Keskinok, 2010; Kalıpçı, 2010; Kaçar, 2011). Bu süreçte Ankara'nın, İstanbul'un sahip olduğu doğal güzellikler ve kaynaklardan yoksun olduğuna ilişkin görüşler de yer aldığından, bu yaklaşımın, o dönemde Ankara hakkındaki karamsar argümanların çürütülmesi için de son derece önemli olduğu varsayılmaktadır (Öztoprak, 2006; Kalıpçı, 2010; Kaçar, 2011). Sulama, toprağı zenginleştirmek açısından çok önemlidir. Bu nedenle, farklı mevsimlerde yağmurun toplanması ve mevcut akarsuların tarhalara yönlendirilmesi için kanallar ve barajlar yapılmıştır. Toplanan yağmur suyu ve sulama suyunu artırmak oluşturulan yüzme havuzları, başkentin çorak topraklarındaki sakinler için cazibe merkezi olmuştur (Öztoprak, 2006). Atatürk, geleneksel yöntemlerin yerine modern araçlarla tarım ve sanayi üretim tekniklerini bizzat kendisi bu ekipmanları kullanarak göstermiştir. Böylelikle, savaş sonrası ekonomik kriz sırasında daha az çaba ile daha fazla ürün üretilme yoluna gidilmiştir (Öztoprak, 2006). Öztoprak (2006) çiftlik projesi'nin kuruluş aşamasından sonraki ilk yıllarda AOÇ'de bir milyondan fazla ağaç yetiştirildiğini ifade etmektedir. Şekil 1, 2, 3, ve 4'te AOÇ'den ilk yıllara ilişkin belgelenmiş bazı fotoğraflar yer almaktadır.



Şekil 1. Atatürk, AOÇ'de traktör kullanırken, 1929



Şekil 2. Atatürk, AOÇ Marmara havuzunda, 1935



Şekil 3. AOÇ 'Karadeniz havuzu', 1939



Şekil 4. AOÇ tren istasyonu, 1926

Fotoğraflar: <http://www.aoc.gov.tr>

## 2.2. Kentsel Sürdürülebilirlik: Kentsel tarımın rolü

Dünya Çevre Günü (World Environment Day - WED), doğayı ve gezegenimiz dünyayı korumak adına olumlu çevresel etkinlikleri ve küresel farkındalığı artırmak için her yıl 5 Haziran'da kutlanmaktadır. 5-17 Haziran 1972'de İsveç, Stockholm'de Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından gerçekleştirilen İnsan ve Çevre konulu konferansta alınan kararla o tarihten itibaren bütün dünyada kutlanmaya başlamıştır. Oysa, Atatürk tarafından, 25 Mayıs "Çiftlik Bayramı" olarak resmen ilan edildiğinde "Dünya Çevre Günü" kutlaması fikri henüz ortada yoktur. 25 Mayıs 1933'te "Hakimiyeti Milliye" gazetesi tarafından yayınlanan habere göre, "Çiftlik Bayramı" büyük bir coşkuyla kutlanmıştır. Ayrıca, yerel bir gazetede, yaklaşık 4 milyon ağaç türüyle, üzüm bağları, meyve bahçeleri, parklar, göller ve bahçelerle, AOÇ'nin sekizinci yıldönümünde, tarım ve orman alanlarında dikkate değer kazanımlar elde edildiğini bildiren haber yer almaktadır (Kalıpçı, 2010).

Atatürk, gelişmiş medeniyetler seviyesine ulaşmanın yolunun sürdürülebilir ekonomik büyümeye bağlı olduğunu pek çok kez dile getirmiştir. Sanat, bilim ve teknoloji gibi medeniyetin ana unsurları ile birlikte, endüstriyel gelişimin gerçek bir bağımsızlık için gerekli olduğunu da bu bağlamda ifade etmiştir (Öztoprak, 2006; Kaçar, 2011). Sürdürülebilir kalkınma terimi ilk olarak 1970'lerde G.H. Brundtland (Brundtland Komisyonu) tarafından ortaya atılmıştır ve "equity" olarak tanımlanmaktadır (diğer bir deyişle yerel kaynakları, bilgiyi ve yerel teknolojiyi kullanarak bağımsız kalkınma): "Gelecek nesillerin kendi ihtiyaçlarını karşılayabilme yeteneğinden ödün vermeden bugünün ihtiyaçlarını karşılayan gelişme" olarak tanımlanmaktadır. Bunu takiben, 1987 yılında Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu tarafından, "sürdürülebilir kalkınma" ifadesini resmen tanıtan ve 1992 yılında Rio Dünya Zirvesi'nde çalışmaların daha da tamamlandığı "Ortak Geleceğimiz" veya Brundtland Raporu'nu yayınlamıştır (Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu, 1987).

Başka bir deyişle, 1972 ile 1992 yılları arasında, çevre koruma kavramı politik bir biçimden ekonomik bir gündem haline dönüşmüştür. Daha sonra kentsel planlama ve tasarımla ilgili meslekler sürdürülebilirlik kavramından etkilenmiştir. Konsept genişledikçe, yaşanabilir topluluklar ve sürdürülebilir şehirler gibi türler meydana gelmiştir. Şu bir gerçek ki, sürdürülebilirlik kavramı sadece bilimsel bir terim değildir, aynı zamanda bir hareket ve şehirler gibi karmaşık sistemlerde bile değişiklik yaratacak bir yaşam tarzıdır (Kibert ve Grosskopf, 2006; Cole, 2006). Kentsel tarım, kentsel sürdürülebilirliğin desteklenmesi için hayati öneme sahip çözümlerden biri olarak görülmektedir. "Kentsel tarım", İstanbul'daki 1996 Birleşmiş Milletler Habitat konferansında, kentlerde ve

çevresindeki yoğun bitki yetiştirme ve hayvancılık yoluyla gıda ve diğer ürünlerin yetiştirilmesi, işlenmesi ve dağıtılmasını tanımlamak için popüler hale gelen nispeten yeni bir terimdir (Butler ve Maronek, 2002).

### 3. Araştırma Yöntemi

Bazı uluslararası organizasyonlar ve yaptıkları çalışmalar içinde bulunduğumuz şu dönemde sürdürülebilir kalkınma hareketini yaygın bir şekilde etkilemişlerdir. Bu organizasyonlar arasında nispeten popüler olan ABD Yeşil Bina Konseyi (USGBC - Green Building Council) 1993 yılında LEED (Enerji ve Çevresel Tasarımda Liderlik - Leadership in Energy and Environmental Design) başlığı altında yapı endüstrisini çevreye daha duyarlı bir bakış açısına dönüştürmeyi amaçlayan bir derecelendirme ve değerlendirme sistemi geliştirmiştir (Kibert & Grosskopf, 2006). LEED, sertifikalı, gümüş, altın ve platin olmak üzere dört farklı düzeyde sertifikasyon sağlamaktadır. LEED'in yapısı, her bina tipinin uygun kategorilere göre derecelendirilmesi için tasarlanmıştır. Çeşitli kullanım ve geliştirme aşamalarında birçok LEED standardı vardır. Dünya çapında yaygın olarak kullanılan versiyonu, yeni yapılar için LEED'dir; LEED-NC: ticari binalar (commercial buildings); LEED-EB: Mevcut binalar (Existing Buildings); LEED-CI: Ticari İç Mekanlar (Commercial Interiors); LEED-H: Konutlar (Homes); LEED-CS: Çekirdek ve Kabuk Projeler (Core and Shell Projects); LEED-ND: Mahalle Gelişimi (Neighborhood Development) gibi farklı başlıklar altında gruplandırılabilen belgelendirme sistemleri de mevcuttur (The U.S. Green Building Council (USGBC), 2014). Mahalle Gelişimi için LEED (LEED-ND); LEED v4 for Neighborhood Development Plan), akıllı büyüme, şehircilik ve yeşil bina açısından iyi performans gösteren örnek geliştirme projelerini onaylamak için tasarlanmıştır. LEED-ND'nin Kredi Kategorileri, derecelendirme sistemine dahil edilmiştir: Akıllı Konum ve Bağlantı, Mahalle Doku ve Tasarımı, Yeşil Altyapı ve Binalar, İnovasyon ve Tasarım Süreci, Bölgesel Öncelikli Kredi olmak üzere sınıflandırılmıştır. Sürdürülebilir alan kategorisi sürdürülebilir bir alanın tüm yönlerini içerir ve hafriyattan ışık kirliliğine kadar bina verimliliğini ayrıntılı olarak değerlendirmeye çalışmaktadır. Bu değerlendirme sistemlerinin arkasındaki temel ilke, hedef kitlenin kültürünü değiştirmek, özellikle daha iyi ve sürdürülebilir bir topluma sahip olmak ve en az çevresel etkilere sahip olmaktır (Beatley, 2000). Bu çalışmada, AOÇ evrim süreci ve çevre duyarlılığı, LEED uluslararası değerlendirme sistemi ile belgelendirilmemiş bir vaka etüdü çalışması olarak kentsel projeler ve sürdürülebilirlik değerlendirme prensipleri açısından analiz edilmekte ve sorgulanmaktadır. Bu nedenle, AOÇ yeşil kentleşme projesi, LEED Mahalle Gelişimi sistemi kategorileri ile bir vaka çalışması olarak puanlanmaktadır.

Yapıları çevreleri ile birlikte değerlendiren, arazi kullanımı, ulaşım, enerji, biyolojik çeşitlilik gibi konuları çevresel, sosyal ve ekonomik bakış açısıyla değerlendiren ve kentsel ölçekte ele alan mahalle gelişim ilkelerini ortaya koyan LEED-ND tablosu AOÇ projesinin değerlendirilebilmesi için bir araç olarak kullanılmıştır. LEED\_ND proje puan listesinde yer alan bu ilkelerle ve olası puanlarla, AOÇ proje alanında kuruluş sürecinde gerçekleştirilen ve kentsel tasarım ölçeğinde dikkate alınan fonksiyon dağılım tablosundaki oranlar bir gösterge olarak kullanılıp puanlandırma yapılmıştır. Buna göre toplamda kazanılan puan 64 olarak hesaplanmıştır (Tablo 1.). Dolayısıyla, LEED-ND ölçüm sisteminin 2009 yılı rehberinde belirtilen "toplam olası puanların" AOÇ proje alanı üzerinde değerlendirilmesi sonucunda "Proje Puan Listesi" oluşturularak ön koşul ve kredilerin yanı sıra LEED mahalle gelişimi derecelendirme sistemindeki her kredi için AOÇ projesinin kazanabileceği maksimum puan sayısı çıkartılmıştır. AOÇ proje sertifikasyon tahminleri "olası puanlar" üzerinden hesaplanmıştır. Proje Puan Listesi oluşturulurken AOÇ projesi hakkında veri toplama, literatür değerlendirmeleri ve raporlarından türetilmiştir.

### 4. Bulguların Değerlendirilmesi

Atatürk'ün sürdürülebilir kentleşme projesi hakkında öngörüsü yirminci yüzyılın başında ortaya çıkmıştır ve AOÇ projesini genç Cumhuriyetin sürdürülebilir kalkınmasına ilişkin kültürel dönüşümün bir aracı olarak ele almıştır (Öztoprak, 2006; Kalıpçı, 2010; Kaçar, 2011). LEED-ND ölçüm sisteminin 2009 yılı rehberinde belirtilen toplam olası puanların AOÇ proje alanı üzerinde değerlendirilmesi sonucunda "Proje Puan Listesi" oluşturulmuştur. Ön koşul ve kredilerin yanı sıra LEED mahalle gelişimi derecelendirme sistemindeki her kredi için AOÇ projesinin kazanabileceği maksimum puan sayısı Tablo 1'de özetlenmiştir. LEED-ND kriterleri kullanılarak kentsel sürdürülebilirlik göstergeleri AOÇ projesinde test edilmiş ve ölçülmeye çalışılmıştır. Araştırma sonuçlarına dayanarak, bu kriterlere göre AOÇ proje sertifikasyonu toplam 110 olası puan üzerinden 64 puan olarak hesaplanmıştır. AOÇ projesi hakkında veri toplama, literatür değerlendirmeleri ve raporlarından türetilmiştir.

Sertifikalandırılmış sonuçlara ilişkin kriterlerin genel değerlendirmesi, temel olarak LEED-ND puan listesinde yer alan üç sürdürülebilirlik göstergesinin, Akıllı Konum ve Bağlantı, Mahalle Dokusu ve Tasarımı ve Yeşil Altyapı ve Binalar olarak üç kritere ayrıldığını göstermektedir. Akıllı Konum ve Bağlantı kriterleri proje alanına odaklanmakta ve çevre korumasına dikkat çekmektedir.

AOÇ projesi, Akıllı Konum ve Bağlantı kriterlerinin önkoşullarını büyük bir oranda sağlayarak 28 üzerinden 20 puan toplamaktadır. Tablo 1. de görüldüğü üzere, sulak alan ve su kaynaklarının korunumu, çorak alan iyileştirme, tarım arazilerinin korunması, su taşkını önleme ve öncelikli alanlar gibi temel şartları proje kapsamında sağlamaktadır. Aslında, çiftlik projesi, suyun uzun süre toprağı kapladığı bataklık bir arazi üzerinde yer almaktadır. Ancak, yaban hayatı iyi bir proje yönetimiyle başarılı bir şekilde korunmuştur. Araştırma sonuçları, LEED sistemi ve AOÇ proje uygulaması arasındaki temel inancın, sürdürülebilir kalkınma açısından kolektif bilinci arttırmak ve çevresel sorunları azaltmak olduğunu göstermektedir. Tablo 2, ayrıca, tarım alanlarının ve doğal çevrenin AOÇ proje alanının yarısından fazlasını kapsadığını göstermektedir.

Akıllı Konum ve Bağlantı (Smart Location and Linkage) kategorisinde AOÇ'nin inşa edildiği yer öncelikli tarım alanlarını ve sulak alanları muhafaza etmektedir. Hatta tarıma elverişli olmayan alanları da bu anlamda iyileştirmektedir. LEED-ND (LEED v4 for Neighborhood Development Plan) proje puan listesinde, otomobil kullanımı azaltılmış kaliteli ulaşım alanları yaratarak toplu ulaşımı teşvik etmek, mevcut su ve atık su altyapısını oluşturmak, mevcut kasaba ve kentlerin gelişimini desteklemek, bölgedeki koşulları insan ergonomisi ve ihtiyaçları doğrultusunda iyileştirmek, bisiklet, spor ve günlük yürüme gibi fiziksel aktiviteler için gerekli ortamı



sağlamak gibi düzenlemeler, akıllı konum ve bağlantılar için gerekli ön şartları tanımlanmaktadır. AOÇ kentsel proje alanı belirtilen ön şartla ilgili olarak değerlendirildiğinde gerekli koşulları belli oranda sağladığı sonucuna varılmaktadır. Ayrıca, ekolojik toplulukların korunması, sulak alanların ve su kaynaklarının muhafaza edilerek korunması, tarımsal kaynakların ve tarım alanlarının muhafaza edilmesi gibi ön şartları da sağlamaktadır. Belli zaman aralıklarıyla yenilenen LEED-ND (LEED v4 for Neighborhood Development Plan 2009) rehberinden faydalanılarak yapılan puanlamada gerek yaya gerekse araçla kamu sağlığını ve çevre kalitesini artıran ve destekleyen, sürdürülebilirlik özellikleri sergileyen Mahalle Dokusu ve Tasarımı (Neighborhood Pattern and Design) kriterlerine göre toplam 25 puan almaktadır. Dolayısıyla, Mahalle Dokusu ve Tasarımı kriterlerini oluşturan, araç yolcuğunu azaltmak için güvenli yürünebilir sokaklar, arazinin korunması, yaşanabilirliği, toplu taşıma yatırımlarını yükseltmek ve desteklemek için günlük fiziksel aktiviteyi sağlayarak kamusal sağlık risklerini azaltmak için kompakt gelişim, mahalle dokusu standartlarının geliştirilmesi, rekreasyon olanaklarına erişim ve yerel gıda üretimi gibi şartları Tablo 1. ve 2. de görüldüğü üzere %60 oranında yerine getirmektedir. Bu nedenle mahalle dokusu ve tasarımı kriterlerinin %100'ünü yerine getiren bir projenin toplamda alabileceği puan olasılığı 41 iken, AOÇ bu puanların 25'ini toplamaktadır. Yeşil alt yapı ve binalar kriterlerinin tüm şartlarını karşılayan bir projenin alabileceği toplam olası puan 31'dir. Yapı üretimi ve kullanımından kaynaklı olumsuz çevre koşullarının azaltılması, enerji-etkin yapıların tasarımının ve yapımının desteklenmesini amaçlayan Yeşil Altyapı ve Binalar (Green Infrastructure and Buildings) için gerekli ön şartlar puanlandığında toplam 15 puan almaktadır. Minimum bina enerji performansı, yağmur suyu yönetimi, arazi sorunlarının minimize edilmesi ve atık su yönetimi gibi şartları sağlayan AOÇ projesi Tablo 1. ve 2. de görüldüğü üzere %50 oranında gereklilikleri yerine getirmek koşuluyla 15 puan toplamaktadır. Kamu sağlığını gözeten çevresel ve sosyal eşitlik stratejisi güden Bölgesel Öncelik Kredisi (Regional Priority Credit) için ise toplam 4 puan almaktadır. AOÇ proje arazisi, coğrafi açıdan değerlendirildiğinde stratejik konunun dışında, yapısal özelliklerinden kaynaklı şartların düzenlenmesiyle birlikte çevresel, sosyal eşitlik ve kamusal sağlık önceliklerini sağladığından dolayı LEED-ND tablosunda yer alana "bölgesel öncelik" kredisinin şartlarını da doğal olarak yerine getirmektedir.

Tablo 1. AOÇ projesi için LEED-ND proje puan listesi (LEED-ND V4 2009'dan uyarlanmıştır).

LEED Mahalle Gelişimi (LEED-ND) Proje puan listesi (2009)		AOÇ Projesi	
Proje Alanı (Belgelendirme Hesapları)		Toplam Olası Puan	110 Puan
<b>Belgelenmiş:40-49 puan, Gümüş:50-59 points, Altın:60-79 puan, Platin: 80+ puan</b>			
<b>Akıllı konum &amp; Bağlantı</b>		<b>Puan Olasılığı 28</b>	
Önşart 1	Akıllı Konum	Temel Şart	Evet
Önşart 2	Nesli tehlikede olan Türler ve Ekolojik Toplulukların Korunması	Temel Şart	Evet
Önşart 3	Sulak alan ve su kaynaklarının korunumu	Temel Şart	Evet
Önşart 4	Tarım arazilerinin korunması	Temel Şart	Evet
Önşart 5	Su Taşkımlı Önleme	Temel Şart	Evet
Kredi 1	Öncelikli alanlar	10	10
Kredi 2	Çorak alan iyileştirme	2	2
Kredi 3	Otomobil kullanımı azaltılmış kaliteli ulaşım alanları	7	2
Kredi 4	Bisiklet ulaşımı	2	1
Kredi 5	Konut alanları ve işyerine uzaklığı	3	1
Kredi 6	Dik eğimli topoğrafyanın korunması	1	1
Kredi 7	Habitat / Sulak Alanlar için alan tasarımı ve Su Kaynaklarının Korunması	1	1
Kredi 8	Habitat / Sulak Alanlar için alan tasarımı ve Su Kaynaklarının iyileştirilmesi	1	1
Kredi 9	Habitat / Sulak Alanlar için alan tasarımı ve Su Kaynaklarının uzun vadede Korunması için yönetim modeli oluşturma	1	1
			<b>20</b>
<b>Mahalle Dokusu &amp; Tasarımı</b>		<b>Puan Olasılığı 41</b>	
Önşart 1	Yürünebilir sokaklar	Temel Şart	Evet
Önşart 2	Kompakt geliştirme (Mahalle dokusu standartlarının geliştirilmesi)	Temel Şart	Evet
Önşart 3	Bağlantılı ve Açık Topluluk	Temel Şart	Evet
Kredi 1	Yürünebilir sokaklar	9	6
Kredi 2	Kompakt geliştirme	6	2
Kredi 3	Karma Kullanımlı Mahalle dokusu	4	3
Kredi 4	Faklı konut tipleri ve gelir düzeyi	7	4
Kredi 5	Azaltılmış Park izi	1	
Kredi 6	Bağlantılı ve açık ulaşım ağı	2	2
Kredi 7	Toplu taşıma olanakları	1	1
Kredi 8	Ulaşım Talep Yönetimi	2	
Kredi 9	Sivil ve Kamusal Mekana erişim	1	1
Kredi 10	Rekreasyon olanaklarına erişim	1	1
Kredi 11	Görünürlük ve Evrensel Tasarım	1	1
Kredi 12	Sosyal Yardımlaşma ve Destek gruplarına katılım	2	2

Kredi 13	Yerel Gıda Üretimi	1	1
Kredi 14	Ağaç kaplı ve gölgeli sokaklar	2	1
Kredi 15	Yakın çevre okullar	1	
			25
<b>Yeşil Altyapı &amp; Binalar</b>		<b>Puan Olasılığı 31</b>	
Önşart 1	Belgelendirilmiş Yeşil Bina	Temel Şart	Evet
Önşart 2	Minimum bina enerji performansı	Temel Şart	Evet
Önşart 3	İç mekan su kullanımının azaltılması	Temel Şart	Evet
Önşart 4	İnşaat Faaliyeti Kirliliği Önleme	Temel Şart	Evet
Kredi 1	Belgelendirilmiş Yeşil Bina	5	2
Kredi 2	Optimize edilmiş bina enerji etkinliği	2	1
Kredi 3	İç mekan su kullanımının azaltılması	1	
Kredi 4	Açık alan su kullanımının azaltılması	2	1
Kredi 5	Binanın yeniden kullanımı	1	
Kredi 6	Tarihi kaynak koruma ve yeniden kullanıma uyarlama	2	
Kredi 7	Arazi sorunlarının minimize edilmesi	1	1
Kredi 8	Yağmur suyu yönetimi	4	4
Kredi 9	Isı adasının azaltılması	1	1
Kredi 10	Güneş enerjisine yönelik konumlandırma	1	1
Kredi 11	Yenilenebilir enerji üretimi	3	1
Kredi 12	Bölgesel ısıtma ve soğutma	2	
Kredi 13	Enerji altyapısı verimliliği	1	
Kredi 14	Atık su yönetimi	2	2
Kredi 15	Geridönüşümlü ve geri kullanımlı altyapı	1	
Kredi 16	Katı atık yönetimi	1	
Kredi 17	Işık kirliliği azaltma	1	1
			15
<b>İnovasyon &amp; Tasarım Süreci</b>		<b>Puan Olasılığı 6</b>	
Kredi 1	İnovatif ve Örnek Performans		
Kredi 2	Akredite LEED uzmanı		
<b>Bölgesel Öncelik Kredisi</b>		<b>Puan Olasılığı 4</b>	
Kredi 1	Bölgesel Öncelik		4
			4
<b>AOÇ Proje Alanı (Belgelendirme Hesapları)</b>		<b>64 Puan</b>	

Tablo 2. AOÇ Proje Alanının Fonksiyon Hesaplaması (T.C. Sayıştay Başkanlığı, 2013)

AOÇ Proje Alanının Fonksiyon Tablosu	Alan (m2)	%
İdari birimler	1,092,034	2,0
Konut birimleri	3,090,595	5,6
Tarım alanı ve ürünleri (üzüm bağları, meyve ve sebze bahçeleri, tavuk çiftliği, arıcılık ve mandıra, alışveriş alanları)	7,399,562	13,3
Tahıl ambarı	2,325,900	4,2
Endüstriyel ürünler (bira, soda, süt ürünleri, alışveriş alanları)	17,800	0,0
Eğlence-dinlenme, konaklama alanları (otel binası, hamam)	162,316	0,3
Yeme-içme alanları	5,141	0,0
Hangar ve planör alanı	12,299,363	22,2
Atölyeler	204,940	0,4
Orman, Doğal peyzaj, Rekreasyon parkları ve bahçeleri, havuzlar	25,269,635	45,5
Hayvanat bahçesi	1,359,783	2,5
Tren istasyonu ve tesisleri	268,533	0,5
Mekanik (onarım) ve teknik tesisler, su pompalama	4,865	0,0
Elektrik tesisleri ve kömür gazı tesisi	1,078,801	1,9
Ulaşım ve erişim alanları	916,631	1,7
<b>AOÇ Toplam Alan</b>	<b>55,495,899</b>	<b>100</b>



## 5. Sonuç

Günümüzde, sürdürülebilir kentleşme kavramı bütün dünyada geniş çapta yankı bulmaktadır. Sürdürülebilirliğin ekonomik ve çevresel kavramları ise ulusal politikaların ortaya çıkışı ile daha tutarlı bir şekilde çalışmaktadır. Enerji koruma politikası, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde, sürdürülebilir inşaa edilmiş ortamlar oluşturmak için yapı sektöründeki küresel tanınırlığı takiben önemli bir konu haline gelmiştir. Bu nedenle, yapıları veya kentsel projeleri değerlendirmek için enerji derecelendirme prosedürlerinin uygulanması daha popüler hale gelmektedir. Sağlam ve güvenilir bir yapı ve çevresel değerlendirme planı, hem yapı hem de enerji performansının değerlendirilmesinde anahtar rol oynayacaktır.

ABD Yeşil Bina Konseyi (USGBC) tarafından geliştirilen Enerji ve Çevre Tasarımında Liderlik (LEED) sertifikası, çevresel derecelendirme sistemleri için popüler bir örnektir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkiye'de de kullanılmaktadır, çünkü evrensel yeşil bina sertifikası yoktur. Kentleri veya her ölçekte yaşam alanlarını sürdürülebilir bir gelecek için şekillendiren önemli aktörler yapıların enerji tüketimini azaltmayı öncü bir hedef haline getirerek, gerek yapı ölçeğinde gerekse kent ölçeğinde sürdürülebilirlik kültürünü yaygınlaştıracak çalışmalara ağırlık vermelidirler. Bu amaçla, özellikle uluslararası uygulamalar için, tasarımcılar ve diğer aktörler çevresel kredi sistemlerinin geliştirilmesinde farklı yerel koşulları, coğrafi ve iklimsel farklılıkları göz önünde bulundurmalarıdır.

Bununla birlikte, sürdürülebilir kalkınma problemi ile ulusların mevcut kentleşme çabaları arasında sıkı bir ilişki vardır. Yenilikçi çevresel derecelendirme sistemleri kalkınma planlarını etkileyebilir. LEED-ND Mahalle Gelişimi Derecelendirme Sistemi, bu iki popüler konu arasında denge kurmak için çalışan bir anahtar unsurdur. Atatürk Orman Çiftliği, Ankara halkı için gıda, iş, eğitim ve rekreasyon olanakları sağlamak amacıyla bir kentsel çiftlik olarak tasarlanmış ve uygulanmıştır.

Bu nedenle, LEED\_ND derecelendirme sistemi, AOÇ yeşil kentleşme projesinin bir sertifika alabileceğini kanıtlamak amacıyla bir araç olarak kullanılmıştır. Araştırma amacını gerçekleştirmek için, belgelendirme / sertifikasyon aracı AOÇ'nin kuruluş yıllarına göre uyarlanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, bu özgün mekansal uygulama, yeşil altyapı ve gelecek odaklı kentsel planlama stratejisi ile genç Türkiye Cumhuriyeti için bir tür yeşil kentsel prototip olmuştur. Her şeyden önce, eğer LEED sistemi 1920'lerde mevcut olsaydı, AOÇ Projesi, araştırma sonuçlarına göre bir altın sertifikası alabilirdi. Bu çalışma, AOÇ'nin mevcut durumunu yansıtmamaktadır, ancak Mustafa Kemal Atatürk dönemindeki tarihsel duruma odaklanmaktadır.

## Kaynakça

1. C. J., Kibert, K., Grosskopf "Radical sustainable construction: Envisioning next-generation green buildings," Rethinking Sustainable Construction 2006 (RSC06), Sarasota, Florida, USA, 19-22 September 2006.
2. D., A., Kaçar, "Unique Spatial Practice for Transforming the Social and Cultural Patterns: Atatürk Forest Farm in Ankara," METU Journal of the Faculty of Architecture, Volume 28, No 1, 165-178, 2011.
3. Devlet Planlama Teşkilatı, "Yerleşim ve Kentleşme Raporu," Dokuzuncu Kalkınma Planı, 2007-2013, DPT, Ankara, 2007.
4. H. Ç., Keskinok, "Urban Planning Experience of Turkey in the 1930s," METU Journal of the Faculty of Architecture, Volume 27, No 2, 173-188, 2010.
5. İ. G., Kalıpçı, "Doğa ve Çevre Anlayışıyla Atatürk - Çevre Felaketi ve Atatürk'ün Öngörüsü," Epsilon Yayınları, İstanbul, ISBN: 978994482-236-7, 2010.
6. İ., Öztoprak, "Atatürk Orman Çiftliği'nin Tarihi," Atatürk Araştırma Merkezi, Ankara, ISBN: 975-16-1846-0, 2006.
7. L. J. A., Mougeot, "Urban agriculture: definition, presence, potentials and risks," [http://www.ruaf.org/sites/default/files/Theme1\\_1\\_1.PDF](http://www.ruaf.org/sites/default/files/Theme1_1_1.PDF), 2000. [erişim 2014]
8. L. M., Butler, D.M., Maronek, "Urban and agricultural communities: Opportunities for common ground," Council on Agricultural Science and Technology, CAST Task Force Report No. 138 (May), Ames, IA, 2002.
9. L., Alpagut, "Atatürk Orman Çiftliği'nde Ernst Egli'nin İzleri: Planlama, Bira Fabrikası, Konutlar ve Geleneksel Bir Hamam," METU Journal of the Faculty of Architecture, Volume 27, No 2, 239-264, 2010.
10. LEED v4 for Neighborhood Development, LEED ND: Neighborhood Development, 2009, The U.S. Green Building Council (USGBC), <http://www.usgbc.org/> [erişim 2014]
11. R. J., Cole, "Building environmental assessment: changing the culture of practice," Building Research and Information, 34(4), 303-307, 2006.
12. S., Açıksoz, "Revolution of "Ataturk Orman Çiftliği" with respect to urban agriculture," Journal of Agricultural Sciences, ISSN: 1300-7580. pg. 76-84, 2004.
13. T., Beatley, "Green Urbanism: Learning from European Cities," Island Press, Washington, DC., 2000.
14. T.C. Sayıştay Başkanlığı, "Atatürk Orman Çiftliği Müdürlüğü", AOÇ," 2013 Yılı Denetim Raporu
15. United Nations Conference on Environment and Development (1992: Rio de Janeiro, Brazil). (1993). Report of the United Nations Conference on Environment and Development, Rio de Janeiro, 3-14 June 1992. New York: United Nations.
16. V., Köroğlu, "Çevreci Atatürk," Çağ University Journal of Social Sciences, 6(2), December, 2009.
17. World Commission on Environment and Development, "Our Common Future," Oxford: Oxford University Press, U.S.A., 1987.



# **Paket Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Sulama Suyu Olarak Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi**

Fatma Olcay Topaç<sup>1\*</sup>, Öznur Önen Acar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6364-4087)

<sup>2</sup> Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID:0000-0001-8226-4445)

(İlk Geliş Tarihi 5 Haziran 2020 ve Kabul Tarihi 30 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.748395)

**ATIF/REFERENCE:** Topaç, F. O. & Önen Acar, Ö. (2020). Paket Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Sulama Suyu Olarak Kullanılabilirliğinin Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 858-865.

## **Öz**

Hızla artan nüfus ve azalan tatlı su kaynakları nedeniyle, atık suların uygun yöntemlerle arıtılarak çeşitli alanlarda yeniden kullanılması günümüzün öncelikli çevresel konularından biri olarak kabul edilmektedir. Su kısıtının yarattığı küresel ölçekteki endişeler, arıtılmış atıksuların faydalı bir şekilde yeniden kullanılmasına yönelik çeşitli çalışmalara ve yaklaşımlara ön ayak olmuştur. Bu kapsamda, arıtılmış atıksuların bilhassa sulama suyu olarak yeniden kullanımının sağlanması, yaygın şekilde bir çözüm alternatifi olarak değerlendirilmektedir. Bu çalışmada, kablo üreten bir endüstriyel tesisin evsel nitelikli atıksularının paket arıtma ile arıtıldıktan sonraki özelliklerinin belirlenmesi ve paket atıksu arıtma tesisinden çıkan suların, sulama suyu olarak kullanımının yasal mevzuat çerçevesinde değerlendirilmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla sulama suyu kalitesinin değerlendirilmesinde anahtar parametrelerden olan pH, elektriksel iletkenlik, toplam çözünmüş madde, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), nisbi sodyum iyonu yüzdesi (%Na), sodyum karbonat kalıntısı (RSC), sodyum, klorür, amonyum ve nitrat iyonları standart yöntemlerle belirlenmiştir. Arıtılmış atıksu özelliğinde meydana gelebilecek zamana bağlı değişimleri izlemek üzere yılın farklı zamanlarında alınan atıksu örnekleri analizlenerek sonuçlar yorumlanmış ve arıtılmış atıksuyun sulama suyu olarak kullanılabilirliği Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (AATTUT) ile literatürdeki çalışmalar baz alınarak değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, incelenen evsel nitelikli arıtılmış ve dezenfekte edilmiş atıksuyun sulama suyu olarak kullanım potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Kimyasal kalite kriterleri çerçevesinde bir değerlendirme yapıldığında, arıtılmış atıksu numunesinin, incelenen parametreler itibarıyla 2. sınıf sulama suyu olarak kategorize edilebileceği görülmüştür. Diğer bir ifadeyle, bu suyun kullanımıyla oluşacak zarar derecesi az-orta olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca elektriksel iletkenlik (EC) ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerlerini baz alan ABD tuzluluk laboratuvarı sistemine göre yapılan sınıflandırmaya göre su numunesinin C3S1 sınıfına girdiği ve fazla tuzlu olmasından dolayı dikkatle kullanılması gerektiği tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan ölçümler, evsel nitelikli atıksuların paket arıtma ile arıtıldığı tesiste, çıkış suyu kalitesinin zamana bağlı olarak küçük salınımlar gösterdiğini ancak sulama suyu sınıfını etkileyecek büyük bir değişimin meydana gelmediğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** arıtılmış atıksu, paket arıtma tesisi, su kirliliği, sulama, sulama suyu kriterleri, Türk mevzuatı, yeniden kullanım

## **Evaluation of the Usability of Package Wastewater Treatment Plant Effluent as Irrigation Water**

### **Abstract**

Due to the rapidly increasing population and a reduction in freshwater supplies, reuse of appropriately treated wastewater in various areas are recently considered to be one of the prior environmental issues. Global concerns caused by the water constraint lead to a variety of studies and approaches to the beneficial reuse of treated wastewater. In this context, ensuring the reuse of treated wastewater especially as irrigation water is widely considered as a solution alternative. In this study, it is aimed to determine the characteristics of domestic wastewater of a cable producing facility after package treatment and to evaluate the reuse of the package wastewater treatment plant effluent as irrigation water within the framework of legal legislation. Accordingly, pH, electrical conductivity, total dissolved matter, sodium adsorption ratio (SAR), percentage of sodium ion (% Na), residual sodium carbonate (RSC), sodium, chloride,

\* Sorumlu Yazar: Bursa Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6364-4087, [olcaytopac@uludag.edu.tr](mailto:olcaytopac@uludag.edu.tr)

ammonium and nitrate ions which are among the key parameters for the evaluation of irrigation water quality were determined by standart methods. In order to monitor the time-dependent variation in the characteristics of treated wastewater, samples taken at different times of the year were analyzed, results were interpreted and the use of this treated wastewater as an irrigation water was evaluated according to Communiqué on Technical Procedures for Wastewater Treatment Plants and the related literature. The results obtained within the scope of the study indicate that the treated and disinfected domestic wastewater has the potential to be used as irrigation water. When an evaluation was made within the framework of chemical quality criteria, it was seen that the treated wastewater sample could be categorized as second class irrigation water according to the parameters examined. In other words, the degree of damage caused by the use of this water is classified as low to medium. In addition, according to the classification made according to the US salinity laboratory system based on the electrical conductivity (EC) and sodium adsorption ratio (SAR) values, the water sample is classified as C3S1 and should be used with caution because it is considered to be too salty. The measurements showed that the quality of the effluent water in the treatment plant where the domestic wastewater is treated by package treatment, shows only small variations depending on time but no major change that will affect the irrigation water class has occurred.

**Keywords:** Treated wastewater, Package treatment plant, Water pollution, Irrigation, Irrigation water criteria, Turkish legislation, Reuse.

## 1. Giriş

Nüfusun ve buna bağlı olarak suya duyulan talebin artması, bilinçsiz su tüketimi ve iklim değişikliği problemleri ile beraber su kaynaklarına duyulan ihtiyaç da her geçen gün hızla artmaktadır. Bu sebepten dolayı yeryüzündeki su, sürekli bir çevrim içinde olmasına rağmen çevrimini tamamlamadan tüketilmektedir. Bu nedenle havzadaki su hareketinin doğru bir şekilde izlenmesi, suyun etkin bir biçimde kullanılması, sudan tasarruf edilmesi ve su kaynaklarının kalitesinin korunması şüphesiz günümüzdeki en öncelikli çevresel konular arasındadır (Karadavut, 2009; Aküzüm vd., 2010; Kırtorun ve Karaer, 2018; Koç, 2018).

Su kısıtının yarattığı küresel ölçekteki endişeler arıtılmış atıksuların faydalı bir şekilde yeniden kullanılmasına yönelik çalışmalara ve yaklaşımlara ön ayak olmuştur. Günümüzde dünyadaki pek çok ülke, kötü senaryolarla karşı karşıya kalmamak adına, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi ve su verimliliği konularında çalışmalar yapmaktadır. Kullanılmış suların arıtılarak yeniden kullanılması dünyaca kabul gören bir çözüm alternatifini olarak değerlendirilmektedir. Azalan tatlı su kaynakları nedeniyle atık suların uygun yöntemlerle arıtılması ve çeşitli alanlarda yeniden kullanımının değerlendirilmesi günümüzde bir zorunluluk haline gelmiştir. Tatlı su kıtlığını ortadan kaldırmak için arıtılmış atıksuların içme suyu dışındaki kullanımları teşvik edilmektedir. Yapılan çalışmalar, arıtılmış evsel ve endüstriyel atıksuyun, kuraklık açısından baskı altında olan bölgeler başta olmak üzere dünyanın pek çok yerinde tarım, su ürünleri yetiştirme, endüstriyel, evsel ve rekreasyonel kullanım gibi pek çok alanda kullanılabildiğini göstermektedir (USEPA, 2004; Meneses vd., 2010; Demir vd., 2017; Kurtkulak, 2014; Katip, 2018). Avrupa'daki atıksuların yeniden kullanımına yönelik uygulama örnekleri Tablo 1'de özetlenmiştir (Water Reuse Europe, 2018).

Dünya geneline bakıldığında arıtılmış atıksuların bilhassa sulama amaçlı kullanımının giderek yaygınlaştığı görülmektedir. Arıtılmış atıksuların tarımsal faaliyetlerde sulama amacıyla tekrar kullanılması, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde su kaynaklarına ulaşımın kısıtlı olması durumunda faydalanılabilecek bir yöntem olarak ön plana çıkmaktadır. Günümüzde, tüm dünyada tarımsal amaçlarla kullanılan su miktarının yaklaşık olarak 3100 km<sup>3</sup> olduğu ve bu miktarın toplam kullanılan su miktarının %70'ine tekabül ettiği bilinmektedir. Şayet suyun tasarruflu kullanılmasına yönelik etkili önlemler alınmaz ise, tarım sektörü için kullanılacak su miktarının 2030 yılı itibarıyla 4.500 km<sup>3</sup>'yi bulacağı öngörülmektedir ki bu miktar küresel su kullanımının %65'ini oluşturmaktadır (Muluk vd., 2013). Bu büyük miktardaki tarımsal su ihtiyacı gözönüne alındığında, atıksu arıtma tesislerinden çıkan atıksuların, çeşitli arıtım alternatifleriyle arıtıldıktan sonra sulama suyu olarak yeniden kullanılması, tarımsal faaliyetlerin sürdürülebilirliğine şüphesiz büyük katkı sağlayacaktır. Yapılan çalışmalar sulamalı tarım yapılan 50 ülkede yer alan yaklaşık 20 milyon hektar arazinin, arıtılmamış/arıtılmış/seyreltilmiş atıksularla sulandığını göstermektedir (Kretschmer vd., 2006; Polat, 2013; Saraoğlu, 2014). Atıksuların arıtılarak tarımda kullanılması ile, temiz su kaynakları korunmuş olmakta, arıtılmış atıksuyun bertarafı sağlanmakta, atıksu içeriğinde bulunan bitki besin elementleri sayesinde tarımsal gübre ihtiyacı azalmakta ve topraktaki mikrobiyal aktivite artmaktadır (Goncalves vd., 2017; Abu-Dieyeh vd., 2017; Kukul vd.,2007).

Ülkemizde geri kazanılmış atıksuların sulama amacıyla kullanılması 20 Mart 2010 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanan 27527 Sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (AATTUT)'ne göre değerlendirilmektedir (Anonim, 2010a). Bununla beraber, Türkiye'de, atıksuların geri kazanılarak sulama amacıyla yeniden kullanılmasına yönelik çalışmalar halen başlangıç aşamalarında olup henüz tam olarak yerleşmiş ve işleyen bir sistem bulunmamaktadır. Ancak, son yıllarda atıksuların sulama amaçlı kullanımına yönelik çalışma, uygulama ve proje sayılarının arttığı da dikkati çekmektedir.

Tablo 1: Avrupa'daki atıksuların yeniden kullanımına yönelik uygulama örnekleri (Water Reuse Europe, 2018)

Lokasyon	Nihai Kullanım	Yeniden kullanımı teşvik eden unsurlar	Geri kazanılan su hacmi
Torrelee, Belgium	Akifer yüklemesi, dolaylı içme suyu olarak kullanım	Kentleşme / turizm; kaynakların verimli bir şekilde yeniden kullanılması; çevresel koruma	Her yıl sahadan yaklaşık 3,5 milyon m <sup>3</sup> içme suyu geri kazanılmaktadır.
Chessy, France	Rekreasyonel, kentsel yeniden kullanım (sokak temizleme havuzu)	Kuraklık ve su kıtlığı; kaynakların verimli bir şekilde yeniden kullanılması; çevresel koruma	Yılda yaklaşık 780,000 m <sup>3</sup> geri kazanılmış su kullanılmaktadır.
Rodaersbro, Danimarka	Süt ürünleri üretim sürecinde endüstriyel kullanım	Belediye tarafından belirlenen atık su deşarj maliyetleri; deşarj muvafakatnamesi	Günde yaklaşık 1,000m <sup>3</sup> geri kazanılmış su kullanılmaktadır.
Morbihan, France	Golf sahası sulaması	Çevresel koruma	Yılda 65.000 m <sup>3</sup> geri kazanılmış su 19 hektarlık çimin sulanması için kullanılmaktadır.
İspanya	Tarımsal sulama	Kuraklık ve su kıtlığı; turizm / kentleşme; çevresel koruma	100 tesiste yılda üretilen 100 milyon m <sup>3</sup> geri kazanılmış su kullanılmaktadır (toplam arıtılmış atık suyun% 90'ı)

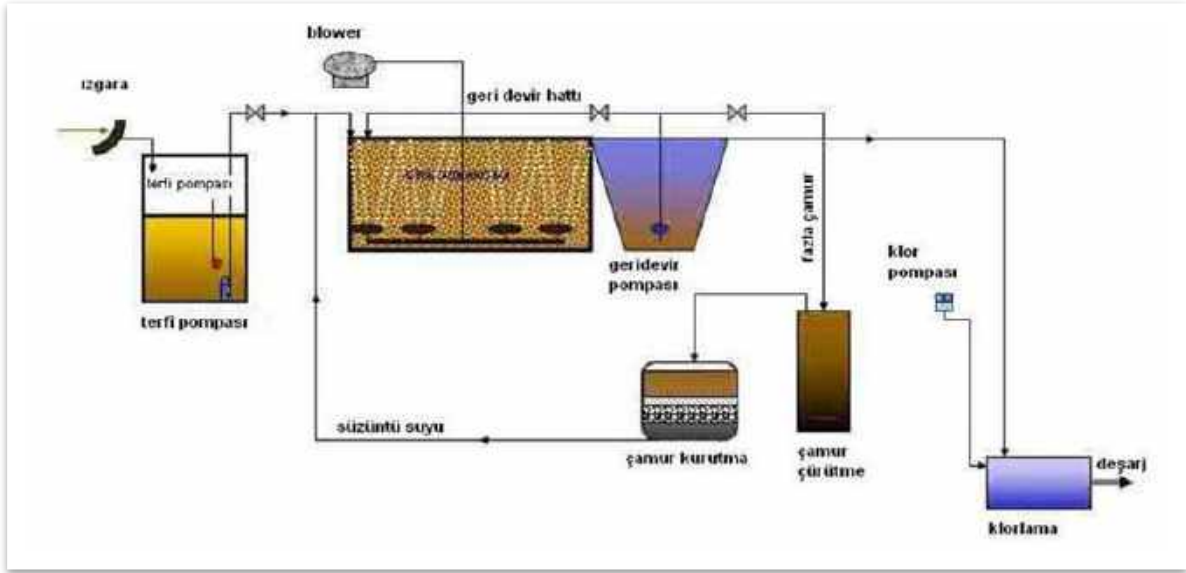
Bu çalışmada kablo üreten bir tesisin evsel nitelikli atıksularının paket atıksu arıtma tesisinde arıtıldıktan sonraki özelliklerinin belirlenmesi ve arıtılmış atıksuyun sulama suyu olarak kullanılabilme potansiyelinin irdelenmesi hedeflenmiştir. Arıtılmış atıksu özelliğinde meydana gelebilecek değişimleri izlemek üzere yılın farklı zamanlarında alınan atıksu örnekleri analizlenerek sonuçlar yorumlanmış ve Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği ile mevcut literatür bilgileri baz alınarak sulama suyu olarak kullanılabilirliği değerlendirilmiştir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Arıtılmış Atıksu Örneği

Çalışmada araştırma materyali olarak kablo üreten bir tesisin evsel nitelikli atıksularının arıtıldığı paket atıksu arıtma tesisi çıkışından yılın belirli dönemlerinde (Ocak, Nisan, Ağustos) alınan atıksu örneği kullanılmıştır. Kimyasal analizler için 2 lt'lik plastik kaplara alınan numuneler etiketlenerek laboratuvara getirilmiş ve analiz öncesi +4°C'de muhafaza edilmiştir. Mikrobiyolojik analizlerde kullanılacak atıksu numuneleri için 500 ml'lik sterilize edilmiş koyu kahverengi cam şişeler kullanılmıştır. Etiketlenecek laboratuvara getirilen numunelerdeki mikrobiyolojik analizler bekletilmeden yapılmıştır.

Şekil 1'de çalışma prensibi verilen paket atıksu arıtma tesisi, 400 eşdeğer kişi – 80 m<sup>3</sup>/gün kapasiteli iki adet paket atıksu arıtma ünitesinden oluşmakta ve her iki ünite de birbirinden bağımsız şekilde çalışmaktadır. Her ünite birer adet münferit atıksu transfer pompasıyla beslenmektedir. Kaba ızgaradan geçerek atıksu foseptiğine toplanan atıksular, dalgıç pompa vasıtasıyla ince ızgaradan geçerek ardışık kesikli reaktöre ulaşmakta ve burada aktif çamur ile temas etmektedir. Atıksu bünyesindeki organik kirliliklerin aerobik şartlarda biyolojik olarak arıtıldığı reaktörde gerekli oksijen ünitedeki blower ile sağlanmaktadır. Oluşan biyolojik yumaklar son çökeltim tankında çöktürüldükten sonra hipoklorit dozlaması ile arıtılmış atıksuyun dezenfeksiyonu sağlanmakta ve ardından atıksu alıcı ortama deşarj edilmektedir.



Şekil 1: Paket atıksu arıtma tesisi akım şeması

## 2.2. Laboratuvar Analizleri

Atıksu örneklerindeki biyokimyasal oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), ve askıda katı madde (AKM) tayinleri Standart Metotlarda (APHA,2005) bildirildiği şekilde yapılmıştır. Örneklerdeki fekal koliform sayıları dökme plaka yöntemine göre belirlenmiş, ekim yapılmış petriler 44,5°C'de 24 ± 2 saat inkübe edilmiştir (APHA,2005). Örneklerin bulanıklığı Jenway marka turbidimetre ile nefelometrik olarak ölçülmüştür. Alınan arıtılmış atıksu örneklerinde pH değerleri TS EN ISO 10523 standardına göre belirlenmiştir (Anonim, 2013). Elektriksel iletkenlik ise TS 9748 EN 27888 standardına göre çoklu parametre ölçüm cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Anonim, 1996). Örneklerdeki amonyum miktarı hazır kitler kullanılmak suretiyle spektrofotometrik olarak belirlenirken, sodyum, potasyum, kalsiyum, magnezyum, klorür ve nitrat, konsantrasyonları TS EN ISO 14911 ve TS EN ISO 10304-1 standartlarına uygun şekilde çalıştırılan iyon kromatografi cihazında ölçülmüştür (Anonim, 2000; Anonim, 2010b). Karbonat ve bikarbonat konsantrasyonları TS 3790 EN ISO 9963-1 standartına göre, titrimetrik olarak belirlenmiştir (Anonim, 1998).

Örneklerdeki sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), nisbi sodyum iyonu yüzdesi (% Na) ve sodyum karbonat kalıntısı değeri (RSC) iyonların me/lt değerleri kullanılarak aşağıda verilen eşitliklere göre hesaplanmıştır (Anonim, 2010a, Çalışkan, 2010).

$$SAR = (Na^+) / [(Ca^{+2} + Mg^{+2}) / 2]^{1/2} \quad (1)$$

$$\%Na = [(Na^+) / (Na^+ + K^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2})] \times 100 \quad (2)$$

$$RSC = (CO_3^{2-} + HCO_3^{-1}) - (Ca^{+2} + Mg^{+2}) \quad (3)$$

## 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Arıtılmış atıksuların sulama suyu olarak yeniden kullanım kriterleri AATTUT (2010a) ekinde yer alan Tablo E 7.1'de verilmiştir. Bu tebliğin 22. Maddesinin 1.bendine göre evsel nitelikli atıksular özelliklerine bağlı olarak Sınıf A ve Sınıf B şeklinde kategorize edilmiş bitki türlerinin veya sulama alanlarının sulanmasında kullanılabilir. Çalışmada kullanılan arıtılmış atıksu örneğinin pH değeri 8,10, BOİ değeri 18,50 mg/l, KOİ değeri 28,40 mg/l, AKM değeri 8,86 mg/l ve bulanıklık değeri 1,4 NTU'dur. Ayrıca arıtma sonrası klorla dezenfekte edilen atıksuda fekal koliform bulunamamıştır. Bu değerler ve yönetmelik sınır değerleri dikkate alındığında çalışmada kullanılan arıtılmış atıksuyun, sulama amaçlı kullanım için minimum gereksinimleri sağladığı görülmektedir. Benzer şekilde geri kazanılmış atıksuların yeşil alan sulamasında kullanılabilirliğinin değerlendirildiği bir çalışmada, arıtılmış atıksudaki pH 7,7, AKM 9 mg/l, BOİ 10 mg/l, bulanıklık 3,4 NTU ve fekal koliform 0 adet/100 ml olarak belirlenmiş ve atıksuyun B sınıfı sulama suyu kriterlerini sürekli olarak sağladığı vurgulanmıştır (Koyuncu ve Arıman, 2020).

Arıtılmış atıksuyun kimyasal kalite kriterlerini sağlayıp sağlamadığının daha detaylı olarak değerlendirilebilmesi için farklı zamanlarda alınan numunelerde pH, EC, toplam çözünmüş madde, sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), sodyum iyonunun nisbi oranı (%Na), sodyum karbonat kalıntısı (RSC), sodyum, klorür, amonyum ve nitrat parametreleri takip edilmiş, ve elde edilen sonuçlar Tablo 2'de sunulmuştur.



**Tablo 2: Arıtma tesisi çıkışından yılın farklı zamanlarında (Ocak, Nisan ve Ağustos) alınan evsel nitelikli arıtılmış atıksuyun çalışma kapsamında belirlenen özellikleri**

Parametre*	Ocak	Nisan	Ağustos
pH	7,92±0,03	8,02±0,06	8,09±0,06
EC, µS/cm	1311±8	1342±7	1324±7
Toplam çözünmüş madde, mg/l	839,0±5	858,9±4	847,4±4
Sodyum adsorpsiyon oranı, SAR	3,02±0,02	2,98±0,01	1,81±0,02
Sodyum iyonunun nisbi oranı, %	42,25±0,01	37,80±0,05	24,69±0,06
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC), me/l	0,21±0,02	0,73±0,02	-4,68±0,07
Sodyum, mg/l	140,3±4	151,2±4	111,6±2
Klorür, mg/l	125,4±4	94,77±5	136,2±5
Amonyum, mg/l	0,11±0,05	0,55±0,05	0,04±0,01
Nitrat, mg/l	27,90±2	24,61±3	29,70±3

\*Sonuçlar 3 ölçüm ortalamasını yansıtmaktadır

Özellikle bitki besin elementlerinin alınımı etkilemesinden dolayı (Will ve Faust, 1999) toprak ortamı için önemli bir parametre olarak kabul edilen pH değerinin sulama sularında genel olarak 6,5-8,4 olması istenmektedir (Ayers ve Westcot, 1994). AATTUT (2010)'ne göre sulamada yeniden kullanılacak arıtılmış atıksuların pH'sı 6-9 aralığında olmalıdır. Çalışmada analiz edilen suların pH değeri 7,92 ile 8,09 arasında belirlenmiş olup (Tablo 2), sulama suyunun pH parametresi açısından bir sorun yaratmayacağı görülmektedir. Bingöl ve Altıkat (2017) tarafından yapılan bir çalışmada da arıtılmış evsel nitelikli atıksuların pH değerlerinin 7-8 aralığında olduğu tespit edilmiştir.

Tuzluluğun bir göstergesi olan elektriksel iletkenlik, sulama suyunun kalitesini belirleyen en önemli parametrelerden biridir. Tuzluluğun yüksek oluşu bitki büyümesi, gelişimi ve verimliliği için sınırlayıcı bir faktördür. Topraktaki tuz konsantrasyonunun artışı ile toprağın geçirgenliği ve hidrolik iletkenliği azalma göstermektedir (Becerra-Castro vd. 2015). Toprak çözeltisinde çözülmüş halde bulunan tuz konsantrasyonunun artış göstermesi ile toprağın ozmotik basıncı artmakta ve bu durum bitkinin topraktaki suyu almasını engelleyerek fizyolojik kuraklık problemlerine yol açmaktadır (Ekmekçi vd., 2005). Yapılan çalışmada farklı dönemlerde alınan numunelerin EC değeri 1311 (µS/cm) ile 1342 (µS/cm) arasında değişim göstermekte olup (Tablo 2), belirgin bir dönemsel değişim olmadığı görülmüştür. AATTUT (2010a)'ne göre EC değeri 700 ila 3000 µS/cm arasında olan sular II. Sınıf su olarak sınıflandırılmakta olup, incelenen arıtılmış atıksuya ait değerlerin bu aralığa düştüğü görülmüştür. Arıtılmış atıksuyla yapılan sulamanın toprak özelliklerinde meydana getirdiği değişikliklerin incelendiği bir çalışmada, EC değeri 1550 µS/cm olan atıksuyla yapılan 3 aylık bir sulamanın toprağın iletkenlik değerini arttırmadığı tespit edilmiştir (Oliveira vd. 2016). Diğer yandan Belaid vd. (2010) tarafından yapılan çalışmada arıtılmış atıksuyla yapılan uzun dönem sulamanın toprak tuzluluşması üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Ortalama iletkenlik değeri 5700 µS/cm olan arıtılmış atıksu sulama amacıyla kullanılmış ve dört yıllık sulamanın ardından flüvisol toprakların EC değerinin 8000 µS/cm seviyelerine ulaştığı tespit edilmiştir

Topraktaki tuzluluğun diğer bir ifade şekli toplam çözünmüş katı madde (TÇM) konsantrasyonudur ve bu ifade elektriksel iletkenlik parametresiyle de ilişkilendirilmektedir. AATTUT (2010a)'nde toplam çözünmüş madde ve EC değeri arasında,  $EC < 5 \text{ dS/m}$  ise  $TÇM \approx EC \times 640$  ve  $EC > 5 \text{ dS/m}$  ise  $TÇM \approx EC \times 800$  şeklinde bir ilişki olduğu ifade edilmiştir. Bu hesaba göre çalışmada farklı dönemlerde alınan numunelerin TÇM konsantrasyonlarının 839-859 mg/l arasında değişmekte olduğu ve incelenen suyun TÇM içeriği bakımından 2. sınıf sulama suyu olarak kategorize edilebileceği görülmüştür.

Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR), suyun sodyum açısından zararlılığının bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır. Sulama suyunun SAR değerinin artması durumunda toprağın değişebilir sodyum yüzdesi de artmakta ve toprak sodikleşme eğilimi göstermektedir. Yüksek sodyumlu durumlarda, toprak yapısı bozulmakta ve toprağın parçalanması ile beraber topraktaki porozite azalmakta, büyük boşluklar tıkanmakta ve dolayısıyla su ve havanın toprak içine nüfuzu engellenmektedir (Urbano vd., 2017). Ayrıca sodyum bitkiler üzerinde toksik etki yapmaktadır (Maathius, 2014). Çalışma kapsamında incelenen arıtılmış atıksu örneğinin SAR değeri 1,81 ila 3,02 arasında hesaplanmıştır. Bingöl atıksu arıtma tesisi çıkış sularının sulama suyu olarak kullanımının değerlendirildiği benzer bir çalışmada, arıtılmış atıksuyun SAR değerinin 0,95 ila 1,32 arasında olduğu tespit edilmiştir (Doğan-Demir ve Şahin, 2019). Sulama sularındaki olağan SAR aralığı 0-15 olarak verilmektedir (Ayers ve Westcot, 1994).

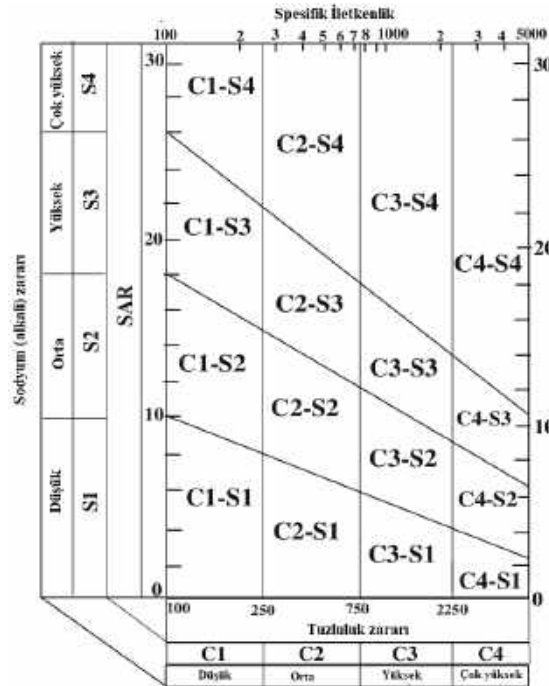
Sodyum iyonunun diğer iyonlara göre nisbi oranı ile kalıcı sodyum karbonat (RSC) parametreleri de sulama suyunun sodyum açısından zararını değerlendirmede sıklıkla kullanılan diğer parametrelerdir. Nisbi sodyum yüzdesinin artış göstermesi ile toprağın fiziksel özellikleri bozulmakta ve toprakta bitki gelişimi önemli ölçüde zarar görmektedir (Işık ve Usta 2004). Sulama suyundaki nisbi sodyum yüzdesinin, toprağa ve bitkiye zarar vermemesi için 50-60 değerinden daha büyük olmaması gerekmektedir (Ayyıldız, 1983).

Yapılan çalışmada farklı dönemlerde alınan numunelerin nisbi sodyum yüzde değerlerinin 24,69 ile 42,25 arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Diğer taraftan su numunesinde belirlenen sodyum karbonat kalıntısı (RSC) değerlerinin -4,68 ile 0,73 değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. RSC değerinin pozitif çıkması, ortamda  $Ca^{+2} + Mg^{+2}$  ile birleşmiş halde bulunanın dışında hala bir miktar karbonat ve/veya bikarbonat iyonu bulunduğunu göstermektedir. Bir başka ifade ile, ortamda sodyum zararı oluşturabilecek potansiyel karbonat ve bikarbonat iyonu bulunmaktadır. Eşitliğin negatif çıkması ise, ortamda sodyum zararının oluşabilmesi olasılığının olmadığını ifade etmektedir (Ayers ve Westcot, 1994)

SAR ve EC'nin beraber değerlendirilmesi ile topraktaki sızma problemi konusunda bilgi sahibi olunabilmektedir. AATTUT (2010a)'ne göre incelenen arıtılmış atıksu numunesi SAR ve EC değerleriyle karakterize edilen geçirgenlik bakımından 1. Sınıf sulama suyu sınıfına girmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri Tuzluluk laboratuvarı tarafından geliştirilen ve ülkemizde de yaygın şekilde kullanılan sistemde sulama suları EC ve SAR değerleri göz önüne alınarak değerlendirilmektedir (Richards, 1954). Şekil 2'de görüldüğü gibi her iki kriter de 4 sınıf altında toplanmıştır ve tuzluluk zararı C1 ile C4 arasında, sodyumluluk zararı ise S1 ile S4 arasında belirtilmektedir. Bu grafik ile numunelerde belirlenen EC ve SAR değerleri dikkate alındığında çalışma kapsamında incelenen arıtılmış atıksu numunesinin tüm örnek alma zamanlarında  $C_3S_1$  olarak sınıflandırılabilirliği görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, SAR değeri baz alındığında bu suların toprağın fiziksel özellikleri üzerinde herhangi bir olumsuz etkide bulunmayacağı beklenmektedir. Diğer yandan  $C_3S_1$  olarak ifade edilen sular fazla tuzlu sular olarak sınıflandırıldıklarından geçirgenliği az ve yetersiz drenaj koşullarına sahip topraklarda, toprak yönetimine ilişkin bazı özel önlemler uygulanmadan sulama suyu olarak kullanılamamaktadırlar.

Çalışma kapsamında incelenen arıtılmış atıksuyun özgün iyon toksisitesini değerlendirmek üzere sodyum ve klorür konsantrasyonları incelenmiştir. Arıtılmış atıksudaki sodyum içeriğinin 111,56-151,24 mg/l arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu değerler AATTUT (2010a) kriterleriyle kıyaslandığında, incelenen suyun 2. sınıf su olarak sınıflandırılabilirliği görülmektedir. Klorür iyonu bitkilerde karbonhidrat iletimini sağlayan iyondur. Ancak yüksek dozlarda bitkilerde toksik etki yaratmaktadır. Bitkilerde klorür iyonunun zararı ilk önce yaprak uçlarında görülmekte, zamanla yaprak ucu kurumakta ve zehirlenme arttıkça da ölü doku miktarı artmakta ve yapraklar dökülmektedir (Canlı, 2014). Yapılan çalışmada farklı dönemlerde alınan arıtılmış atıksu numunelerinin klorür iyonu değeri ise 94,77 mg/l ile 136,21 mg/l arasında değişim göstermektedir. AATTUT (2010a)'ne göre yüzey sulaması yapılması durumunda, suyun klorür içeriği 140 mg/l'nin altında olan sular 1.sınıf su olarak kategorize edilmektedir. Diğer yandan damlatmalı sulama sistemleri için 1. sınıf su için limit değer 100 mg/l olarak verilmiştir. Sulama suyunun klorür içeriğine ilişkin bu sınır değerler dikkate alındığında, incelenen suyun tercih edilecek sulama sistemine göre 1. veya 2. sınıf su olarak sınıflandırılması mümkün gözükmemektedir.



Şekil 2: Amerika Birleşik Devletleri tuzluluk laboratuvarı tarafından geliştirilen sulama suyu sınıflandırma sistemi.

AATTUT (2010a), arıtılmış atıksulardaki ağır metal ve toksik elementler için de izin verilecek maksimum konsantrasyonları tanımlamıştır. Bu çalışmada incelenen atıksu evsel nitelikli bir atıksu olduğundan, arıtılmış atıksudaki ağır metal konsantrasyonlarının limit değerleri aşmayacağı düşünülmüş ve bu parametreler değerlendirme dışında tutulmuştur. Ancak arıtma tesisine evsel atıksuyun yanısıra endüstriyel bir atıksu karışıyor ise ağır metal ve toksik element konsantrasyonlarının da titizlikle takip edilmesi gerekecektir.

AATTUT (2010a)'nde, geri kazanılmış atıksuların, azot ve fosfor gibi bitki için faydalı olan nütrientleri de belirli düzeyde içerdiği ifade edilmiş ancak bu değerler için herhangi bir sınırlama getirilmemiştir. Sulama suyunda bulunan azot, toprağa uygulanan gübrede bulunan azotla aynı etkiye sahip olup, sulama suyunda aşırı düzeyde bulunması aynı aşırı gübrelemede olduğu gibi problemlere yol açabilmektedir. Bu çalışmada incelenen arıtılmış atıksudaki amonyum değeri 0,04 mg/l ile 0,55 mg/l arasında bulunmuştur. Nitrat değerlerinin ise nispeten yüksek olduğu ve 24,61 mg/l ile 29,70 mg/l arasında değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Pek çok bitki 30 mg/l'nin altındaki azot konsantrasyonlarından olumsuz olarak etkilenmediğinden (Ayers ve Westcot, 1994), incelenen arıtılmış atıksuyun azot içeriği açısından büyük bir problem yaratmayacağı düşünülmektedir.

#### 4. Sonuç

Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar, incelenen evsel nitelikli arıtılmış ve dezenfekte edilmiş atıksuyun sulama suyu olarak kullanım potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. AATTUT (2010a) kimyasal kalite kriterleri çerçevesinde bir değerlendirilme yapıldığında, arıtılmış atıksu numunesinin, incelenen parametreler itibarıyla 2. Sınıf sulama suyu olarak kategorize edilebileceği görülmüştür. Diğer bir ifadeyle bu suyun kullanımıyla oluşacak zarar derecesi az-orta olarak sınıflandırılmaktadır. Ayrıca EC ve SAR değerlerini baz alan ABD tuzluluk laboratuvarı sistemine göre yapılan sınıflandırmaya göre incelenen su numunesinin C3S1 sınıfına girdiği ve fazla tuzlu olmasından dolayı dikkatle kullanılması gerektiği tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında yapılan ölçümler, evsel nitelikli atıksuların paket arıtma ile arıtıldığı tesiste, çıkış suyu kalitesinin zamana bağlı olarak küçük salınımlar yaptığını ancak sulama suyu sınıfını etkileyecek büyük bir değişimin meydana gelmediğini göstermektedir.

İncelenen paket atıksu arıtma tesisi çıkış suyu, derin deniz deşarjıyla bertaraf edilmekte olup, yürütülen bu çalışma arıtılmış atıksuyun sulama suyu olarak kullanım potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Söz konusu arıtılmış atıksuyun sulama suyu olarak kullanılabilirliği irdelenirken, sadece mevzuatta yer alan sınır değerlere uygunluk açısından bir değerlendirme yapılmamalı, aynı zamanda sulamanın yapılacağı toprak özellikleri, toprakta yetişen ürün deseni ve uygulanacak sulama yöntemleri gibi hususlar da dikkate alınmalıdır. Nihai karar öncesinde, arıtılmış atıksuyun toprak ve bitki üzerindeki etkilerini önceden değerlendirmeye olanak veren laboratuvar çalışmaları ve sera denemeleri yürütülmelidir. Sanayileşme, hızlı nüfus artışı ve iklim değişikliği gibi sebeplerle su kıtlığının ülkemizde de gündeme geleceği unutulmamalı, arıtılmış atıksuların alternatif bir sulama suyu kaynağı olarak kullanılmasının birgün kaçınılmaz olacağı gözardı edilmemeli ve bu doğrultuda kapsamlı çalışmalar yürütülmelidir.

#### Kaynakça

- Abu-Dieyeh, M. H., Diab, M., & Al-Ghouti, M. A. (2017). Ecological and agriculture impacts of bakery yeast wastewater use on weed communities and crops in an arid environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(17), 14957-14969. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-9115-1>
- Aküzüm, T., Çakmak, B., & Gökalp Z. (2010). Türkiye'de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 3(1), 67-74.
- Anonim, (1996). *Su Kalitesi-Elektriksel iletkenlik tayini*, TS 9748 EN 27888.
- Anonim, (1998). *Su Kalitesi-Alkalinik tayini, Bölüm 1: Toplam ve bileşik alkalanitenin tayini*, TS 3790 EN ISO 9963-1.
- Anonim, (2000). *Su Kalitesi-Su ve atık sularında çözünmüş Li<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Sr<sup>2+</sup> ve Ba<sup>2+</sup>'nin tayini- İyon kromatografisi metodu*, TS EN ISO 14911.
- Anonim, (2010a). *Atıksu arıtma tesisleri teknik usuller tebliği*, 27527 Sayılı Resmi Gazete, Ankara.
- Anonim, (2010b). *Su Kalitesi-Çözünmüş florür, klorür, nitrit, ortofosfat, bromür, nitrat ve sülfat iyonlarının sıvı iyon kromatografisi ile tayini, Bölüm 1:Az kirlenmiş sular için metot*, TS EN ISO 10304-1.
- Anonim, (2013). *Su Kalitesi - pH Tayini*, TS EN ISO 10523.
- Ayers R. S., & Westcot D. W. (1994). *Water quality for agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper, Rome Italy.
- Ayyıldız, M. (1983). *Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri*. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayını No: 879, Ankara.
- APHA, (2005). *Standart methods for the examination of water and wastewater* (21st edition.), American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation, Washington, DC.
- Becerre-Castro, C., Lopes, A. R., Vaz-Moreira, I., Silva, E. F., Manaia, C. M., & Nunes, O. C. (2015). Wastewater reuse in irrigation: A microbiological perspective on implications in soil fertility and human and environmental health. *Environment International*, 75, 117-135. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2014.11.001>
- Belaid, N., Neel, C. Kallel, M., Ayoub, T., Ayadi, A., & Baudu, M. (2010). Effects of treated wastewater irrigation on soil salinity and sodicity in Sfax (Tunisia): A case study *Revue des Sciences de l'eau (Journal of Water Science)*, 23(2), 133-146. <https://doi.org/10.7202/039905ar>.
- Bingül, Z., & Altıkay, A. (2017). Evsel Nitelikli Atıksu Arıtma Tesisi Çıkış Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılabilirliği. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7, 69-75. <https://doi.org/10.21597/jist.2017.199>
- Canlı, Ş. (2014). Menemen ovasında tarımsal su gereksinimi ve sulama sularının bitki, toprak ve sulama sistemleri açısından olası etkileri. *Yüksek Lisans Tezi*, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Erzurum.
- Çalışkan, D. (2010). Ankara çayının tarımsal sulama amaçlı kullanılabilirliğinin araştırılması. *Yüksek Lisans Tezi*, GÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, Ankara.
- Demir, Ö., Yıldız, M., Sercan, Ü., & Arzum, C. Ş. (2017). Atıksuların geri kazanılması ve yeniden kullanılması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi*, 02, 1-14.
- Doğan Demir, A. & Şahin, Ü. (2019). Changes in physical and hydraulic properties of a clay soil due to the irrigation of tomatoes with recycled wastewater. *Eurasian Journal of Forest Science*, 7(3): 252-268. <https://doi.org/10.31195/ejefjs.585595>

- Ekmekçi, E., Apan, M., & Kara, T. (2005). Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3), 118-125.
- Goncalves, I. Z., Barbosa, E. A. A., Santos, L. N. S., Nazário, A. A., Feitosa, D. R. C., Tuta, N. F., & Matsura, E. E. (2017). Water relations and productivity of sugarcane irrigated with domestic wastewater by subsurface drip. *Agricultural Water Management*, 185, 105-115. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.01.014>
- Işık, E., & Usta, S. (2004). Ankara-Polatlı sulu tarım arazilerinde değişebilir sodyum yüzdesi, sodyum adsorbsiyon oranı ve Gapon katsayısı ilişkileri. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(2), 174-181. [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000000889](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000000889)
- Karadavut, S. (2009). Aksaray bölgesi yerüstü ve yeraltı su kaynaklarının potansiyeli kalitesi ve etkin sulama açısından değerlendirilmesi. *Doktora Tezi*, NKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Katip, A. (2018). Arıtılmış atıksuların yeniden kullanım alanlarının değerlendirilmesi. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 541-557. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.432827>
- Kırtıron, E., & Karaer, F. (2018). Su yönetimi ve suyun sürdürülebilirliği. *Sürdürülebilir Mühendislik Uygulamaları ve Teknolojik Gelişmeler Dergisi*, 1/2, 151-159.
- Koç, C. (2018). Entegre havza yönetiminde su kaynaklarını modern yöntemler ile ölçme, izleme ve değerlendirme olanaklarının araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 14, 222-227. <https://doi.org/10.31590/ejosat.358213>
- Koyuncu, S., & Arıman, S. (2020). Geri kazanılmış atıksuların yeşil alan sulamasında kullanımı. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 9(1), 48-56. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.559080>
- Kretschmer, N., Ribbe, L., & Gaese, H. (2006). Wastewater reuse for agriculture. *Technology Resource Management and Development-Scientific Contributions for Sustainable Development*, 2, 37-64.
- Kukul, Y. S., Çalışkan, A. D. Ü., & Anaç, S. (2007). Arıtılmış atıksuların tarımda kullanılması ve insan sağlığı yönünden riskler. *EÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 44(3), 101-116.
- Kurtkulak, H. (2014). Kentsel atıksuların geri kazanımı ve yeşil alanların sulanmasında yeniden kullanımı: Konya kenti örneği. *Yüksek Lisans Tezi*, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Konya.
- Maathuis, F. J. M. (2014). Sodium in plants: Perception, signalling, and regulation of sodium fluxes. *Journal of Experimental Botany*, 65(3), 849-858. <https://doi.org/10.1093/jxb/ert326>
- Meneses, M., Pasqualino, J. C., & Castells, F. (2010). Environmental assessment of urban wastewater reuse treatment alternatives and applications. *Chemosphere*, 81(2), 266-272. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.05.053>
- Muluk, Ç. B., Kurt, B., Turak, A., Türker, A., Çalışkan, M. A., Balkız, Ö., Gümrükçü, S., Sarıgül, G., & Zeydanlı, U. (2013). *Türkiye'de suyun durumu ve su yönetiminde yeni yaklaşımlar: Çevresel Perspektif*. İş Dünyası ve Sürdürülebilir Kalkınma Derneği - Doğa Koruma Merkezi.
- Oliveira, P. C. P., Gloaguen, T. V., Gonçaves, R. A. B., Santos, D. L., & Couto, C. F. (2016). Soil chemistry after irrigation with treated wastewater in semiarid climate. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 40, e0140664. <https://doi.org/10.1590/18069657rbc20140664>
- Polat, A. (2013). Su kaynaklarının sürdürülebilirliği için arıtılan atıksuların yeniden kullanımı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6 (1), 58-62.
- Richards L. A., 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. Agricultural hand book 60. US Salinity Laboratory Staff, US Department of Agriculture, Washington DC.
- Saraoğlu, E. (2014). Arıtılmış atıksuların tarımsal sulamada yeniden kullanımı-Ülkemizden ve dünyadan başarılı örnekler ve Türkiye için uygulama önerileri. *Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Uzmanlık Tezi*, Ankara.
- U.S.EPA. (2004). *Guidelines for Water Reuse*. U.S. Environmental Protection Agency, EPA/625/R-04/108, Washington DC.
- U.S.EPA. (2012). *Guidelines for Water Reuse*. U.S. Environmental Protection Agency, EPA/600/R-12/618, Washington DC.
- Urbano, V. R., Mendonc, T. G., & Bastos, R. G. (2017). Effects of treated wastewater irrigation on soil properties and lettuce yield. *Agricultural Water Management*, 181, 108-115. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2016.12.001>
- Water Reuse Europe (2018). *Review 2018 Report*. Bedfordshire, United Kingdom. ISBN: 978-1-5272-2364-6.
- Will E., & Faust, E. J. (1999). *Irrigation water quality for greenhouse production*. The University of Tennessee, Agricultural Extension Service, PB1617.





# Yarı Uzay Üzerinde İki Katlı Yerel Eğrilikli Levha ile Bir Örten Levhadan Oluşan Sistemde Normal Gerilmeler Hakkında

Ramazan Tekercioğlu<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Matematik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2899-7386)

(İlk Geliş Tarihi 12 Temmuz 2020 ve Kabul Tarihi 31 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.768533)

**ATIF/REFERENCE:** Tekercioğlu, R. (2020). Yarı Uzay Üzerinde İki Katlı Yerel Eğrilikli Levha ile Bir Örten Levhadan Oluşan Sistemde Normal Gerilmeler Hakkında. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 866-872.

## Öz

Yarı uzay üzerinde iki katlı yerel eğrilikli levha ile bir örten levhadan oluşan sistem dikkate alınmıştır. İki levhanın yerel eğriliğe sahip olduğu varsayılmaktadır. Ayrıca,  $x_2 = 0$  düzlemi boyunca üst üste yerleştirilen levhalardan oluşan sisteme  $x_1 \rightarrow \pm\infty (x_3 \rightarrow \pm\infty)$ 'da yoğunluğu  $p_1 (p_3)$  olan düzgün yayılı normal basınç kuvveti etki etmektedir. Bu kabuller çerçevesinde yerel eğriliğe sahip olan levhaların sebep olduğu normal gerilmeler, elastisite teorisinin üç boyutlu geometrik doğrusal olmayan denklemlerinden yararlanılarak parçalı-homojen cisim modeli çerçevesinde incelenmiştir. Dikkate alınan gerilmeler ve problem parametrelerinin etkisi ile ilgili çeşitli sayısal sonuçlar verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Normal gerilmeler, Yerel eğrilikli levha, Tabakalı yarı uzay.

## On the Normal Stresses in a System Formed of a Covering Layer, Two Locally Curving Layers and Half-Space

### Abstract

The layered system consisting of the covering layer, two locally curved layers and half-space is considered. It is assumed that the two layers have local curving. Moreover, the layered system is loaded at infinity by uniformly distributed normal forces which acts in the layers' lying way. Within these assumptions, the normal stresses caused by the local curving of the layers are studied within the framework of the piecewise-homogeneous body model with the use of the three-dimensional geometrically non-linear exact equations of the theory of elasticity. The numerous numerical results related to the stresses considered and to the problem parameters' influence are given.

**Keywords:** Normal Stresses, Locally Curving Layer, Layered Half-Space.

\* Sorumlu Yazar: Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Matematik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-2899-7386, [tramazan@yildiz.edu.tr](mailto:tramazan@yildiz.edu.tr)



## 1. Giriş

Takviye elemanlarının şişmesi nedeniyle sıkıştırılmış kompozit malzemelerin kırılma mekanizmasında iki konu alanı ortaya çıkar. Birinci alan çeşitli yaklaşık tasarım modellerini içerir (örneğin, basınç yüklemesinin dolgu maddesi ile bağlayıcı arasındaki dağılımı). Rosen (1965), Dow ve Gruntfest (1960, June) ve Budiansky ve Fleck (1994) tarafından yapılan çalışmalar bu alandaki ilk çalışmalardan birkaçıdır. Bowden, Brittain, Evans, Hutchinson ve Whitesides (1998), Huang ve Suo (2002), Balint ve Hutchinson (2003) ve Huck, Bowden, Onck, Pardoen, Hutchinson ve Whitesides (2000) ve son zamanlarda yapılan araştırmalar da bu ilk alana dahil edilebilir. Bu gibi durumlar, takviye tabakasının malzemesinin nano malzeme olduğu durumlarda, örneğin nano-karbon yapılar, grafen filmlerde meydana gelebilir (Altan, Bilgic, Arslanoglu, Kale, Köroğlu Kale, Altan ve Sahin, 2016; Çiçek Bezir, Evcin, Okçu, Kayali, Kaleli ve Aldemir, 2017; Çiçek Bezir, Evcin, Kayali, Özen ve Esen, 2017).

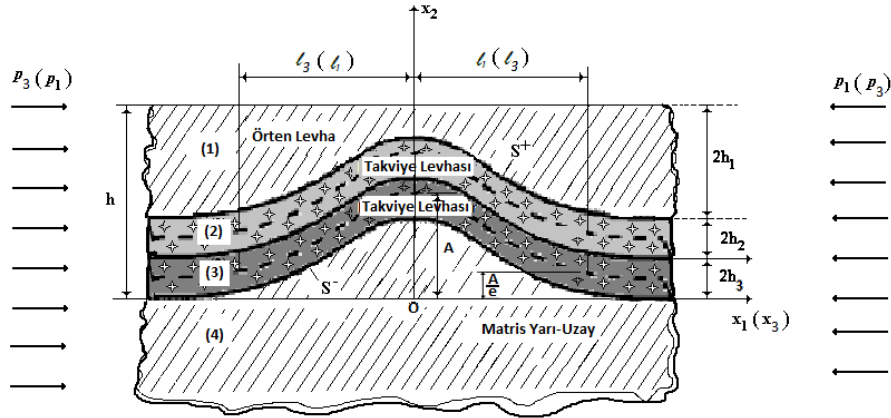
İkinci alan kompozit malzemeler için kırılma mekanizmalarını incelemede elastisite (veya viskoelastisite) teorisinin üç boyutlu geometrik doğrusal olmayan denklemlerini kullanır. Guz (1990) ve Akbarov ve Guz (2000) bu araştırmaların tutarlı bir şekilde değerlendirmesini yapmışlar ve Babich, Guz ve Chekhov (2001) ise ilgili çalışmaları gözden geçirmişlerdir. Akbarov ve Tekercioglu (2006) ve Akbarov ve Tekercioglu (2007) ilgili stabilite kaybı problemlerini ele almışlardır. Bu referanslardan, ikinci alanla ilgili araştırmaların parçalı homojen cisim modeli kapsamında ve süreklilik yaklaşımı çerçevesinde çalışıldığı sonucuna varılmıştır.

Yukarıdaki araştırmaların analizi, takviye elemanlarının şişmesinin neden olduğu tabakalı ve tek yönlü lifli kompozitlerde normal gerilmelerin incelenmesi, esas olarak malzemenin sonsuz bölgeyi işgal ettiği varsayıldığı durumlar için yapıldığını göstermektedir.

Sonuç olarak, şimdiye kadar bu tür malzemelerden yapılmış olan yapı elemanının sınırının yukarıda belirtilen normal gerilmeler üzerindeki etkisi dikkate alınmamıştır. Mevcut makale bu boşluğu doldurmaya çalışmakta ve takviye tabakasının uzaysal olarak yerel eğriliklerinin neden olduğu normal gerilmeleri incelemektedir.

## 2. Problemin Formülasyonu ve Çözüm Metodu

Şekil 1'de gösterildiği gibi yarı uzay üzerinde üç tabakalı (örten levha ve iki uzaysal olarak yerel eğrilikli takviye levhaları) bir sistem düşünüyoruz. Kartezyen koordinat sistemini Şekil 1'de gösterildiği gibi takviye levhaları ile ilişkilendiriyoruz. Bu koordinat sistemindeki Lagrange koordinatları aracılığıyla bileşenlerin noktalarının konumunu belirliyoruz.



Şekil 1. Yarı uzay üzerinde iki katlı yerel eğrilikli levha ile bir örten levhadan oluşan sistemin geometrisi

Her takviye tabakasının kalınlığı sabit kabul edilecektir. Ayrıca, örten tabakanın, takviye tabakalarının ve yarı uzay malzemelerinin homojen ve izotropik olduğu da varsayılacaktır. Şimdi, yukarıdaki sistemin gerilme şekil değiştirme durumunu,  $Ox_1 (Ox_3)$  eksenleri yönünde "sonsuzda" yoğunluğu  $p_1 (p_3)$  olan düzgün yayılı normal basınç kuvveti etkisinde araştırıyoruz.

Her tabaka ve yarı uzay için denge denklemlerini, yapısal ve geometrik ilişkileri aşağıdaki gibi yazıyoruz:

$$\frac{\partial}{\partial x_j^{(k)}} \left[ \sigma_{jn}^{(k)} \left( \delta_i^n + \frac{\partial u_i^{(k)}}{\partial x_n^{(k)}} \right) \right] = 0, \sigma_{ji}^{(k)} = \lambda^{(k)} \theta^{(k)} \delta_i^j + 2\mu^{(k)} \varepsilon_{ji}^{(k)}$$

$$2\varepsilon_{ij}^{(k)} = \frac{\partial u_i^{(k)}}{\partial x_j^{(k)}} + \frac{\partial u_j^{(k)}}{\partial x_i^{(k)}} + \frac{\partial u_n^{(k)}}{\partial x_i^{(k)}} \frac{\partial u_n^{(k)}}{\partial x_j^{(k)}}, \quad i, j, n = 1, 2, 3, \quad k = 1, 2, 3 \quad (1)$$

(1) denkleminde, klasik gösterim kullanılmıştır ve üst indisler (1), (2), (3) ve (4) sırasıyla örten tabakayı, takviye tabakalarını ve yarı uzayı belirtmektedir.

Her alt tabakanın başlangıçtaki kusuru (yerel eğriliği), orta yüzeyin denklemi aracılığıyla verilir:

$$x_2^{(2)} = (x_2^{(3)}) = \varepsilon f(x_1, x_3) = A e^{-\frac{(x_1)^2 - \gamma^2 (x_3)^2}{\ell_1^2}} = \varepsilon f_1 e^{-\frac{(x_1)^2 - \gamma^2 (x_3)^2}{\ell_1^2}} \quad (2)$$

Burada  $\varepsilon$  boyutsuz küçük parametredir ( $0 \leq \varepsilon \ll 1$ ),  $\varepsilon = \frac{A}{\ell_1}$  ve  $\gamma = \frac{\ell_1}{\ell_3}$ .  $\ell_1$  ve  $\ell_3$ 'ün geometrik anlamı Şekil 1'de gösterilmiştir.

Sistemin serbest yüzeyinde çekme ya da basınç yüklemesi yoktur ve bileşenler arasındaki arayüzler üzerinde tam temas koşullarının sağlandığı varsayılmaktadır.

Dikkate alınan sistemlerin keyfi bileşenlerinin gerilme-şekil değiştirme durumunu karakterize eden bileşenleri,  $\varepsilon$  parametresine göre aşağıdaki gibi seri olarak belirtilmektedir:

$$\{\sigma_{ij}^{(k)}; \varepsilon_{ij}^{(k)}; u_i^{(k)}\} = \sum_{q=0}^{\infty} \varepsilon^{q1} \{\sigma_{ij}^{(k),q1}, \varepsilon_{ij}^{(k),q1}, u_i^{(k),q1}\} \quad (3)$$

Akbarov ve Guz (2000), Akbarov ve Tekercioglu (2006) ve Akbarov ve Tekercioglu (2007) 'de geliştirilen çözüm yöntemi kullanılır ve sıfıncı yaklaşım ile ilgili değerler aşağıdaki gibi belirlenir:

$$\sigma_{11}^{(k),0} = \frac{E^{(k)}(p_1 + v^{(k)} p_3)}{E^{(4)}(1 - (v^{(k)})^2)} - \frac{E^{(k)} v^{(4)}(p_3 + v^{(k)} p_1)}{E^{(4)}(1 - (v^{(k)})^2)},$$

$$\sigma_{33}^{(k),0} = \frac{E^{(k)}(p_3 + v^{(k)} p_1)}{E^{(4)}(1 - (v^{(k)})^2)} - \frac{E^{(k)} v^{(4)}(p_1 + v^{(k)} p_3)}{E^{(4)}(1 - (v^{(k)})^2)},$$

$$ij \neq 11; 33 \text{ için } \sigma_{ij}^{(k),0} = 0. \quad (4)$$

(1), (3) ve (4) denklemleri kullanılarak birinci yaklaşıma ait aşağıdaki denklemler ve bağıntılar belirlenir.

Temel alan denklemleri:

$$\frac{\partial \sigma_{ji}^{(k),1}}{\partial x_j^{(k)}} + \sigma_{11}^{(k),0} \frac{\partial^2 u_i^{(k),1}}{\partial (x_1^{(k)})^2} + \sigma_{33}^{(k),0} \frac{\partial^2 u_i^{(k),1}}{\partial (x_3^{(k)})^2} = 0 \quad (5)$$

Mekanik ve geometrik bağıntılar:

$$\sigma_{ji}^{(k),1} = \lambda^{(k)} \theta^{(k),1} \delta_i^j + 2\mu^{(k)} \varepsilon_{ji}^{(k),1}, \quad \theta^{(k),1} = \varepsilon_{11}^{(k),1} + \varepsilon_{22}^{(k),1} + \varepsilon_{33}^{(k),1},$$

$$\varepsilon_{ji}^{(k),1} = \frac{1}{2} \left( \frac{\partial u_i^{(k),1}}{\partial x_j^{(k)}} + \frac{\partial u_j^{(k),1}}{\partial x_i^{(k)}} \right) \quad (6)$$

Sınır koşulları:

$$\sigma_{21}^{(1),1} \Big|_{x_2^{(1)}=+h_1} = 0, \quad \sigma_{23}^{(1),1} \Big|_{x_2^{(1)}=+h_1} = 0, \quad \sigma_{22}^{(1),1} \Big|_{x_2^{(1)}=+h_1} = 0,$$

$$x_2^{(1)} \rightarrow +\infty \text{ iken } \sigma_{ij}^{(1),1}, u_i^{(1),1} \rightarrow 0. \quad (7)$$

Temas koşulları:

$$\sigma_{2i}^{(1),1} \Big|_{x_2^{(1)}=-h_1} - \sigma_{2i}^{(2),1} \Big|_{x_2^{(2)}=+h_2} = (\sigma_{11}^{(1),0} - \sigma_{11}^{(2),0}) \frac{df}{dx_1^{(1)}} \delta_i^1 + (\sigma_{33}^{(1),0} - \sigma_{33}^{(2),0}) \frac{df}{dx_3^{(1)}} \delta_i^3,$$

$$\begin{aligned}
 u_i^{(1),1} \Big|_{x_2^{(1)}=-h_1} - u_i^{(2),1} \Big|_{x_2^{(2)}=+h_2} &= 0, \\
 \sigma_{2i}^{(2),1} \Big|_{x_2^{(1)}=-h_2} - \sigma_{2i}^{(3),1} \Big|_{x_2^{(1)}=+h_3} &= (\sigma_{11}^{(2),0} - \sigma_{11}^{(3),0}) \frac{df}{dx_1^{(1)}} \delta_i^1 + (\sigma_{33}^{(2),0} - \sigma_{33}^{(3),0}) \frac{df}{dx_3^{(1)}} \delta_i^3, \\
 u_i^{(2),1} \Big|_{x_2^{(1)}=-h_2} - u_i^{(3),1} \Big|_{x_2^{(1)}=+h_3} &= 0, \\
 \sigma_{2i}^{(3),1} \Big|_{x_2^{(1)}=-h_3} - \sigma_{2i}^{(4),1} \Big|_{x_2^{(1)}=+h_3} &= (\sigma_{11}^{(3),0} - p_1) \frac{df}{dx_1^{(1)}} \delta_i^1 + (\sigma_{33}^{(3),0} - p_3) \frac{df}{dx_3^{(1)}} \delta_i^3, \\
 u_i^{(3),1} \Big|_{x_2^{(1)}=-h_3} - u_i^{(4),1} \Big|_{x_2^{(1)}=+h_3} &= 0, \quad i = 1, 2, 3.
 \end{aligned} \tag{8}$$

$$\sigma_{11}^{(4),1} \rightarrow p_1, \quad \sigma_{33}^{(4),1} \rightarrow p_3, \quad ij \neq 11;33 \text{ için ve } x_2^{(1)} \rightarrow -\infty \text{ iken } \sigma_{ij}^{(4),1} \rightarrow 0 \tag{9}$$

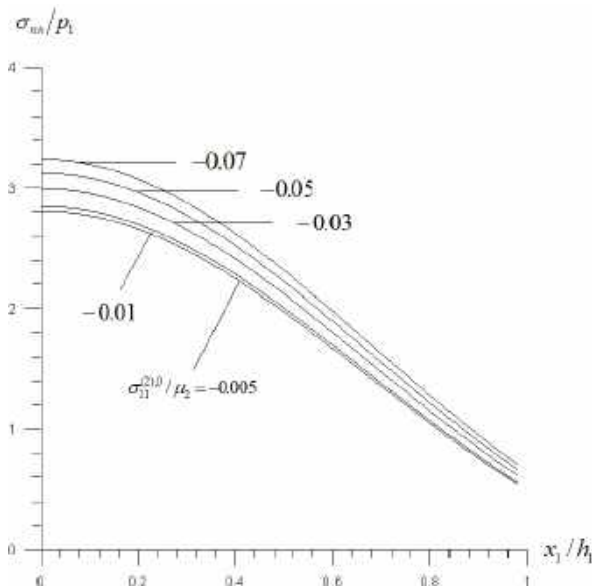
(4) - (9) denklemleri ile ifade edilen problemin çözümü için  $x_1$  ve  $x_3$  koordinatlarına göre çift Fourier dönüşümü uygulanır:

$$\phi(x_1, x_2, x_3) = \frac{1}{\pi^2} \int_0^{+\infty} \int_0^{+\infty} \phi_{3F}(s_1, x_2, s_3) \cos(s_1 x_1) \cos(s_3 x_3) ds_1 ds_3 \tag{10}$$

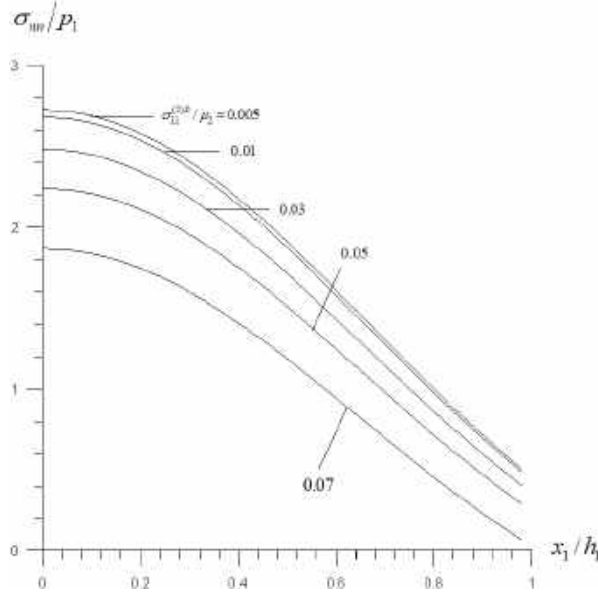
Çözüm yöntemi Akbarov ve Guz (2000), Akbarov ve Tekercioglu (2006) ve Akbarov ve Tekercioglu (2007) kaynakçalarında ayrıntılı olarak tarif edildiği için burada ayrıntısı verilmemiştir.

### 3. Sayısal Sonuçlar ve Tartışma

Arayüz yüzeyine etki eden  $\sigma_{nn}/p_1$  normal gerilmesinin örten ve takviye katmanları arasındaki dağılımı dikkate alınmıştır. Young modülleri  $E^{(1)}, E^{(2)}, E^{(3)}, E^{(4)}$  ve Poisson oranları da  $\nu^{(1)}, \nu^{(2)}, \nu^{(3)}, \nu^{(4)}$  olarak ifade edilmiştir.  $p_3 = p_1, \gamma = 1$  ve  $\nu^{(1)} = \nu^{(2)} = \nu^{(3)} = \nu^{(4)} = 0.3, E^{(2)}/E^{(1)} = E^{(2)}/E^{(4)} = 100, E^{(2)} = E^{(3)} > E^{(1)} = E^{(4)}, x_2/h_2 = 1.0, x_3/h_2 = 0, h_3/h_2 = 0.1$  değerlerine göre sayısal veriler elde edilmiştir. Geometrik doğrusal olmama özelliğinin söz konusu dağılım üzerindeki etkisi  $\sigma_{11}^{(2),0}/\mu^{(2)}$  ( $\mu^{(2)} = E^{(2)}/2(1 + \nu^{(2)})$ ) parametresi ile karakterize edilecektir. Dolayısıyla, yukarıdaki varsayımlar kapsamında sayısal sonuçları analiz edip  $\sigma_{nn}/p_1$  ve  $x_1/h_2$  arasındaki ilişki ile ilgili olarak bu analize başlıyoruz.  $\sigma_{11}^{(2),0}/\mu^{(2)}$ 'nin çeşitli değerleri için oluşturulan bu ilişkinin grafikleri Şekil 2 ve Şekil 3'te verilmiştir:

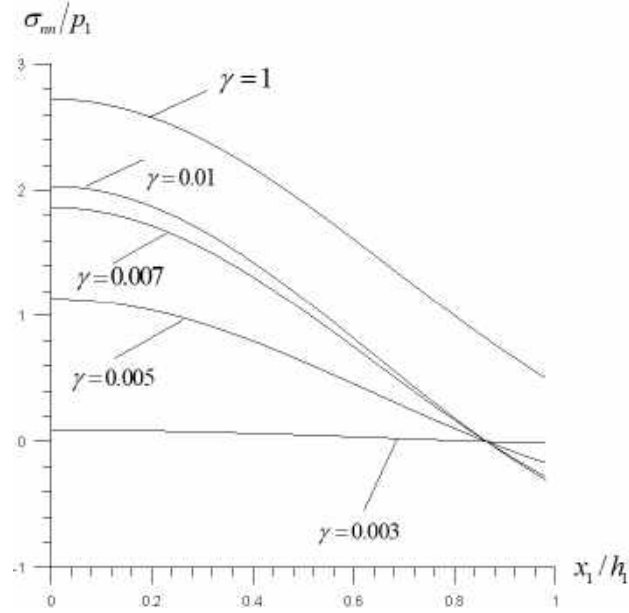


Şekil 2. Basınç yüklemesi durumunda  $\sigma_{nn}/p_1$  ve  $x_1/h_2$  ilişkisi ( $h_3/h_2 = 0.1$ )

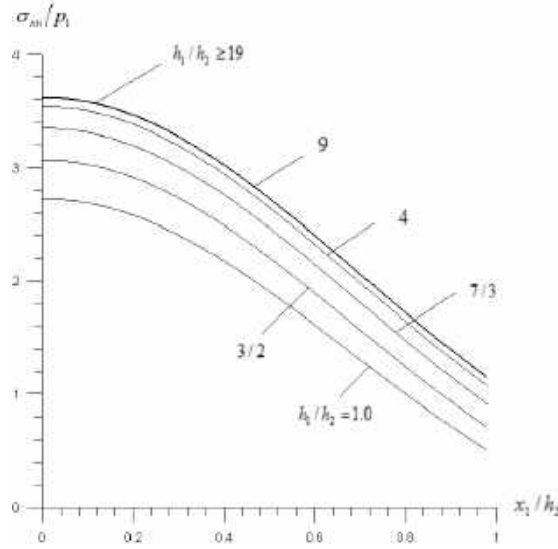


Şekil 3. Çekme yüklemesi durumunda  $\sigma_{nn}/p_1$  ve  $x_1/h_2$  ilişkisi ( $h_3/h_2 = 0.1$ )

Bilinen mekanik kabule göre,  $\sigma_{nn}/p_1$  gerilme değerleri  $x_1/h_2$  değerleri arttıkça sifira yaklaşmalıdır. Bu öngörü, Şekil 2 ve Şekil 3'te verilen grafikler ile kanıtlanmıştır. Aynı zamanda, Şekil 2'de verilen grafikler, geometrik doğrusal olmama durumunun hesaba katılmasının bir sonucu olarak, çekme yüklemesi durumunda mutlak değerce  $\sigma_{nn}/p_1$  gerilme değerlerinin azaldığını, basınç yüklemesi durumunda ise mutlak değerce  $\sigma_{nn}/p_1$  gerilme değerlerinin arttığını göstermektedir. Nitel anlamda bu sonuçlar Akbarov ve Guz (2000) monografisinde verilen karşılık gelen sonuçlar ile uyumludur. Bu nedenle, elde edilen sonuçlar kullanılan algoritmanın ve PC programlarının güvenilirliğini ve geçerliliğini göstermektedir.



Şekil 4.  $\sigma_{nn}/p_1$  ve  $\gamma (= \ell_1/\ell_3)$  ilişkisi ( $h_3/h_2 = 0.1$ )



Şekil 5.  $\sigma_{nn}/p_1$  ve  $h_1/h_2$  ilişkisi ( $h_3/h_2 = 0.1$ )

Şekil 4'den,  $\gamma$  değerleri azaldıkça,  $|\sigma_{nn}/p_1|$  gerilme değerleri  $\gamma$ 'nın sıfıra eşit olduğu bir sınıra yaklaşır, yani takviye tabakasının eğriliğinin düzlem bir forma yaklaştığı kolayca görülebilir. Mekanik kabule göre  $\sigma_{nn}/p_1$  gerilme değerleri,  $h_1/h_2$  oranı değerleri arttıkça belirli limit değerine yaklaşmalıdır ve bu limit değeri, uzaysal olarak yerel eğrilikli katmanın sonsuz bir cisimde olduğu durumda elde edilen  $\sigma_{nn}/p_1$ 'dir. Bu öngörü Şekil 5'te verilen grafikte kanıtlanmıştır.

Son olarak, normal gerilmelerin dağılım karakteri, yapısal elemanların lokal termal yüklemesi altında elde edilenlere benzer olduğu görülebilir (Povstenko, Avcı, Iskender Eroglu ve Ozdemir, 2017; Yang, Feng ve Lin, 2017). Sonuç olarak, bu makalede elde edilen sayısal sonuçlar, dikkate alınan tipteki kompozitlerin lokal termal yüklemesinin neden olduğu termal gerilmelerin nitelik olarak tahmini için de kullanılabilir.

## 4. Sonuç

Böylece, bu çalışmada yarı uzay üzerinde iki katlı yerel eğrilikli levha ile bir örten levhadan oluşan sistem elastisite teorisinin üç boyutlu geometrik doğrusal olmayan denklemleri kullanılarak parçalı homojen cisim modeli çerçevesinde araştırılmıştır. Çift Fourier dönüşümü kullanılarak ele alınan problemin çözümü için bir yöntem geliştirilmiştir. Sistemin basınç yüklemesi yanı sıra çekme yüklemesi durumunda yerel eğriliğin neden olduğu normal gerilmelerle ilgili sayısal sonuçlar sunulmuş ve analiz edilmiştir.

Makalede yapılan araştırmalar, özellikle nanokompozitler için gelecekteki araştırmalar için zengin beklentilere sahiptir ve bu araştırmaların sonuçları, basınç yüklemesi yanı sıra çekme yüklemesi etkisindeki nanokompozitlerin mukavemetini tahmin etmek için kullanılabileceği gibi dikkate alınan tipteki kompozitlerin lokal termal yüklemesinin neden olduğu termal gerilmelerin nitelik olarak tahmini için de kullanılabilir.

## Kaynakça

- Akbarov, S.D., & Guz, A.N. (2000). *Mechanics of Curved Composites*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- Akbarov, S.D., Tekercioglu, R. (2006). Near-surface buckling instability of a system consisting of a moderately rigid substrate, a viscoelastic bond layer, and an elastic covering layer, *Mechanics of Composite Materials*, 42(4), 363-372.
- Akbarov, S.D., Tekercioglu, R. (2007). Surface undulation instability of the viscoelastic half-space covered with the stack of layers in bi-axial compression, *International Journal of Mechanical Sciences*, 49(6), 778-789.
- Altan, H., Bilgic, F., Arslanoglu, Z., Kale, E., Köroğlu Kale, A., Altan, A., & Sahin, O. (2016). Nanomechanical Properties of Different Dental Restorative Materials, *Acta Physica Polonica A*, 130, 394-396.
- Babich, I.Yu., Guz, A.N., & Chekhov, Vik.N. (2001). The three-dimensional theory of stability of fibrous and laminated materials. *Int. Appl. Mech.*, 37(9), 1103-1141.
- Balint, D.S., & Hutchinson, J.W. (2003). Undulation instability of a compressed elastic film on a nonlinear creeping substrate. *Acta Materialia*, 51, 3965-3983.
- Bowden, N., Brittain, S., Evans, A.G., Hutchinson, J.W., & Whitesides, G.M. (1998). Spontaneous formation of ordered structures in thin films of metals supported on an elastomeric polymer. *Nature (London)*, 39, 146-149.
- Budiansky, B., & Fleck, N.A. (1994). Compressive kinking of fiber composites: a topical review. *Appl. Mech. Rev.*, Pt.2, 47(6), 246-270.



- Çiçek Bezir, N., Evcin, A., Okçu, H., Kayali, R., Kaleli, M., & Aldemir, D.A. (2017). Effect of Layer Thickness on I-V Characteristics of GaInP Nanofibers Fabricated by Electrospinning on n-Si Substrates, *Acta Physica Polonica A*, 132, 638-641.
- Çiçek Bezir, N., Evcin, A., Kayali, R., Özen, M.K., & Esen, K. (2017). Comparison of Five-Layered ZrO<sub>2</sub> and Single-Layered Ce, Eu, and Dy-Doped ZrO<sub>2</sub> Thin Films Prepared by Sol-Gel Spin Coating Method, *Acta Physica Polonica A*, 132, 612-616.
- Dow, N.F., & Grunfest, I.J. (1960, June). Determination of most needed potentially possible improvements in materials for ballistic and space vehicles. General Electric Co., Space Sci. Lab., TISR 60 SD 389.
- Guz, A.N. (1990), Fracture mechanics of composites under compression, *Naukova Dumka, Kiev* (in Russian).
- Huang, R., & Suo, Z. (2002) .Wrinkling of a compressed elastic film on a viscous layer. *Journal of Applied Physics*, 91(3), 1135-1142.
- Huck, W.T.S., Bowden, N., Onck, P., Pardoën, T., Hutchinson, J.W., & Whitesides, G.M. (2000). Ordering of spontaneously formed buckles on planar surfaces, *Langmuir*, 16, 3497-3501.
- Povstenko, Y., Avcı, D., Iskender Eroglu, B. B., & Ozdemir, N. (2017). Control of Thermal Stresses in Axissymmetric Problems of Fractional Thermoelasticity for an Infinite Cylindrical Domain, *Thermal Science*, 21(1A), 19-28.
- Rosen, B.W. (1965). Mechanics of composite strengthening fiber composite materials, *American Society of Metals*, 37-75.
- Yang, Y., Feng, Z., & Lin, R. (2017). A Prediction Method of Temperature Distribution and Thermal Stress for the Throttle Turbine Rotor and Its Application, *Thermal Science*, 21(Suppl. 1), S267-S274.



# AlB<sub>2</sub> Borür Takviyeli Alüminyum Matrisli Kompozitlerin Abrasif Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi Üzerine Deneysel Bir Çalışma

Erman İnci<sup>1\*</sup>, Ömer Savaş<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8586-4523)

<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7454-1457)

(İlk Geliş Tarihi 21 Nisan 2020 ve Kabul Tarihi 31 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.724381)

**ATIF/REFERENCE:** İnci, E. & Savaş, Ö. (2020). AlB<sub>2</sub> Matrisli Kompozitlerin Abrasif Aşınma Özelliklerinin İncelenmesi Üzerine Deneysel Bir Çalışma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 873-880.

## Öz

Bu çalışmada AlB<sub>2</sub> takviyeli metal matrisli kompozitlerin farklı test koşulları altında abrasif aşınma davranışlarının incelenmesi amaçlanmıştır. Üretilen kompozit malzemelere aşınma testleri uygulanırken Taguchi deneysel yönteminden faydalanılmıştır. Aşınma testleri için matris tipi, takviye oranı, aşındırıcı zımpara tipi, yük ve kayma hızı faktörleri ele alınmış ve deney reçeteleri L<sub>8</sub> (2<sup>5</sup>) ortogonal serisi baz alınarak hazırlanmıştır. Üretilen kompozitlerin aşınma özellikleri ağırlık kayıpları dikkate alınarak analiz edilmiştir. Deneyler sonucunda aşındırıcı zımpara tipinin aşınma üzerine en etkili faktör olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bununla birlikte artan yüklerle birlikte aşınma miktarlarının arttığı ve matrise ilave edilen AlB<sub>2</sub> parçacıklarının artışıyla birlikte aşınma miktarının azaldığı saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Abrasif aşınma, AlB<sub>2</sub>, Metal matrisli kompozitler.

## An Experimental Study on Investigation of Abrasive Properties of AlB<sub>2</sub> Borid Reinforced Aluminium Matrix Composites

### Abstract

In this study, it is aimed to investigate the abrasive wear behavior of AlB<sub>2</sub> reinforced metal matrix composites under different test conditions. When applying abrasion tests to the composite materials produced, Taguchi experimental method was used. For wear tests, matrix type, reinforcement ratio, abrasive sanding type, load and shear rate factors are discussed and test recipes are prepared base on L<sub>8</sub> (2<sup>5</sup>) orthogonal series. The wear amounts of the produced composites, were analyzed taking into consideration the weight loses. As a result of the experiments, it was concluded that the abrasive sanding type is the most effective factor on wear. However, it was found that the amount of wear increased with increasing load and the amount of wear decreased with the increase of AlB<sub>2</sub> particules added to matrix.

**Keywords:** Abrasive wear, AlB<sub>2</sub>, Metal matrix composites.

### 1. Giriş

Aşınma, iki karşı yüzeyin göreceli hareketi esnasında yüzeyler arasında meydana gelen ve yüzeylerin bozulmasıyla endüstriyel operasyonlarda yıkıcı etkisi olan bir olgudur (Mohan, Prakash, ve Pathak, 2002). Aşınma probleminin önüne geçmek için düşük sürtünme katsayılı ve yüksek aşınma dirençli malzemelere ihtiyaç doğmuştur (P. Sharma, Khanduja, ve Sharma, 2014).

Alüminyum alaşımları düşük yoğunlukları, iyi mekanik özellikleri ve korozyona karşı dirençleriyle otomotiv ve hava-uzay endüstrisinde yaygın olarak kullanılır (K. Das, S. Das, ve S. Das, 2007; S. C. Sharma, 2001). Alüminyum alaşımlarının aşınma dirençlerinin görece düşük olması kullanımlarını tribolojik olarak sınırlamaktadır (Das vd., 2007).

\* Sorumlu Yazar: Yıldız Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Denizcilik Fakültesi, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-8586-4523, [ermaninci.93@gmail.com](mailto:ermaninci.93@gmail.com)

Sünek ve sert alüminyum matrisin aşınmaya dayanıklı ve güçlü seramik parçacıklarla karıştırılması ile ihtiyaca göre uyarlanabilir özelliğe sahip bir malzeme oluşturmak için kompozit üretimi ortaya çıkmıştır (M.A. Taha, 2001). Yüksek dayanım, sertlik ve aşınma dirençleri sebebiyle alüminyum matrisli kompozitler tekil yapı malzemelerin yerini aldı (Miracle, 2005). Sert seramik parçacıklarıyla takviye edilmiş alüminyum alaşımlar alüminyum matrisli kompozitler olarak bilinir. Alüminyum matrisli kompozitler düşük yoğunluk, yüksek sertlik, yüksek ısı ve elektrik iletkenliği, iyi korozyon ve aşınma dirençleri gibi özellikleri sebebiyle otomotiv, hava araçları ve deniz endüstrisi gibi düşük ağırlık ve sağlamlığın birlikte ihtiyaç duyulduğu alanlarda uygulanma potansiyeline sahiptir (Dinaharan ve Murugan, 2012; Miracle, 2005; Rosso, 2006).

Alüminyum matrisli kompozitlerin günümüzde en önemli malzeme olarak anılmasının ve uygulamalarının hızla artmasının sebebi geleneksel alüminyum alaşımlara karşı sahip oldukları düşük yoğunluk, aşınmaya karşı direnç ve özgül dayanımlarıdır (Liu, Wang, Xiao, Ma, ve Liu, 2010). Alüminyum matrisli kompozitler için takviye parçacıkları olarak  $Al_2O_3$ ,  $TiB_2$ ,  $TiC$ ,  $ZrC$  ve  $ZrB_2$  gibi in-situ seramik bileşimlerinin kullanımı yaygındır (H. G. Zhu, Ai, Min, Wu, ve Wang, 2010).

Alüminyum matrisli kompozitlerin daha iyi mekanik özelliklere sahip olmasında takviye parçaları ve matris arasındaki ara yüzeyin önemli bir etkisi vardır (Tjong ve Ma, 2000). Takviye parçacıklarının temiz bir ara yüz ve yüksek bir bağlama kuvveti oluşturması için, matris içinde homojen bir dağılıma sahip olması ve matris tarafından iletilebilmesi gerekir (Emamy, Mahta, ve Rasizadeh, 2006; H. Zhu, Wang, Ge, Xu, ve Yuan, 2008).

Taguchi yöntemi, Dr. Genichi Taguchi tarafından geliştirilen ve deney sayısını azaltarak kaliteyi artırmak için tercih edilen bir yöntemdir (P. J. Ross & Ross, n.d.). Farklı parametrelerin farklı seviyeleri arasında en iyi birleşimi tespit etmek adına Taguchi yöntemi, oldukça faydalı bir yöntemdir. Bu yöntem bazı araştırmacılar tarafından malzemelerin aşınma davranışlarını incelemek için kullanılmıştır. Örneğin, Mahapatra ve Patnaik (2009), Sidhartha ve Gupta (2012), Radhika, Subramanian ve Prasad (2011) çalışmalarında daha düşük ağırlık kaybının tahmini için Taguchi yöntemini başarılı bir şekilde kullanmışlardır. Savaş ve ark. Fonksiyonel derecelendirilmiş  $Al_3Ti/Al$  kompozitlerin abrasif aşınma davranışlarını Taguchi yaklaşımı ile incelemiştir. Çalışmada üretilen kompozitlerinin abrasif aşınma davranışları üzerine etkili faktörlerin, takviye oranının, aşındırıcı tipinin, kayma hızı ve kayma mesafesinin olduğunu rapor etmişler ve aşınma üzerine en etkili faktörün aşındırıcı tipi olduğu ve onu sırası ile takviye oranı, kayma hızı ve kayma mesafesi faktörlerinin izlediği tespit edilmiştir (Savaş ve Başer, 2019).

Singh, Mondal ve Das (2006) çalışmalarında, tüm test koşullarında kompozitlerin aşınma dirençlerinin alüminyum alaşımlarından daha yüksek olduğunu gözlemlemiştir. Tjong ve Lau (2014) kompozit içerisindeki takviye parçacıkları oranının artışıyla birlikte aşınmaya karşı dirençte çarpıcı biçimde artış olduğunu gösterdiler. Savaş ve ark. Fonksiyonel derecelendirilmiş  $TiB_2$  takviyeli alüminyum matrisli kompozitlerin abrasif aşınma davranışlarını araştırmaya yönelik olarak yaptıkları çalışmada, artan yük ve kayma hızı ile kompozitlerin ağırlık kayıplarının arttığını ve artan takviye oran ile ağırlık kayıplarının önemli oranda azaldığını rapor etmişlerdir (SAVAŞ & Demirok, 2019).

Nachimuthu Radhika ve ark (Nachimuthu Radhika & Raghu, 2016) fonksiyonel derecelendirilmiş  $AlB_2/Al$  kompozitlerin abrasif aşınma davranışlarını incelemiştir. Çalışmada yük, kayma mesafesi ve abrasif aşındırıcı tipinin ( $SiC$  ve  $Al_2O_3$ ) gibi deney parametrelerinin kompozitlerin aşınma davranışı üzerine etkisi irdelenmiştir. Aşınma test sonuçları alüminyum matris içerisinde artan  $AlB_2$  takviye oranı ile aşınma hızının azaldığı ve  $SiC$  partiküllerinin görece olarak daha çok aşındırıcı özelliğe sahip olduğunu göstermiştir.

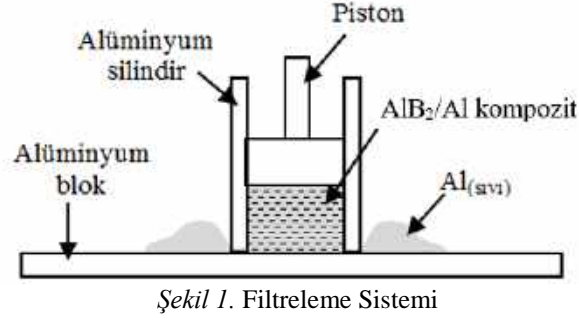
Fıçıcı ve ark. (Fıçıcı, 2016) (Fıçıcı, Koksall, Kayıkcı ve Savaş, 2011) (Koksall, Fıçıcı, Kayıkcı, ve Savaş, 2012)  $AlB_2/Al$  kompozitlerinin aşınma davranışlarını araştırmaya yönelik olarak yaptıkları çalışmada alüminyum matris içerisinde artan  $AlB_2$  takviye oranı ile aşınma direncinin arttığını rapor etmişlerdir.

Bu çalışmanın hedefi farklı test koşullarında saf Al matrisli ve Al-Cu alaşım matrisli kompozitlerin abrasif aşınma dirençlerinin araştırılması ve matris tipi, takviye oranı, aşındırıcı zımpara tipi, yük ve kayma hızı gibi parametrelerin abrasif aşınma davranışı üzerine etkisinin incelenmesidir.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Kompozitlerin Üretimi ve Özellikleri

Araştırmada kullanılacak olan kompozitlerin üretiminde Al-2B master alaşımı kullanılmıştır. Al-B faz diyagramı dikkate alındığında Al-2B master alaşımı içerisinde kararlı  $AlB_2$  ve kararsız  $AlB_{12}$  ve  $AlB_{12}$  gibi borür yapılarını içermesi mümkün görülmektedir (Carlson, 1990). Yapıda kararsız borür yapılarının  $AlB_2$  borür yapılarına dönüşmesi için Al-2B master alaşımı  $900\text{ }^\circ\text{C}$ 'de 6 saat boyunca fırın içerisinde bekletilmiştir. Bu sıcaklıkta hazırlanan " $Al_{(sıvı)} + AlB_{2(katı)}$ " çözeltisinin hem takviye oranını artırmak hem de nihai şekillerinin verilmesi amacı ile Savaş ve ark. (Savaş ve Kayıkcı, 2013) (Kayıkcı ve Savaş, 2015) yaptıkları tasarıma benzer şekilde, Şekil 1'de temsili görüntüsü verilen bir filtreleme sistemi tasarlanmıştır. Çelikten imal edilen filtreleme sistemi, " $Al_{(sıvı)} + AlB_{2(katı)}$ " karışımındaki sadece sıvı alüminyumun dışarı çıkmasını sağlayan 0.4 mm çapında tahliye delikleri açılmıştır. Şekilde görülen piston ile yarı-katı çözeltiye uygulanan basınç (yaklaşık 10Mpa) yardımı ile erimiş metalin deliklerden kontrollü bir şekilde dışarı çıkmasını sağlamaktadır. Bu şekilde hem kompozitin takviye %10 seviyesine çıkarılmış hem de çözelti sıkıştırılarak katılaştırılmıştır. Çelikten imal edilen filtreleme sisteminin sıvı alüminyum ile reaksiyona girmesini önlemek amacıyla sistemin iç yüzeyi sıvı bor nitrid sprey boya ile kaplanmıştır.



Şekil 1. Filtreleme Sistemi

Kompozitlerin matris alaşımı ile karşılaştırılmasının daha gerçekçi olması amacı ile %99,99 safiyete sahip saf alüminyum 900 °C'de ergitilmiş ve filtreleme sistemine açılan delikler kapatılarak aynı basınç altında katılaştırılmıştır. Kompozit üretiminde matris çeşitliğini sağlamak amacı ile 900 °C'de hazırlanan "Al<sub>(sıvı)</sub> + AlB<sub>2(katı)</sub>" çözeltisi ve saf alüminyuma içerisinde %99,99 safiyete sahip bakır ilave edilerek sıvı alüminyum %5 oranında alaşımlanması sağlanmıştır.

Ağırlık kayıplarını ölçmek için hassas terazi kullanılmıştır. Hassas terazinin ölçüm hassasiyeti 0.00001 gramdır.

Kompozitlerin ve matris alaşımlarının yoğunlukları Arşimet tekniği kullanılarak ölçülmüştür. Yapıda yalnızca AlB<sub>2</sub> borür yapıları içerdiği varsayılarak, üretilen kompozitlerin takviye oranları yoğunluk ölçümleri dikkate alınarak karışımlar kuralına göre hesaplanmıştır. Kompozit numunelerinin mikro yapısının incelenmesi için Olympus optik mikroskop kullanılmıştır.

## 2.2. Aşınma DeneYleri

Kompozitlerin aşınma testleri abrasif aşınma tekniği ile yapılmıştır. Numuneler 6 mm çapında ve 20 mm boyunda silindirik yapıda hazırlanmıştır.

Kompozitlerin abrasif aşınma özelliklerinin belirlenmesinde matris tipi, takviye oranı, aşındırıcı ortam, yük ve kayma hızı olmak üzere 5 faktör dikkate alınmıştır. Seçilen her faktör iki seviyeli olarak belirlenmiştir. Aşınma testlerinde aşındırıcı medya olarak ortalama 46 ve 18 µm partikül boyutuna sahip 320 ve 1000 meşlik SiC su zımparaları seçilmiştir. Kayma hızı faktörü için 1 m/s ve 2,7 m/s kayma hızları, yük faktörü için 1 N ve 2 N'lük yükler seçilmiştir. Tablo 1'de aşınma testleri için belirlenen faktör ve seviye değerleri verilmiştir. Tablo 1'de verilen faktör ve seviyeleri dikkate alınarak Taguchi yaklaşımına göre L<sub>8</sub>(2<sup>5</sup>) ortogonal serisi seçilerek 8 adet deney reçetesi belirlenmiştir. Tablo 2'de belirlenen 8 adet deney reçetesi görülmektedir. Aşınma sonuçlarının analizinde ağırlık kaybı dikkate alınmıştır. Her bir deney reçetesi güvenilirliği artırmak amacı ile en az 3'er kez tekrarlanmıştır.

Tablo 1. Aşınma DeneYleri İçin Seçilen Faktör ve Seviye Değerleri

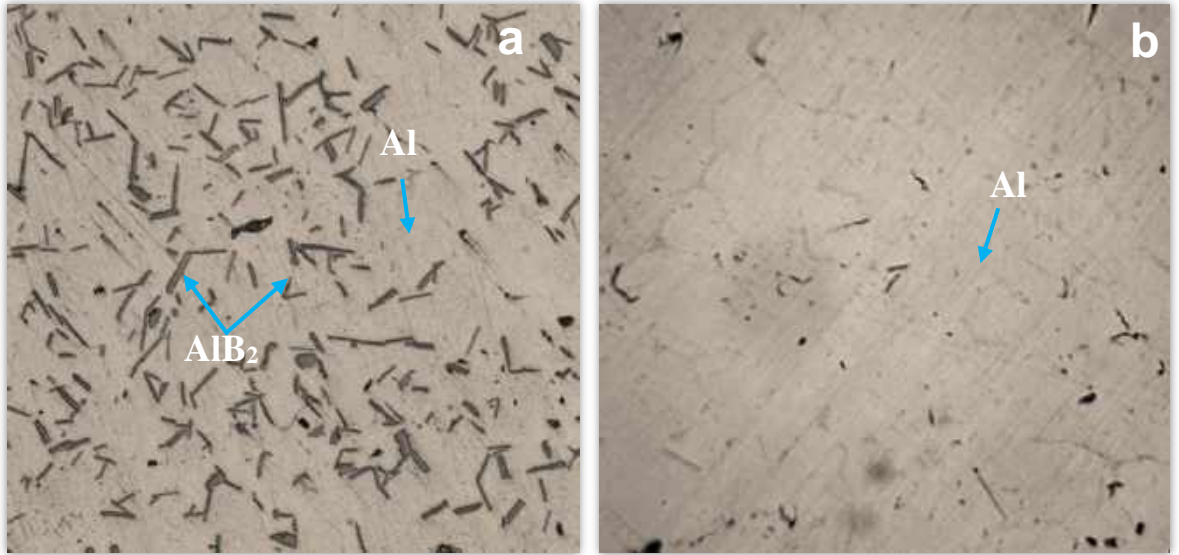
Kolon	Faktör	Faktör Seviyesi	
		1. Seviye	2. Seviye
A	Matris tipi	Saf Al	Al-Cu
B	Takviye oranı, %	0	10
C	Aşındırıcı medya, µm	46	18
D	Yük, N	1	2
E	Kayma hızı, m/s	1	2,7

Tablo 2. Aşınma Deneyleri İçin Seçilen  $L_8(2^5)$  Ortogonal Serisi ve Deney Reçeteleri

Deney no	Matris tipi	Takviye oranı, %	Aşındırıcı Medya, $\mu\text{m}$	Yük, N	Kayma hızı, m/s
1	Al	0	18	1	2,7
2	Al	0	46	2	1
3	Al	10	18	2	1
4	Al	10	46	1	2,7
5	Al-Cu	0	18	2	2,7
6	Al-Cu	0	46	1	1
7	Al-Cu	10	18	1	1
8	Al-Cu	10	46	2	2,7

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Üretilen  $\text{AlB}_2$  takviyeli alüminyum matris kompozite ve matris alaşımına ait bir mikro yapı görüntüsü Şekil 2(a)-(b)'de sırası ile verilmiştir. Şekil 2(a)'da alüminyum matris içerisinde yaklaşık 20  $\mu\text{m}$  uzunluğunda  $\text{AlB}_2$  borür yapıları görülmektedir. Ayrıca mikro yapıda  $\text{AlB}_2$  yapılarının homojen dağılıma sahip olduğu ve matris ve takviye fazı arasında ara bileşiklerin olmadığı görülmektedir.



Şekil 2.a) %10  $\text{AlB}_2$  takviyeli alüminyum matris kompozit, b) Saf alüminyum matris

Tablo 3'te üretilen % 10 takviye oranına sahip  $\text{AlB}_2/\text{Al}$  ve  $\text{AlB}_2/\text{Al-Cu}$  kompozit ve saf Al ve Al-Cu matris alaşımlarının ortalama Brinell sertlik sonuçları görülmektedir.

Tablo 3'te kompozit malzemelerinin sertlik değerlerinin matris alaşımlarına göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca tabloda  $\text{AlB}_2/\text{Al-Cu}$  kompozitinin sertlik değerinin  $\text{AlB}_2/\text{Al}$  kompozitinden daha yüksek olduğu dikkati çekmektedir. Tabloda en düşük sertlik değeri ortalama 25,8 HB ile saf alüminyum matriste iken en yüksek sertlik değeri ortalama 92 HB ile  $\text{AlB}_2/\text{Al-Cu}$  kompozitinde olduğu görülmektedir. Matrise göre kompozitlerin sertlik değerinin daha yüksek olmasının nedeni matris içerisindeki %10 oranındaki  $\text{AlB}_2$  borür yapılarından kaynaklandığı düşünülmektedir.



Tablo 3. Üretilen Kompozit ve Matris Alaşımlarının Ortalama Sertlik Değerleri

Malzeme	Sertlik, HB
Saf Al matris	25,86
Al-Cu matris	73,02
% 10 AlB <sub>2</sub> /Al kompozit	54,85
% 10 AlB <sub>2</sub> /Al-Cu kompozit	92,15

Tablo 4'te L<sub>8</sub>(2<sup>5</sup>) ortogonal serisinin sunduğu reçetelere göre yapılan aşınma deney sonuçları, onların ortalamaları ve “en küçük en iyidir” kalite karakteristiğine göre hesaplanan S/N oranları verilmiştir. Tabloda göreceğimiz üzere en yüksek ağırlık kaybının 2 numaralı deneyde ortalama 0,1235 gr, en düşük ağırlık kaybının ise 7 numaralı deneyde ortalama 0,012 gr olarak ölçülmüştür. Aşınma deneyleri sonucunda, ağırlık kayıplarının 0,012 – 0,1235 gr arasında değişim gösterdiğini görmekteyiz.

Tablo 4. L<sub>8</sub> Ortogonal Serisinin Önerdiği Reçetelere Ağırlık Kayıpları Ölçümleri, Ortalamaları ve Sinyal / Gürültü (S/N) Oranları

D. No	1. ölçüm, g	2. ölçüm, g	3. ölçüm, g	Ort.	S/N
1	0,03535	0,03231	0,03623	0,03463	29,21
2	0,15352	0,12668	0,09030	0,12350	18,17
3	0,02743	0,02271	0,02336	0,02450	32,22
4	0,05488	0,04200	0,04040	0,04576	26,79
5	0,03220	0,01025	0,01785	0,02010	33,94
6	0,04292	0,04703	0,04505	0,04500	26,94
7	0,01235	0,01209	0,01157	0,01200	38,42
8	0,04322	0,05169	0,04840	0,04777	26,42

Tablo 4'te görülen S/N oranları dikkate alınarak hazırlanmış ANOVA tablosu Tablo 5'te gösterilmektedir. ANOVA tablosunda % 95 güven düzeyi için ( $F_{(hesap)} > F_{(tablo)}$ ) olan faktörler) matris tipi, takviye oranı ve aşındırıcı medya, ağırlık kayıpları üzerinde büyük ölçüde bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Öte yandan yük ve kayma hızı faktörlerinin ağırlık kaybı üzerine önemli bir etkiye sahip olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte ANNOVA tablosu bize ağırlık kayıplarına en etkili faktörün 57,58  $F_{(hesap)}$  değeri ile aşındırıcı medya olduğunu göstermekte ve aşındırıcı medyayı sırasıyla 17,09  $F_{(hesap)}$  değeri ile matris tipi ve 11,12  $F_{(hesap)}$  değeri ile takviye oranının takip ettiğini görmekteyiz. Tabloda kayma hızı faktörü, ağırlık kaybına etkisi düşük olduğu için “pooling” yapılarak hesaba dâhil edilmemiştir ve \* işareti ile belirtilmiştir.

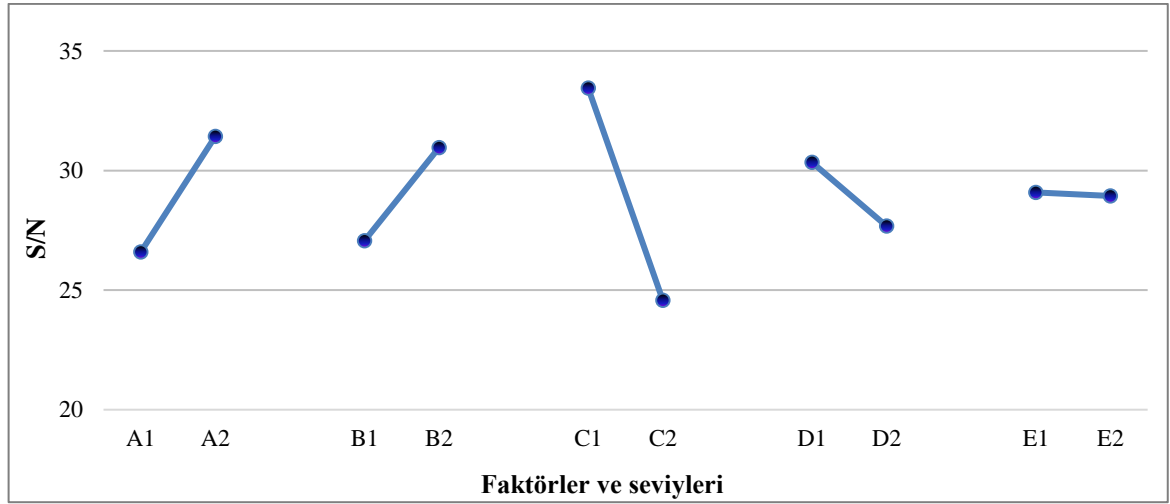
Tablo 5. Sinyal / Gürültü Oranlarına Göre Hazırlanan ANNOVA Tablosu

Kolon	Değişim Kaynağı	Kareler Toplamı S	Serbestlik Derecesi f	Kareler Ortalaması	Teorik F $F_{(hesap)}$	İstatiksel F $F_{(tablo)}$
A	Matris tipi	46,67	1	46,67	17,09	10,1 (%95 için)
B	Takviye oranı	30,38	1	30,38	11,12	10,1 (%95 için)
C	Aşındırıcı ortam	157,28	1	157,28	57,58	10,1 (%95 için)
D	Yük	14,09	1	14,09	5,16	5,54 (%90 için)
E	*Kayma hızı	0,05	1	0,05	0,02	5,54 (%90 için)
	Toplam	248,42	4	62,1		
	e	8,19	3	2,73		
	*pooling, ep					

Şekil 3'te faktör seviyelerinin S/N oranları temel alınarak hazırlanmış olan “Faktör ve seviyelerinin grafik üzerinde gösterimi” görülmektedir. Grafikte faktörlerden büyük olan değer en düşük ağırlık kaybının elde edildiği optimum deney faktör seviyeleridir. Bu e-ISSN: 2148-2683

grafik sonucunda optimum faktör seviyeleri; A2, B2, C1, D1 ve E1 olarak gözükmektedir. Bu sonuç da en düşük ağırlık kaybının Al-Cu matrisli ve %10 AIB<sub>2</sub> ile güçlendirilen kompozitin 18 µm partikül boyuruna sahip aşındırıcı medya ortamında 1 N yük altında ve 1 m/s hızla yapılan deney reçetesi ile elde edileceğini göstermektedir.

Şekil 3'te S/N oranları dikkate alınarak hazırlanan grafikte yüksek S/N oranı düşük ağırlık kaybını ifade etmektedir. Grafik incelendiği zaman ağırlık kaybı üzerinde en fazla etkiye sahip faktörün C faktörü yani aşındırıcı medya tipi olduğu görülmektedir. C1 olarak ifade edilen 18 µm aşındırıcı medya ortamında ağırlık kaybının düşük ve C2 olarak ifade edilen 48 µm'ük aşındırıcı medya ortamında ağırlık kaybının daha yüksek olduğu göze çarpmaktadır. A ve B faktörlerini incelediğimiz zaman matris tipinin A1 (Al) yerine A2 (Al-Cu) seçilmesinin ve B1 ve B2 faktör seviyeleri olarak tanımlanan AIB<sub>2</sub> takviye oranının %0'dan %10'a çıkarılmasının ağırlık kaybını önemli ölçüde azalttığı görülebilmektedir. Grafikte, yük faktörünün ağırlık kaybına etki değerinin matris tipi ve takviye oranının peşinden geldiğini görülmektedir. 1 N ve 2 N olan yük faktörü grafikte sırasıyla D1 ve D2 olarak tanımlanmıştır ve grafikte de açıkça görebildiğimiz gibi uygulanan yükün artışı ağırlık kaybının da artmasına sebep olmuştur. Son olarak hız faktörünün ise ağırlık kaybına ciddi bir etkiye sahip olmadığı grafik üzerindeki E1 (1 m/s) ve E2 (2,7 ms) ifadeleri ile görülebilmektedir.



Şekil 3. Faktör ve seviyelerinin grafik üzerinde gösterimi

Tablo 6'da en az ağırlık kaybını elde etmek için optimum faktörler işaretlenmiştir.

Tablo 6. Minimum Ağırlık Kaybı İçin Önerilen Optimum Deney Şartları

Kolon	Faktör	Faktör Seviyesi	
		1. Seviye	2. Seviye
A	Matris tipi	Saf Al	Al-Cu
B	Takviye oranı, %	0%	10%
C	Aşındırıcı medya	18 µm	48 µm
D	Yük, N	1	2
E	Kayma hızı, m/s	1 m/s	2,7 m/s

Taguchi yaklaşımına göre yaptığımız bu incelemede deneylerin doğru yapıлып yapılmadığını test etmek için optimum deney şartlarında bir doğrulama deneyi yapılması gerekmektedir. Tablo 6'da işaretli kutucuklardaki değerler ile bir doğrulama deneyi yapılmıştır. Taguchi yaklaşımına göre S/N oranları ve ağırlık kayıpları için %95 güven düzeyine göre hesaplanan tahmini güven aralığı ve ortalama değerleri verilmiştir. Ek olarak tabloda doğrulama deneyi sonucunda elde edilen S/N oranı ve ortalama ağırlık kaybı değerleri görülmektedir.

Tablo 7. Tahmini Güven Aralığı

Nicelik	S/N oranı	Ağırlık kaybı
Optimum şartlar	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> E <sub>2</sub>	A <sub>2</sub> B <sub>2</sub> C <sub>1</sub> D <sub>1</sub> E <sub>2</sub>
Hesaplanan ortalama değer,	39,14 dB	0,0111 gr
$\alpha=0,05$ için hesaplanan güven aralığı	36,39 dB < $\mu$ < 41,89 dB	0,0080 gr< $\mu$ <0,0152 gr
Doğrulama deneyi	38,91 dB	0,0113 gr

Tablo 7’de optimum şartlar altında yapılan doğrulama deneyi neticesinde ortalama ağırlık kaybı değerinin 0,0111 gr ve S/N oranının 39,14 dB değerinde olması gerektiği görülmektedir. Tablo 7’de görüldüğü üzere yapılacak olan doğrulama deneyinde ağırlık kaybı değerinin 0,00804 gr ile 0,01516 gr arasında olması gerekmektedir. Yapılan doğrulama deneyi sonucunda S/N oranı 38,91 dB ve ağırlık kaybı 0,0113 gr olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonucun tabloda gösterilen güven aralığı değerlerinin içinde olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar yapılan deneylerde kontrol altına alınamayan bir faktörün olmadığına göstergesidir.

Çalışmalar neticesinde yapılan aşınma deneylerinin sonuçları göz önüne alındığında üretilen kompozit için aşınma ile ağırlık kaybına en fazla etki eden faktörün aşındırıcı medya ortamı olduğu sonucuna varılmıştır (Şekil 4 C faktörü). Yapılan önceki çalışmalarda da artan aşındırıcı partikül boyutunun artmasının aşınmayı arttırdığı rapor edilmiştir (Ficici, 2016) (Ficici & Koksal, 2016). Bu çalışmada da benzer şekilde aşındırıcı zımparadaki partikül boyunun büyümesiyle birlikte aşınma ve ağırlık kaybı miktarlarında artış olmuştur. Bunun muhtemel nedeni önceki çalışmalarda rapor edildiği gibi aşındırıcı partikül boyutunun artması aşınan yüzeylere daha fazla penetre olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Savaş, 2019).

Deney sonuçlarındaki bir diğer dikkat çekici husus matris içerisindeki takviye parçacıkları oranıdır. Takviye oranının artmasıyla beraber malzemenin aşınmaya karşı direncinin de ciddi ölçüde arttığı görülmüştür (Şekil 4 B faktörü). Literatür çalışmasında artan takviye oranıyla birlikte malzemenin sertliklerinin artırarak aşındırıcı partiküllerinin aşınan yüzeye doğru penetrasyonunu zorlaştırmasından dolayı kompozitlerin aşınma direncini artırdığını rapor etmişlerdir (Kumar, Chakraborty, Subramanya Sarma, & Murty, 2008; Kumar, Sarma, & Murty, 2007; Nachimuthu Radhika & Raghu, 2016). Bu çalışmada da AIB<sub>2</sub> ile güçlendirilmiş malzemenin aşınmaya karşı direncinin arttığı önceki çalışmalara benzer şekilde görülmüştür. Bunun nedeni AIB<sub>2</sub> partiküllerinin matrisin sertlik değerini arttırmasıdır. Yine sonuçlarda matris tipindeki farklılığın aşınma direncine etkisinin olduğu görülmektedir. Matris tipi olarak Al yerine Al-Cu alaşımının kullanılması malzemenin aşınmaya karşı daha dirençli bir hal aldığı görülmüştür (Şekil 4 A faktörü). Yük faktörü ele alındığı zaman deney sonuçlarında artan yük miktarının aşınmayı arttırdığı görülmüştür (Şekil 4 D faktörü). Bu durumun muhtemel nedeni arttan yük ile birlikte aşındırıcı partiküllerin malzemeye penetrasyonunun artmasıdır (Ozdin, 2007)(Nachimuthu Radhika & Raghu, 2016)(Kumar et al., 2007)(N. Radhika & Raghu, 2018)(Ko, 2006).

## 4. Sonuç

Bu çalışmada alüminyum ana yapıya AIB<sub>2</sub> takviyeli metal matrisli kompozitlerin aşınma özelliklerinin Taguchi yöntemi ile araştırılması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar maddeler halinde sunulmuştur;

1. Üretilen kompozitlerin aşınma davranışları üzerine etkili faktörlerin matris tipi, takviye oranı, aşındırıcı tipi ve yük olduğu tespit edilmiştir. En etkili faktörün aşındırıcı tipi olduğu ve onu sırası ile matris tipi, takviye oranı ve yük faktörlerinin izlediği tespit edilmiştir.
2. Matrise ağırlıkça %10 oranında AIB<sub>2</sub> takviyesinin hem AIB<sub>2</sub>/Al hem de AIB<sub>2</sub>/Al-Cu kompozitinde ağırlık kaybında dikkat çekici oranda azalmaya yol açtığı gözlenmiştir.
3. En düşük ağırlık kaybının elde edilmesi için önerilen optimum faktör seviyelerinin A<sub>2</sub>,B<sub>2</sub>,C<sub>1</sub>,D<sub>1</sub> ve E<sub>2</sub> şeklinde olduğu sonucuna varılmıştır. Al-Cu matrisli ve %10 AIB<sub>2</sub> takviyeli kompozitin 1000 grid aşındırıcı zımpara kademesi ve 1 N yük altında 1 m/s kayma hızıyla yapılan aşınma deneyleri neticesinde en düşük ağırlık kaybının elde edileceği tespit edilmiştir.
4. Optimum deney şartları altında yapılacak doğrulama deneyinde ağırlık kaybı değerinin 0,00804 gr ile 0,01516 gr arasında olması gerektiği belirlenmiştir ve yapılan doğrulama deneyinde ağırlık kaybı değeri 0,01134 gr olarak ölçülmüştür.

## Kaynakça

- Carlson, B. O. N. (1990). The Al-B ( Aluminum-Boron ) System, *11*(6), 2092.
- Das, S., Das, S., & Das, K. (2007). SCIENCE AND Abrasive wear of zircon sand and alumina reinforced Al – 4 . 5 wt % Cu alloy matrix composites – A comparative study, *67*, 746–751. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2006.05.001>
- Dinakaran, I., & Murugan, N. (2012). Effect of friction stir welding on microstructure , mechanical and wear properties of AA6061 / ZrB<sub>2</sub> in situ cast composites. *Materials Science & Engineering A*, *543*, 257–266. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2012.02.085>

- Emamy, M., Mahta, M., & Rasizadeh, J. (2006). SCIENCE AND Formation of TiB<sub>2</sub> particles during dissolution of TiAl<sub>3</sub> in Al – TiB<sub>2</sub> metal matrix composite using an in situ technique, *66*, 1063–1066. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2005.04.016>
- Ficici, F. (2016). The experimental optimization of abrasive wear resistance model for an in-situ AlB<sub>2</sub>/Al-4Cu metal matrix composite. *Industrial Lubrication and Tribology*, *68*(6), 632–639. <https://doi.org/10.1108/ILT-12-2015-0198>
- Ficici, F., & Koksall, S. (2016). Microstructural characterization and wear properties of in situ AlB<sub>2</sub>-reinforced Al-4Cu metal matrix composite. *Journal of Composite Materials*, *50*(12), 1685–1696. <https://doi.org/10.1177/0021998315595709>
- Ficici, F., Koksall, S., Kayikci, R., & Savas, O. (2011). Investigation of unlubricated sliding wear behaviours of in-situ AlB<sub>2</sub>/Al metal matrix composite. *Advanced Composites Letters*, *20*(4), 109–116.
- Gupta, K. (2012). Mechanical and abrasive wear characterization of bidirectional and chopped E-glass fiber reinforced composite materials. *Materials and Design*, *35*, 467–479. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.09.010>
- Kayikci, R., & Savaş, Ö. (2015). Fabrication and properties of in-situ Al/AlB<sub>2</sub> composite reinforced with high aspect ratio borides. *Steel and Composite Structures*, *19*(3), 777–787. <https://doi.org/10.12989/scs.2015.19.3.777>
- Ko, M. (2006). Abrasive wear of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particle reinforced 2024 aluminium alloy composites fabricated by vortex method, *37*, 457–464. <https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2005.05.038>
- Koksall, S., Ficici, F., Kayikci, R., & Savas, O. (2012). Experimental optimization of dry sliding wear behavior of in situ AlB<sub>2</sub>/Al composite based on Taguchi's method. *Materials and Design*, *42*, 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2012.05.048>
- Kumar, S., Chakraborty, M., Subramanya Sarma, V., & Murty, B. S. (2008). Tensile and wear behaviour of in situ Al-7Si/TiB<sub>2</sub> particulate composites. *Wear*, *265*(1–2), 134–142. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2007.09.007>
- Kumar, S., Sarma, V. S., & Murty, B. S. (2007). Influence of in situ formed TiB<sub>2</sub> particles on the abrasive wear behaviour of Al-4Cu alloy. *Materials Science and Engineering A*, *465*(1–2), 160–164. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2007.02.117>
- Liu, Z. Y., Wang, Q. Z., Xiao, B. L., Ma, Z. Y., & Liu, Y. (2010). Experimental and modeling investigation on SiC<sub>p</sub> distribution in powder metallurgy processed SiC<sub>p</sub> / 2024 Al composites, *527*, 5582–5591. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2010.05.006>
- Mahapatra, S. S., & Patnaik, A. (2009). Study on mechanical and erosion wear behavior of hybrid composites using Taguchi experimental design. *Materials and Design*, *30*(8), 2791–2801. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2009.01.037>
- Miracle, D. B. (2005). SCIENCE AND Metal matrix composites – From science to technological significance, *65*, 2526–2540. <https://doi.org/10.1016/j.compscitech.2005.05.027>
- Mohan, S., Prakash, V., & Pathak, J. P. (2002). Wear characteristics of HSLA steel, *252*(June 2001), 16–25.
- Ozdin, K. (2007). Wear resistance of aluminium alloy and its composites reinforced by Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particles, *183*, 301–309. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.10.021>
- Radhika, N., & Raghu, R. (2018). Effect of Centrifugal Speed in Abrasive Wear Behavior of Al-Si<sub>5</sub>Cu<sub>3</sub>/SiC Functionally Graded Composite Fabricated by Centrifugal Casting. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, *71*(3), 715–726. <https://doi.org/10.1007/s12666-017-1204-9>
- Radhika, N., Subramanian, R., & Prasat, S. V. (2011). Tribological Behaviour of Aluminium / Alumina / Graphite Hybrid Metal Matrix Composite Using Taguchi 's Techniques, *10*(5), 427–443.
- Radhika, Nachimuthu, & Raghu, R. (2016). Effect of Abrasive Medium on Wear Behavior of Al/AlB<sub>2</sub> Functionally Graded Metal Matrix Composite. *Tribology Online*, *11*(3), 487–493. <https://doi.org/10.2474/trol.11.487>
- Ross, P. J., & Ross, P. J. (n.d.). Taguchi Techniques for Quality Engineering : Loss Function , Orthogonal Experiments , Parameter and Tolerance Design Orthogonal Experiments , Parameter and Tolerance Design.
- Rosso, M. (2006). Ceramic and metal matrix composites: Routes and properties, *175*, 364–375. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2005.04.038>
- Savaş, Ö. (2019). The production and properties of Al<sub>3</sub>Ti reinforced functionally graded aluminum matrix composites produced by the centrifugal casting method. *Materials Research Express*, *6*(12), 10–12. <https://doi.org/10.1088/2053-1591/ab562c>
- Savaş, Ö., & Başer, M. S. (2019). Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Investigation of Abrasive Wear Behaviour of Functional Grade Al<sub>3</sub>Ti Reinforced Aluminium Matrix Composites by Taguchi Approach Alüminyum Ana Yapı Fonksiyonel Derecelendirilmiş Al<sub>3</sub>Ti Takviye Kompozitleri'nin Abrasif Aşınma Davranışları Üzerine Deneysel Bir Çalışma. *European Journal of Science and Technology*, *17*(17), 972–981. <https://doi.org/10.31590/ejosat.648682>
- Savaş, Ö., & Kayikci, R. (2013). Production and wear properties of metal matrix composites reinforced with boride particles. *Materials and Design*, *51*, 641–647. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2013.04.049>
- Sharma, P., Khanduja, D., & Sharma, S. (2014). Tribological and mechanical behavior of particulate aluminum matrix composites. <https://doi.org/10.1177/0731684414556012>
- Sharma, S. C. (2001). The sliding wear behavior of Al6061 – garnet particulate composites, *249*(June), 1036–1045.
- Singh, M., Mondal, D. P., & Das, S. (2006). Abrasive wear response of aluminium alloy – sillimanite particle reinforced composite under low stress condition, *419*, 59–68. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2005.11.056>
- Taha, M. A. (2001). *Practicalization of cast metal matrix composites (MMCCs)*. *Materials & Design*, *22*(6), 431–441.
- Tjong, S. C., & Lau, K. C. (2014). Properties and abrasive wear of TiB<sub>2</sub> / Al-4 % Cu composites produced by hot isostatic pressing, *59*(1999), 2005–2013.
- Tjong, S. C., & Ma, Z. Y. (2000). Microstructural and mechanical characteristics of in situ metal matrix composites, *29*(July), 49–113.
- Zhu, H. G., Ai, Y. L., Min, J., Wu, Q., & Wang, H. Z. (2010). Dry sliding wear behavior of Al-based composites fabricated by exothermic dispersion reaction in an Al – ZrO<sub>2</sub> – C system. *Wear*, *268*(11–12), 1465–1471. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2010.02.023>
- Zhu, H., Wang, H., Ge, L., Xu, W., & Yuan, Y. (2008). Study of the microstructure and mechanical properties of composites fabricated by the reaction method in an Al – TiO<sub>2</sub> – B<sub>2</sub>O<sub>3</sub> system, *478*, 87–92. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2007.05.076>



# Seralarda İş Sağlığı ve Güvenliği: Siirt İli Örneği

Burak Saltuk<sup>1\*</sup>, Atılğan Atılğan<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Biosystem Engineering, University of Siirt, Turkey, (ORCID: 0000-0001-8673-9372)

<sup>2</sup> Isparta University of Applied Sciences Faculty of Agriculture, Agricultural Structure and Irrigation Department, 32260 Isparta-Turkey, (ORCID:0000-0003-2391-0317)

(İlk Geliş Tarihi 19 Haziran 2020 ve Kabul Tarihi 31 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.755009)

**ATIF/REFERENCE:** Saltuk, B. & Atılğan, A. (2020). Occupational Health and Safety in Greenhouses: Example of Siirt Province *European Journal of Science and Technology*, (19), 881-890.

## Öz

Seralar iç ortam koşullarının denetlenebildiği bitkisel üretim yapılarıdır. Seracılık günümüzün en önemli sebze veya meyve üretim materyalini oluşturmaktadır. Önümüzdeki yüzyılda önem etkisinin daha da artacağı ve gerek iklimsel değişimlerden gerekse fazla üretim isteğinden dolayı bu sektöre ilgi artacaktır. İlginin artması beraberinde çeşitli olumsuz iş kazalarını da getirebilecektir. Seracılıkta özellikle solunum yolu hastalıkları ve düşmeye bağlı kazalar öne çıkmaktadır. Bu çalışmada, Siirt ili ve ilçelerindeki seracılık işletmeleri örneklenmiş olup, saha çalışmaları yapılarak mevcut durumun ortaya konulması hedeflenmiştir. Çalışmada, seracılıkta uygulanan iş sağlığı ve güvenliği uygulamaları irdelenmiş, çalışanlar ve iş yeri paydaşlarının görüşlerine başvurularak 5x5 L tipi analiz matrisi uygulanmıştır. Matris oluşturulurken; üreticilerin sahip olduğu deneyimler göz önünde bulundurulmuş; seralarda çalışan veya daha önce çalışmış kişilerin sağlık sorunları, bu sorunların insan hayatına olan etkileri yapılan anketler yardımıyla belirlenmiş ve olası tehlikelere karşı proaktif bir yaklaşım sergilenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre özellikle pestisit uygulamalarında dikkate değer risk olduğuna, sera içerisinde en çok düşmeye bağlı yaralanmaların ortaya çıktığı sonucuna varılmıştır. İş kazalarının önüne geçilebilmesi için, sera çalışanlarının yaptıkları iş konusunda eğitimi ve yönlendirilmesi gerektiği kanısına varılmıştır. Özellikle sera iç sıcaklık değerlerinin dış ortam ile farklılık gösterdiği sonbahar üretim periyodunda sağlık kuruluşlarına olan başvurunun arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, yörede iş sağlığı ve güvenliği konusunda üreticilerin duyarlı olmadıkları kanısına varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Sera, İş Sağlığı ve Güvenliği, Tarım, Siirt

## Occupational Health and Safety in Greenhouses: Example of Siirt Province

### Abstract:

The greenhouses have climate controls that allow them to produce vegetative plants. Today, the most important vegetables and some fruits are produced in the greenhouses. In the next century, the interest in this sector will be increased due to the important effects of both climate changes and the desire for further production. Along with the increasing interest we may encounter various negative work accidents; such as respiratory diseases and fall accidents were seen further. In this study, the greenhouses of Siirt province and its districts were sampled and for revealing their situations compared with field studies. Occupational health and safety practices were examined in greenhouse farming, and a 5x5 L type data matrix was made for analysis by asking the opinions of the employees and workplace investors. The producer's experiences have been considered during planning and creating matrix data; the health problems of people who working or have worked before in greenhouses have been identified with the help of surveys on the impact of these problems on human life and a precautionary approach has been taken against possible risks. The results showed, not only there is a remarkable risk especially in pesticide applications but the injuries mostly due to the fall were observed in the greenhouses. They concluded that greenhouses workers should be trained and guided about what they are doing to prevent accidents. Especially during the autumn planting period, it has been observed that the numbers of people who refer to medical centers have been increased by reason of the difference in temperature inside and outside the greenhouse. In addition, it was concluded that producers are not sensitive about occupational health and safety in the regions.

**Keywords:** Greenhouse, Occupational Health and Safety, Agriculture, Siirt

\* Corresponding author: Department of Biosystem Engineering, University of Siirt, Turkey (ORCID: 0000-0001-8673-9372) [bsaltuk@siirt.edu.tr](mailto:bsaltuk@siirt.edu.tr)



## 1. Giriş

Günümüzde insanların gıda ihtiyaçlarını karşılamak için daha fazla üretime ve daha fazla verimliliğe ihtiyaç duyulmaktadır. Seralar, iç ortamda sıcaklık, ışık ve nem gibi iklimsel faktörlerin kontrolü ile üretim yapılabilen, dış ortam iklim koşullarına tamamen veya kısmen bağlı olan ve yıl boyunca sebze, tohum ve fideler üretmek için kullanılan bitkisel üretim yapılarıdır (Anonim, 2015a)

Artan dünya nüfusuna rağmen, günden güne azalan tarımsal alanlarda daha nitelikli ve niceliksel üretime duyulan ihtiyaç, tarımsal üretim teknolojilerinin daha etkin kullanılmasını gerekli kılmaktadır. (Karaağaç ve ark., 2014). Türkiye'nin iklimi ve coğrafi durumu çok çeşitli tarım faaliyetlerine izin vermektedir. Türkiye'nin toplam yüzölçümü 78 milyon hektar olup, yaklaşık 40 milyon hektar tarım arazisi bulunmaktadır (Kökten ve ark., 2018). Türkiye, 61 512 hektar sera alanına sahip olup, 27 866 hektar plastik örtülü, 8074 hektarlık cam örtülü sera bulunmaktadır. Toplam sera alanının %22'si cam, %78'i plastik (PE, PVC, vb.) örtülüdür. Seradaki ürün yetiştiriciliğinin %84'ü Akdeniz bölgesindeki illerde gerçekleşir (Baytorun, 2016).

Gügerçin ve Baytorun (2018) tarafından yapılan çalışmada, tarım sektöründe çalışanların karşılaşılabilecekleri tehlikeler ve alınabilecek önlemler konusunda literatür çalışması yapılmış olup, tarımda iş kazalarının önlenmesi konusunda ulaşılan bilgilerin ilgililere ulaştırılması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda Dünya nüfusunun yaklaşık yarısının tarımda çalıştığı ve iş kazalarının da önemli bir bölümünün tarım sektöründe meydana geldiği sonucuna varılmıştır.

Kaplan (2019a). Çevre sağlığı ve doğal dengenin korunması açısından, zararlı ile mücadelede öncelikle kimyasal ilaçlamadan kaçınılarak biyoteknik yöntemler ve kültürel mücadeleye önem verilmelidir.

Kanada'nın Batı Kanada bölgesindeki İngiliz Kolombiya'sındaki yapılan bir çalışmada, 2013-2018 yılları arasındaki tarım (sera) ve iş kazaları incelenmiştir. Bu çalışmaya göre, tarım ve iş güvenliği beraber çalışılması gereken bir konu olup, sera işletmelerinde iş kazaları kaynaklı sorunları önleme yolu olarak uyarı ve ikazlar görülmektedir. 2013-2018 yılları arasındaki, sera ve süs bitkileri üretim şirketlerinde her yıl ortalama 290 kaza ve bu kazaya bağlı olarak 11.400 gün/iş kaybı bildirilmiştir. Her beş yaralanmadan biri genç işçilerde meydana gelmektedir. Bu kazalara bağlı olarak altı adet ciddi yaralanma olup ölüm bildirilmemiştir. Sera işçilerinin en yaygın yaralanmaları, tüm yaralanmaların yarısını oluşturan eklem burkulmaları ve kırılmalarıdır (Anonim, 2013). Tüm bu yaralanmalar hem insani anlamda hem de işten ve işten kopma nedeniyle kaybedilen zaman açısından oldukça pahalı maliyetlerdir. Bu 5 yıllık süreçte, kayıp yaklaşık 2 milyon dolar olarak ortaya çıkmıştır. İşyeri kazaları, yaralı işçiler, iş arkadaşları ve aileleri üzerinde acı, sakatlık, stres ve istihdam kaybı veya değişimi açısından büyük bir etkiye sahip olabilir. Küçük bir sera veya fidanlı işletmesi için ortaya çıkabilecek iş kazaları mali açıdan da yıkıcı olabilir. Buna bağlı olarak ortaya çıkan ve çalışanlara ödenmesi gereken tazminat, sigorta primleri ve cezaları bulunmaktadır. Ayrıca, sera işletmesine verilebilecek yapısal zarar üretim sürecini de etkilemektedir (Anonim, 2013).

Dünyada ve ülkemizde kadınlar ve çocuklar bu işgücünün önemli bir parçasıdır ve kadınların yükü sürekli artmaktadır. Bu çalışanlar, kırsal alanlarda yaşayan, eğitim olanaklarından yeterince yararlanamayan ve nitelikli mesleki eğitim ve donanımına sahip olmayan yoksul insanlardır. TÜİK tarafından yapılan "Hane Halkı İşgücü Anketi" sonuçlarına göre işgücünün %23,07'si tarımda çalışmaktadır. Tarımda çalışanların iş kazası ve meslek hastalığı riski yüksek olmasına karşın sağlık ve güvenlik açısından koruma kapsamında değildir. Tarımsal üretimde çalışanların, aile içi işletmeler olduğu, geleneksel çalışma yöntemlerini kullandıklarını ve eğitimsiz kişilerin tehlikelerin farkında olmadığı belirtilmiştir (Anonim, 2012b).

Avrupa Birliğine dahil ülkeleri kapsayan 2015 yılı iş sağlığı raporlarına göre ölümcül olmayan iş kazalarının %4,8'inin, ölümcül iş kazalarının ise %13,2'sinin tarım, ormancılık ve balıkçılık sektöründe gerçekleştiği bildirilmiştir (Anonim, 2015b).

Kayhan ve ark. (2019) tarafından Kırklareli'nde yapılan tarım makinalarının kullanımında meydana gelen iş kazalarının tespiti ve değerlendirilmesi çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda, Kırklareli ilinde traktör kullanıcılarının büyük çoğunluğunun güvenli kullanım konusunda bilgi düzeylerinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Son on yılda il genelinde traktör veya diğer tarım alet ve makinası kullanımı ile ilgili olarak 44 adet kaza olayı tespit edilmiştir. Bu kazalar sonucu 4 ölüm, 25 ağır yaralanma ve 10 hafif yaralama olayı meydana geldiği bildirilmiştir.

Avrupa Birliğine dahil 28 ülkenin genelinde tarım işgücünün %76,5'lik kısmının aile aktivitesi olduğu belirtilmektedir. İş kazaları açısından tarım sektörü Avrupa'nın en tehlikeli sektörlerinden biridir. (Sert ve Nazhoğlu, 2015).

Işıktekin Atalay ve ark. (2017) tarafından yapılan çalışma ile Eskişehir'deki sağlık tesislerine başvuru ile ilgili olarak mevsimlik tarım işçileri ve ailelerinin tercihlerini ve bunları etkileyen faktörlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, mevsimlik tarım işçilerinin sağlık kuruluşlarına %46,6'sının temel acil bakım (kaza, yaralanma) oluştuğunda, %38,5'inin hasta olduğu zaman ve %12,6'sının ise aşı olması gerektiği zaman başvuruda bulduklarını belirtmişlerdir.

Seralarda özellikle hastalık ve zararlıların önlenmesi açısından pestisitlerin (İnsektisit, Fungusit, Akarisit, vb.) kullanıldığı bilinmektedir. Pestisitler, uygulama yapan kişiler üzerinde etkili olabileceği gibi tüketiciler açısından da oldukça risk oluşturmaktadır. Pestisitler insan vücudu için bir dereceye kadar toksisiteye sahip olduğundan, çalışanlar kimyasal mücadelede ilaç kullanırken potansiyel zararlardan kaçınmalıdır (Yücel, 2007).

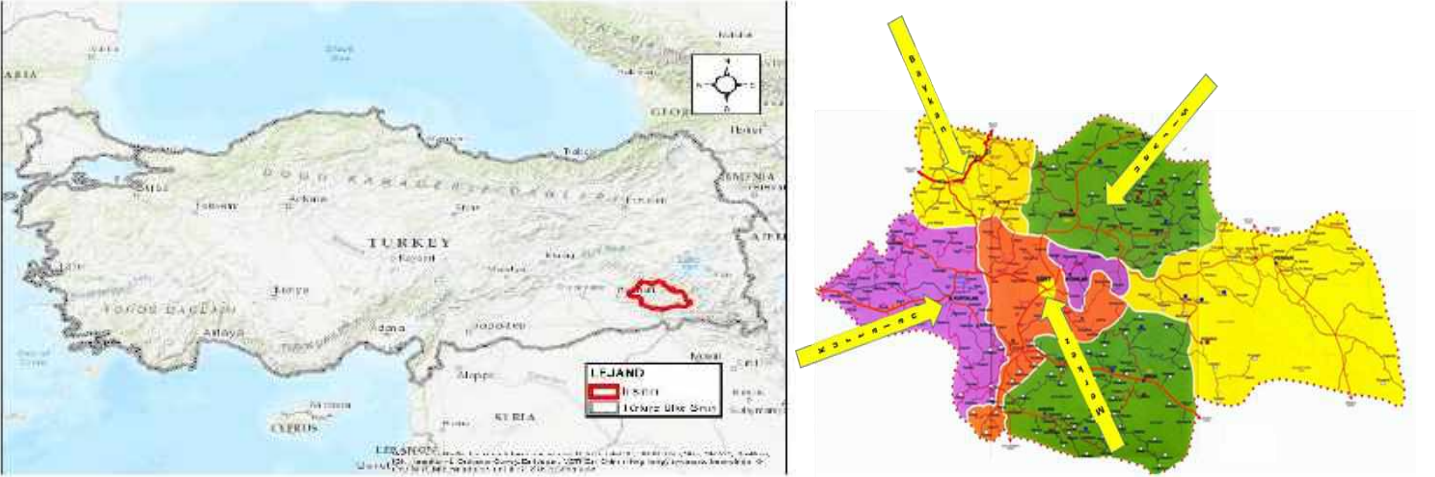
Meyve bahçelerinde zararlı organizma türleri ile mücadelede gelişmiş pestisit kullanımının artmasıyla canlılar var olan doğal dengenin bozulmasına neden olacak ki, buda ileriki yıllarda zararlıların salgın yapma ihtimalini arttıracaktır. Bu nedenle zararlı türlerle mücadele ederken tüm faktörlerin çevresiyle birlikte düşünülmesi gerekir ve uygulanacak mücadele yöntemlerinde, geniş spektrumlu kimyasal ilaç ve gereksiz ilaçlamalardan kaçınılması önerilir (Kaplan, 2019b).

Çalışma alanı olarak, seracılığın yeni yeni gelişmeye başladığı Siirt ili ve ilçeleri seçilmiştir. Özellikle yörede seracılığın gelir getirici bir iş kolu olarak görülmeye başlamasıyla hızlı bir artış söz konusudur. Ancak yapılan çalışmada özellikle iş sağlığı ve güvenliğinin ihmal edilerek üretim yapıldığı gözlemlenmiştir. Bu çalışma, seralarda üretim sırasında meydana gelen iş kazalarının nedenleri ve çalışanlara olası etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Materyal

Siirt ilinin yeryüzü şekilleri çoğunlukla yüksek dağlar ve yaylalardan oluşmaktadır. Siirt'in kuzeyi ve doğusu yüksek ve dik bölümlerdir. Bu dağ silsilesi, Hakkari Dağları ile doğudan güneydoğuya geniş bir yay çizerek birleşen Güneydoğu Torosları olarak adlandırılmaktadır. İklimsel olarak karasal iklim özellikleri gösteren Siirt ili ve ilçeleri sulamaya açılan yeni alanlar ile tarımda hızlı artış potansiyeline sahiptir. Çalışma, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bulunan Siirt ili ve ilçelerinde yürütülmüştür (Şekil 1). GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi) Bölgesel Kalkınma İdaresi ve diğer kurumların geçmiş yıllarda sağladığı katkılarla bölgedeki çok sayıda çiftçi tarafından küçük ölçekli seralar inşa edilmiştir. Ancak eğitim ve uygulama eksikliğinden dolayı, ayrıca seralardan elde edilen gelirin yetersiz kalmasından dolayı, ilerleyen süreçte seracılık desteklenmemiştir. Son yıllarda yapılan su kaynakları planlanması çalışmaları ile sulu tarım alanları ve sulamaya açılan yeni tarım arazileri üreticileri tekrar istekli duruma getirmiştir. (Anonim, 2017; 2020).



Şekil 1. Çalışmanın Yürütüldüğü Siirt İli ve İlçeleri

Seracılık faaliyetleri Siirt'te (Kurtalan, Baykan, Erüh) 65 (da) dekada yapılmakta olup, bunun, 25 (da) Kurtalan ilçesinde ve Kılıçlı köyünde 25 (da) Merkeze bağlı Kılıçlı köyünde gerçekleştirilmektedir (Şekil 2). Bu seralarda, yıllık iki üretim sezonu yetiştiricilik yapılmaktadır. Genellikle, bu seralarda domates ve hıyar üretilmektedir. Ayrıca, 2009 yılından bu yana, GAP İdaresi, GAP Bölgesi'ndeki Entegre Kırsal Kalkınma Şemsiye Programı'ndaki çiftçilere finansal ve teknik yardım sağlamıştır (Anonim, 2017;2020).

### 2.2. Metot

Çalışma, gerek Tarım ve Orman müdürlüğü çalışanlarının yönlendirmesiyle, gerekse önder çiftçilerle araziye çıkılarak yürütülmüştür. Bu kapsamda, Siirt ve ilçelerinde (Kurtalan, Baykan ve Merkez) bulunan 41 üretici ile 2019-2020 yıllarında yüz yüze anketler yapılmıştır. Yörede anket uygulanacak işletmelerin seçiminde tam sayı yöntemi kullanılmıştır (Karagölge ve Peker, 2002). Anket çalışmasında üreticilere ve çalışanlara 5 bölümden oluşan 40 soru sorulmuş ve alınan cevaplar risk değerlendirmesinde sayısallaştırılarak risk skoru oluşturulmuştur. Çalışmanın anketine verilen cevapları anlamlaştırabilmek amacıyla risk değerlendirme matrisi oluşturulmuştur. Çalışmada kullanılan anketler yazılı olarak doldurulmakla beraber, aynı zamanda internet tabanlı Google formlar kısmından elektronik ortamda da doldurulmasına olanak verilmiştir. Bu şekilde zaman tasarrufu sağlanmakla beraber, sonuçlara çok daha kolay yorum yapılabilir. Tarım il müdürlüğü personelleri aracılığıyla ulaşılan işletmeler olduğu gibi direk alınan anket sonuçları da bulunmaktadır. Çıktı olarak alınan formlarda sisteme kullanıcı yardımı ile girilmiştir. Bu şekilde oluşan sonuçlar matris diyagramları yapılarak yorumlanmaya çalışılmıştır.

Matris diyagramları, iki veya daha fazla değişken arasındaki ilişkiyi analiz etmek için bir değerlendirme aracıdır. 5 x 5 matris şeması (L tipi matris) özellikle neden sonuç ilişkilerini değerlendirmek için kullanılır. Bu yöntem, risk analizi yapması gereken analistler için

idealdir, ancak farklı süreçler içeren veya çok farklı akış kalıpları olan tüm çalışmalar için yeterli değildir ve yöntem başarı oranı, analistin birikimine bağlı olarak değişir. Bu tür işletmelerde acil eylem gerektiren ve acil eylem gerektiren tehlikeleri tanımlamak için kullanılmalıdır. Bu yöntemde, öncelikle, sonucun değerlendirilmesi ve ölçülmesi olayın takdirine bağlı olarak yapılır (Özkılıç, 2005). Bundan dolayı, anketin kapsam geçerliliği ile ilgili gerekli cevapları alabilmek amacıyla uzman görüşüne başvurulmuştur. Bu kapsamda, Ziraî İlaç Bayisi olan ve seracılık konusunda uzmanlaşmış Ziraat Mühendisi Celal Münir ŞAHİN ile ön test yapılarak anket soruları ve cevapları tartışma yolu ile belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışma için yapılan anketler, 5 bölümden oluşmaktadır. Bunlar sırasıyla,

A) İşletme ile ilgili bilgiler,

B) Yapılarla ilgili bilgiler

C) Tarımsal mücadele ve olası etkileri

D) Çevre üzerine etkileri ve

E) Tarım makinelerinin kullanımından kaynaklanan ölüme veya uzuv kaybına sebep olabilecek risklerin sorgulandığı kısımlardır.

Risk Skoru = İhtimal x Zarar Derecesi

Aşağıdaki çizelgeler doğrultusunda (Çizelge 1, 2, 3) elde edilen değerler matris metodolojisi temelli risk değerlendirme tablosuna kaydedilir ve sonucun kabul edilebilirlik değerleri tablosunda belirtilen eylemlere göre en büyük değerden başlayarak riskler için gerekli önlemler alınır (Çizelge 4).

Çizelge 1. Bir Olayın Gerçekleşme İhtimali (Özkılıç, 2005).

İhtimal	Ortaya Çıkma Olasılığı İçin Derecelendirme Basamakları
Çok Küçük	Hemen hemen hiç
Küçük	Çok az (yılda bir kez), sadece anormal durumlarda
Orta	Az (yılda birkaç kez)
Yüksek	Sıklıkla (ayda bir)
Çok Yüksek	Çok sıklıkla (haftada bir, her gün), normal çalışma şartlarında

Çizelge 2. Bir Olayın Gerçekleştiği Takdirde Şiddeti (Özkılıç, 2005).

Sonuç	Derecelendirme
Çok Hafif	İş saati kaybı, ilkyardım gerektiren
Hafif	İş günü kaybı yok, kalıcı etkisi olmayan, ayakta tedavisi ilk yardım gerektiren
Orta	Hafif yaralanma, yatarak tedavi gerektirir
Ciddi	Ciddi yaralanma, uzun süreli tedavi, meslek hastalığı
Çok Ciddi	Ölüm, sürekli iş göremezlik

Çizelge 3. Risk Skor (Derecelendirme) (L Tipi Matris) (Özkılıç, 2005).

İhtimal	Şiddet				
	1 (Çok Hafif)	2 (Hafif)	3 (Orta Dereceli)	4 (Ciddi)	5 (Çok Ciddi)
1 (Çok Küçük)	Anlamsız 1	Düşük 2	Düşük 3	Düşük 4	Düşük 5
2 (Küçük)	Düşük 2	Düşük 4	Düşük 6	Orta 8	Orta 10
3 (Orta)	Düşük 3	Düşük 6	Orta 9	Orta 12	Yüksek 15
4 (Yüksek)	Düşük 4	Orta 8	Orta 12	Yüksek 16	Yüksek 20
5 (Çok Yüksek)	Düşük 5	Orta 10	Yüksek 15	Yüksek 20	Tolere Edilemez 25

Çizelge 4. Sonucun Kabul Edilebilirlik Değerleri (Özkılıç, 2005).

SONUÇ	EYLEM
Katlanılmaz Riskler (25)	Belirlenen risk kabul edilebilir bir seviyeye düşürülünceye kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Gerçekleştirilen faaliyetlere rağmen riski düşürmek mümkün olmuyorsa, faaliyet engellenmelidir.
Önemli Riskler (15,16,20)	Belirlenen risk azaltılıncaya kadar iş başlatılmamalı eğer devam eden bir faaliyet varsa derhal durdurulmalıdır. Risk için devam etmesi ile ilgiliyse acil önlem alınmalı ve bu önlemler sonucunda faaliyetin devamına karar verilmelidir.
Orta Düzeydeki Riskler (8,9,10,12)	Belirlenen riskleri düşürmek için faaliyetler başlatılmalıdır. Risk azaltma önlemleri zaman alabilir.
Katlanılabilir Riskler (2,3,4,5,6)	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için ilave kontrol proseslerine ihtiyaç olmayabilir. Ancak mevcut kontroller sürdürülmeli ve bu kontrollerin sürdürüldüğü denetlenmelidir.
Önemsiz Riskler (1)	Belirlenen riskleri ortadan kaldırmak için kontrol Prosesleri planlamaya ve gerçekleştirilecek faaliyetlerin kayıtlarını saklamaya gerek olmayabilir.

### 3. Sonuçlar ve Öneriler

Çalışma, anket sorularına verilen cevaplar ile yörenin mevcut durumunu ortaya konulması açısından oldukça önem arz etmektedir. Anketlerin yorumlanması ve olası iş kazalarının önüne geçilebilmesi için titizlikle değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, Siirt ilinde cam örtülü sera bulunmamaktadır. Seralar plastik (PE) örtülü seralar olarak İlkbahar ve Sonbahar yetiştiriciliği yapmaktadırlar. Seracılık yapanların eğitim düzeyi, %61 ilköğretim, %37 lise ve %2 si ise Ön lisans- Lisans düzeyindedir. Anket sorularına verilen cevaplardaki iş sağlığı ve güvenliği konusundaki umursamama ve ciddiye almamanın temel sebebi olarak eğitim görülmektedir. İşletmeler genellikle aile işletmeleri şeklinde kurulmuş olup, belirli alanlarda yoğunluk göstermektedir. Yöredeki üreticilerin geçim kaynağı olarak seracılığı seçmemeleri, özellikle karasal iklim etkileri ve sektöre yabancı olmalarından kaynaklanmaktadır. Tarımsal mücadele ve olası etkileri hakkında üreticilere yöneltilen sorular bu konuda yeterli bilgiye sahip olmadıklarını göstermektedir. Üretici olası bir hastalık veya zararlı ile karşı karşıya kalması durumunda tecrübelerinden veya komşularından bilgi alarak ilaç (Pestisit) kullanma yolunu tercih etmektedir. Anket sorularına verilen cevaplarda üreticilerin Pestisit adı altında geçen (İnsektisit, Fungusit, Akarisit vb.) hakkında ticari isimleri bildikleri görülmüştür. Seralarında özellikle nemin çok olduğu dönemlerde ilaçlama sıklığının arttığını belirtmişlerdir. Bu süreçte, kullandıkları ilaçların %35 Fungusit, %30 İnsektisit, %25 Herbisit ve %10 oranında Akarisit olduğunu belirtmişlerdir. Tarımsal mücadele sıklığı ise %80 haftada 1 defa veya fazlası olarak belirtilmiştir. Ancak özellikle ilaçların birbiri ile karışmama durumunu göz önüne alarak 1 hafta Fungusit uyguladı ise diğer hafta İnsektisit veya Akarisit uygulamış olduğunu belirtmiştir.

Özellikle tarımsal mücadele konusunda gerekli önlemlerin alınmadığı görülmektedir. Tarımsal mücadele uygulama şekli ile ilgili anket sorularına verilen cevaplar mücadelenin %90 oranında makine yardımıyla el ile uygulandığını ortaya koymaktadır. Bu kapsamda uygulamacı kişinin gerek iş sağlığı ve güvenliği konularında gerekli önlemleri de almadığı görülmüştür. Gerek ilaçlama öncesinde gerekse ilaçlama sonrasında gerekli fiziksel şartların (Eldiven, Maske, Tulum, vb.) uygun hale getirilmediği ortaya çıkmaktadır. Örneğin sera içerisinde ilaç uygulaması yapan kişi günlük kıyafeti ile uygulama yapmakta, maske veya eldiven kullanmamakta olup, kullanılabilir fiziki olarak kullanım ömürlerini doldurmuş malzemeler olduğu görülmüştür. Tarımsal mücadele ile ilgili ilaç maruziyetine kalan kişilerin olayı ciddiye almamaları da ayrı bir riski ortaya çıkarmaktadır. İş sağlığı ve güvenliği konusunda oldukça zayıf olan bilgiler cesaret ile birleşerek ortaya çıkarabileceği riskler yöre üreticileri tarafından görmezden gelinmektedir. Anket sorularına verilen cevaplara göre, üreticilerimizin %80'i sulama suyunu yerüstü kaynaklardan aldığını, ancak bu kaynaklardan alınan suların herhangi bir tahlile gerek duyulmadan kullanıldığını belirtmişlerdir. Ankette sorulan, kullanılan boş ilaçlama (paket, kutu, ambalaj) malzemelerinin bertaraf konusunda verilen cevaplar yöremizdeki üreticilerin çevre bilincinin tam olarak yerleşmediğini ortaya koymaktadır. Özellikle tarımsal mücadelede kullanılan ilaçların boş paketlerinin depozito ücreti karşılığında belediyelere veya çevre kuruluşlarına teslim edilmesi ve bunların toplanarak imha edilmesi hem çevre açısından hem de bu toksik maddelerin diğer canlı yaşamını olumsuz etkilememesi açısından faydalı olacağı söylenebilir. Anket sorularına verilen cevaplar Pestisit veya diğer kimyasallara maruziyet açısından, olma olasılığının orta derecede (3) risk taşıdığını ancak olası etkisinin ciddi (4) olacağı konusunda bir kanı oluşturmuştur. Risk matrisinde dikkate değer derece ile ifade edilen bu kısım kesinlikle iş sağlığı ve güvenliği açısından ivedilikle müdahale alanı olarak belirlenmelidir. Pestisitler insanlarda belirli miktarlarda toksik olduğundan, kimyasal mücadele yapan çalışanların gerekli önlemleri alması zorunlu olup, olası zehirlenmelerden kaçınılmalıdır.

Tarım ilcalarına bağlı zehirlenmeler, mücadele esnasında olabildiği gibi, sonrasında da cilt ve solunum rahatsızlıkları olarak ortaya çıkabilir. Bu kapsamda çalışanların ilaç kullanımı esnasında bir şey yiyip içmemeleri ve gerekli koruma önlemlerini almaları zorunludur. Ayrıca, üreticilerin kullandıkları veya kullanacakları kimyasalları mutlaka kapalı bir yerde ve başkalarının ulaşmasına izin vermeyecek şekilde depolamaları ayrıca ilaçlama esnasında veya sonrasında koruyucu ekipmanların kullanılması gerekmektedir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Pestisit ve Diğer Kimyasallara Maruziyet Risk Matrisi ve Planlanan Risk Değer Tablosu

FAALİYET	TEHLİKE	ZARAR	MEVCUT RİSK DEĞERİ			RİSKİN TANIMI	ÖNCELİK SIRASI	MEVCUT KONTROL	PLANLANAN ÖNLEM	PLANLANAN TARİH	PLANLANAN RİSK DEĞERİ			RİSKİN TANIMI
			OLASILIK	ŞİDDET	RİSK						OLASILIK	ŞİDDET	RİSK	
Pestisit ve diğer kimyasalların Kullanımı	Deri yolu ile Maruziyet	Alerjik Reaksiyonlar, Kanser, Ölüm	3	4	12	Dikkate Değer Risk	1	KKD kullanımı Denetlenmekte	Çalışan KKD Kontrollerinin düzenli olarak yapılması, pestisit kullanımı hakkında talimatname hazırlanması	İVEDİLİKLE	1	4	4	Kabul Edilebilir Risk
	Havadaki Partiküller	Solunum Güçlüğü, İshal, Kusma, Kanser, Ölüm	3	4	12	Dikkate Değer Risk	1	Çalışanlar ve Havalandırma Düzenli Olarak Kontrol edilmekte	Havalandırmanın düzenli olarak kontrol edilmesi	İVEDİLİKLE	1	4	4	Kabul Edilebilir Risk

Seralarda üretim esnasında ağır malzemeleri kaldırmak 2. sırada risk teşkil etmektedir. Buna bağlı olarak ortaya çıkan eklem rahatsızlıkları ve ergonomik problemler işçi sağlığını dikkate değer biçimde etkilemekte ayrıca yaralanmaya bağlı uzuv kayıpları da bu esnada ortaya çıkabilmektedir. Anket sorularının verilen cevaplarında bu konuda yeterli bilgiye sahip olunmadığı ve gerekli önlemlerin alınmadığı sonucu ortaya çıkmıştır. Risk matrisinde şiddet etkisi ciddi (4) olarak belirlenen bu etkenin olasılığı düşük (2) olarak ortaya çıkmıştır. Ancak risk matrisinde dikkate değer risk (8) olarak neticelendiğinden çalışanlar yaptıkları iş konusunda eğitilmeli ve iş sağlığı ve güvenliği eğitimlerine yönlendirilmelidir (Çizelge 6).

Çizelge 6. İş Ergonomisi ve Planlanan Risk Değer Tablosu

FAALİYET	TEHLİKE	ZARAR	MEVCUT RİSK DEĞERİ			RİSKİN TANIMI	ÖNCELİK SIRASI	MEVCUT KONTROL	PLANLANAN ÖNLEM	PLANLANAN TARİH	PLANLANAN RİSK DEĞERİ			RİSKİN TANIMI
			OLASILIK	ŞİDDET	RİSK						OLASILIK	ŞİDDET	RİSK	
Ağır kaldırmak, tekrarlayan hareketler gibi ergonomik problemler ve ortaya çıkan kas iskelet sistemi hastalıkları (KISH),	El ile taşıma kaldırma, koyma, yüklenme, zorlama	Eklem, bel rahatsızlıkları, sıkışma, ezilme	2	4	8	Dikkate Değer Risk	1	Tek kişinin zorlanarak kaldıracağı malzemeler birkaç personel tarafından kaldırılmaktadır.	Çalışanlar, yaptıkları iş konusunda eğitilmeli ve yönlendirilmeli. Gereken mesleki eğitimler çalışanlara aldırılmalıdır.	İVEDİLİKLE	1	4	4	Kabul Edilebilir Risk
	Ergonomik olmayan ekipman/hareket	Yaralanma eklem, kas rahatsızlıkları	2	4	8	Dikkate Değer Risk	1	El aletlerinin koruyucuları takılı, çalışan personel kişisel koruyucu kullanmakta.	Çalışanlar, yaptıkları iş konusunda eğitilmeli ve yönlendirilmeli. Gereken mesleki eğitimler çalışanlara aldırılmalıdır. Tekrarlayan Hareketlerin bulunduğu işlerde dinlenme süreleri uzatılmalı	İVEDİLİKLE	1	4	4	Kabul Edilebilir Risk

Seracılık bitkisel üretimde sürekli bir döngü içerisinde olduğundan üretim faaliyetleri tohum aşamasından hasat sonuna kadar devam eden bir süreçtir. Bundan dolayı, üretim günün 24 saatinde sürmektedir. Özellikle havanın çok soğuk olduğu dönemlerde günün ilk saatlerinde sera içerisindeki ürünleri dondan korumak amacıyla ısıtma yapılmaktadır. Isıtma sistemleri manuel kontrol edildiğinden



üreticiler de bu süreçte uyanık kalmaktadır. Çalışanlar, uykusuz kalınan süreleri gün içerisinde telafi edememekte ve çalışmaya devam etmektedir. Yapılan çalışma sonuçlarına göre, ankete katılan kişilerin %75'i psikolojik olarak bu durumdan etkilendikleri beyan etmiştir. Tıp dilinde duygu durum bozukluğu olarak adlandırılan bu durum özellikle temel sorun şartlara ve duruma uygunsuz ya da abartılı duygulanım içinde olmaktır. Duygu durumu mutsuzluk, üzüntü, keder yönünde kayması depresyonlara sebep olabileceği gibi, dikkat edilmesi gereken iş sağlığı ve güvenliği konularını da negatif yönde etkilemektedir. Uyku-uyanıklık süresi sirkadiyen ritim olarak adlandırılmakta olup, sirkadiyen, circa (yaklaşık) ve dies (gün) anlamına gelen iki Latince sözcüğün birleşiminden meydana gelmektedir. Düzenli bir uyku vücut ritmini ayarladığı ve bağışıklık sistemini güçlendirdiği bilinmektedir (Dijk ve Czeisler 1994). Uyku ve uyanıklık döngüsü insanlar için oldukça önemli olup, geceleri düzenli uyuma ertesi gün çalışmaları için gereklidir. Özellikle fabrikalarda 24 saat esasına göre çalışan işçilerde rahatsızlıkların başlaması olası sonuçlar olarak ortaya çıkmaktadır. Uyku düzensizliğinin bağışıklık sistemini etkilediği, kalp koroner sistem hastalıklarına zemin hazırladığı ayrıca sinir sistemi üzerinde olumsuz etkileri üzerine çalışmalar mevcuttur (Özdemir, ve ark., 2018), (Mullington, ve ark., 2009), (Scheer ve ark., 2009), (Faraut ve ark., 2012).

Yaptığı işe gereken dikkati veremeyen çalışan iş kazalarının birinci derecede mağduru olmaktadır (Çizelge 7). Sera içerisinde bitkiler için uygun ortam koşulları sağlanmaya çalışılırken, bu ortamda sürekli kalan kişilerin sera içlerinden dışarıya çıkmaları durumunda sıklıkla ısı çarpması veya üşütmeye bağlı solunum yolu hastalıkları ortaya çıkabilmektedir. Yapılan çalışmada özellikle çalışanların aşırı sıcak ve olumsuz koşullar (nem) altında çalışma durumunda termal riskler bulunduğu gözlemlenmiştir. Çıkan sonuçlara göre deri hassasiyeti, kramplar ve bitkinlik konularında ortak bir yakınlık söz konusudur. Risk matrisinde kabul edilebilir riskler olarak adlandırılan bu faaliyetler işçi sağlığı ve güvenliği açısından çalışma sürelerinin kısaltılması ve havalandırmanın sürekli kontrol altında tutulması ile kabul edilebilir sınırlar içerisinde getirilebilir. Bu faaliyet alanında ısı çarpması veya konsantrasyon kaybı dikkate değer risk olarak ortaya çıkmaktadır. Bunun önüne geçilmesi için, tek başına çalışma yapılmaması, kişisel koruyucu donanım kullanımı ve işin yetkin personel tarafından yapılması ve çalışanlara periyodik dinlenme molaları verilmesi önerilmektedir. Ayrıca işe uygun kişisel koruyucu donanım kullanımının kontrolü sık sık yapılmalı, eğitimler göz ardı edilmeden devamlı yapılmalıdır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Çalışma koşulları ve Planlanan Risk Değer Tablosu

FAALİYET	TEHLİKE	ZARAR	MEVCUT RİSK DEĞERİ			RİSKİN TANIMI	ÖNCELİK SIRASI	MEVCUT KONTROL	PLANLANAN ÖNLEM	PLANLANAN TARİH	PLANLANAN RİSK DEĞERİ			RİSKİN TANIMI
			OLASILIK	ŞİDDET	RİSK						OLASILIK	ŞİDDET	RİSK	
Aşırı sıcak/soğuk vb. olumsuz iklim koşulları altında çalışma, termal riskli	Deri Hassasiyeti	Deride Döküntü	2	1	2	Kabul Edilebilir Risk	2	Çalışanlara hava şartlarına uygun iş elbisesi verilmekte.	Havalandırmanın düzenli olarak kontrol edilmesi	İVEDİLİKLE	1	2	2	Kabul Edilebilir Risk
	Kramplar	Vücutta Isı	2	2	4	Kabul Edilebilir Risk	2	Havalandırma mevcut.	Havalandırmanın düzenli olarak kontrol edilmesi	İVEDİLİKLE	2	2	4	Kabul Edilebilir Risk
	Bitkinlik	Halsizlik, Baş Ağrısı	2	2	4	Kabul Edilebilir Risk	2	İşçi Çalışma süreleri ayarlanmaktadır.	Çalışanların periyodik dinlenme molaları olmalı.	İVEDİLİKLE	2	2	4	Kabul Edilebilir Risk
	Isı Çarpması	Baş Dönmesi, Bitkinlik, Ölüm	3	4	12	Dikkate Değer Risk	1	İşçi Çalışma süreleri ayarlanmaktadır.	Kişisel koruyucu donanım kullanımının kontrol edilmesi, eğitimlerin verilmesi, Çalışanların periyodik dinlenme molaları olması	İVEDİLİKLE	1	4	4	Kabul Edilebilir Risk
	Konsantrasyon Kaybı	Yaralanma, ölüm	3	4	12	Dikkate Değer Risk	1	İşçi Çalışma süreleri ayarlanmaktadır.	Tek çalışma yapılmaması, kişisel koruyucu donanım kullanımı ve işin yetkin personel tarafından yapılması, Çalışanların periyodik dinlenme molaları olması	İVEDİLİKLE	1	4	4	Kabul Edilebilir Risk

Anket sorularına verilen cevaplara göre tarımsal ekipmanların kullanımı ile ilgili özellikle elektrik çarpması veya kesici delici aletler ile yaralanma ortaya çıkmaktadır. Sera içerisinde havalandırma ve ısıtma sistemi için yapılan elektrik hatlarının metal konstrüksiyon üzerinde iletilmesi kullanım ömrüne bağlı olarak yıllar içerisinde izole özelliği kaybolarak tamamen metal malzeme üzerinde iletken e-ISSN: 2148-2683

hale gelebilmektedir. Buna bağlı olarak oluşturulan matris Çizelge 8’de sunulmuş olup, özellikle olasılık ve şiddet açısından risk dikkate değer olarak tanımlanmıştır. Mevcut kontrollerin zamanında ve usulüne uygun olarak yapılması durumunda bunun önüne geçilebilecektir. Bu durumun önüne geçilebilmesi için; kesici ve delici alet kullanımı minimuma indirilmeli bu aletler kullanılırken ise yapılan işe uygun Türk Standartları Enstitüsü (TSE) tarafından belirlenmiş işe uygun kişisel koruyucu donanımlar kullanılması, topraklama yapılması, enerji açma ve kapama işlemleri sadece konusunda mesleki yeterliliğe sahip çalışanlarca yapılması ayrıca elektrik panoları kilitlenerek bu panoların üzerlerine ve etraflarına gerekli uyarıcı işaretlemeler konumlandırılması sayesinde çalışanların uyarılma seviyelerinin artırılması, alınabilecek önlemler arasında ilk sıralarda yer almalıdır (Çizelge 8).

Çizelge 8. Tarımsal Ekipmanlarının Kullanımı ve Planlanan Risk Değer Tablosu

FAALİYET	TEHLİKE	ZARAR	MEVCUT RİSK DEĞERİ			RİSKİN TANIMI	ÖNCELİK	MEVCUT KONTROL	PLANLANAN ÖNLEM	PLANLANAN TARİH	PLANLANAN RİSK DEĞERİ			RİSKİN TANIMI
			OLASILIK	ŞİDDET	RİSK						OLASILIK	ŞİDDET	RİSK	
Tarım Makineleri Kullanımı	Elektrik çarpma tehlikesi	Yanma, Yaralanma, ölüm	3	3	9	Dikkate Değer Risk	1	Elektrik işleri elektrikçiler tarafından icra edilmekte. Elektrikçilere elektrikli eldiveni ve ayakkabısı kullanılmaktadır	Elektrik kablolarında enerji kontrolü ve kalıntı elektriğin bertaraf edilmesi amacıyla gerekli topraklamanın yapılması. Enerji açma ve kapama işlemlerinin tek elden yapılması bunun için kesicilerin ve elektrik panolarının kilitlenmesi.	İVEDİLİKLE	1	3	3	Kabul Edilebilir Risk
	Enerji açma - kapama (elektrik, hidrolik, pnömatik)	Yanma, çarpılma, ölüm	3	3	9	Dikkate Değer Risk	1	Elektrik işleri elektrikçiler tarafından icra edilmekte.	Elektrikçiler elektrik yalıtımlı ayakkabı ve eldiven kullanmalı, Talimat hazırlanmalı, kontrol ve denetimin artırılması.	İVEDİLİKLE	1	3	3	Kabul Edilebilir Risk
	El aleti ile çalışma	Ezilme, çarpılma, kesilme	3	3	9	Dikkate Değer Risk	1	El aletlerinin koruyucuları takılı, çalışan personel kişisel koruyucu kullanmakta.	El aleti kullananlara eğitim verilmesi, tecrübesiz ve eğitimsiz personelin kullanımının yasaklanması.	İVEDİLİKLE	1	3	3	Kabul Edilebilir Risk
Tarım Makineleri Kullanımı	Gürültü	İşitme kaybı, stres,	3	4	12	Dikkate Değer Risk	1	Çalışanlar kulaklık kullanılmakta, makine çalışan bölgede zorunluluk haricindeki personelden başkası görevlendirilmemektedir.	Tek çalışma yapılmaması, kişisel koruyucu donanım kullanımı ve işin yetkin personel tarafından yapılması	İVEDİLİKLE	1	4	4	Kabul Edilebilir Risk
	Tekrarlanan hareketler	Stres, konsantrasyon bozukluğu	3	4	12	Dikkate Değer Risk	1	Yetkin personel çalışmakta.	Tek çalışma yapılmaması, kişisel koruyucu donanım kullanımı ve işin yetkin personel tarafından yapılması	İVEDİLİKLE	1	4	4	Kabul Edilebilir Risk

Serada çalışanlar arasında uyumsuzluğun bulunması ve yapılan işlerde belirli görevlendirmelerin yapılmaması (rol belirsizliği) sürecinde stres, konsantrasyon bozukluğu ve özgüven eksikliğine yol açabilmektedir. Anket sonuçlarına göre üreticilerin tamamının her işi kendilerinin yaptığını belirtmekte olup, yoğun iş dönemlerinde (dikim ve hasat) akraba veya arkadaşlarından yardım aldıklarını belirtmişlerdir. Özellikle işçi bulma konusunda kalifiye işçi arayışından çok işi bir an önce bitirebilmek ve ekonomik gerekçelerle seçimler yapılmaktadır. Bunun sonucunda çalışanlar yeteneklerine göre sınıflandırılmamakta, işçiler arasında yapılan işin hızına bağlı ciddiyetsizlikle ortaya çıkan yaralanmalar meydana gelebilmektedir. Yapılan anket sonuçlarına göre sera üreticilerinin %65’i son 5 yıl içerisinde iş kazası olarak nitelendirilebilecek bir durumla karşılaştıklarını beyan etmiştir. Bunun önlenmesi amacıyla, yapılacak olan işe özel mesleki yeterliliğe sahip çalışanların seçilerek istihdamlarının sağlanması, yapılması istenen iş için iş ve iş yerine özgü durumlar hakkında eğitimler verilerek çalışanlara açıkça anlamaları sağlanmalı, iş başı eğitimleri adı altında düzenli periyotlar halinde iş sağlığı ve güvenliğini eğitimlerinin verilmesi gerektiği söylenebilir (Çizelge 9).

Çizelge 9. Psikososyal etmenler ve Stres ile İlgili Planlanan Risk Değer Tablosu

FAALİYET	TEHLİKE	ZARAR	MEVCUT RİSK DEĞERİ			RİSKİN TANIMI	ÖNCELİK SIRASI	MEVCUT KONTROL	PLANLANAN ÖNLEM	PLANLANAN TARİH	PLANLANAN RİSK DEĞERİ			RİSKİN TANIMI
			OLASILIK	ŞİDDET	RİSK						OLASILIK	ŞİDDET	RİSK	
Psikososyal etmenler ve stres	Rol Belirsizliği	Stres, konsantrasyon bozukluğu, Öz güven Eksikliği	4	3	12	Dikkate Değer Risk	1	Çalışanlar yeteneklerine göre sınıflandırılmakta	Yapılması istenen İş çalışana Açıkça anlatılmalı, iş başı eğitimleri düzenlenmeli	İVEDİLİKLE	1	3	3	Kabul Edilebilir Risk
	Rol Çatışması	Gerilime Bağlı Kalp Hastalıkları, Mide Rahatsızlıkları	4	3	12	Dikkate Değer Risk	1	Çalışanlar yeteneklerine göre sınıflandırılmakta	Çalışanların eğitim düzeyleri, ailevi değerleri, dini değerleri göz önünde bulundurulmalı	İVEDİLİKLE	1	3	3	Kabul Edilebilir Risk
	İşte Şiddet	Psikolojik ve Fiziksel Rahatsızlıklar	4	3	12	Dikkate Değer Risk	1	Çalışanlar kontrol edilmekte	İşletme içi düzen kesin kurullarla belirtilmeli, çalışanlar belirli periyotlarda kontrol edilerek konusunda uzman kişiler tarafından eğitimler düzenlenmeli	İVEDİLİKLE	1	3	3	Kabul Edilebilir Risk
	Kariyer Gelişimi	Psikiyatrik Hastalıklar	4	3	12	Dikkate Değer Risk	1	Statü Uyuşmazlığına dikkat edilmekte	Çalışanlara İş güvencesi verilmeli, çalışan destekleyici faaliyetler düzenlenmeli	İVEDİLİKLE	1	3	3	Kabul Edilebilir Risk
	Kişiler Arası İlişkiler	Duygusal Tükenme	4	3	12	Dikkate Değer Risk	1	İş arkadaşlıkları arasında uyuma dikkat edilmekte	Çalışan destekleyici faaliyetler düzenlenmeli	İVEDİLİKLE	1	3	3	Kabul Edilebilir Risk

Sonuç olarak bu çalışmada yapılan anketler ve gözlemler sonucu ortaya çıkan iş sağlığı ve güvenliği açısından önemli görülen hususlar incelenmiştir. Yapılan çalışmada ortaya çıkan çizelgeler ayrıntılı olarak incelendiğinde mevcut durumlarının yapılan anket ve gözlemler ile belirlendiği, mevcut kontrol ve planlanan önlemlerin ise buna karşılık alternatif oluşturularak sunulmaya çalışılmıştır. 6331 sayılı İş Güvenliği Kanunu (Anonim, 2012a), madde 4'te belirtildiği gibi işveren,

- Mesleki risklerin önlenmesi, eğitim ve bilgi verilmesi dâhil her türlü tedbirin alınması, organizasyonun yapılması, gerekli araç ve gereçlerin sağlanması, sağlık ve güvenlik tedbirlerinin değişen şartlara uygun hale getirilmesi ve mevcut durumun iyileştirilmesi için çalışmalar yapmakla,
- İşyerinde alınan iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerine uyulup uyulmadığını izler, denetler ve uygunsuzlukların giderilmesini sağlamakla,
- Risk değerlendirmesi yapmak veya yaptırmakla. ç) çalışana görev verirken, çalışanın sağlık ve güvenlik yönünden işe uygunluğunu göz önüne almakla,
- Yeterli bilgi ve talimat verilenler dışındaki çalışanların hayati ve özel tehlike bulunan yerlere girmemesi için gerekli tedbirleri almakla, mükelleftir.

Ayrıca, işyeri dışındaki uzman kişi ve kuruluşlardan hizmet alınması, işverenin sorumluluklarını ortadan kaldırmadığı gibi çalışanların iş sağlığı ve güvenliği alanındaki yükümlülükleri, işverenin sorumluluklarını etkilemez. Buna bağlı olarak işveren, iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerinin maliyetini çalışanlara yansıtamaz. Kısacası, işveren çalışanların iş ile ilgili sağlık ve güvenliğini sağlamak ile yükümlü olup, riskleri minimuma indirebilmek veya elimine edebilmek amacıyla hem işçiler hem de işverenler için de ayrıca eğitimler düzenlemeli ve toplu olarak seminerlere katılmaları sağlanmalıdır. Bu çalışmanın küçük bir lokasyonda yapılmış olması sonuçların değerlendirilmesi açısından kısıtlara neden olmakla beraber daha büyük lokasyonlarda tamamen online sayısal ortamda değerlendirilebilecek anketlerle yapılması tavsiye edilmektedir.

## Kaynaklar

1. Anonim, (2012a). 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı. Erişim tarihi ve adresi: 08.06.2020 <https://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6331.pdf>
2. Anonim, (2012b). Tarımda İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi. (ÇASGEM) Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü. Erişim tarihi ve adresi: 02.12.2019 <https://www.kisa.link/MumH>
3. Anonim, (2013). The Farm Safety Association (FSA). Health and Safety Guidelines for Ontario Greenhouses Ontario Erişim tarihi ve adresi: 02.12.2019 (<http://www.farmsafety.ca/public/manuals/manual-greenhouse.pdf>) (English)
4. Anonim, (2015a). FAO Reports the State of Food Insecurity in the World <http://www.fao.org/3/a-i4646e.pdf> Erişim tarihi ve adresi: 03.05.2018 (English)
5. Anonim, (2015b). Eurostat Fatal and non-fatal accidents at work by economic activity, EU-28, (2012.-2015). Erişim tarihi ve adresi:02.12.2019 <https://www.kisa.link/MumZ> (English)
6. Anonim, (2017). Siirt Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Müdürlüğü Kayıtları.
7. Anonim, (2020). Siirt ili Haritası Accessed date: 02.01.2020 <https://www.uyduharita.org/siirt-haritasi-resimleri/siirt-haritasi/>
8. Baytorun (2016), Seralar, Sera Tipleri, Donanım ve İklimlendirilmesi. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim ve Danışmanlık Tic.. Ltd.şti.Yayın No: 1654
9. Dijk DJ, Czeisler CA (1994) Paradoxical timing of the circadian rhythm of sleep propensity serves to consolidate sleep and wakefulness in humans. *Neurosci Lett*, 166:63-68 Erişim tarihi ve adresi: 02.12.2019 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/8190360> (English)
10. Faraut B, Boudjeltia KZ, Vanhamme L, Kerkhofs M (2012) Immune, inflammatory and cardiovascular consequences of sleep restriction and recovery. *Sleep Med Rev*, 16:137-149. Erişim tarihi ve adresi: 24.12.2019 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21835655> (English)
11. Güğerçin, Ö., Baytorun, A.N. (2018). Tarımda İş Kazaları ve Gerekli Önlemler. Çukurova Tarım Gıda Bil. Dergisi 33(2): 157-168
12. Işıktekin Atalay, B., Önsüz Muhammed, F., Işıklı, B., Öztürk Emiral, G., Ayhan, E., Metintaş, S. (2017) Mevsimlik Tarım İşçileri ve Ailelerinin Sağlık Kuruluşlarına Başvuru Tercihleri Osmangazi Tıp Dergisi 39(3) 18-26 Doi: 10.20515/otd.304501
13. Karaağaç, H.A, Aykanat, S., Gültekin, R., Baran, M.F., , 2014 Adana’da Ana Ürün Mısır Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi , ISSN:1302-7050, volu-me:11, number:3, page: 75-81 2014
14. Kaplan, M. (2019a). Diyarbakır İli Bazı Kiraz Bahçelerinde Bulunan Zararlı ve Faydalı böcek Türleri ile Bazı Önemli Zararlı Türlerin Doğada Görülme Zamanı. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (17), 283-289.
15. Kaplan, M. (2019b). Determining of Some Struggle Opportunities for Cicada (Lyristes Plebejus Scopoli) (Hemiptera: Cicadidae) and Weeds Which is Harmful in Apricot Orchards in Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, Volume 28 – No. 10/2019 pages:7304-7309
16. Karagölge, C., Peker, K. (2002) Tarım Ekonomisi Araştırmalarında Tabakalı Örneklemeye Yönteminin Kullanılması, Atatürk Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi 33 (3):313-316.
17. Kayhan, İ.,E., Baran, M.F., Öztekin, Y.B., 2019. Tarım Makinalarının Kullanımında Meydana Gelen İş Kazalarının Tespiti ve Değerlendirilmesi (Kırklareli İli Örneği) Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science) 15 (1), 19-33
18. Kökten, K, Kaplan, M. Gökdoğan, Baran, M.F., 2018. Determination of energy use efficiency of maize (Zea mays intendata)production in Turkey, Feb - Fresenius Environmental Bulletin, ISSN 1018-4619, Volume 27-No:3/2018 , pages: 1973-1978
19. Mullington JM, Haack M, Toth M, Serrador JM, Meier-Ewert HK (2009) Cardiovascular, inflammation, and metabolic consequences of sleep deprivation. *Prog Cardiovasc Dis*, 51:294-302. Erişim tarihi ve adresi:13.12.2019 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3403737/> (English)
20. Scheer FA, Hilton MF, Mantzoros CS, Shea SA (2009). Adverse metabolic and cardiovascular consequences of circadian misalignment. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 106:4453-4458 Erişim tarihi ve adresi:02.01.2020 <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/19255424> (English)
21. Sert, Ö., Nazlıoğlu, A. (2015). Tarımda İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Genel Yayın No: 44 ISBN 978-975-455-242-3 Erişim tarihi ve adresi:02.12.2019 <https://www.kisa.link/Mun1>
22. Özdemir, P.G., Ökmen, C.A., Yılmaz, O. (2018). Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar ;10(1):71-83 doi:10.18863/pgy.336513 Erişim tarihi ve adresi: 02.12.2019 <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/338595>
23. Özkılıç, Ö., (2005). İş Sağlığı ve Güvenliği, Yönetim Sistemleri ve Risk Değerlendirme Metodolojileri. TİSK Yayınları, Ankara.
24. Yücel, Ü. (2007). Pestisitlerin İnsan ve Çevre Üzerine Etkileri. Erişim tarihi ve adresi: 02.12.2019 [www.dogainsanisbirligidernegi.org.tr/makaleler/pestisitler.doc](http://www.dogainsanisbirligidernegi.org.tr/makaleler/pestisitler.doc).



# Analysis of Bending Moment-Curvature and the Damage Limits of Reinforced Concrete Circular Columns

S. Bahadır Yüksel<sup>1\*</sup>, Saeid Foughi<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Civil Engineering, Konya / Turkey (ORCID: 0000-0002-4175-1156)

<sup>2</sup> Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Civil Engineering, Konya / Turkey (ORCID: 0000-0002-7556-2118)

(İlk Geliş Tarihi 29 Şubat 2020 ve Kabul Tarihi 31 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.696116)

**ATIF/REFERENCE:** Yüksel, S. B. & Foughi, S. (2020). Analysis of Bending Moment-Curvature and the Damage Limits of Reinforced Concrete Circular Columns. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 891-903.

## Abstract

In this study; the effect of axial load levels, longitudinal reinforcement ratio, transverse reinforcement diameter and transverse reinforcement spacing were investigated on the moment curvature relationships of reinforced concrete columns. For this purpose, circular reinforced concrete columns having different parameters were designed considering the regulations of the Turkish Building Earthquake Code (2018). The behavior of the columns were investigated from the moment-curvature relation, by considering the nonlinear behavior of the materials taken into account. The moment-curvature relationships of the reinforced concrete column cross-sections having different axial load levels have been obtained by considering Mander model, which considers the lateral, confined concrete strength. Moment-curvature relationships were obtained by SAP2000 Software, which takes the nonlinear behavior of materials into consideration. The designed reinforced concrete cross section models are considered to be composed of three components; cover concrete, confined concrete and reinforcement steel. The examined behavioral effects of the parameters were evaluated by the curvature and moment carrying capacity of the cross-sections. From the obtained moment-curvature relationship, cracking and destruction in cover and core concrete, yield and hardening conditions in reinforcement steel were calculated and the results were presented in charts and graphs. The confining effect in the core concrete is taken into account in the calculations. The behavior of the circular column sections and the types of refraction were interpreted according to the results obtained from the moment-curvature relationship of the sections. It is observed that the variation of the axial load, longitudinal reinforcement ratio, transverse reinforcement diameter and transverse reinforcement spacing have an important effect on the moment-curvature behavior of the reinforced concrete columns. The load bearing capacity of reinforced concrete column sections ends by destruction of the core concrete. Reinforced concrete column sections damaged by reinforcement yield before crushing of cover concrete exhibit more ductile behavior.

**Keywords:** Transverse reinforcement, nonlinear behavior, confined concrete strength, axial load, moment-curvature,

## Betonarme Dairesel Kolonların Eğilme Momenti-Eğrilik ve Hasar Sınırlarının Analizi

### Öz

Bu çalışmada; eksenel yük seviyesi, boyuna donatı oranı, sargı donatı çapı ve sargı donatı aralığının değişiminin betonarme kolonların moment-eğrilik ilişkisine olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, farklı parametrelere sahip betonarme dairesel kolon modelleri Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (2018) hükümlerine uyularak tasarlanmıştır. Betonarme kolonların davranışı, malzemelerin doğrusal olmayan davranışları göz önüne alınarak moment-eğrilik ilişkisi üzerinden elde edilmiştir. Betonarme kolon kesitlerinin moment-eğrilik ilişkileri farklı eksenel yük seviyeleri için yanal sargı basıncını göz önüne alan Mander modeli ile elde edilmiştir. Moment-eğrilik ilişkileri, malzemelerin doğrusal olmayan davranışlarını dikkate alan SAP2000 programı ile elde edilmiştir. Tasarlanan betonarme kesit modellerinin kabuk betonu, sargılı beton ve donatı çeliği olarak üç farklı unsurdan oluştuğu düşünülmüştür. Parametrelerin incelenen davranışsal etkileri, kesitlerin eğrilik ve moment taşıma kapasitesi kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen Moment-eğrilik ilişkilerinden, kabuk ve çekirdek betonunda çatlama ve kırılma, donatı çeliğinde akma ve pekleşme durumları hesaplanarak sonuçlar çizelgeler ve grafikler halinde sunulmuştur. Çekirdek betonundaki sargı etkisi hesaplarda gözönüne alınmıştır. Dairesel kesitli

\* Sorumlu Yazar: Konya Technical University, Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Civil Engineering, Konya / Turkey, ORCID: 0000-0002-4175-1156, [sbyuksel@ktun.edu.tr](mailto:sbyuksel@ktun.edu.tr)



kolonlarının davranışı ve kırılma tipleri, kesitlerin moment-eğrilik ilişkisinden elde edilen sonuçlara göre yorumlanmıştır. Eksenel yükün, boyuna donatı oranının, sargı donatı çapının ve sargı donatı aralığının değişiminin betonarme kolonların moment-eğrilik davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Betonarme kolon kesitlerinin yük taşıma kapasitesi, çekirdek betonun ezilerek kırılması ile sona ermektedir. Kabuk betonun ezilmesinden önce donatı akması ile hasar gören betonarme kolon kesitleri daha fazla sünek davranış göstermektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Sargı donatısı, doğrusal olmayan davranış, sargılı beton dayanımı, eksenel yük, moment-eğrilik.

## 1. Introduction

In reinforced concrete structures, reinforced concrete columns are one of the most crucial elements under earthquake loads. Column mechanisms are very critical to prevent total collapse in earthquakes. The objective performance levels of reinforced concrete structures could not be ensured due to the failure of some critical reinforced concrete columns. Because of this, determining the behavior of the structures should be known well to design earthquake-resisting structures (Dok et al., 2017). In seismic zones, it is important to design structures, with power ranging deformation beyond the elastic deformations without losing its ability to stay in service, in other words designing structures with ductile behavior. The current philosophy used in the seismic design of reinforced concrete frames auto-stable is based on the hypothesis of the formation of plastic hinges at critical sections, the ability of the latter to resist several cycles of inelastic deformations without significant loss in bearing capacity is evaluated in terms of available ductility (Youcef and Chemrouk, 2012).

The behavior of reinforced concrete elements are determined by the cross-sectional behavior of elements. Cross-sectional behavior depends on the materials designed of the cross-section and the loading on that particular cross-section. The behavior of a reinforced concrete cross-section under bending moment or bending moment plus axial force can be monitored from moment-curvature relationship (Xie et al., 1994).

The bending moment-curvature curve can be widely applied in cross-section seismic analysis of reinforced concrete as the seismic performance that evaluates the cross-section. The bending moment-curvature curve is obtained by section size and reinforcement. The method of using this curve to evaluate the cross-section seismic performance is simple and able to save the analysis time (Jun and Hui, 2015).

Bedirhanoglu and Ilki (2004) obtained the analytical moment-curvature relationships for reinforced concrete cross-sections by using three different models for confined concrete. The theoretical moment-curvature relationships were then compared with experimental data reported in the literature. The results showed that the theoretical moment-curvature relationships obtained by all of these three models were in quite good agreement with experimental data. In the second part, a parametric investigation was carried out for examining the effects of various variables on the moment-curvature relationships, such as quality of concrete, level of axial load, amount and arrangement of transverse reinforcement.

Foroughi and Yuksel (2020) investigated the effect of the material model, axial load, longitudinal reinforcement ratio, transverse reinforcement ratio and transverse reinforcement spacing on the behavior of square reinforced concrete cross-sections. The effect of axial load, transverse reinforcement diameter and transverse reinforcement spacing on the behavior of reinforced concrete column models have been analytically investigated. The moment-curvature relationships for different axial load levels, transverse reinforcement diameter and transverse reinforcement spacing of the reinforced concrete column cross-sections were obtained considering the Mander confined model (Mander et. al, 1988). It was examined behavioral effects of the parameters were evaluated by comparing the curvature ductility and the cross-section strength. It has been found that transverse reinforcement diameters and transverse reinforcement spacing are effective parameters on the ductility capacities of the column sections. Axial load is a very important parameter affecting the ductility of the section. It has been observed that the cross-sectional ductility of the column sections increases with the decrease in axial load.

In this study, reinforced concrete circular columns were designed and the effects of the longitudinal reinforcement ratio, axial load levels, transverse reinforcement diameter and transverse reinforcement spacing on the behavior of these models were investigated. The behavior of the reinforced concrete column models was investigated through the relation of moment-curvature. Forty-eight circular reinforced concrete columns having different longitudinal and transverse reinforcements were analyzed. Moment-curvature relations were obtained and presented in graphical form using SAP2000 Software (CSI, V.20.1.0) which takes nonlinear behavior of materials into consideration. The designed reinforced concrete cross section models are considered to be composed of three components; cover concrete, confined concrete and reinforcement steel. The SAP2000 Software material models are defined considering the Mander unconfined concrete model for cover concrete, and the Mander confined concrete model for core concrete. A concrete model proposed by Mander et al. (1988) which is widely used, universally accepted and mandated in Turkish Building Earthquake Code (TBEC, 2018) has been used to determine the moment-curvature relationships of reinforced concrete members. For reinforcement modeling stress-strain relationship given in TBEC (2018) was used. The examined behavioral effects of the parameters were evaluated by the curvature and moment carrying capacity of the cross-section. From the moment-curvature relationships obtained, the limits of damage zones were calculated in circular column sections. From the moment-curvature relationships, the limits of the damage zone were calculated based on limit states of strain in concrete and reinforcement bars in the section. From the obtained moment-curvature relationship, cracking and destruction in cover and core concrete, yield and hardening conditions in reinforcement steel were calculated and the results were presented in charts and graphs. The confining effect in the core concrete is taken into account in the calculations. The behavior of the circular section columns and the types of refraction were interpreted according to the results obtained from the moment-curvature relationship of the section.

## 2. Material and Method

The aim of this paper is to examine the influence of four parameters on the moment-curvature and the limits of the damage zone of reinforced concrete columns. SAP2000 software was used to predict the moment-curvature of reinforced concrete columns having different axial load levels ( $N/N_{max}$ ). In order to investigate the effect of longitudinal reinforcement ratio, transverse reinforcement diameter, transverse reinforcement spacing and axial load levels, forty-eight reinforced concrete circular column models having dimensions 450mm diameter circular cross-sections were designed (Table 1). The parameters investigated in the moment-curvature relations of the reinforced concrete circular column models are the longitudinal reinforcement ratio, transverse reinforcement diameter, transverse reinforcement spacing and axial load levels. By using the Mander model (Mander et. al, 1988), the moment-curvature relationships of the reinforced concrete circular columns are obtained by using the SAP2000 software, which performs non-linear analysis for different models designed. For all RC column models, C30 was chosen as concrete grade and B420C was selected as reinforcement for the reinforcement behavior model. The stress-strain relationship for materials given in TBEC (2018) were used (Table 2 and Figure 1).

Different transverse reinforcement diameters;  $\Phi 8\text{mm}$  and  $\Phi 10\text{mm}$  and the transverse reinforcement spacing; 50mm were selected in order to investigate the effect of the transverse reinforcement on the cross-section behavior. In the column models the longitudinal column reinforcement was  $\Phi 20$ ,  $\Phi 22$ ,  $\Phi 24$ ,  $\Phi 24$ ,  $\Phi 26$ ,  $\Phi 28$  and  $\Phi 30$  selected. Six different longitudinal reinforcement diameters and two different transverse reinforcement diameters are used for each reinforced concrete circular column models. In order to examine the effect of longitudinal reinforcement diameter on cross-sectional behavior, six different longitudinal reinforcement diameters ( $\Phi 20$  mm,  $\Phi 22$  mm,  $\Phi 24$  mm,  $\Phi 26$  mm,  $\Phi 28$  mm ve  $\Phi 30$  mm) were selected.

The combined effect of vertical and seismic loads ( $N_{dm}$ ), gross section area of column shall satisfy the condition  $A_c \geq N_{dmax}/0.40f_{ck}$  (TBEC, 2018). In this section, the moment-curvature relationships of the column sections were investigated for the values of  $N/N_{max}$  ratios of 0.10, 0.20, 0.30 and 0.40. To investigate the effect of axial force on the cross-section behavior the circular columns models were investigated under four different axial loads (480 kN, 960 kN, 1440 kN and 1920 kN). The aim of this paper is to examine the influence of different axial load levels, transverse reinforcement diameter and transverse reinforcement spacing on the moment-curvature and the limits of the damage zone for the designed column cross-sections are presented. The results obtained from the analyzes for reinforced concrete columns with different parameters were compared and interpreted.

Table 1. Details for the designed column model cross-sections

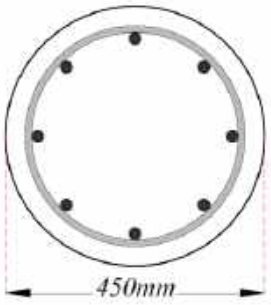
No	Cross-sectional dimensions	Longitudinal reinforcement	Transverse reinforcement	Axial Load ( $N/N_{max}$ )
A		8 $\Phi 20$ mm	$\Phi 8/50$ mm	0.10
B		8 $\Phi 22$ mm		
C		8 $\Phi 24$ mm		
D		8 $\Phi 26$ mm		
E		8 $\Phi 28$ mm		
F		8 $\Phi 30$ mm		
J		8 $\Phi 20$ mm	$\Phi 10/50$ mm	0.10
H		8 $\Phi 22$ mm		
I		8 $\Phi 24$ mm		
G		8 $\Phi 26$ mm		
K		8 $\Phi 28$ mm		
L		8 $\Phi 30$ mm		

Table 2. Material parameters for concrete and reinforcement (TBEC, 2018)

Standard Strength	Parameters	Values
Concrete: C30	Strain at maximum stress of unconfined concrete ( $\epsilon_{co}$ )	0.002
	Ultimate compression strain of concrete ( $\epsilon_{cu}$ )	0.0035
	Characteristic standard value of concrete compressive strength ( $f_{ck}$ )	30 MPa
Reinforcement: B420C	Yield strain of reinforcement ( $\epsilon_{sy}$ )	0.0021
	Spalling strain in reinforcing steel ( $\epsilon_{sp}$ )	0.008
	Strain in reinforcing steel at ultimate strength ( $\epsilon_{su}$ )	0.080
	Characteristic yield strength of reinforcement ( $f_{yk}$ )	420 MPa
	Ultimate strength of reinforcement ( $f_{su}$ )	550 MPa

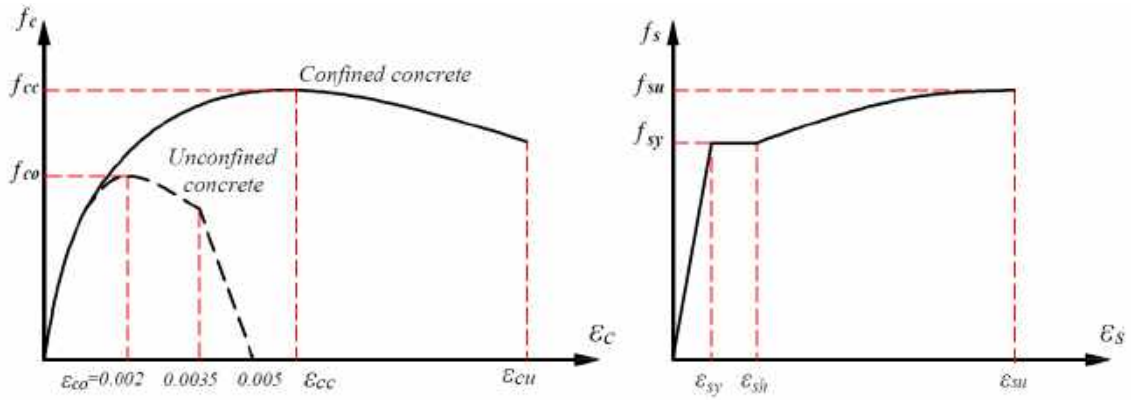
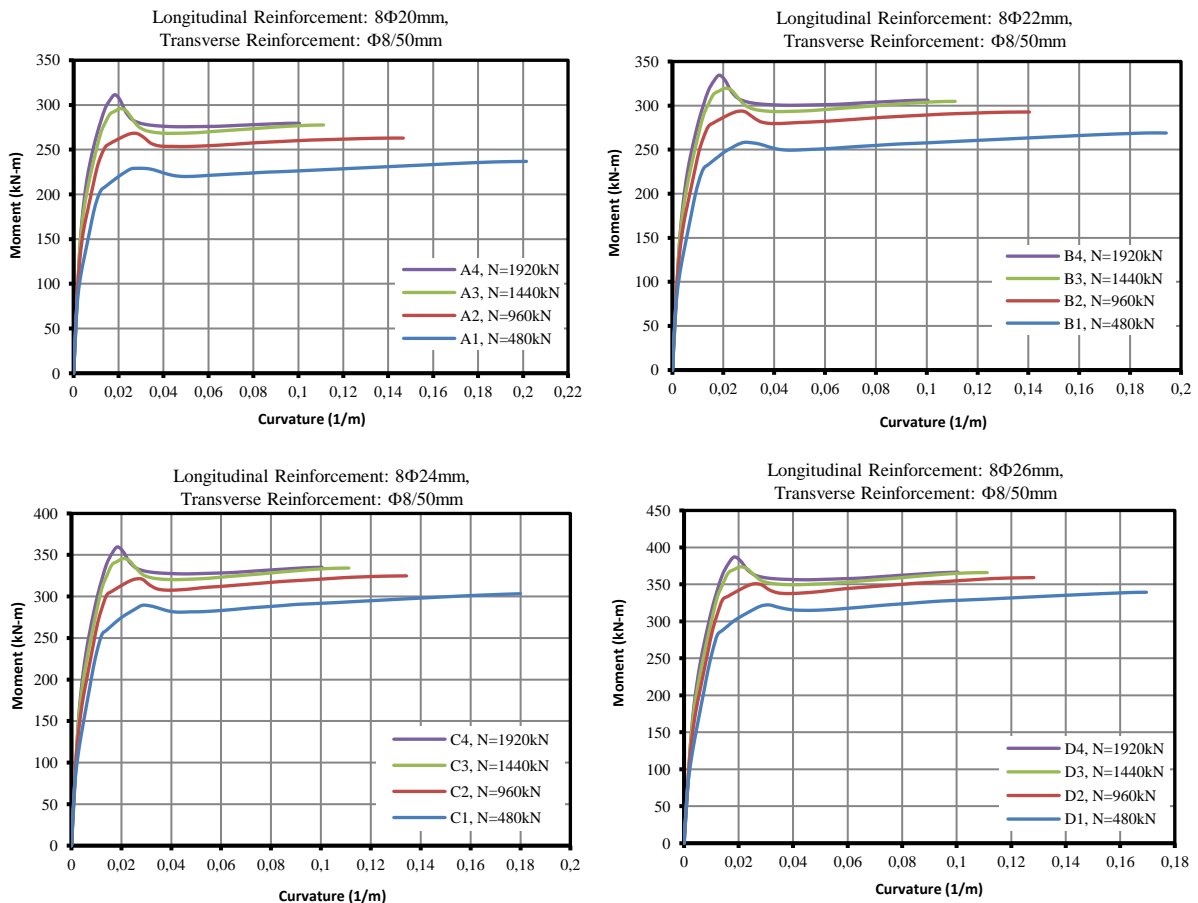


Figure 1. Stress-strain relationship for concrete and reinforcement (TBEC, 2018)

### 3. Numerical Study

In this study, the design parameters of reinforced concrete members are investigated to determine the behavior of reinforced concrete circular columns. Theoretical moment-curvature analysis for reinforced concrete circular columns indicating the available bending moment and curvature can be constructed providing that the stress-strain relations for both concrete and steel are known. The objective of this study is to analyze the moment-curvature and the limits of the damage zone of forty-eight reinforced concrete circular columns with different parameters. Moment-curvature relationships were obtained by SAP2000 Software which takes the nonlinear behavior of materials into consideration. In this part of the study, the moment-curvature relations are obtained by changing the longitudinal reinforcement ratio, transverse reinforcement diameter, transverse reinforcement spacing and axial load levels. The numerical model was employed to calculate the moment and curvature values at the limit of the damage zone of reinforced concrete circular columns with different parameters. The moment-curvature relationships of reinforced concrete circular columns were determined and the results were prepared are given in Figure 2. In Figure 2, moment-curvature relationships are presented comparatively for different axial load levels. For different axial load levels, critical points in moment-curvature relations of circular cross-section column models are determined and presented in tables.



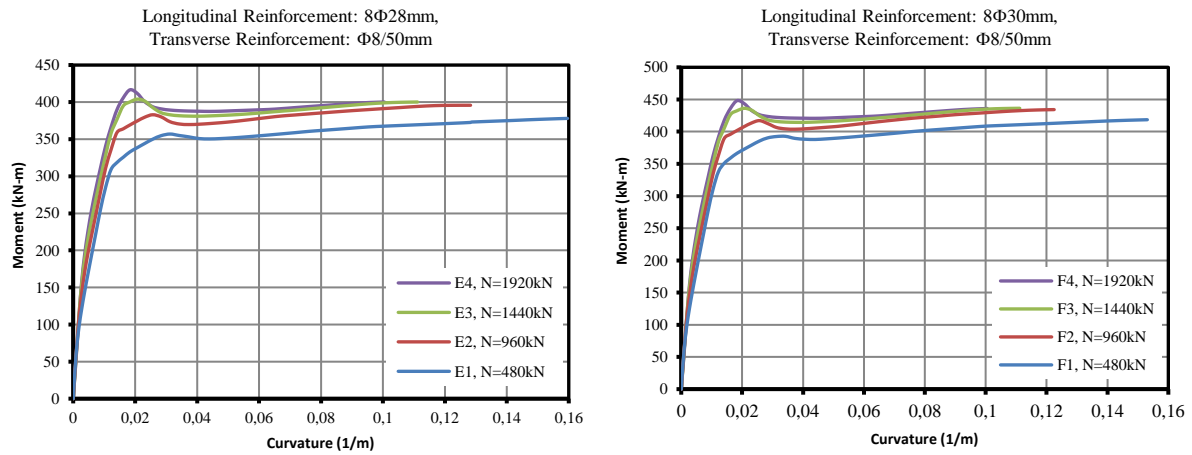


Figure 2. Moment-curvature relationships for different axial load levels (transverse reinforcement  $\Phi 8/50$  mm)

From the moment-curvature relationships of reinforced concrete circular column sections, the limits of the damage zone were calculated. Three material models are defined as cover concrete, reinforcing steel and core concrete for each section. From the obtained moment-curvature relationship, cracking and destruction in cover and core concrete, yield and hardening conditions in reinforcement steel were calculated and the results were presented in charts and graphs. The behavior of the circular section columns and the types of destruction were interpreted according to the results obtained from the moment-curvature relationship of the section. The values obtained according to different parameters for each material model in circular column sections are given in Tables 3 to 8 and 10 to 15, respectively. The units for the moment (M) is kN.m and the units for the curvature (C) is rad/m in all Tables. The circular reinforced concrete column sections given in the tables are prepared for four different axial loads, six different longitudinal rebar diameters and two different transverse reinforcement diameters and spacings. Using the values obtained from the moment-curvature relationships given in the tables, the fracture types and behaviors of the column sections were examined.

Table 3. Critical moment and curvature values calculated for (A) columns

No	N/N <sub>max</sub>	Reinforcement Steel				Cover Concrete				Core Concrete	
		Yield		Hardening		Cracking		Destruction		Destruction	
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
A1	0.1	183.1	0.0092	229.1	0.0312	216.9	0.0183	220.1	0.0494	236.9	0.2015
A2	0.2	230.8	0.0105	254.5	0.0342	248.2	0.0132	257.4	0.0374	262.9	0.1467
A3	0.3	267.3	0.0120	268.3	0.0406	253.4	0.0105	274.6	0.0298	277.6	0.1112
A4	0.4	293.1	0.0136	275.6	0.0475	252.2	0.0088	284.3	0.0257	279.5	0.1005

Table 4. Critical moment and curvature values calculated for (B) columns

No	N/N <sub>max</sub>	Reinforcement Steel				Cover Concrete				Core Concrete	
		Yield		Hardening		Cracking		Destruction		Destruction	
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
B1	0.1	202.8	0.0093	257.8	0.0312	240.3	0.0172	249.4	0.0475	268.9	0.1870
B2	0.2	249.6	0.0106	280.1	0.0374	263.9	0.0122	281.1	0.0357	292.8	0.1404
B3	0.3	286.3	0.0120	293.3	0.0406	269.7	0.0105	298.7	0.0298	304.8	0.1112
B4	0.4	312.2	0.0136	300.4	0.0475	265.2	0.0088	308.5	0.0257	306.2	0.1005

Table 5. Critical moment and curvature values calculated for (C) columns

No	N/N <sub>max</sub>	Reinforcement Steel				Cover Concrete				Core Concrete	
		Yield		Hardening		Cracking		Destruction		Destruction	
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
C1	0.1	224.1	0.0095	287.8	0.0327	265.0	0.0162	281.3	0.0458	303.3	0.1800
C2	0.2	267.6	0.0105	307.7	0.0374	286.1	0.0122	309.3	0.0342	324.8	0.1343
C3	0.3	307.1	0.0120	320.3	0.0410	287.6	0.0105	324.9	0.0298	334.2	0.1112
C4	0.4	333.1	0.0135	327.3	0.0475	279.3	0.0088	334.7	0.0257	335.1	0.1005

Table 6. Critical moment and curvature values calculated for (D) columns

No	N/N <sub>max</sub>	Reinforcement Steel				Cover Concrete				Core Concrete	
		Yield		Hardening		Cracking		Destruction		Destruction	
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
D1	0.1	247.3	0.0096	320.9	0.0327	291.1	0.0151	315.2	0.0423	339.4	0.1696
D2	0.2	292.3	0.0108	337.6	0.0374	310.1	0.0122	338.7	0.0342	359.2	0.1283
D3	0.3	329.8	0.0120	349.7	0.0423	307.1	0.0105	355.1	0.0284	366.1	0.1112
D4	0.4	355.8	0.0134	356.4	0.0475	294.8	0.0088	363.1	0.0257	366.5	0.1005

Table 7. Critical moment and curvature values calculated for (E) columns

No	N/N <sub>max</sub>	Reinforcement Steel				Cover Concrete				Core Concrete	
		Yield		Hardening		Cracking		Destruction		Destruction	
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
E1	0.1	272.3	0.0097	354.9	0.0342	297.1	0.0113	341.3	0.0219	378.1	0.1596
E2	0.2	316.3	0.0108	369.7	0.0374	310.8	0.0105	380.1	0.0284	395.8	0.1253
E3	0.3	354.3	0.0120	381.2	0.0423	328.0	0.0105	385.7	0.0284	400.1	0.1112
E4	0.4	380.3	0.0134	387.7	0.0475	341.6	0.0088	393.8	0.0257	400.1	0.1005

Table 8. Critical moment and curvature values calculated for (F) columns

No	N/N <sub>max</sub>	Reinforcement Steel				Cover Concrete				Core Concrete	
		Yield		Hardening		Cracking		Destruction		Destruction	
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
F1	0.1	299.1	0.0099	392.8	0.0342	350.9	0.0141	389.6	0.0374	418.6	0.1531
F2	0.2	341.9	0.0109	403.8	0.0374	363.2	0.0122	405.4	0.0327	434.3	0.1225
F3	0.3	380.5	0.0120	414.7	0.0423	350.4	0.0105	418.4	0.0284	436.4	0.1112
F4	0.4	406.4	0.0133	421.1	0.0475	329.5	0.0088	429.6	0.0244	436.1	0.1005

The effect of longitudinal reinforcement ratio on the moment-curvature relationship in reinforced concrete column sections is given in Figures 3 and 5 comparatively. In Figure 3, the effect of the change of longitudinal reinforcement ratio under constant axial load for  $\Phi 8/50$  mm transverse reinforcement on moment-curvature relationship is summarized. In Figure 5, the effect of the change of longitudinal reinforcement ratio under constant axial load for  $\Phi 10/50$  mm transverse reinforcement on moment-curvature relationship is summarized.

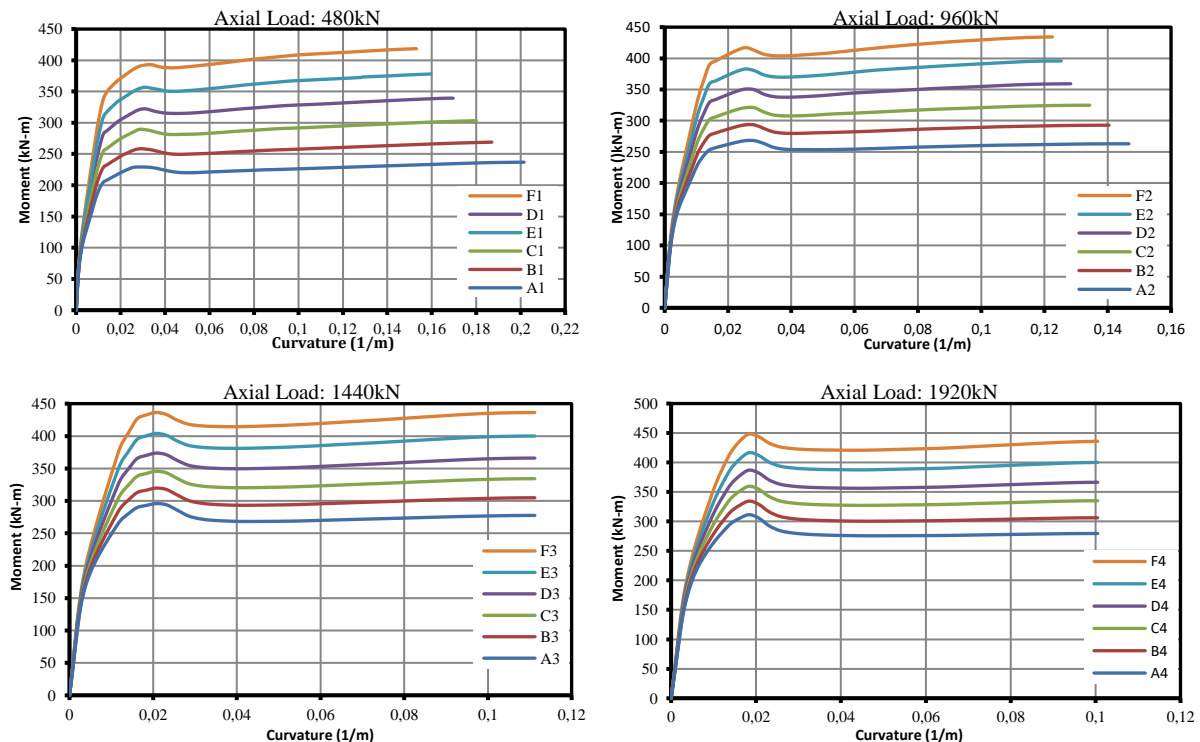


Figure 3. Moment-curvature relationships for different longitudinal reinforcement ratio (transverse Reinforcement  $\Phi 8/50$  mm)



Table 9 was prepared to compare the effects of longitudinal reinforcement ratio and axial load levels on moment-curvature behavior of circular sections for constant transverse reinforcement spacing ( $\Phi 8/50$  mm). In Table 9, by using the moment-curvature relationships given in Figure 3, maximum moment ( $M_u$ ) and maximum curvature values ( $C_u$ ) are summarized.

Table 9. Maximum moment ( $M_u$ ) and maximum curvature ( $C_u$ ) values at the moment of destruction in circular column sections (transverse reinforcement:  $\Phi 8/50$ mm)

No	N/N <sub>max</sub>	Destruction		No	N/N <sub>max</sub>	Destruction		No	N/N <sub>max</sub>	Destruction		No	N/N <sub>max</sub>	Destruction	
		M <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>			M <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>			M <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>			M <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>
A1	0.10	236.9	0.2015	A2	0.20	263.0	0.1467	A3	0.30	277.6	0.1112	A4	0.40	279.5	0.1005
B1		269.0	0.1870	B2		292.8	0.1404	B3		304.8	0.1112	B4		306.2	0.1005
C1		303.3	0.1800	C2		324.8	0.1343	C3		334.2	0.1112	C4		335.1	0.1005
D1		339.4	0.1696	D2		359.2	0.1283	D3		366.1	0.1112	D4		366.5	0.1005
E1		378.0	0.1596	E2		395.8	0.1253	E3		400.1	0.1112	E4		400.1	0.1005
F1		418.6	0.1531	F2		434.3	0.1225	F3		436.4	0.1112	F4		436.0	0.1005

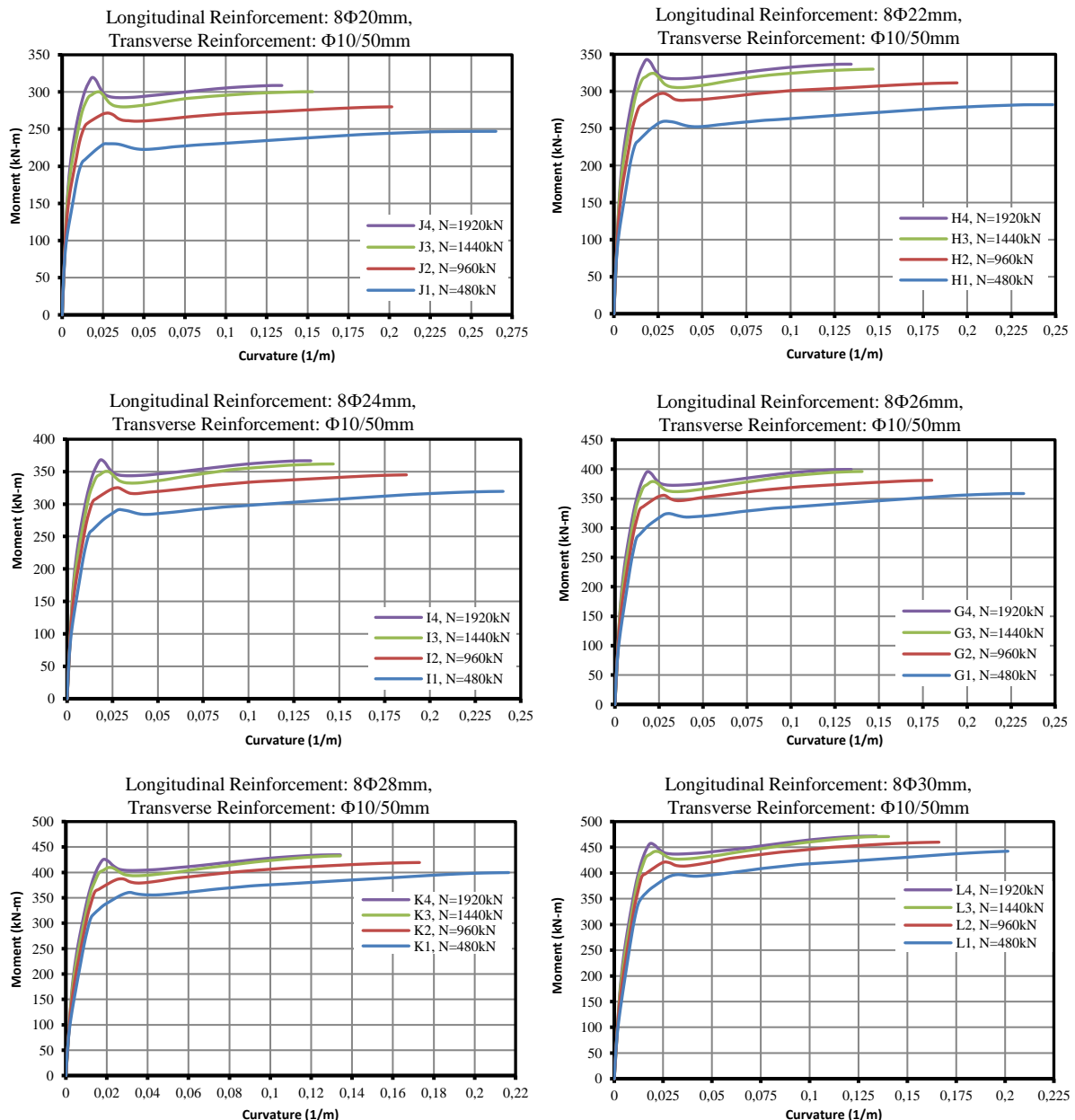


Figure 4. Moment-curvature relationships for different axial load levels (transverse reinforcement:  $\Phi 10/50$  mm)

Table 10. Critical moment and curvature values calculated for (J) columns

No	N/N <sub>max</sub>	Reinforcement Steel				Cover Concrete				Core Concrete	
		Yield		Hardening		Cracking		Destruction		Destruction	
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
J1	0.1	183.5	0.0092	230.3	0.0312	215.6	0.0172	222.7	0.0512	247.0	0.2651
J2	0.2	231.9	0.0105	263.1	0.0358	249.9	0.0132	261.8	0.0374	279.9	0.2015
J3	0.3	269.9	0.0119	280.1	0.0406	256.4	0.0105	281.9	0.0312	300.4	0.1531
J4	0.4	297.5	0.0134	293.2	0.0458	256.6	0.0088	297.3	0.0257	308.7	0.1343

Table 11. Critical moment and curvature values calculated for (H) columns

No	N/N <sub>max</sub>	Reinforcement Steel				Cover Concrete				Core Concrete	
		Yield		Hardening		Cracking		Destruction		Destruction	
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
H1	0.1	203.2	0.0093	259.3	0.0312	238.8	0.0162	252.2	0.0475	281.9	0.2484
H2	0.2	250.8	0.0106	288.7	0.0358	265.7	0.0122	288.7	0.0358	311.4	0.1942
H3	0.3	289.1	0.0119	305.4	0.0406	272.8	0.0105	306.3	0.0312	329.9	0.1467
H4	0.4	316.6	0.0134	318.2	0.0458	269.4	0.0088	321.5	0.0257	336.6	0.1343

Table 12. Critical moment and curvature values calculated for (I) columns

No	N/N <sub>max</sub>	Reinforcement Steel				Cover Concrete				Core Concrete	
		Yield		Hardening		Cracking		Destruction		Destruction	
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
I1	0.1	224.7	0.0095	289.9	0.0327	266.1	0.0162	284.4	0.0458	319.6	0.2403
I2	0.2	271.4	0.0107	316.6	0.0358	288.2	0.0122	316.6	0.0358	345.1	0.1870
I3	0.3	309.8	0.0119	332.9	0.0406	290.8	0.0105	335.1	0.0298	361.8	0.1467
I4	0.4	337.5	0.0133	344.8	0.0440	283.5	0.0088	347.7	0.0257	366.8	0.1343

Table 13. Critical moment and curvature values calculated for (G) columns

No	N/N <sub>max</sub>	Reinforcement Steel				Cover Concrete				Core Concrete	
		Yield		Hardening		Cracking		Destruction		Destruction	
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
G1	0.1	247.9	0.0096	323.3	0.0327	292.3	0.0151	318.9	0.0440	358.6	0.2322
G2	0.2	293.8	0.0108	346.6	0.0374	312.4	0.0122	346.9	0.0342	381.2	0.1800
G3	0.3	332.5	0.0119	362.7	0.0406	310.3	0.0105	363.9	0.0298	396.1	0.1404
G4	0.4	360.1	0.0133	374.1	0.0440	298.9	0.0088	376.1	0.0257	399.5	0.1343

Table 14. Critical moment and curvature values calculated for (K) columns

No	N/N <sub>max</sub>	Reinforcement Steel				Cover Concrete				Core Concrete	
		Yield		Hardening		Cracking		Destruction		Destruction	
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
K1	0.1	273.1	0.0097	358.1	0.0342	319.7	0.0141	355.6	0.0406	399.6	0.2166
K2	0.2	317.9	0.0108	379.3	0.0374	338.3	0.0122	379.2	0.0342	419.5	0.1730
K3	0.3	357.0	0.0119	394.6	0.0406	331.4	0.0105	394.9	0.0298	432.6	0.1404
K4	0.4	384.6	0.0132	405.5	0.0440	315.7	0.0088	406.8	0.0257	434.6	0.1343

Table 15. Critical moment and curvature values calculated for (L) columns

No	N/N <sub>max</sub>	Reinforcement Steel				Cover Concrete				Core Concrete	
		Yield		Hardening		Cracking		Destruction		Destruction	
		M	C	M	C	M	C	M	C	M	C
L1	0.1	299.9	0.0099	396.7	0.0342	352.3	0.0141	394.4	0.0390	442.4	0.2015
L2	0.2	343.7	0.0109	413.9	0.0374	351.2	0.0113	414.3	0.0327	460.1	0.1662
L3	0.3	383.2	0.0119	428.5	0.0406	353.9	0.0105	428.9	0.0284	470.9	0.1404
L4	0.4	410.7	0.0132	439.1	0.0440	333.6	0.0088	439.4	0.0257	471.9	0.1343

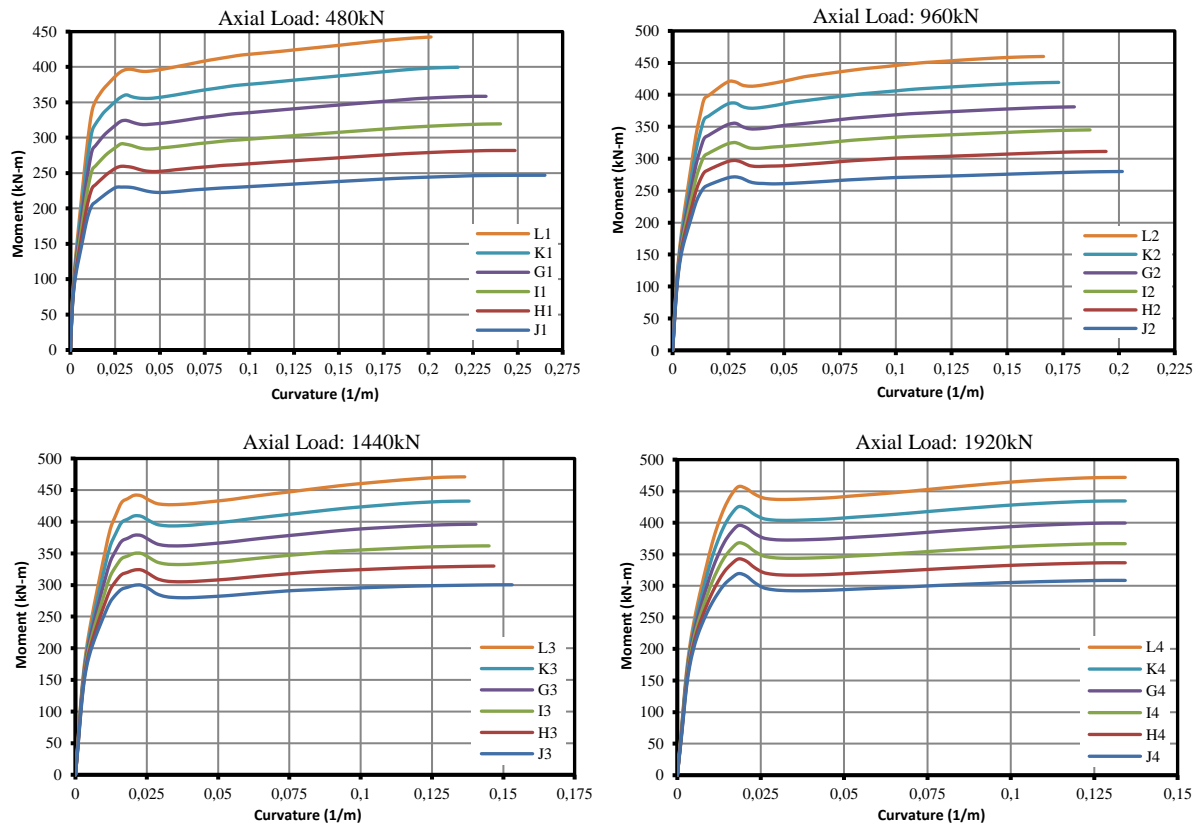


Figure 5. Moment-curvature relationships for different longitudinal reinforcement ratio (transverse reinforcement  $\Phi 10/50$  mm)

Table 16 was prepared to compare the effects of longitudinal reinforcement ratio and axial load levels on moment-curvature behavior of circular sections for constant transverse reinforcement spacing ( $\Phi 10/50$  mm). In Table 16, by using the moment-curvature relationships given in Figure 5, maximum moment ( $M_u$ ) and maximum curvature values ( $C_u$ ) are summarized.

Table 16. Maximum moment ( $M_u$ ) and maximum curvature ( $C_u$ ) values at the moment of destruction in circular column sections (transverse reinforcement:  $\Phi 10/50$ mm)

No	N/N <sub>max</sub>	Destruction		No	N/N <sub>max</sub>	Destruction		No	N/N <sub>max</sub>	Destruction		No	N/N <sub>max</sub>	Destruction	
		M <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>			M <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>			M <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>			M <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>
J1	0.10	247.0	0.2651	J2	0.20	279.9	0.2015	J3	0.30	300.4	0.1531	J4	0.40	308.7	0.1343
H1		281.9	0.2484	H2		311.4	0.1942	H3		329.9	0.1467	H4		336.6	0.1343
I1		319.6	0.2403	I2		345.1	0.1870	I3		361.8	0.1467	I4		366.8	0.1343
G1		358.6	0.2322	G2		381.2	0.1800	G3		396.1	0.1404	G4		399.5	0.1343
K1		399.6	0.2166	K2		419.5	0.1730	K3		432.6	0.1404	K4		434.6	0.1343
L1		442.4	0.2015	L2		460.1	0.1662	L3		470.9	0.1404	L4		471.9	0.1343

### 4. Research Results and Discussion

The examined behavioral effects of the parameters were evaluated by the curvature and moment carrying capacity of the cross-section. Moment and curvature values in case of destruction according to different parameters of reinforced concrete circular column sections are summarized in Table 17 comparatively. The behavior of the circular column sections and the types of refraction were interpreted according to the results obtained from the moment-curvature relationship of the section. The influence of different parameters on the moment bearing capacity and curvature of the reinforced concrete circular columns are given Figures 6 to 11 comparatively.

*Table 17. Moment and curvature values in case of destruction according to different parameters*

No	N/N <sub>max</sub>	Longitudinal Reinforcement	Transverse Reinforcement	Destruction		No	Transverse Reinforcement	Destruction	
				M <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>			M <sub>u</sub>	C <sub>u</sub>
A1	0.10	8Φ20 mm	Φ8/50 mm	236.9	0.2015	J1	Φ10/50 mm	246.9	0.2651
A2	0.20			262.9	0.1467	J2		279.9	0.2015
A3	0.30			277.6	0.1112	J3		300.4	0.1531
A4	0.40			279.5	0.1005	J4		308.7	0.1343
B1	0.10	8Φ22 mm	Φ8/50 mm	268.9	0.1870	H1	Φ10/50 mm	281.9	0.2484
B2	0.20			292.8	0.1404	H2		311.4	0.1942
B3	0.30			304.8	0.1112	H3		329.9	0.1467
B4	0.40			306.2	0.1005	H4		336.6	0.1343
C1	0.10	8Φ24 mm	Φ8/50 mm	303.3	0.1800	I1	Φ10/50 mm	319.6	0.2403
C2	0.20			324.8	0.1343	I2		345.1	0.1870
C3	0.30			334.2	0.1112	I3		361.8	0.1467
C4	0.40			335.1	0.1005	I4		366.8	0.1343
D1	0.10	8Φ26 mm	Φ8/50 mm	339.4	0.1696	G1	Φ10/50 mm	358.6	0.2322
D2	0.20			359.2	0.1283	G2		381.2	0.1800
D3	0.30			366.1	0.1112	G3		396.1	0.1404
D4	0.40			366.5	0.1005	G4		399.5	0.1343
E1	0.10	8Φ28 mm	Φ8/50 mm	378.1	0.1596	K1	Φ10/50 mm	399.6	0.2166
E2	0.20			395.8	0.1253	K2		419.5	0.1730
E3	0.30			400.1	0.1112	K3		432.6	0.1404
E4	0.40			400.1	0.1005	K4		434.6	0.1343
F1	0.10	8Φ30 mm	Φ8/50 mm	418.6	0.1531	L1	Φ10/50 mm	442.4	0.2015
F2	0.20			434.3	0.1225	L2		460.1	0.1662
F3	0.30			436.4	0.1112	L3		470.9	0.1404
F4	0.40			436.1	0.1005	L4		471.9	0.1343

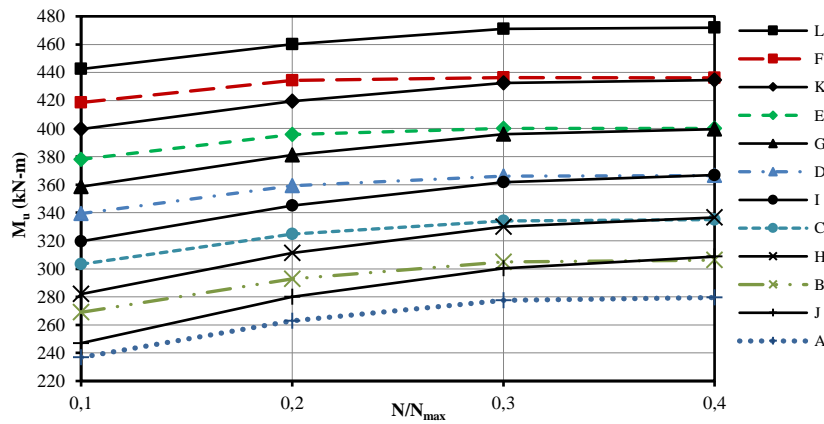


Figure 6. Influence of different parameters on the moment bearing capacity of the reinforced concrete circular columns

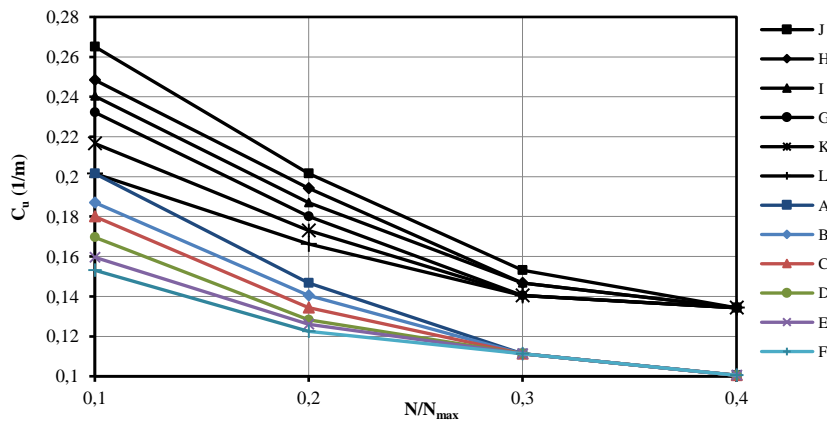


Figure 7. Influence of different parameters on the curvature of the reinforced concrete circular columns (ductility)

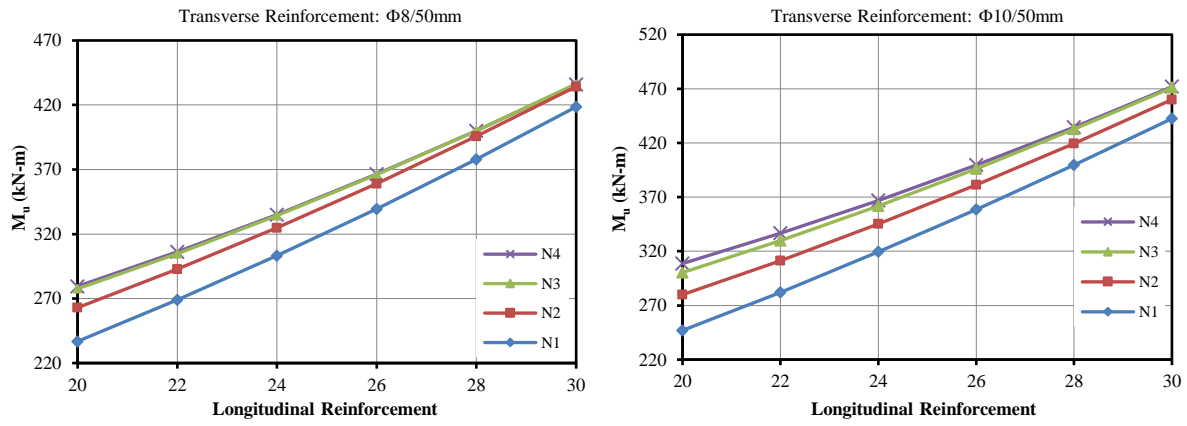


Figure 8. Influence of different longitudinal reinforcement ratios on the moment bearing capacity of the reinforced concrete circular columns

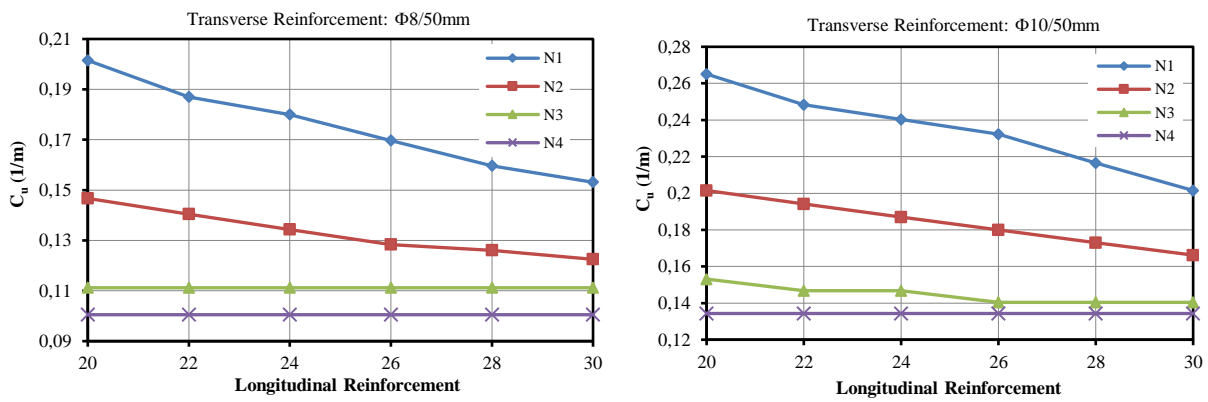


Figure 9. Influence of different longitudinal reinforcement ratios on the curvature of the reinforced concrete circular columns

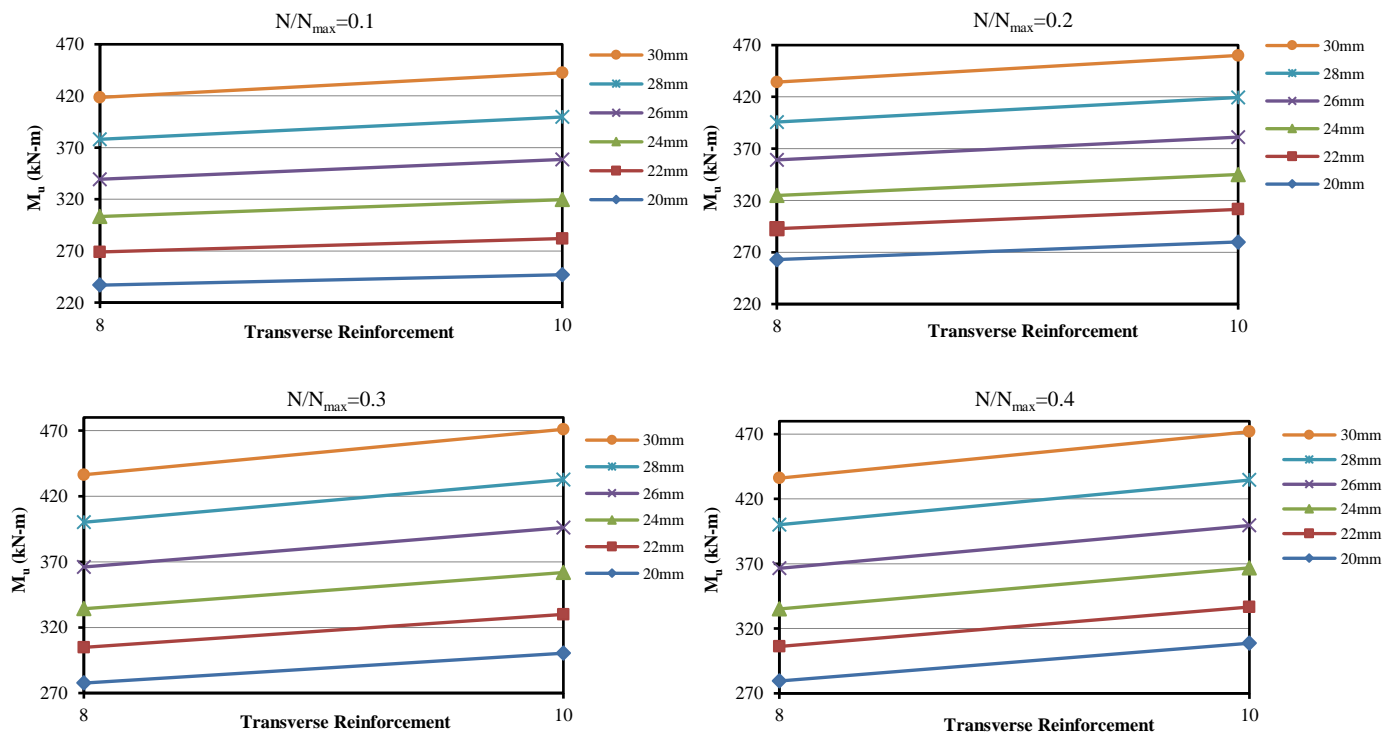


Figure 10. Influence of different transverse reinforcement ratios on the moment bearing capacity of the reinforced concrete circular columns



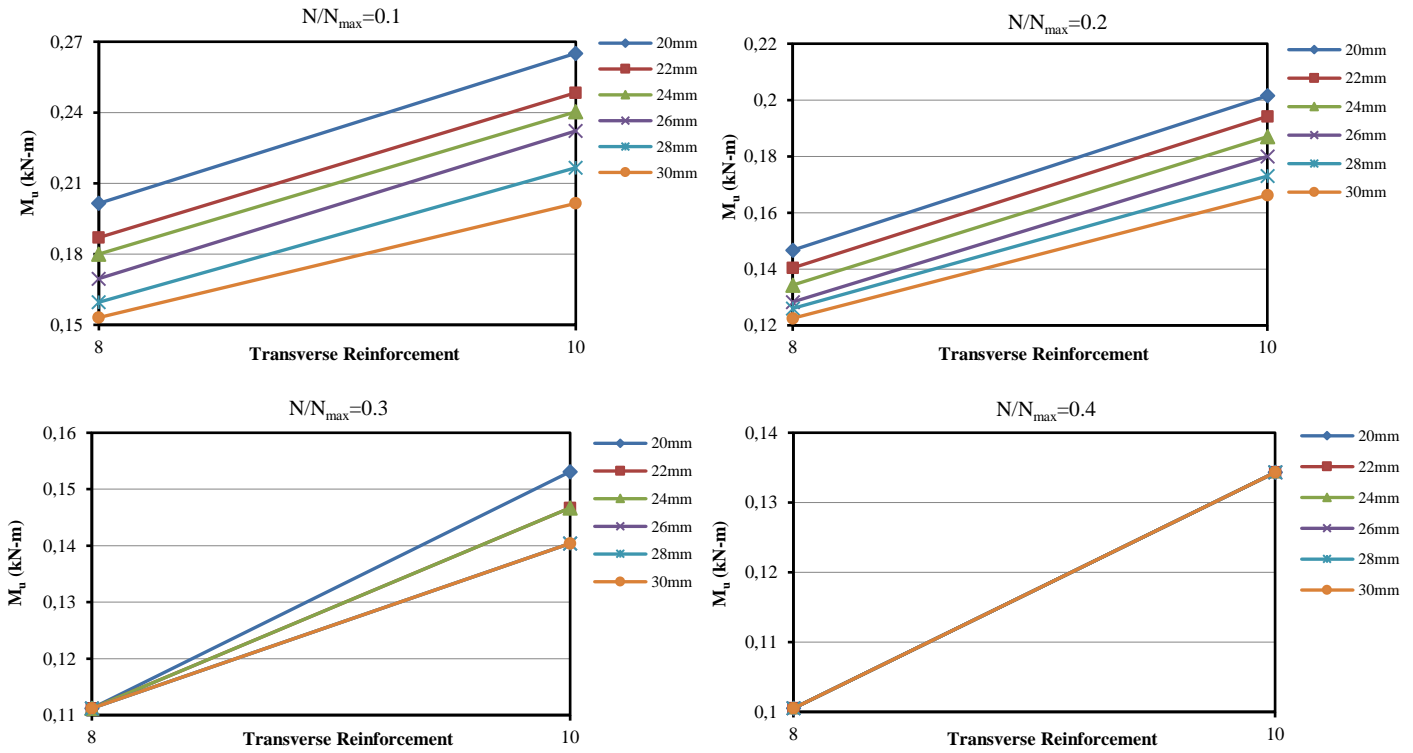


Figure 11. Influence of different transverse reinforcement ratios on the curvature of the reinforced concrete circular columns

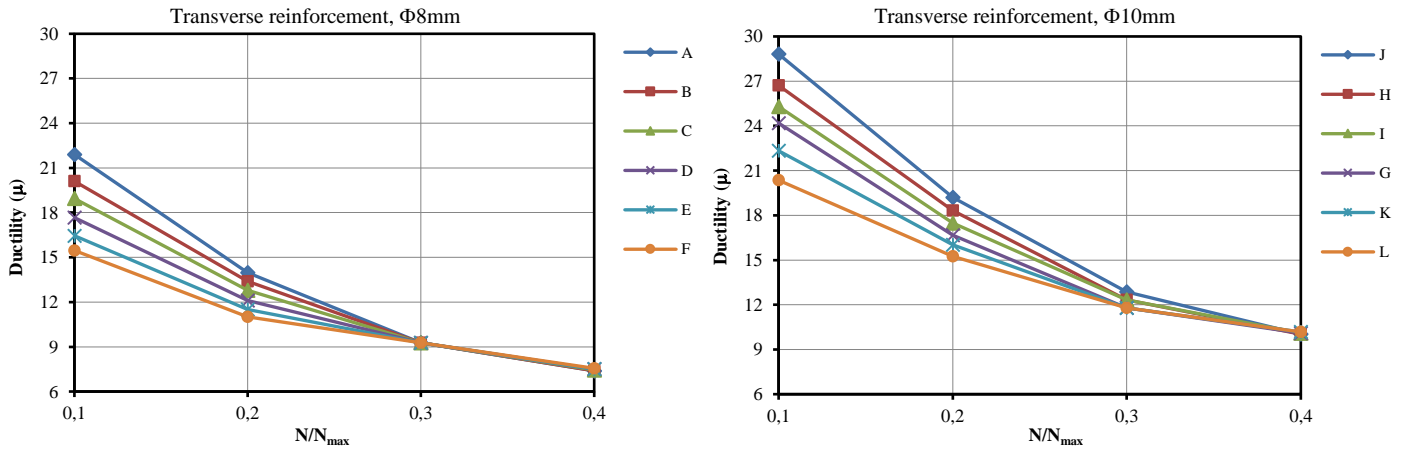


Figure 12. Influence of different transverse reinforcement ratios on the ductility of the reinforced concrete circular columns

As can be seen from Table 17, two different transverse reinforcement diameters ( $\Phi 8\text{ mm}$  and  $\Phi 10\text{ mm}$ ) have been chosen for reinforced concrete circular column section models, with constant transverse reinforcement spacing. In terms of the ratio of transverse reinforcement, by examining the bearing capacity and curvature of the reinforced concrete column section; the increase in the ratio of transverse reinforcement was found to be effective in terms of bearing capacity and the curvature (ductility) of the section. Increased axial load level for reinforced concrete circular column sections, fixed longitudinal reinforcement, transverse reinforcement diameter and spacing has been found to be effective in moment and curvature. Increasing the axial load value in reinforced concrete column sections increases the moment bearing capacity of the section and decreases its ductility (curvature value decreases). It was observed that the axial load level was the effective parameter for the moment bearing capacity and the moment-curvature relation of the reinforced circular columns (Figure 4 and Table 17). With the increase of the longitudinal reinforcement ratio, the bearing capacity of reinforced concrete column sections increases, but the section ductility decreases. Increasing the ratio of transverse reinforcement increases both bearing capacity and ductility of reinforced concrete column sections and affects the moment-curvature relationships of the sections significantly.

## 5. Conclusion

The following results were obtained from the moment curvature analyses of the circular columns: When the analysis results are examined, it is observed that the variation of the axial load, longitudinal reinforcement diameter, transverse reinforcement diameter and transverse reinforcement spacing have an important effect on the moment-curvature behavior of the reinforced concrete circular columns. Axial load, transverse reinforcement diameter and spacing are very important parameters affecting the ductility of the cross-section. With increasing axial load values yield curvature, yield moment and ultimate moment values increase, however, the ultimate curvature and curvature ductility values decrease. As can be seen from the moment-curvature relationships, the axial load is a very important parameter affecting the ductility of the cross-section of the columns. Significant reductions in ductility capacities of the column sections under increasing axial force have been observed.

It is observed that the variation of the axial load, longitudinal reinforcement diameter, transverse reinforcement diameter and transverse reinforcement spacing have an important effect on the moment-curvature behavior of the reinforced concrete circular columns. The cross-section ductility decreases when the transverse reinforcement spacing is increased under constant axial load. As can be seen from the moment-curvature relationships, it is observed that the cross-section ductility and the curvature increase significantly with the reduction of the transverse reinforcement spacing. The ratio of transverse reinforcement is effective in cross-section behavior of reinforced concrete cross-section. The increase in transverse reinforcement diameter increases the ductility of the cross-section and the maximum moment bearing capacity. The increase in the transverse reinforcement diameter increases the ultimate moment, ultimate curvature and curvature ductility values, but yield moment and yield curvature values remain almost constant (transverse reinforcement spacing and axial load levels are the constant). Yield moment, yield curvature, ultimate moment and ultimate curvature values increases however, curvature ductility values decreases as the longitudinal reinforcement diameter increases while other parameters kept constant. Moreover, with the increase of the transverse reinforcement ratio, the more ductile behavior is achieved due to the increment of curvature ductility on reinforced concrete columns. In order to see the real behavior of a reinforced concrete cross-section, a concrete model that takes the transverse reinforcement ratio into consideration should be used.

As can be seen from the comparison of the limit values of the damage zones calculated from the moment-curvature relations of the reinforced concrete circular columns according to different parameters: the first damage occurs by cracking the cover concrete or yielding of the reinforcement. In cases where the axial load value applied to reinforced concrete column sections is small ( $N/N_{max} = 0.1$  and  $0.2$ ), the first damage occurs with the yielding of the reinforcement. In case of increased axial load value ( $N/N_{max} = 0.3$  and  $0.4$ ), first damages occur by cracking the cover concrete outside the core concrete of reinforced concrete columns. Under increasing deformations after the reinforcement yield, the cover concrete is cracked and the reinforced concrete column section is damaged. After cover concrete is cracked hardening in reinforcement occurs and moment bearing capacity is also increasing. The moment and curvature values increase up to the maximum axial load level that the reinforced concrete columns can bear. The load-bearing capacity of reinforced concrete column sections ends with the destruction of the core concrete. Reinforced concrete column sections damaged by reinforcement yield before crushing of cover concrete exhibit more ductile behavior.

## References

- Bedirhanoglu, I., & Ilki, A. (2004). Theoretical Moment-Curvature Relationships for Reinforced Concrete Members and Comparison with Experimental Data, *Sixth International Congress on Advances in Civil Engineering*, 6-8 October 2004 Bogazici University, Istanbul, Turkey, 231-240.
- Dok, G., Ozturk, H., & Demir, A. (2017). Determining Moment-Curvature Relationship of Reinforced Concrete Columns, *The Eurasia Proceedings of Science, Technology, Engineering and Mathematics (EPSTEM)*, 1, 52-58.
- Foroughi, S., & Yuksel, S. B. (2020). Investigation of the Moment-Curvature Relationship for Reinforced Concrete Square Columns, *Turkish Journal of Engineering (TUJE)*, 4(1), 36-46. doi:10.31127/tuje.571598.
- Jun, J., & Hui, W., 2015. The Relationship Between Moment and Curvature and the Elastic-Plastic Seismic Response Analysis of High Pier Section, *The Open Mechanical Engineering Journal*, 9, 892-899.
- Mander, J. B., Priestley, M. J. N., & Park, R. (1988). Theoretical stress-strain model for confined concrete, *Journal of Structural Engineering*, 114(8), 1804-1826. doi:10.1061/(ASCE)0733-9445(1988)114:8(1804).
- SAP2000, Structural Software for Analysis and Design, *Computers and Structures, Inc*, USA.
- TBEC, (2018). Turkish Building Earthquake Code: Specifications for Building Design under Earthquake Effects, *T.C. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı*, Ankara.
- Xie, Y., Ahmad, S., Yu, T., Hino, S., & Chung, W. (1994). Shear ductility of reinforced concrete beams of normal and high strength concrete, *ACI Structural Journal*, 91(2), 140-149.
- Youcef, S. Y., & Chemrouk, M. (2012). Curvature Ductility Factor of Rectangular Sections Reinforced Concrete Beams, World Academy of Science, *International Journal of Civil and Environmental Engineering*, 6(11), 971-976.



# Geniş İç Açıklıklardaki Yüksek Düzeyli Doğal Aydınlatma Sorununa Parametrik bir Çözümleme: İZÜ Kütüphanesi İç Mekân Gölgeleme Enstalasyonu\*

Erdem Köymen<sup>1\*\*</sup>

<sup>1</sup> Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6924-421X)

(İlk Geliş Tarihi 28 Mayıs 2020 ve Kabul Tarihi 31 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.744151)

**ATIF/REFERENCE:** Köymen, E. (2020). Geniş İç Açıklıklardaki Yüksek Düzeyli Doğal Aydınlatma Sorununa Parametrik bir Çözümleme: İZÜ Kütüphanesi İç Mekân Gölgeleme Enstalasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 904-915.

## Öz

Mimari yapılarda ışık kullanıcının mekana uyum sağlaması, psikolojik konforu ve mekanı kullanım performansı ile ilgili önemli bir bileşendir. Okuma ve kıymetli eserlerin korunması gibi işlevleri barındıran kütüphane yapılarında ise ışık, yapı karakteristiğinin kurgulanmasında oldukça aktif rol oynar. Kütüphane yapılarındaki aydınlatma düzeyleri ve özellikle gün ışığının kontrollü şekilde mekana alınması da dikkat edilmesi gereken parametrelerdendir.

Bu makale, İstanbul Zaim Üniversitesi'nin Halkalı kampüsünde bulunan kütüphanesi için geliştirilen bir iç mekan gölgeleme elemanının tasarım ve üretim süreçlerini özetlemektedir. Kütüphanenin toplamda 500 m<sup>2</sup>'lik galeri boşluklarında, ortam konforunu yüksek düzeyli doğal aydınlatma sonucu etkileyen bir tasarım problemi tespit edilmiştir. Matematiksel verilere dayandırılan bu probleme çözüm olarak, parametrik tasarım ilke ve yaklaşımlarıyla çeşitli tasarımlar geliştirilmiş ve alternatiflerden biri seçilerek uygulanmıştır.

Çalışmanın başında; düşük maliyet ve iş gücü, mekan estetiği ve galeri etkisinin korunması, basit ve güvenli yapı malzemeleri tercih edilmesi gibi birtakım kriterler belirlenmiştir. Uygulanan tasarım oldukça pratik, ucuz ve özgün bir yöntemle bu gibi kriterleri karşılayacak şekilde geliştirilmiştir. Ortam konforuna sağlanan katkının sayısal verilerle desteklendiği çalışmada, benzer geniş iç açıklıkların gölgelenebilmesi için de mimarlığa pratik bir yöntem önerilmiştir. Çalışmanın sonunda ortaya çıkan parametrik örtü enstalasyonunun özgün tasarım ve üretim aşamaları ve ortam kalitesine gölgeleme açısından yaptığı katkı bu makalenin üzerinde durduğu konulardır.

**Anahtar Kelimeler:** Mimari tasarım, Parametrik tasarım, Gölgeleme, Doğal aydınlatma.

## A Parametric Analysis of the High Level Natural Lighting Problem in Wide Interior Spans: IZU Library Interior Shading Installation

### Abstract

In architectural structures, light is an important component of the user's adaptation to the space, psychological comfort and performance of space use. In library buildings that contain functions such as reading and preservation of valuable works, light plays a very active role in the construction of the structure characteristic. The lighting levels in the library structures and especially taking the daylight into the space in a controlled manner are among the parameters that should be considered.

This article summarizes the design and production processes of an interior shading element developed for the library located at the Halkalı campus of Istanbul Zaim University. A design problem has been identified in the gallery spaces of 500 m<sup>2</sup> in total, affecting the ambient comfort as a result of high level natural lighting. As a solution to this problem based on mathematical data, various designs were developed with parametric design principles and approaches and one of the alternatives was chosen.

\* Enstalasyon: Belirli bir iç mekan için özel olarak oluşturulan bir montaj. (Clarke, 2010)

\*\* Sorumlu Yazar: Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi Fakültesi, Mimarlık Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-6924-421X, [erdem.koymen@izu.edu.tr](mailto:erdem.koymen@izu.edu.tr)

At the beginning of the study; some criteria have been determined such as low cost and labor, space aesthetics and protection of gallery effect, preference for simple and safe building materials. The applied design has been developed to meet such criteria with a very practical, inexpensive and original method. In the study, in which the contribution to the comfort of the environment is supported by numerical data, a practical method is proposed to architecture in order to shade similar large internal openings. The original design and production stages of the parametric cover installation that emerged at the end of the study and its contribution in terms of shading to the ambient quality are the subjects that this article emphasizes.

**Keywords:** Architectural design, Parametric design, Shading, Natural lighting.

## 1. Mimarlık ve Eğitiminde Sayısal Tasarım Odağı

Bilgisayar teknolojilerinin günden güne gelişmesi yapım tasarımı ve üretim tekniklerinde de paralel gelişmelere sebep olmaktadır. Bu gelişmeler tasarımcıya üretimi önceden deneyimleme imkanı sunar. Bu şekilde tasarım optimum kalite ve maliyete doğru yönelir. Tasarımın sayısallaşması, mimari nesnelerin ön tasarım aşamasını beslemektedir. Bunun sonucunda uygulamalardaki hata riski düşmekte, farklı disiplinlerin bir arada çalışabilmesi sağlanmakta ve mimarlık literatürüne yeni paradigmalara eklenmektedir. Artık sayısal tasarım deneyimselliğin ötesine geçip, pratik sahada da mimarlık nesnelerini çeşitlendirmektedir. Yeni tasarım fikirlerinin doğmasında ve tasarımcının alternatiflerle düşünebilme becerisinin gelişmesinde aktif rol oynamaktadır. Bunun yanında sayısal tasarımın mimarlık fakültelerindeki eğitimi de yukarıdaki eğilimler doğrultusunda günden güne artmaktadır. Öğrencilere kuramsal aktarımların yanında çeşitli yazılımlar öğretilmekte ve üretilen nesnelerin fiziksel modelleri çeşitli ölçeklerde üretilmektedir. Böylelikle deneyimselliğin ötesine geçen sayısal tasarım, öğrencilere yeni beceriler ve değerler olarak geri dönmektedir.

Hesaplamalı sistemlerde birbiri ile bütünleşmiş çeşitli aşamalar söz konusudur. İlk aşamada dijital projelerdeki form üretim sürecine odaklanılmaktadır. Sonraki aşamada malzeme kavramı devreye girmekte ve malzeme, yapı formuna eklenmektedir. Son aşamada ise algoritmik tabanlı yazılımlar, yapı formunun gelişimi için ön tasarım sürecinde kullanılmaktadır. (Torus ve Akdağ, 2015)

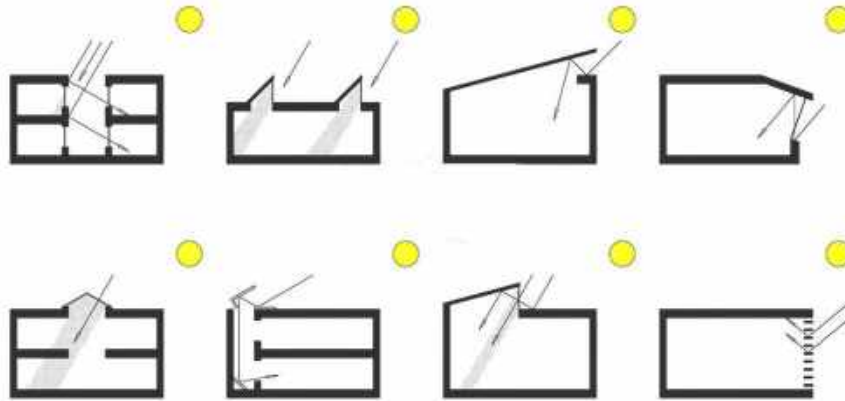
Üniversitelerdeki eğilim, fiziksel üretimine odaklanılan parametrik nesnelerin malzeme performansını da sürecin içine aktif bir öğe olarak katılması yönündedir. Bunun yanında güncel bir tasarım kanalı olarak nitelendirilen “ekolojik parametreler” de bu eğilimler üzerinden daha etkin şekilde değerlendirilmektedir. (Yazar, Çolakoğlu, 2012)

## 2. Kütüphane Yapılarında Işık

Dalga şeklinde yayılan ışık, parçacık etkili özel bir enerji türüdür. Mimari yapılarda Sanatsal ve imgesel anlatımın yanında teknik alt yapısıyla belli bir amaca uygun olarak kurgulanır. (Kasap, 2016) Ayrıca ışık, mimarlık ile aydınlatma arasındaki temel öğe görevini görmekle birlikte yapı karakterinin oluşumu açısından da oldukça önemlidir. (Yöndem, 2019)

İnsanoğlu fizyolojik ve psikolojik açılarından ışığa ihtiyaç duyar. 19. yüzyıldan itibaren yeni ışık kaynaklarının bulunması, hayatın birçok alanını şekillendirmiştir. Günümüzde ise disiplinler arası bir olgu olarak karşımıza çıkmaktadır. Işığa mimari açıdan bakıldığında, yapının içinde gerçekleşen işlevle bütünleştiği zaman psikolojik konfor sağladığı ve kullanıcı performansını da arttırdığı deneyimlenmiştir.

Bilim ve teknolojideki gelişmeler, birçok yapı tipinde olduğu gibi, kütüphane yapılarında da kendini belli etmektedir. Modern kütüphanelerde teknoloji paralelinde gelişen aydınlatma sistemleri en çok dikkat çeken bileşenlerden biridir. Teknolojik aydınlatma elemanlarının yanında fiziksel ve ruhsal açıdan daha sağlıklı olması ve enerji maliyetini düşürmesi gibi temel faktörlerden dolayı, “doğal aydınlatma” yani gün ışığından maksimum yararlanma eğilimi öne çıkmaktadır.



Şekil 1. Çeşitli ışıklık tipleri ve doğal aydınlatmadaki rollerini gösteren çizim (URL-1)

Kütüphane yapılarında doğal aydınlatma en çok çatı ışıklıklarıyla gerçekleştirilir. Çatı fenerleri, eğimli pencereler ve sürekli açıklıklar, yatay çatı açıklıklarıdır ve ışığın kontrollü şekilde yapı içine alınmasında aktif rol oynar. Şekil 1’de görüldüğü üzere açıklık



tiplerinden her birinin yapının tasarımına yaptığı etki farklı olduğu gibi iç hacimlerde oluşturdukları gün ışığı dağılımı da birbirinden farklıdır. (Yener, 2007) (Ataç, 2013)

Tablo 1. Aydınlatma Mühendisliği Topluluğu-IES (2013) tarafından kütüphane yapıları için önerilen aydınlık düzeyleri

Kütüphane Bölümleri	İdeal Aydınlık Düzeyleri (Lüks)
Okuma odaları	200
Masalar	400
Bankolar	600
Kapalı kitap depoları	100
Ciltleme	600
Katalog, tasnif, depo	400

Kullanıcıların mekâna uyum sağlamaları açısından kütüphane aydınlatma düzeyleri (Tablo 1) oldukça önemlidir. Bunun yanında kütüphanelerde bulunan kıymetli belgelerin de yoğun ışıktan korunması gerekmektedir. Asıl zararın sebebi beyaz ışık kaynaklarının yaydığı U.V. ışınlarıdır. Ancak her durumda en büyük tehlike doğrudan gelen güneş ışığı olarak tespit edilmektedir. Bundan dolayı camlardan geçerek gelen doğal ışığın kullanıldığı yerlerde U.V. zararını önlemek için en etkin çözüm olarak U.V. emici filtreler önerilmektedir. Bunun yanında kontrolsüz gün ışığı istenmeyen parlamalara sebep olabilir. Pencere ve çatı ışıklıkları, kitap raflarını ve diğer hassas malzemeleri direk güneş ışığından koruyacak şekilde yönlendirilmeli veya pencere örtüleriyle kapatılmalıdır. (Bozkurt, 2013) Lakin ışığın oluşturduğu tahribatın tamiri oldukça zordur. Işığın etkisiyle soluklaşan ve kırılğanlaşan eserler orijinal durumuna gelemeler. (Okan, 2018)

## 2.1. Kütüphane Yapılarından Gölgeleme Örnekleri

Bir önceki başlıkta da vurgulandığı gibi ışık, kütüphane yapılarında oldukça önemli bir tasarım parametresidir. İncelenen örneklerde yapıların estetik kurgularının ve temel tasarım karakteristiklerinin belirlenmesinde bu parametrenin dikkate alındığı gözlenmiştir. Özellikle teknolojinin gelişmesi ile birlikte tasarımın sayısallaşması, yapısal bileşenlerin de kullanımına yeni bakış açıları kazandırdığı ortadadır.



Şekil 2. King Fahad Ulusal Kütüphanesi için geliştirilen cephe ve detayları (URL-2)

İncelenen ilk örnek, Riyad'ın kentsel gelişim ve kültür projelerinden biri olan King Fahad Ulusal Kütüphanesi'nin genişletilme çalışmasıdır. Gerber Mimarlık tarafından geliştirilen projede, mevcut bina çekirdeğinin etrafına arşivler ve ek alanlar için genişletmeler yapılmıştır. Yapı cephesi, teflon kaplı fiberglas membran kumaşın önceden gerilmiş paslanmaz çelik kablolardan oluşan bir ızgaraya tutturulmasıyla elde edilmiştir. Güneş kırıcı işlevi taşıyan bu membran yapı, ikiye katlanan formuyla geleneksel Arap desenlerini çağrıştırmaktadır. (Şekil 2) (URL-2)



Şekil 3. Dekoratif bir tente uygulaması (URL-3)

İncelenen diğer örnek İngiltere'nin Beechcroft şehrinde bir atriyum için kurgulanan dekoratif bir tente uygulamasıdır. 4 mm. çelik tellerle gerilmiş PVC membrana yine çelik tellerle bir iç cidar gerdirilmiştir. Tasarlanan nesne, mekâna odaklanmanın yanında gölgeleme ve koruma işlevleri de görmektedir. (Şekil 3) (URL-3)





Şekil 4. Konik tente gölgeleme elemanı (URL-4)

Londra Bexley Koleji için geliştirelen diğer bir gölgeleme elemanında ise tente yapısının en basit formlarından biri olarak koni tercih edilmiştir. Tekrar eden desenli panellerden oluşan koni şekli ile uygulması ve üretimi oldukça hızlı ve ekonomik bir tente elde edilmiştir. Bu uygulamada kumaş, çelik tellere gerdirilmeyerek alt bölgelerden kirişlere sabitlenmiştir. Tercih edilen kumaş ile ışığın içeriye gerekli miktarda nüfuz etmesine izin verilmiştir. Bununla birlikte çatı ışıklığındaki istenmeyen detaylar da bu elemanla gizlenmiştir. (Şekil 4) (URL-4)



Şekil 5. Alto Avellaneda Alışveriş Merkezi'nin iç örtü sistemi. (URL-5)

İncelenen diğer bir örnek ise Buenos Aires'de bulunan Alto Avellaneda Alışveriş Merkezi'nin iç örtü sistemidir. Yapıda 844 m<sup>2</sup>'lik gezi yolu ve 236 m<sup>2</sup>'lik kubbeli bir galeri boşluğu bulunmaktadır. Toplamda oldukça geniş olan bu açıklık, kilitlenerek birbirine gerdirilmiş membran tekstil malzeme ile örtülmüştür. (Şekil 5) (URL-5)

### 3. İZÜ Kütüphanesi İç Mekân Gölgeleme Enstalasyonu

İstanbul Zaim Üniversitesi Halkalı Kampüsünde bulunan kütüphane, 13.549 m<sup>2</sup> bürüt inşaat alanına sahip olup, 4245 m<sup>2</sup>'lik bir alana oturmaktadır. Yapıda, biri 18 x 12 m<sup>2</sup> ve diğer ikisi 12 x 12 m<sup>2</sup> olmak üzere toplamda yaklaşık 500 m<sup>2</sup>'lik üç adet galeri boşluğu bulunmaktadır. Boşluklarının üstü alüminyum çerçeveli cam panellerle klasik kırma çatı formunda kapatılmış durumdadır. Orta galeride 10 ve yan galerilerde 8'er tane dairesel armatür, alüminyum çerçevelere metalik borularla asılmış ve yapının yapay aydınlatması bu elemanlarla sağlanmıştır. (Şekil 6, Şekil 7)



Şekil 6. Büyük galeri boşluğundan görünüm



Şekil 7. İZÜ kütüphanesi zemin kat planı



Şekil 8. Kitaplıklardan görünüm

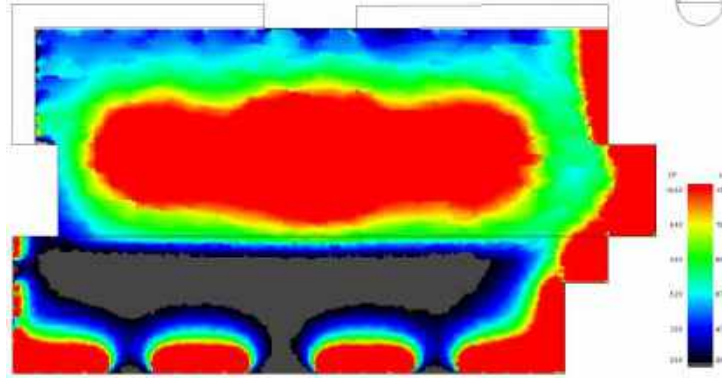


Şekil 9. Ödünç alma bankosundan görünüm

Yapının iç dokusunda minimal tasarım eğilimlerle bürüt beton tercih edilmiştir. Orta galeri boşluğunu 10, yan galeri boşluklarını da 8'er tane 55 cm çapında dairesel kolon taşımaktadır. Kolonların bitiminde oluşturulan kirişlerle de üst örtü sistemi taşınmaktadır. Üst ve ara katlar yine galeri boşluklarına açılmaktadır. (Şekil 6, Şekil 7) Yapının modern çizgisinin yanında banko ve kitap rafları gibi tefriş elemanlarında geleneksel İslam motifleri tercih edilmiştir. (Şekil 8, Şekil 9)

### 3.1. Problem Tanımı

Aydınlatma sistemlerinin performansına yönelik kullanıcı deneyiminin sorgulandığı çalışmalar oldukça kıymetlidir. Bu çalışmalar aydınlatma sisteminin performansını analiz ederken yardımcı olmaktadır. (Kaçel ve Yener, 2013) Bu referansla, İZÜ kütüphane yapısını etkin kullanan şahıslarla mülakatlar yapılmıştır. Mülakatlar, yapının doğal aydınlatmasından kaynaklanan kullanıcı şikâyetlerini içermektedir.



Şekil 10. Mevcut durum gün ışığı analizi (Design Builder yazılımı ile üretilmiştir.)

Bu şikâyetlerden hareketle yapının aydınlatma analizi, Design Builder (URL-6) yazılımı ile yapılmıştır. Örneğin, banko kısmı için Aydınlatma Mühendisliği Topluluğu-IES (2013) tarafından kabul edilen aydınlık düzeyi 600-800 Lüks (Tablo 1) arasındadır. Buna karşın Şekil 10'daki mevcut durum gün ışığı analizinde aydınlık düzeyinin 1100-1300 Lüks aralığında seyrettiği görülmektedir. (Şekil 10) Mevcut değerlerin, standartların çok üzerinde olduğunu ortaya koyan analiz yardımı ile kullanıcıların fiziksel olarak hissettikleri konforsuzluk, matematiksel verilere dayandırılmış ve problem somutlaştırılmıştır. Özetlemek gerekirse, güneş ışığının galeri zeminlerine direk ulaşması ve galerilerin standartlarından çok fazla aydınlanmasından dolayı yapılan inceleme, bir "aydınlatma problemi" olarak tanımlanmıştır.

### 3.2. Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi

Yener makalesinde, yapılarda güneş ışığının direk kullanılması halinde kontrolün bir yayılım sağlanmasının gerekliliğine dikkat çekmiş ve ihtiyaç duyulan önlemlerin alınmasına değinmiştir. (Yener, 2007). Makalelerinde sergi elemanlarının korunması üzerine bir araştırma yapan Özcan ve Çağlar ise şiddetli ışığın eserler üzerindeki tahribatlarından bahsetmiş, eserlerin direk ışığa maruz bırakılmamalarını ve ışığın mekânlara kontrollü şekilde alınmasını önermiştir. (Özcan ve Çağlar, 2020)

Yapılan analizlerle ortaya koyulan problem üzerinden bu referanslarla konuya yaklaşıldığında, galerilere vuran direk güneş ışığını perdeleyen ve kontrollü yayılımını sağlayan bir örtü sisteminin tasarlanması, problemin çözümü için denenmeye değer bulunmuştur.

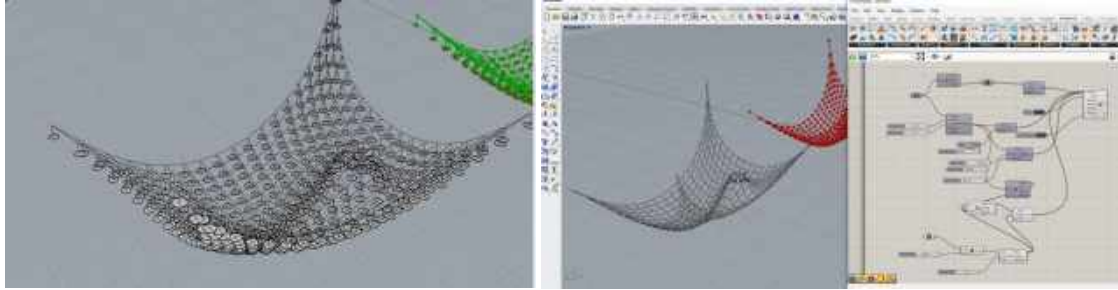
Yapılan ön toplantılarda proje alanının genişliği ve hali hazırda yoğun kullanılan bir hacim olmasından dolayı, gerek tasarım ve gerek üniversite idaresi açısından bir takım sınırlayıcılar ortaya çıkmıştır. Bu sınırlayıcılar tasarım ve üretime yön vermesi açısından bir takım kriterlere dönüştürülerek aşağıda listelenmiştir:

- Üretimde kullanılacak malzeme ve birleşim detayları belirli bir bütçe üzerinden limitlenmelidir.

- Güvenlik açısından olabildiğince hafif malzemeler kullanılmalıdır.
- Kaplama malzemeleri U.V. filtreleme niteliği taşımalıdır.
- Yapının mimarisi ve tefrişatının karakteristiğine uygun bir örtü tasarlanmalıdır.
- Kullanılacak malzemeler rahatlıkla temin edilip işlenebilecek nitelikte olmalıdır.
- Uygulamayı yapacak kişi sayısı dikkate alınarak kolayca üretilebilir bir sistem geliştirilmelidir.
- Galeri etkisi kaybolmamalı ve hava sirkülasyonu etkilenmemelidir.
- Çatı ışıklığına metalik borularla bağlı olan armatürlerin pozisyonu değiştirilmemelidir.

### 3.3. Tasarım Aşaması

Öncelikle projenin destekçileri olan öğrencilere sayısal tasarım, kodlama, algoritmik düşünme gibi teorik aktarımlar yapılmıştır. Bununla birlikte konunun parametrik tasarımla ilişkilendirilebilmesi anlamında, Rhinoceros 3D (URL-7) ve Grasshopper 3D (URL-8) ve bunun yanında Kangaroo (URL-9), Parakeet (URL-10), Launchbox (URL-11) gibi eklentiler aşamalı olarak öğretilmiştir. Sonrasında armatürlerin galeri içindeki gerçek pozisyonları ölçülmüş ve yapı projesine eklenmiştir. Arkasından tasarımlar geliştirilmiş ve değerlendirmeye alınmıştır. Yukarıda listelenen kriterlere yaklaşan fikirler Grasshopper 3D üzerinde modellenmiştir. Alanın geniş olmasından dolayı bu aşamada, Kangaroo (Grasshopper'ın altında çalışan bir fizik simülasyon kütüphanesi) ile tasarımların fiziksel salınımına yönelik alternatif esneme senaryoları incelenmiştir. Bu aşamalara paralel olarak kriterlere uyabilecek yapı malzemelerinin araştırmaları yapılmıştır. Bir taraftan da geliştirilen tasarımların imalatı için detay çözümlerine çalışılmıştır.

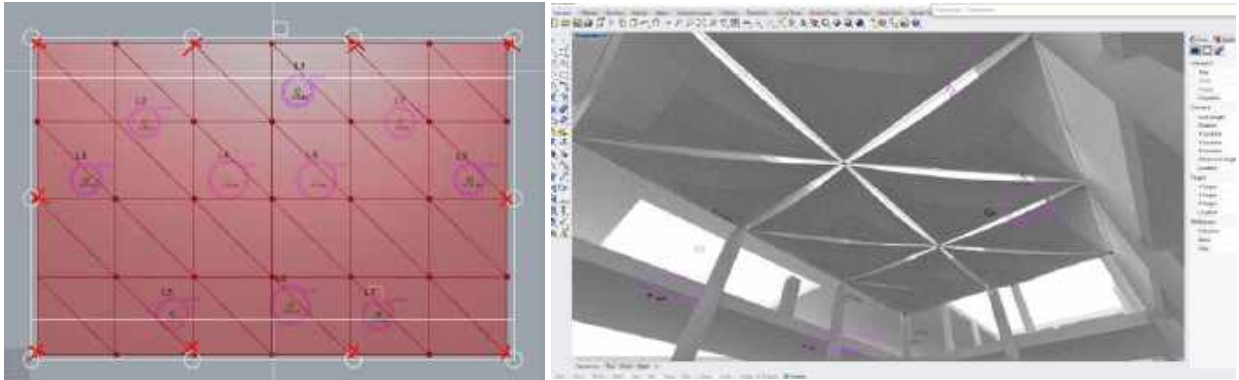


Şekil 11. İlk tasarım denemeleri

İlk yaklaşımlarda, bir ağ sistemi düşünülmüştür. Sistem, armatürlere dairesel olarak tutturulacaktır. Kaplama malzemesi olarak da ısıyı emme niteliği bulunan kimyasallarla boyanan plakalar kullanılacaktır. (Şekil 11)

Yapılan araştırmalarda taşıyıcı sistem için alanın geniş olmasından dolayı en güvenli, ekonomik ve işlenebilir malzeme olarak çelik tel kullanmaya karar verilmiştir ve sonraki tasarımlar bu malzeme üzerinden şekillenmiştir. Bu tasarım yaklaşımında tel sıklıkları, plaka genişlikleri, mesnet noktaları ve tel gerilmeleri girdi parametrelerine bağlanmıştır. Bu girdiler üzerinden metraj, ağırlık, uygulama süresi gibi çıktı parametreleri elde edilerek kıyaslamalar yapılmıştır.

Galeri etkisinin kaybolması, hacmin basıklaşması ve ara katlardan galeri zemininin algılanmaması ve yapının genel tasarımına uymaması gibi sebeplerde dolayı bu tasarım elenmiştir. Bunun yanında plakalarda kullanılması düşünülen kimyasalların oldukça pahalı olması da kaplama sistemi hakkındaki stratejiyi değiştirmiştir.



Şekil 12. Bir sonraki tasarım denemeleri

Sonraki yaklaşımda, sistemin tüm kolonlara mesnetlenerek üçgen parçalara bölünmesi düşünülmüştür. Böylelikle işlenmesi ve armatürlerle ilişkisi daha sağlıklı olacaktır. Bu tasarımda tel kalınlığı, üçgenleme sıklığı, kaplama malzemesinin çelik tellere offset miktarı, mesnet noktalarının sayısı, tel esneme miktarı gibi veriler parametrize edilerek alternatifler incelenmiştir. (Şekil 12)

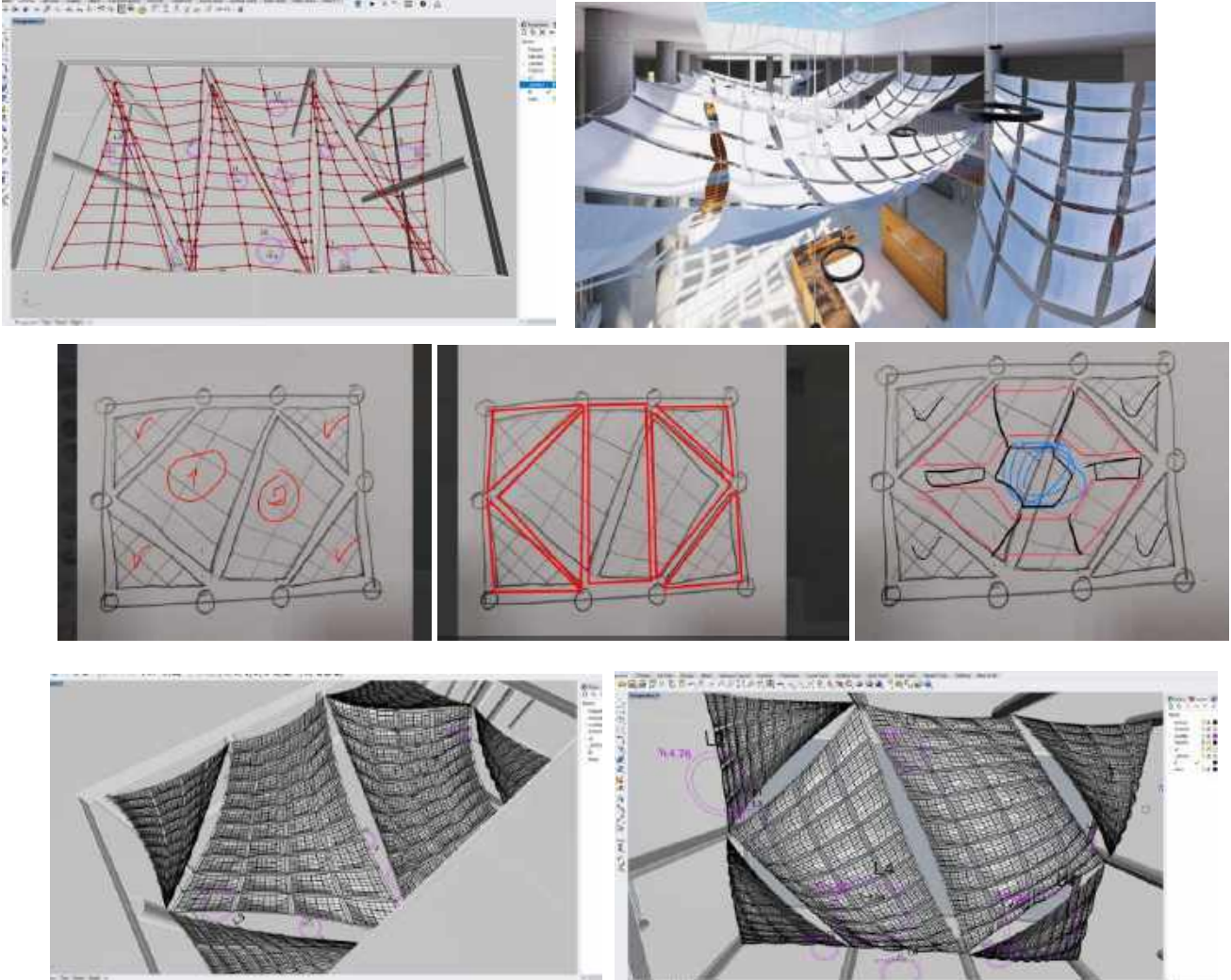




Şekil 13. Çeşitli sıklık ve renklerde gölgeleme file örnekleri

Bu yaklaşımda da kaplama malzemesi olarak gölgeleme fileleri düşünülmüştür. Yapılan araştırmalarda filelerin %35, %55, %75, %85 ve %95 gibi sıklık oranlarının olduğu, U.V. özelliği taşıdıkları, çeşitli renk seçeneklerinin bulunduğu, uzun ömürlü oldukları ve işleminin kolaylıkla yapılabileceği öğrenilmiştir. (URL-12) (Şekil 13)

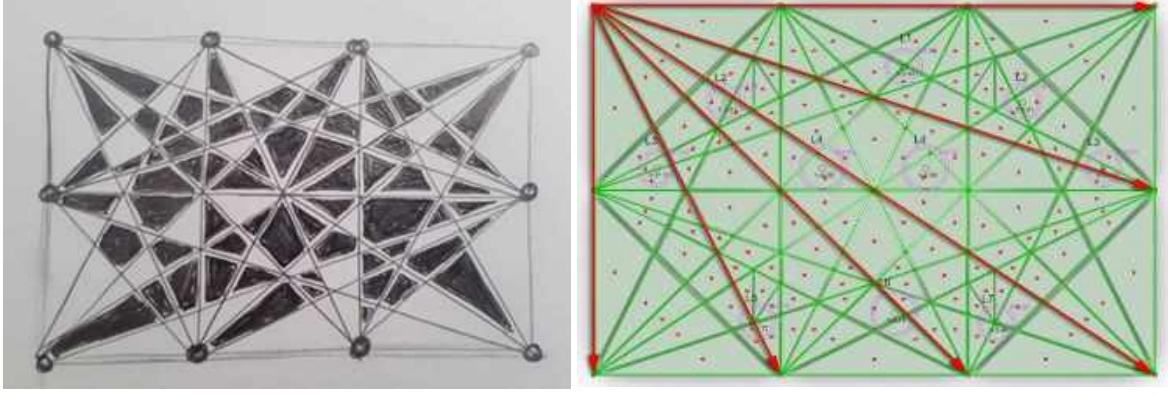
Tekrar ilkesine dayalı durağanlığı ve yapının genel üslubuna uymamasından dolayı bu tasarım da elenmiştir. Ancak bu tasarımla birlikte geniş açıklığın örtülmesi için en ideal malzemenin gölgeleme fileleri olduğu kanaatine varılmıştır.



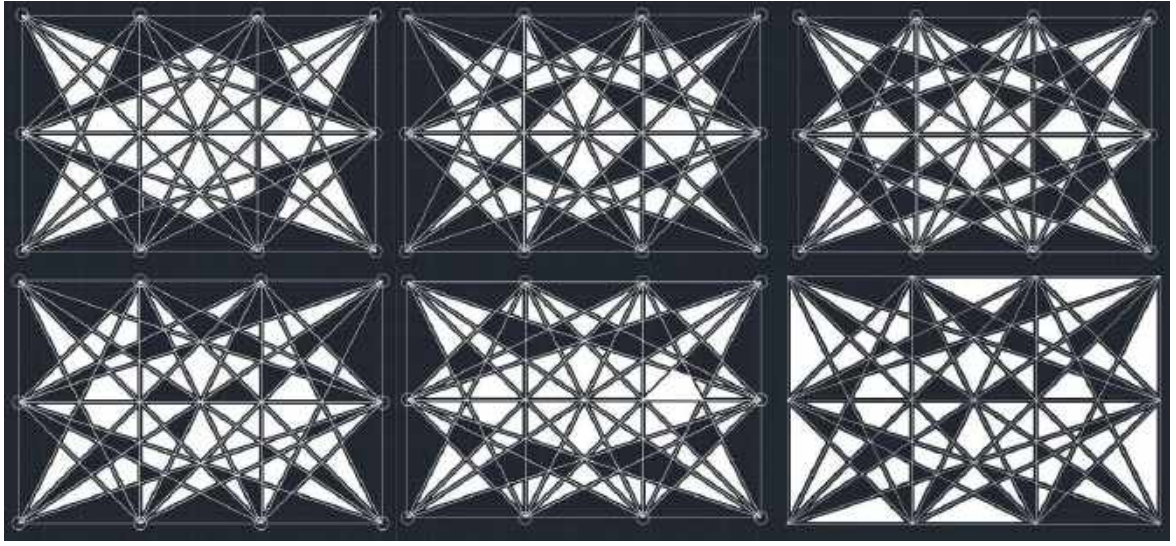
Şekil 14. Geliştirilen alternatif tasarımlar

Daha sonraki yaklaşımda, aynı malzemelerle durağanlığı kırmak hedeflenmiştir. Ve alternatif desenler üzerinden benzer parametreler altında çeşitli denemeler yapılmıştır. Bu denemelerde de yine armatürlerle sistemin bağlantısı kurgulanamamıştır. Aynı zamanda yapı tasarımı ile sistem bütünleştirilememiştir. Bu gibi sebeplerden dolayı bu tasarımlar da elenmiştir. (Şekil 14)





Şekil 15. Tasarım fikri ve tellerin bağıntı usulü



Şekil 16. Doluluk-boşluk desen denemeleri

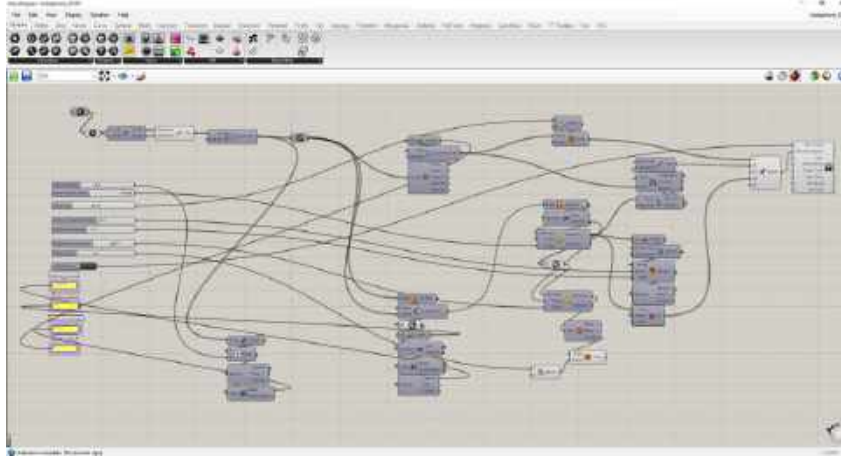
Son olarak, her bir mesnetten diğer tüm mesnetlere çelik tellerin bağlanması prensibini taşıyan bir tasarım geliştirilmiştir. (Şekil 15) Bu tasarımda çelik tellerin arasına gölgeleme fileleri belirli ofset değerleri ile kesilerek eklenmektedir. Bunun yanında kaplama malzemelerinden bazı parçalar çıkartılarak doluluk/boşluk etkisi oluşturulmaktadır. (Şekil 16)





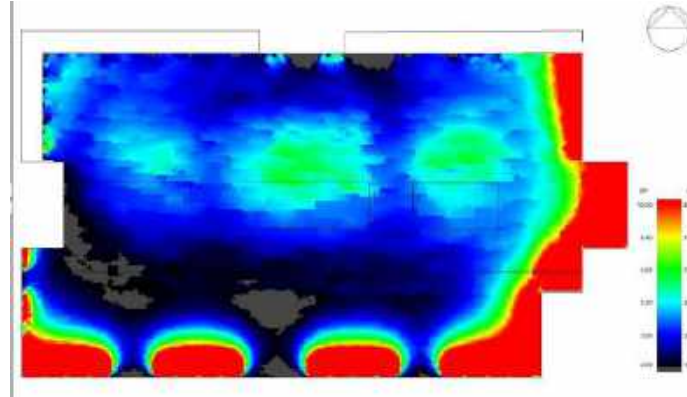


Şekil 17. Tasarımın yapı üzerindeki 3B modellemeleri



Şekil 18. Sistemin tasarlandığı Rhino/Grasshopper yazılımının ekran görüntüsü

Tasarım fikri önce bir örtü sistemi olarak Rhino/Grasshopper’da modellenmiştir. Mesnet ve bağlantı noktaları, tel kalınlık ve gerilimleri, bağlantı detaylarının boyut ve pozisyonları, kaplama malzemesinin ofset miktarları ve doluluk/boşluk oranları girdi parametreleri olarak belirlenmiştir. Grasshopper/Kangaroo ile sistemin fiziksel salınımı, tel gerilimi gibi analizler yapılmıştır. Yapının tam iç modellemesi üretilerek sonuçlar görsel olarak izlenmiştir. (Şekil 17) Bunun yanında toplam çelik tel, kaplama malzemesinin toplam metrekaresi ve montajda kullanılacak bağlantı elemanlarının adet ve boyutlarını ortaya koyan metrajlar da yine Grasshopper üzerinden hesaplanmıştır. (Şekil 18)



Şekil 19. Geliştirilen örtü sisteminin eklenmesi sonrasında yapılan gün ışığı analizi (Design Builder yazılımı ile üretilmiştir.)

Grasshopper’da uygun değerlerle parametrik optimizasyonu yapılan sistem son olarak Design Builder yazılımı ile tekrar analiz edilmiştir. Sistemin analiz sonuçlarına bakıldığında aydınlık düzeyi 500-800 Lüks aralığında ölçülmüştür. Mevcut durumda 1100-1300 Lüks aralığında ölçülen aydınlık düzeyi (Şekil 10), geliştirilen tasarım ile yaklaşık %50 oranında düşürülmüştür. (Şekil 19) Bu sonuçtan hareketle sistemin imalat aşamasına geçilmiştir.

### 3.4. İmalat aşaması

Sistemin işçiliği, İZÜ Teknik ekibi ve yedi kişilik yüksek lisans sınıfı ile gerçekleştirilmiştir. Kütüphane galerisinin okuma salonu olarak aktif kullanılması ve yoğun tefriş elemanları barındırmasından dolayı imalatın yerinde yapılması mümkün gözükmemiştir. Bundan dolayı okulun benzer bir hacme sahip olan başka bir alanında imalatın yapılması ve yerine nakledilmesi kararlaştırılmıştır.

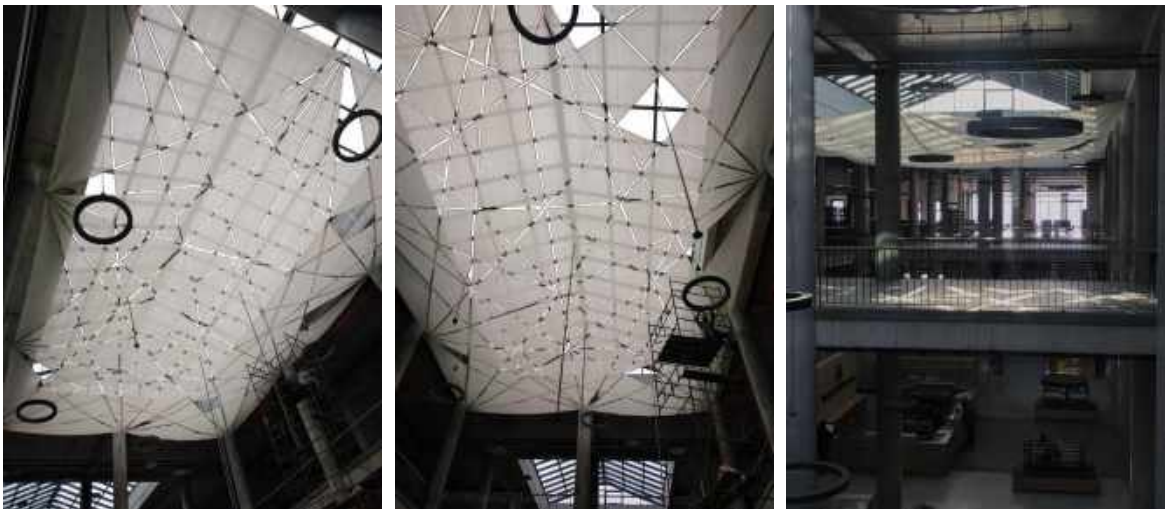
Yapılan analizler, görselleştirmeler ve piyasa araştırmaları sonucu ana taşıyıcı olarak 4 mm çelik telin kullanılmasına karar verilmiştir. Oluşan basınca karşın çelik tellerin mesnetlere bağlanan uçlarını düğümleyebilmek için klemens elemanı tercih edilmiştir. Klemenslerle düğümlenen uçların kolonlardaki mesnetlere bağlanmasında tel gerilimini dengeleyebilmek için gerdirme aparatının kullanılması öngörülmüştür.

Yine yapılan analizler ve görselleştirmeler sonucu kaplama malzemesi olarak tercih edilen gölgeleme filesinin, %95'lik geçirmezlik düzeyinde olan krem renkli modeli tercih edilmiştir. Fileyi çelik tellere bağlamak için de pratik bir yöntem olarak çeşitli boyutlarla plastik kelepçe elemanları kullanılmıştır.



Şekil 20. Sistemin imalat aşamasından görüntüler

Öncelikle sistemin kolonlara asılacak olan mesnet noktaları galeri zeminine işaretlenmiş ve bu noktalara mesnetler oluşturulmuştur. Sistemin asılacağı alan böylelikle simüle edilmiştir. Sonrasında çelik tel, her bir mesnet noktasından diğer noktalara planlanan şekilde gerdirilerek klemens elemanı ile sabitlenmiştir. Bir sonraki aşamada kaplama malzemesi zemine serilmiş ve çelik tellerin gerilmesiyle oluşan ara desenlere uygun şekilde kesilmiştir. Arkasından kaplamanın kenarlarına, planlanan miktarda bir ofset oluşturacak şekilde overlok yapılmıştır. Takip edilen yöntemle üretilen kaplama parçaları son olarak plastik kelepçe elemanlarıyla çelik tellere sabitlenmiştir. Yaklaşık bir hafta süren çalışmanın sonunda örtü nesnesi, yerine nakledilmek üzere hazır hale gelmiştir. (Şekil 20)



Şekil 21. Örtü nesnesinin Kütüphanedeki yerine montajlanmış şekli

Sonrasında örtü nesnesi katlanarak kütüphaneye taşınmış ve gerdirme aparatlarının yardımıyla kolonlarda oluşturulan mesnet noktalarına asılarak gerdirilmiştir.(Şekil 21) Üç parçadan oluşan sistemin büyük olan parçası bu şekilde tamamlandıktan sonra diğer iki parçanın üretimine geçilmiştir. İkinci parça aynı yöntemle üretilmiş ancak Covid19 sürecinden ötürü yerine nakledilememiştir.

## 4. Sonuç

Bu çalışmada, geniş iç açıklıklarda oluşan yüksek düzeyli aydınlanma sorununa, geliştirilen yeni bir sistemle çözüm üretilmiştir. Çelik tel ve gölgeleme filesi elemanı, benzerlerinden farklı olarak, yeni bir usulle kompoze edilerek kullanılmıştır. Sayısal yöntemlerin desteği ile tasarımı geliştirilen tüm sistem 5000 TL bandında tamamlanmıştır. 500 m<sup>2</sup>'lik geniş bir alanın gölgelenmesi açısından bu fiyat oldukça ekonomik karşılanmıştır.

Üç parçadan oluşan tüm sistem yaklaşık 80 kg civarındadır. Orta büyük örtüye 30, yanlardaki iki ufak örtüye de 20'şer kg düşmektedir. Bu da kolanlardaki her bir mesnetin yaklaşık 3 kg taşıdığı anlamına gelir. Bu bağlamda sistemin oldukça hafif ve dolayısıyla güvenli olduğu ortaya çıkmaktadır.

Çelik tellerin bağlanması ve kaplamalarda yapılan ofset işlemi ile yapının tasarımsal parametrelerinden biri olan geometrik desen bütünlüğü sağlanmıştır. Sistemin parça sayısının artması ve boyutlarının çeşitlenmesinden dolayı tasarım dinamikleşmiştir. Bunun yanında bileşen sayısı arttığı ve parçalar genele yayıldığı için armatürlerin pozisyonu ile ilgili sorun büyük orandan çözülmüştür.

Tasarım aşamasında yapılan gün ışığı analizi ile kütüphaneler için ideal aydınlık düzeyinin yakalandığı görülmüştür. Uygulamanın sonrasında mekânın kullanıcılarıyla yapılan görüşmelerde ortamın beklenen düzeyde gölgelendiği, galerinin ferah etkisinin korunduğu şeklinde dönüşler alınmıştır.

Önerilen tasarımın parametrik olmasından dolayı uygulaması sadece hedef bölge ile sınırlı değildir. Uygulanacak alanın liner, diagonal, eğrisel ya da amorf olması fark etmez istenilen bir çok alana kolayca entegre edilmesi mümkündür.

İçerisinde hesaplamalı tasarım, modelleme/görselleştirme, malzeme bilgisi, piyasa araştırması, üretim, birlikte proje geliştirme, fiziksel çevre analizi gibi süreçleri barındıran bu çalışmanın, öğrencilere eğitimsel açıdan da oldukça geniş bir kazanım sunduğu söylenebilir.

## Teşekkür

Sistemin ortaya çıkmasında emeği geçen dersin öğrencileri Ahmet Aksun, Ayşıl Coşkuner, Elnaz Müftüoğlu, Halime Aksun, Reyhan Çetin, Semanur Albayrak ve Mehmet Tekin'e; desteklerinden dolayı İZÜ kütüphane müdürü Kasım Çelik Bey'e, İZÜ Mimarlık Bölümü asistanlarına ve İZÜ Teknik'e teşekkürlerimi sunarım.

## Kaynakça

- Clarke, M. (2010). The Concise Oxford Dictionary of Art Terms, Oxford: Oxford University Press.
- Aydınlatma Mühendisliği Topluluğu - IES. (2013). Recommended Practice for Library Lighting, New York.
- Torus, B. ve Akdaş, S. (2015). Parametrik Yaklaşımlarla Topografya Arayışları, IX. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu, Sürdürülebilir Sayısal Ekolojiler: Sayısal Tasarım, Malzeme ve Başarım, Yayınlanmış Bildiri kitabı, syf. 55-67.
- Ataç, F. (2013). Kütüphanelerde Doğal ve Yapay Aydınlatma Kriterleri: Orta Doğu Teknik Üniversitesi Merkez Kütüphanesinin Okuma Salonlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Atılım Üniversitesi.
- Kaçel, S. ve Yener, A. (2016). A Pilot Study Regarding To Analysing The Performance Of The Lighting System, A/Z: ITU journal of Faculty of Architecture, (13), syf. 65-72.
- Yazar, T. & Çolakoğlu, B. (2012). Tasarım Eğitiminde İşlemsel Düşünce Ve Tasarım, Arredamento Mimarlık Dergisi, 256, 2012/04, syf. 77-82.
- Yener, A. (2007). Binalarda Günışığından Yararlanma Yöntemleri: Çağdaş Teknikler, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, Sempozyum Bildirisi, İzmir.
- Bozkurt, A. (2013). Yirmibirinci Yüzyıl Halk Kütüphanelerinde Aydınlatma Tasarımı Ve Teknolojik Gelişmelerin İç Mekâna Yansımaları Açısından Değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- Özcan, U. & Çağlar, H. (2020). Müzede Aydınlatmanın Kullanıcı ve Eserler Açısından Değerlendirilmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (18), 645-655.
- Kasap, M. (2016). Mekansal Aydınlatmanın Bir Çağdaş Sanat Ürünü Olarak Ele Alınması ve Örneklenmesi, Doktora Tezi, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi.
- Yöndem, İ. A. (2019). Ankara'daki Müze Örneklerinde Aydınlatma Yöntemleri ve Önleyici Koruma Yöntemi Olarak Işığın Denetimi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi.
- URL-1: Doğal Aydınlatma Klavuzu Autocad Çizimleri, 16 Temmuz 2020 tarihinde <https://dwgmodels.com/1227-natural-lighting-guide.html> adresinden erişildi.
- URL-2: King Fahad National Library, 16 Temmuz 2020 tarihinde <https://www.gerberarchitekten.de/en/project/king-fahad-national-library/> adresinden erişildi.

- URL-3: Cable-and-membrane tensile structure, 16 Temmuz 2020 tarihinde <https://www.archiexpo.com/prod/tensilefabric/product-61158-904025.html> adresinden erişildi.
- URL-4: Interior Sun Screen, Bexley College, 16 Temmuz 2020 tarihinde <https://www.tensilefabric.co.uk/fabric-structures/tensile-fabric-portfolio/project.aspx?type=interior&ref=1043> adresinden erişildi.
- URL-5: Alto Avellaneda, Control Solar Cúpula, 16 Temmuz 2020 tarihinde <https://wagg.com.ar/obra/alto-avellaneda-control-solar-cupula.html> adresinden erişildi.
- URL-6: Design Builder, 16 Temmuz 2020 tarihinde <https://designbuilder.co.uk/> adresinden erişildi.
- URL-7: Rhinoceros 3D, 16 Temmuz 2020 tarihinde [https://en.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros\\_3D](https://en.wikipedia.org/wiki/Rhinoceros_3D) adresinden erişildi.
- URL-8: Grasshopper 3D, 16 Temmuz 2020 tarihinde [https://en.wikipedia.org/wiki/Grasshopper\\_3D](https://en.wikipedia.org/wiki/Grasshopper_3D) adresinden erişildi.
- URL-9: Kangaroo Physics, 16 Temmuz 2020 tarihinde <https://www.food4rhino.com/app/kangaroo-physics> adresinden erişildi.
- URL-10: Parakeet, 16 Temmuz 2020 tarihinde <https://www.food4rhino.com/app/parakeet> adresinden erişildi.
- URL-11: Lunchbox, 16 Temmuz 2020 tarihinde <https://www.food4rhino.com/app/lunchbox> adresinden erişildi.
- URL-12: Gölgeleme Filesı, 16 Temmuz 2020 tarihinde <http://www.filekur.com/golgeleme-filesı-uretımı.html> adresinden erişildi.





# An Educational Kit to Promote Teaching of Photovoltaic Systems

Ali Erduman<sup>1\*</sup>, Erşan Ömer Yüzer<sup>2</sup>, Ali Durusu<sup>3</sup>, Fikret Yıldız<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Hakkari University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronics Engineering, Hakkari, Turkey (ORCID: 0000-0003-4116-3159)

<sup>2</sup> Hakkari Üniversitesi, Colemerik Vocational School, Department of Electric, Hakkari, Turkey (ORCID: 0000-0002-9089-1358)

<sup>3</sup> Yıldız Technical University, Faculty of Electrical-Electronics, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0001-6289-2874)

<sup>4</sup> Hakkari University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronics Engineering, Hakkari, Turkey (ORCID: 0000-0002-8749-4570)

(First received 29 May 2020 and in final form 31 August 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.745109)

**ATIF/REFERENCE:** Erduman, A., Yuzer, E.O., Durusu, A. & Yildiz, F. (2020). An Educational Kit to Promote Teaching of Photovoltaic Systems. *European Journal of Science and Technology*, (19), 916-922.

## Abstract

In this study, an educational kit was presented for photovoltaic panel education and this simple and fast training set enables to show relation between soiling, tilt angle and the power output of photovoltaic panels. The designed training set is low cost and suitable for the use of high school and undergraduate students. The developed training set was used for educational purposes on the students of Hakkari University Colemerik Vocational School, Electrical Program. A questionnaire was conducted to determine the effect of photovoltaic system education on the learning status of students using the designed education set. The results obtained from the survey showed that the designed experiment set was suitable for photovoltaic system education and students because positive feedback was received from the majority of students.

**Keywords:** Photovoltaic module, Soiling, Educational kit

## Fotovoltaik Sistemlerin Öğretimini Destekleyen Bir Eğitim Kiti

### Öz

Bu çalışmada, fotovoltaik (PV) sistem eğitim seti sunulmuştur. Bu basit ve hızlı eğitim seti, fotovoltaik panellerin kirlenme, eğim açısı ve güç çıkışı arasındaki ilişkiyi göstermeyi sağlamaktadır. Tasarlanan eğitim seti düşük maliyetli olup lise ve lisans öğrencilerinin kullanımına uygundur. Geliştirilen eğitim seti Hakkari Üniversitesi Çölemerik Meslek Yüksekokulu Elektrik Programı öğrencilerine eğitim amaçlı kullanılmıştır. Tasarlanan eğitim setini kullanan öğrencilerin fotovoltaik sistemleri öğrenmedeki etkisini belirlemek için anket yapılmıştır. Anketten elde edilen sonuçlar, tasarlanan deney setinin fotovoltaik sistem eğitimine uygun olduğunu öğrencilerin çoğunluğundan alınan olumlu geri dönüş ile göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Fotovoltaik modül, Kirlenme, Eğitim kiti

### 1. Introduction

According to the agreement at the Climate Change Summit of the United Nations, it was accepted that the world temperature increase does not exceed 2 degrees centigrade until 2030 and to be limited to 1.5 degrees centigrade if possible [1]. In addition to the efficient use of energy sources, which are important in climate change, it is also important to choose correct source of the energy. According to International Energy Agency, an increase in the use of all fuels is observed. Especially, a rapid increase has been observed in the use of

\* Corresponding Author: Hakkari Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hakkari, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4116-3159, [alierduman@hakkari.edu.tr](mailto:alierduman@hakkari.edu.tr)



fossil based fuels over the years. Although the use of energy sources such as the sun and wind has increased, it is not common as fossil fuels [2].

Solar energy usage is supported by developed and developing countries for individual or power plant-based applications due to the increasing demand for energy [3], [4]. The most important reasons behind the increase in the installation of solar power plants are the decrease in the costs of the power plant components (panel, inverter, etc.) with the developing technology, the reduction of fossil resources, the more environmentally friendly, the faster the installation and the lower maintenance cost compared to other types of plants during operation [5]. Considering the individual users, solar energy based system can be integrated quickly into the existing structure and installed in a simple way without technical knowledge and experience compared to other sources. Efficiency of solar panels depend on two important parameters. These are structural and environmental parameters. Structural parameters was studied previously and detailed information was given about the methods and techniques used in production by Green et al. Environmental factors significantly affects the efficiency of solar power plants [6]. Environmental variables can be classified as temperature, humidity, amount of radiation, shading, cloudiness effect, rain, snow and pollution [4], [7]–[10]. In addition to above mentioned studies about environmental parameters, it was realized that PV panel efficiency values decrease especially due to soiling in dusty areas. Many different methods have been used to investigate the effects of pollution in literature [8]–[12].

In the analysis of electrical energy systems, analyzing the structural and environmental components and choosing the right systems make a great contribution in reducing production costs and increasing system reliability [13], [14]. To do this, many educational modules at different levels are used in educational institutions. For example, Torres et al. designed a mobile training kit that teaches the effects of photovoltaic systems on the network (electrical grid). This set explains to the students establishment of a simple solar energy system and principles of connection to the grid [15].

In the study of Ayedh et al., the working principles and maximum working states of solar energy system components were examined in the training module [16]. In different study, Bilu et al. developed and used a simulation program to evaluate investment cost of system. This program enables to simulate connection of PV systems to the network and calculate connection type investment costs [17]. Thus, it has been showed to determine the investment costs variables and their effects on the system at the feasibility stage.

In engineering education, many models have been tried in the last 20 years in order to increase the quality of education while reducing education costs. Effective models have been determined by innovations and change studies [18]. Especially with the start of the industry 4.0 period, new areas will appear in higher education. Therefore, the preparation of the necessary infrastructures for these areas and the training of students accordingly are important [14]. In order to prepare more qualified educational facilities, students need to learn and evaluate together by seeing, living and analyzing them at the same time [19]

As far as authors' knowledge, no educational material showing changes in output power due to soiling of PV panels was found in the literature. In order to refer insufficient solar energy education materials in literature, an educational kit and research module has been developed and it has been tested by students.

In this study, the mathematical and technical structure of the educational kit were introduced first, then the test setup and the operation of the system were explained. The educational setup was used by students in the practice of "Electric Energy Production, Transmission and Distribution" course, coded as ELK201, Hakkari University, Colemerik Vocational School, Electrical Program. A questionnaire was applied to determine the intelligibility of the soiling and tilt angle effects on PV panel output (solar energy generation) after student used educational kit. The questionnaire was prepared as a Likert scale and results of the questionnaire were evaluated in the results and discussions section.

## **2. Methodology**

The photovoltaic effect can be defined as the electrical potential that occurs between the two different materials when the common junction of these materials is illuminated by photon radiation. The working principle of a PV cell is similar to the classic p-n junction diode. When the light is absorbed by the junction, the absorbed photon energy is transferred to the electron structure of the material and causes the formation of charge carriers around the junction region. The output current voltage characteristic of a solar cell is similar to the diode as solar cell not exposed to radiation. The output current-voltage (Figure 1(a)) and voltage-power characteristic (Figure 1(b)) of a module are given in Figure 1, respectively [20]. Process flow of experimental measurement is shown in Figure 2. More detail about experimentation is explained in experimental setup section.

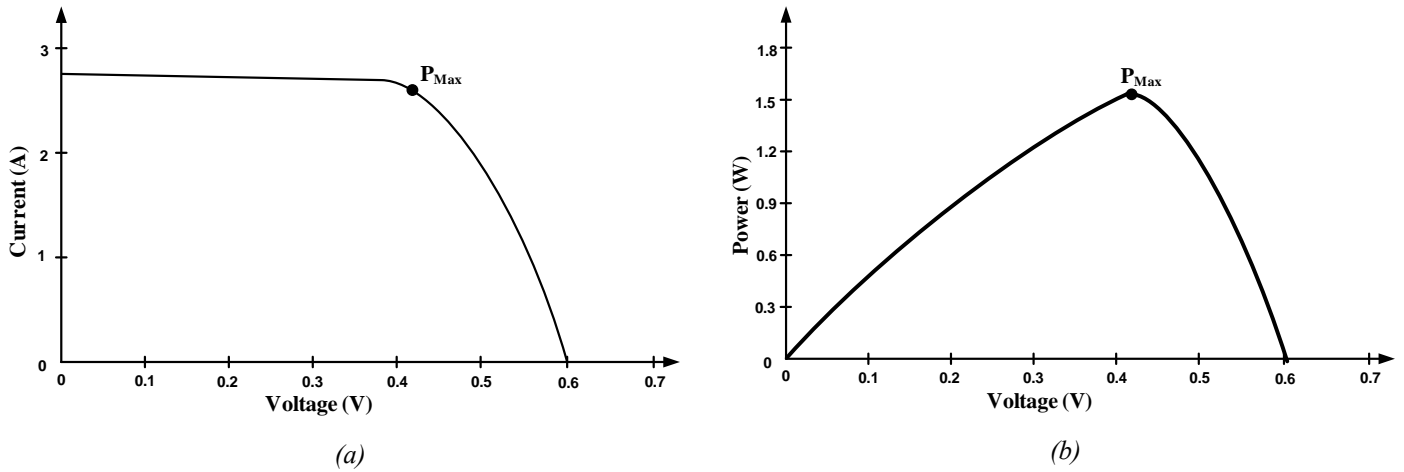


Figure 1. (a) PV current-voltage characteristic, (b) PV voltage-power characteristic

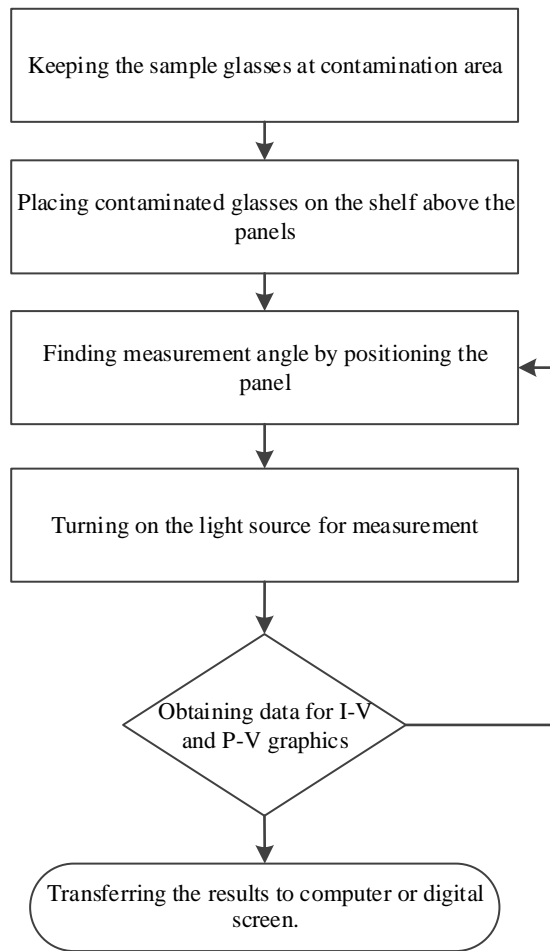


Figure 2. Process flow of experimental measurement

### 3. Experimental setup

The designed and fabricated system to measure pollution on solar panels is given in Figure 3.

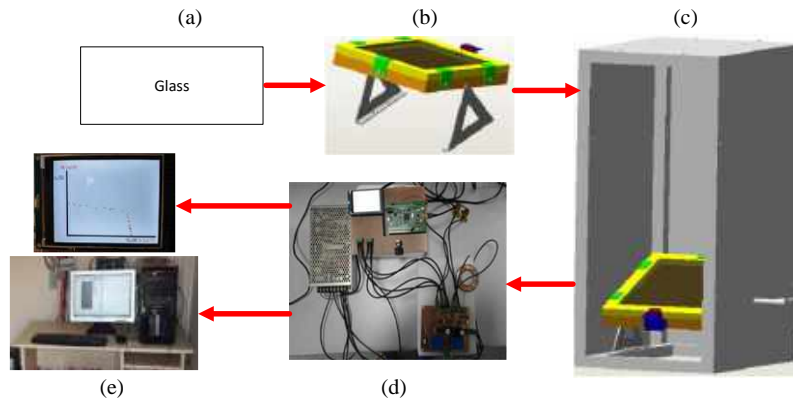


Figure 3. Experimental measurement system

In this design, glass pieces (Figure 3 (a)) were cut in same width of panel to measure the soiling on the panels. These glass parts were placed on surfaces of solar panels (Figure 3 (b)), which are arranged in the desired position. Glass pieces were placed on the yellow shelf above the solar panels as shown in Figure 3 (c) after certain period of time. Test platform in Figure 3 (c) consists of three parts. These are light source, PV panel and measurement unit. As the light source, halogen lamps are used in test platform. Technical computations of these lamps are obtained with Dialux. Main specifications of monocrystalline PV module which is used in test platform are given in Table 1.

Table 1. PV module main specifications

Properties	Value
Maximum power ( $W_p$ )	10 W
Maximum power voltage ( $V_{mpp}$ )	16.8 V
Maximum power current ( $I_{mpp}$ )	0.6 A
Open circuit voltage ( $V_{oc}$ )	21 V
Short circuit current ( $I_{sc}$ )	0.68 A

As shown in Figure 3 (d), output of system was measured with the help of developed electronic measurement device when exposed radiation using 1000 W halogen lamps. The output current and the output voltage values from the PV panel are transferred to the electronic part of the developed measurement system, as shown in Figure 3(d). This data is amplified and sent to a boost type DC/DC converter with a load. Loads are 25 ohm and 50 W resistors. After measurement process, all data are transferred to the PC or digital screen (Figure 3 (e)). Measurement and control diagram of the experimental system is given in Figure 4.

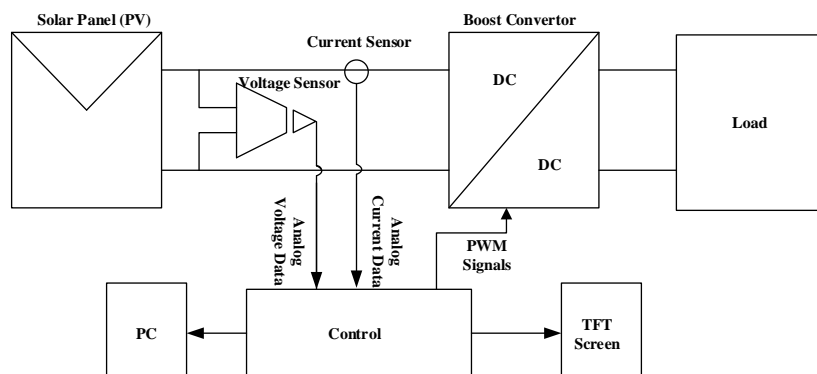


Figure 4. Measurement and control diagram of the system

## 4. Questionnaire

The developed educational kit was used by students in the practice of "Electric Power Generation, Transmission and Distribution" coded ELK201, Hakkari University Colemerik Vocational School, Electrical Program. A brief introduction was given to the students about the generation of electricity from solar energy, the components of the module and the measurement systems before the module was used. The experimental setup installed in the Solar Energy Research Laboratory, Hakkari University was used by each student. In the first step of measurement, clean glasses placed to surface of the panels and output power of panels were measured at different tilt angle.

Following this measurement, the soiled glasses, which were kept in the natural environment for a certain period of time, were mounted on the panel and changes in the output power due to soiling was measured as shown in Figure 5.



*Figure 5. Conversion from clean glass to dirty glass*

After all experimental measurement, a questionnaire including 11 questions was applied to 32 students. Intelligibility, handiness and benefits provided by the interface were questioned within the scope of the survey is given in Table 2.

*Table 2. Questionnaire*

No	Questions
1	The educational kit is easy to use.
2	The educational kit is easy to understand.
3	The educational kit is sufficient for the education of PV systems.
4	Speed of the educational kit is sufficient.
5	The educational kit is suitable for education and research.
6	The visual design of the educational kit is well prepared.
7	The educational kit helps to learn PV systems.
8	The educational kit is suitable for education and research.
9	The educational kit can be used in different courses.
10	The educational kit is sufficient for the analysis of PV systems.
11	The educational kit has flexibility as it should be.

## 5. Results and discussion

### 5.1 Case studies

Four different tilt angles were selected. These are 30°, 37°, 45° and 60°. The radiation values on the PV surfaces were measured for each tilt angle. To detect the soiling effect on PV panel output power, clean glasses are left outside in five different location (Dirty Glass1 – Dirty Glass5). Comparison of the power values obtained from PV models and outputs of PV panels is given in Table 3. Two main parameters were compared in Table 3. The change in output of the panels when changing the installation angle of the panels and the change in the output power of the panels due to pollution. All experiments in the solar energy analysis module were conducted by each student under control of lecturers. From Table 3, a reductions in power output can be seen in all dirty glasses. Additionally, tilt angle changing also affects the power outputs of PV module. Power outputs of different for dirty glasses due to the different soiling level of five different locations.

*Table 3. Results of the clean and soiled glasses*

Tilt Angle (°)	Clean Glass (W)	Dirty Glass1 (W)	Dirty Glass2 (W)	Dirty Glass3 (W)	Dirty Glass4 (W)	Dirty Glass5 (W)
30	7.23750	6.29176	6.22325	6.29176	6.29176	6.84495
37	7.44970	6.65640	6.56464	6.67850	6.58665	6.97510
45	7.53414	6.80785	6.65640	6.85233	6.74128	7.03859
60	7.21490	6.57237	6.36745	6.80418	6.67850	6.79684

## 5.2 Students' feedback

The contribution of the educational kit to the learning outcome of the course was determined by a short questionnaire study. A questionnaire including 11 questions was applied to 32 students. Intelligibility, handiness and benefits provided by the interface were questioned within the scope of the survey and the results are shared in Table 4.

Table 4. Results of the questionnaire

Question No	Number of Answers				
	Strongly agree	Agree	Undecided	Disagree	Strongly Disagree
1	13	16	3	0	0
2	14	13	4	1	0
3	9	6	13	4	0
4	7	15	9	1	0
5	11	16	4	1	0
6	11	15	1	5	0
7	11	11	8	2	0
8	11	14	7	0	0
9	3	11	14	4	0

Likert scale results, which include 11 items related to the use of the "Solar Energy Analysis Module", are given as below. It was applied to 32 students studying in Hakkari University Colemerik Vocational School Electricity program and results were analyzed by SPSS program and given in Table 5.

Table 5. Reliability Statistics of the questionnaire

Cronbach's Alpha	Cronbach's Alpha Based on Standardized Items	Number of Items
0.768	0.770	11

Reliability analysis was performed to show consistency of the measurement tool of the solar energy analysis module on learning levels of students and the internal consistency reliability of the scale is shown in terms of Cronbach Alpha value as in Table 4. According to the Table 4, the reliability coefficient of the scale, which should be at least 0.70 and can be reduced to 0.60, is calculated as 0.768. This result shows that the internal consistency of the 11 items applied to students are within acceptable limits. When questionnaire is analyzed in detail (Table 3), percentage of total student who answer the question of solar energy analysis module is easy to use as agree and strongly agree is 90.625%. 84.375% of students indicated that module is easy to use. 40.625% of the students remained undecided while 46.875% positive answer was given to the question of whether the designed module can be used as a training material in solar energy education. 56.25% of the students answered that the "Solar Energy Analysis Module" was sufficient in the analysis of photovoltaic systems, however, 40.625% remained undecided. In general, solar energy module design was evaluated as successful with a value of 81.25%, however, remaining of students indicated that solar energy analysis module design was not well prepared.

## 6. Conclusions

Electrical energy production from solar energy is used to meet the increasing electricity demand by both commercial and domestic users. Therefore, experienced engineers and technical staff are needed to the design and installation of solar energy systems. Many teaching methods have been tried in order to train qualified staff. One of the most effective methods among them is learning by practicing in real life. In this study, a solar energy system module was developed and introduced to students to explain the effect of tilt angle and pollution on solar power systems output. The developed module was used by the students and the Likert scale, consisting of 11 items,



was applied to determine the achievements of the students after practice the module. Our results showed that the module can be used in technical education studies with a success rate of 84.375%. It was observed that 90.625% of student gave positive feedback about design of module. It was seen that the lowest score with a value of 46.875% was given to the question of “Solar Energy Analysis Module design sufficient for the education of PV systems” when the questions are examined. According to these results, it was realized that students want to see the effects on PV systems in real environment. Moreover, face-to-face interviews with students showed that this method is more efficient than classical teaching methods. As a result, it was concluded that developed module is appropriate to be used as a course material because the designed module is simpler and cheaper than other solar generation simulation methods and also increases the learning desire of students in education. As a future study, developed training kit can be revised to obtain I-V and P-V curves of the PV modules.

## References

- [1] G. P. Peters, R. M. Andrew, S. Solomon, and P. Friedlingstein, “Measuring a fair and ambitious climate agreement using cumulative emissions,” *Environ. Res. Lett.*, vol. 10, no. 10, 2015.
- [2] IEA, “Total primary energy supply (TPES) by source; World 1990-2017,” 2019.
- [3] C. Şahin, M. Karaçor, and H. Özbay, “Yenilenebilir Enerji Kaynağı Kurulum Gücü Minimize Katsayısının Belirlenmesi,” *Avrupa Bilim ve Teknol. Derg.*, no. 15, pp. 404–411, 2019.
- [4] H. Akdemir, A. Durusu, A. Erduman, and I. Nakir, “Effect of energy management of a grid connected photovoltaic/ battery/load system on the optimal photovoltaic placement on a national scale: The case of Turkey,” *J. Sol. Energy Eng. Trans. ASME*, vol. 140, no. 2, 2018.
- [5] A. Durusu and A. Erduman, “An Improved Methodology to Design Large-Scale Photovoltaic Power Plant,” *J. Sol. Energy Eng.*, vol. 140, no. 1, Dec. 2017.
- [6] A. Ajder, A. Durusu, and İ. Nakir, “Impact of climatic conditions on PV array’s optimum tilt angle,” *Eur. J. Sci. Technol.*, vol. 13, pp. 84–90, 2018.
- [7] S. C. S. Costa, A. S. A. C. Diniz, and L. L. Kazmerski, “Dust and soiling issues and impacts relating to solar energy systems: Literature review update for 2012-2015,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 63, pp. 33–61, 2016.
- [8] J. K. Kaldellis and M. Kapsali, “Simulating the dust effect on the energy performance of photovoltaic generators based on experimental measurements,” *Energy*, vol. 36, no. 8, pp. 5154–5161, 2011.
- [9] M. R. Maghami, H. Hizam, C. Gomes, M. A. Radzi, M. I. Rezaad, and S. Hajighorbani, “Power loss due to soiling on solar panel: A review,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 59, pp. 1307–1316, 2016.
- [10] I. Romero-Fiances, E. Muñoz-Cerón, R. Espinoza-Paredes, G. Nofuentes, and J. De La Casa, “Analysis of the performance of various pv module technologies in Peru,” *Energies*, vol. 12, no. 1, 2019.
- [11] T. Sarver, A. Al-Qaraghuli, and L. L. Kazmerski, “A comprehensive review of the impact of dust on the use of solar energy: History, investigations, results, literature, and mitigation approaches,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 22, pp. 698–733, 2013.
- [12] M. Mani and R. Pillai, “Impact of dust on solar photovoltaic (PV) performance: Research status, challenges and recommendations,” *Renew. Sustain. Energy Rev.*, vol. 14, no. 9, pp. 3124–3131, 2010.
- [13] Moe Moe Thu | Reenu | Su Wityi Aung, “Teaching Design Strategies in Higher Education,” *Int. J. Trend Sci. Res. Dev. Int. J. Trend Sci. Res. Dev.*, vol. 3, no. 5, pp. 1227–1232, 2019.
- [14] S. Coşkun, Y. Kayıkcı, and E. Gençay, “Adapting Engineering Education to Industry 4.0 Vision,” *Technologies*, vol. 7, no. 1, p. 10, 2019.
- [15] P. F. Torres *et al.*, “A mobile educational tool designed for teaching and dissemination of grid connected photovoltaic systems,” *Comput. Electr. Eng.*, vol. 76, pp. 168–182, 2019.
- [16] A. Alqahtani, M. Alsaffar, M. El-Sayed, and H. Behbehani, “A photovoltaic system experiment in a laboratory environment,” *Int. J. Electr. Eng. Educ.*, vol. 55, no. 1, pp. 31–43, 2018.
- [17] A. C. Bilu, A. Durusu, K. Dogansahin, and B. Kekezoglu, “A new educational software package for photovoltaic system feasibility: PVGUI,” *Int. J. Electr. Eng. Educ.*, p. 0020720919894204, Dec. 2019.
- [18] P. C. Wankat, “Analysis of the first ten years of the journal of engineering education,” *J. Eng. Educ.*, vol. 93, no. 1, pp. 13–21, 2004.
- [19] G. Akkaş and F. Gürbüz, “Teknik Eleman Yetiştirmede Eğitim Şartlarının Öğrenciler Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi,” *Avrupa Bilim ve Teknol. Derg.*, pp. 197–203, 2020.
- [20] I. Nakir, A. Durusu, E. Ugur, and M. Tanrioven, “Performance assessment of MPPT algorithms for vehicle integrated solar systems,” *2012 IEEE Int. Energy Conf. Exhib. ENERGYCON 2012*, pp. 1034–1038, 2012.



# Sign2Text: Konvolüsyonel Sinir Ağları Kullanarak Türk İşaret Dili Tanıma

Özer Çelik<sup>1\*</sup>, Alper Odabaş<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik - Bilgisayar Bölümü, Eskişehir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4409-3101)

<sup>2</sup> Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik - Bilgisayar Bölümü, Eskişehir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4361-3056)

(İlk Geliş Tarihi 3 Haziran 2020 ve Kabul Tarihi 31 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.747231)

**ATIF/REFERENCE:** Çelik, Ö. & Odabaş, A. (2020). Sign2Text: Konvolüsyonel Sinir Ağları Kullanarak Türk İşaret Dili Tanıma. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (19), 923-934.

## Öz

İşaret dili, işitme engellilerin kendi aralarında iletişim kurarken, el hareketlerini ve yüz mimiklerini kullanarak oluşturdukları görsel bir dildir. İşitme engelliler kendi aralarında işaret dili yardımıyla rahatlıkla iletişim kurabilmelerine rağmen hastane gibi kamu kurumlarında, hizmet almaya gidenlerin kendilerini ifade etmekte ve karşılındakileri anlamakta büyük zorluklar çekmektedirler. İşitme engelli okuma yazma oranı düşüktür. Okuma yazması olanların ise Türk İşaret Dili dilbilgisinin farklı olması ve dar kelime dağarcığından dolayı okuduklarını anlamada zorluk yaşamaktadır. Dünya sağlık örgütünün raporlarına göre 2018 yılında Avrupa'da 34 milyon işitme engelli bulunmakta, bu sayının 2050 yılına kadar 46 milyon olması beklenmektedir. Video içerisindeki hareketlerin algılanıp işaret diline çevirme işlemi. Bu çalışmada herhangi bir sensör kullanılmadan işitme engelli bireyler tarafından kamerası karşısında yapılan hareketlerin algılanıp işaret diline çevirme işlemi Konvolüsyonel Yapay Ağlar (CNN: Convolution Neural Network) ve Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM: Long Short Term Memory) derin öğrenme teknikleri kullanılmıştır. Öncelikle, kamera aracılığıyla elde edilen veri üzerinde baş bölgesinin tespiti ve eğitime uygun hale getirilmesi, ellerin tespiti ve hareketlerinin takip edilmesi ve kırpma gibi video ön işleme adımları uygulanmıştır. Hazırlanan videoların Konvolüsyonel Yapay Ağlar eğitim modeli için framerler ile eğitimi amaçlanmıştır. Veri seti videoların eğitim aşamasında kullanılması için framelere parçalanmıştır. İşaret dili hareketlerinde öncelikli olarak el ve parmak hareketlerinin tahminlenmesi gerçekleştirilir. Sadece el hareketleri için eğitim modeli besleneceği için ten renginin bulunduğu kafa bölgesi tespiti çalışması gerçekleştirilmiştir. Kamera karşısında yapılan 10 rakam ve 29 harfin işaret dili hareketleri ile eğitilen CNN + LSTM modellerinde tahminlenmesinde %97 başarı oranı elde edilmiştir. Bu sonuçlar, işitme engelli bireylerin kamera karşısında yaptığı hareketlerin algılanıp metne dönüştürmesinde derin öğrenme yöntemlerinin kullanılabilceğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Türk İşaret Dili, CNN, LSTM.

## Sign2Text: Turkish Sign Language recognition using Convolutional Neural Networks

### Abstract

Sign language is a visual language created by the hearing impaired by using hand gestures and facial expressions while communicating among themselves. Although the hearing impaired can easily communicate with each other with the help of sign language, they have great difficulties in expressing themselves and understanding others in public institutions such as hospitals. The literacy rate for the hearing impaired is low. Those who are literate have difficulty in understanding what they read due to the different grammar of Turkish Sign Language and their narrow vocabulary. According to the reports of the World Health Organization, there are 34 million hearing impaired in Europe in 2018, and this number is expected to be 46 million by 2050. In the process of detecting the movements in the video and converting it into sign language. In this study, Convolutional Artificial Networks (CNN: Convolution Neural Network) and Long Short Term Memory (LSTM: Long Short Term Memory) deep learning techniques were used in the

\* Sorumlu Yazar: Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Matematik - Bilgisayar Bölümü, Eskişehir, Türkiye, ORCID: 0000-0002-4409-3101, [ozzer@ogu.edu.tr](mailto:ozzer@ogu.edu.tr)

process of detecting the movements made by the hearing impaired individuals against their cameras and converting them into sign language without using any sensors. First of all, video pre-processing steps such as determining the head area and making it suitable for training, detecting and tracking the movements of the hands and cropping were applied on the data obtained through the camera. It is aimed to train the videos prepared with frames for the Convolutional Artificial Networks training model. The data set is divided into frames for the use of videos in the training phase. In sign language movements, hand and finger movements are primarily predicted. Since the training model will be fed only for hand movements, the head region where the skin color is found was determined. A 97% success rate was achieved in the estimation of the CNN + LSTM models, which were trained with the sign language movements of 10 numbers and 29 letters made in front of the camera. These results showed that deep learning methods can be used to perceive the camera movements of hearing impaired individuals and convert them into text.

**Keywords:** Turkish Sign Language, CNN, LSTM.

## 1. Giriş

İşaret dili, işitme engellilerin kendi aralarında iletişim kurarken, el hareketlerini ve yüz mimiklerini kullanarak oluşturdukları görsel bir dildir. İşitme engelliler kendi aralarında işaret dili yardımıyla rahatlıkla iletişim kurabilmelerine rağmen hastane gibi kamu kurumlarında, hizmet almaya gidenlerin kendilerini ifade etmekte ve karşılıklarını anlamakta büyük zorluklar çekmektedirler.

Dünya sağlık örgütünün raporlarına göre 2018 yılında Avrupa'da 34 milyon işitme engelli bulunmakta, bu sayının 2050 yılına kadar 46 milyon olması beklenmektedir. İşitme engelliler yakın zamana kadar toplum içerisinde sosyal hayattan izole tutulmuşlardır. Haunaland (2007) ve Murray (2008) çalışmalarında, bir asırdan fazla bir süredir işitme engellilerin bir araya gelerek spor ve eğlence alanlarında uluslararası faaliyetler içinde bulunmuş olmalarına rağmen, farklı topluluklardan gelen işitme engelliler kendi aralarında bile iletişim kurmakta zorluk çektiklerini belirtmektedirler [1, 2]. Ayrıca Gondon (2005) çalışmasında, dünyada 124'den fazla işaret dilinin bulunduğunu ve bunların birbirine benzer taraflarının olmasına rağmen yine karşılıklı iletişim kurmakta problemler yaşadıklarını belirtmektedir [3].

Dünya Engellilik Raporu, genellikle işitme engellilerin işaret dili tercümesine erişiminde sıkıntılar yaşadığını ortaya koymuştur. 93 ülkeyi kapsayan bir araştırmaya göre 31 ülkede tercüme hizmeti bulunmamakta, 30 ülkede ise tercüme hizmeti için yetkili tercüman sayısı 20 veya daha az sayıda olduğu görülmüştür. İşitme engelliler için erişilebilir formatta olan mevcut bilgi yetersizdir ve iletişim ihtiyaçlarının çoğunu karşılamamaktadır.

Marshall vd. (2003), Bungereoth ve Ney (2004), Almohimeed vd. (2011) Arapça ve İngilizce işaret dilleri için metinlerin işaret diline çevirme sistemlerini geliştirmişlerdir. Bu çalışmalarda kural tabanlı ve örnek tabanlı metotlar kullanılmıştır. İşaret dili dil bilgisi kurallarını göz önünde bulundurarak geliştirdikleri sistemlerde metinlerin animasyonlar veya video görüntüleri ile işaret diline çevrilmesi sağlanmıştır [4-6]. Tkashashi ve Kishino (1992), Wang vd. (2006), Shanableh ve Assaleh (2011) çalışmalarında, cihazlar kullanarak işaret dilini metne çevirme üzerine araştırmalarda bulunmuşlardır. Bu cihazların başında Microsoft firmasının üretmiş olduğu Microsoft Kinect cihazı gelmiştir [7-9]. Son yıllardaki çalışmalarda ise Kinect cihazı özelliklerini taşıyan Intel firmasının geliştirmiş olduğu Intel RealSense ve el hareketlerini izleyen daha küçük Leap Motion cihazları da kullanılmıştır.

## 1.2. Literatür Taraması

İşaret dilinden cümlelerin metne çevirme sistemlerinin geliştirilme aşamasında makine öğrenmesi ve derin öğrenme teknikleri ile birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Starner vd. (1998), Saklı Markov Modeli (HMM) makine öğrenme tekniğini kullanarak, Amerikan İşaret Dili cümlelerini metne çevirme çalışmalarında bulunmuşlardır [10]. Global ve Assan (1997) ise %94 lük başarı oranı ile Hollanda İşaret Dili için bir sistem geliştirmiştir. Chai vd. (2013.) ise çalışmasında Çin İşaret Dilinden Çince'ye çevirme üzerinde çalışmalar yapmıştır [12].

Tkashashi ve Kishino (1992), Wang vd. (2006), Shanableh ve Assaleh (2011) çalışmalarında donanımsal cihazlar kullanarak işaret dilinden metne çevirme üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır. Donanımsal cihazların başında Microsoft firmasının üretmiş olduğu yaygın kullanılan Microsoft Kinect cihazı gelmiştir. Son yıllardaki çalışmalarda ise Kinect cihazı özelliklerini taşıyan Intel firmasının geliştirmiş olduğu Intel RealSense ve el hareketlerini izleyen daha küçük Leap Motion cihazları da kullanılmıştır.

Haberdar ve Albayrak (2005), Işıkdoğan ve Albayrak (2011), Ketenci vd.(2015) ise Türk işaret dili görüntülerinden Türkçe'ye çevirme sistemleri üzerinden çalışmalarda bulunmuşlardır. Türk İşaret Dili tanıma çalışmalarında makine öğrenme methodlarından Saklı Markov Model (HMM), K-En Yakın Komşu (KNN), Destek Vektör Makineleri (Support Vector Machine- SVM) ve Temel Bileşen Analizi (PCA) ağırlıklı olarak kullanılmıştır. Son yıllardaki çalışmalarda ise derin öğrenme tekniklerin Convolution Neural Network (CNN) modellerin kullanıldığı gözlemlenmiştir [13-15]. Bu çalışmalardan farklı olarak web kamerasından alınan görüntülerin önce CNN ile tahminlendirilip, daha sonra ise LSTM ile yeni bir model oluşturulmuştur. Böylelikle hareketli olan işaretlerinde doğru tahminlenmesi sağlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada herhangi bir sensör kullanılmadan, web kamerası karşısında yapılan hareketlerin Konvolüsyonel Yapay Ağlar ( Convolution Neural Network) ve Uzun Kısa Süreli Bellek ( Long Short Term Memory ) derin öğrenme teknikleri kullanılmıştır.

## 2.1. Derin Öğrenme Yöntemi

Konvolüsyonel Yapay Ağlar (CNN: Convolution Neural Networks) ileri beslemeli hayvanların görme merkezinden esinlenerek ortaya çıkan çok katmanlı yapay sinir ağıdır. CNN, görüntüleri girdi olarak içeren problemlerle çalışmak için özel olarak tasarlanmıştır. Facebook ve Google gibi büyük teknoloji şirketler, yüz tanıma ve görsel arama gibi çeşitli amaçlar için çok sayıda konvolüsyonel katmanı olan derin konvolüsyonel sinir ağları kullanırlar. CNN algoritmaları başta görüntü işleme olmak üzere ses ve doğal dil işleme gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Konvolüsyonel Yapay Ağlarına (CNN) verilen girişler, her değeri 0 ile 255 arasında değişen bir piksel değerleri dizisidir. Örneğin giriş, 35x35 boyutlarında bir görüntü ise, dizi, 35x35x3 biçiminde 3 boyutlu bir matris oluşturulacaktır. Bir görüntüdeki her piksel, 3 değerle temsil edilir. Bu 3 değer Red Green Blue (RGB), yani kırmızı, yeşil ve mavi yoğunluğunu temsil eder. Görüntü sınıflandırma durumunda, CNN'in işi, bu görüntüyü, yani bir piksel değerleri dizisini, bir girdi olarak almak ve belirli bir sınıfa ait olma ihtimallerini çıkarmaktır. Tahmin problemlerinde ise, model girdi olarak piksel değerlerini alır ve karşılık gelen çıktı değerlerini tahmin eder. Konvolüsyon Katmanı, CNN'deki ilk katmandır. Bu katman verilen bir girdideki düşük seviyenin yanı sıra yüksek seviye karmaşık özelliklerin tanımlanmasından sorumludur. Konvolüsyonel, ağı geçmiştire öğrendiklerine bakarak giriş sinyalinin etiketlemeye çalıştığı bir süreçtir. Aktivasyon katmanı, CNN mimarisinin sonuna veya arasına konulan bir katmandır. Aktivasyon katmanı, sinyalin bir katmandan diğerine nasıl aktarıldığını kontrol ederek beynimizdeki nöronların nasıl ateşlendiğini taklit eder. ReLU fonksiyonu, günümüzde sinir ağlarında en yaygın kullanılan aktifleştirme fonksiyonudur. ReLU'nun diğer aktivasyon fonksiyonlarına göre en büyük avantajlarından biri, tüm nöronları aynı anda aktifleşmemesidir. Havuzlama katmanı, bir CNN mimarisindeki Konvolüsyon katmanları arasında görülebilir. Bu katman temel olarak ağıdaki uzamsal boyutu giderek azaltır ve aşırı uyumu kontrol ederek ağıdaki parametre ve hesaplama miktarını küçültür. Max-havuzlama metodu bir havuzdan yalnızca maksimum değerin alınması esasına dayanır. Girdi boyunca kayan filtrelerin kullanılmasıyla maksimum değerler matrisi oluşturulur. Konvolüsyon katmanından farklı olarak, havuzlama katmanı ağı derinliğini değiştirmez, derinlik boyutunu sabit bırakır [16].

Max-havuzlama sonrası çıktının formülü; n adım sayısı, F filtrenin boyutu, N havuz katmanına giriş boyutu olmak üzere

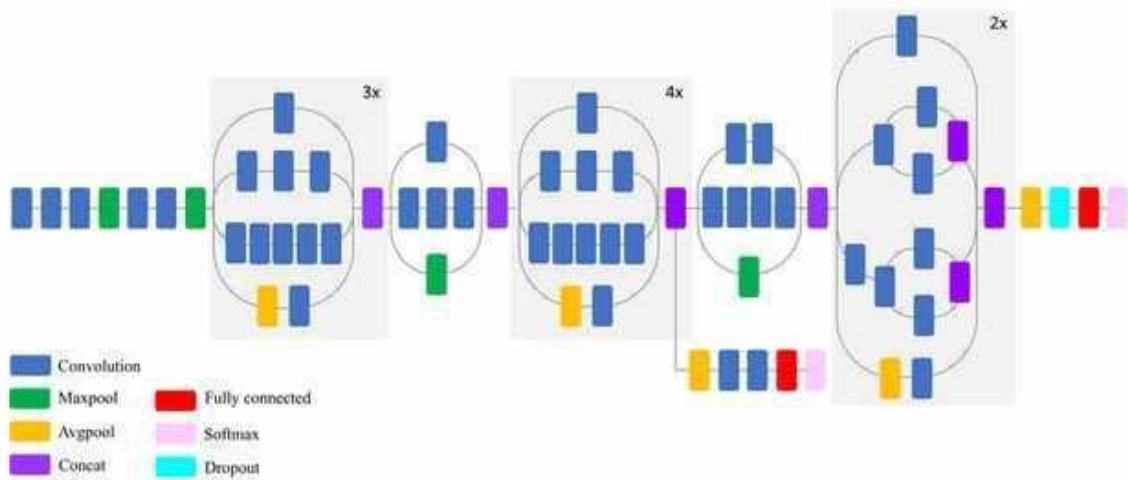
$$(N - F) / n + 1;$$

şeklinde dir.

Tam bağlı katman, CNN mimarisinin son katmanıdır. Bu katmanda, nöronlar önceki katmanlardan gelen bütün aktivasyonlarla tam bağlantıya sahiptir. Amacı, 3 boyutlu birime giriş yapmak ve N'nin sınıf sayısı olduğu bir N boyutlu vektör çıkarmaktır.

### 2.1.1. CNN ile transfer öğrenime

Transfer öğrenme, önceden eğitilmiş bir modelin yeni bir problem üzerinde kullanılmasıdır. CNN ağlarını az veriyle eğitilmesini sağladığı için Transfer Öğrenme, Derin Öğrenme alanında çok popülerdir. Dünyadaki sorunların çoğu, bu gibi karmaşık modelleri eğitmek için milyonlarca etiketli veri noktasına sahip değildir. Transfer öğrenmede, önceden eğitilmiş bir Makine Öğrenimi modelinin bilgisi farklı fakat ilgili bir problemi uygulanır. Örneğin, bir görüntünün bir sırt çantası içerip içermediğini tahmin etmek için basit bir sınıflandırıcı çalıştırılırsa, eğitim sırasında kazandığı bilgiyi güneş gözlüğü gibi diğer nesnelere tanımak için kullanılabilir. Transfer öğrenme, çoğunlukla çok fazla miktarda hesaplama gücü gerektiren Bilgisayar Görme ve Doğal Dil İşleme alanlarında kullanılır. Önceden eğitilmiş birçok transfer öğrenme modelleri vardır. ImageNet 22.000 nesne kategorisine ait 1,2 milyon eğitim görüntüsünün bulunduğu bir veri setidir. Model oluşturmak için 100.000 test görüntüsü ve 50.000 doğrulama görüntüsü kullanılmıştır. Bu çalışmada, ImageNet "Büyük Görsel Tanıma Mücadelesi" için eğitilmiş olan InceptionV3 modeli kullanılmıştır [16].

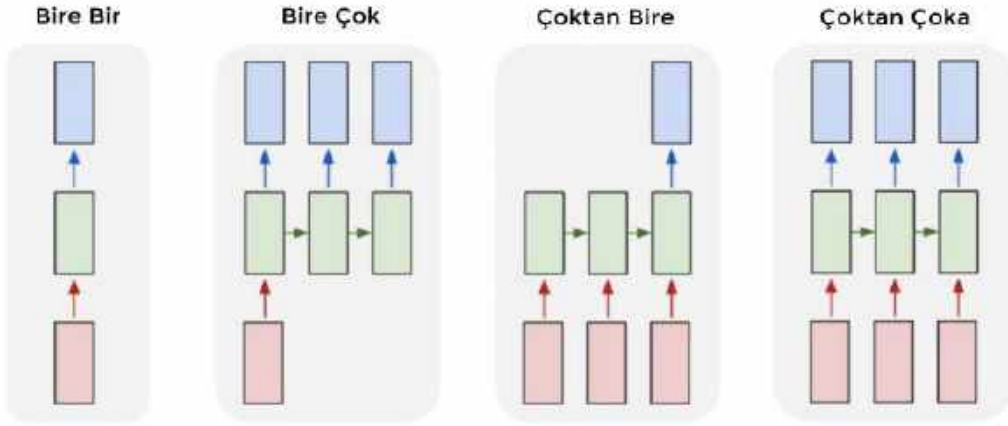


Şekil 1. InceptionV3 modeli mimarisi

InceptionV3 modeli, ağı aynı modülünde  $1 \times 1$ ,  $3 \times 3$  ve  $5 \times 5$  konvolüsyonlar hesaplanarak uygulanan “çok seviyeli bir özellik çıkarıcı” olarak tasarlanmıştır. Ağ, konvolüsyonlardan elde edilen sonucun kanal boyutu boyunca istifleneceği ve daha sonra ağıdaki tabakaya besleneceği şekilde inşa edilmiştir. Şekil 1’de, InceptionV3 modelinin mimarisi gösterilmektedir.

### 2.1.2. Tekrarlayan Sinir Ağları

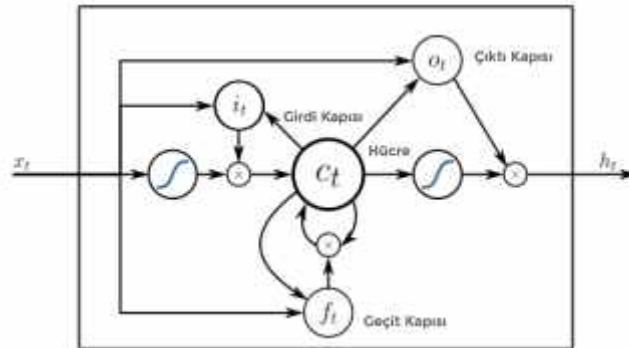
Transfer öğrenme, önceden eğitilmiş bir modelin yeni bir problem üzerinde kullanılmasıdır. CNN ağlarını az veriyle eğitilmesini sağladığı için Transfer Öğrenme, Derin Öğrenme alanında çok popülerdir. Dünyadaki sorunların çoğu, bu gibi karmaşık modelleri eğitmek için milyonlarca etiketli veri noktasına sahip değildir. Transfer öğrenmede, önceden eğitilmiş bir Makine Öğrenimi modelinin bilgisi farklı fakat ilgili bir problemi uygulanır. Örneğin, bir görüntünün bir sırt çantası içerip içermediğini tahmin etmek için basit bir sınıflandırıcı çalıştırılırsa, eğitim sırasında kazandığı bilgiyi güneş gözlüğü gibi diğer nesnelere tanımak için kullanılabilir. Transfer öğrenme, çoğunlukla çok fazla miktarda hesaplama gücü gerektiren Bilgisayar Görme ve Doğal Dil İşleme alanlarında kullanılır. Önceden eğitilmiş birçok transfer öğrenme modelleri vardır. ImageNet 22.000 nesne kategorisine ait 1,2 milyon eğitim görüntüsünün bulunduğu bir veri setidir. Model oluşturmak için 100.000 test görüntüsü ve 50.000 doğrulama görüntüsü kullanılmıştır. Bu çalışmada, ImageNet “Büyük Görsel Tanıma Mücadelesi” için eğitilmiş olan InceptionV3 modeli kullanılmıştır [16].



Şekil 2. RNN Mimarileri

#### 2.1.2.1. Uzun Kısa Süreli Bellek Ünitesi (Long Short-Term Memory Units)

Alman araştırmacılar Hochreiter ve Schmidhuber (1997) tarafından kaybolan gradyan sorununa bir çözüm olarak “Long Short Term Memory Units” LSTM’ler önerilmiştir [17]. LSTM birimleri, tekrarlayan bir sinir ağının (RNN) katmanları için bir yapı birimidir. LSTM birimlerinden oluşan bir RNN’ye genellikle LSTM ağı denir. Ortak bir LSTM birimi bir hücreden, bir giriş geçidinden, bir çıkış geçidinden ve bir unutmaya geçidinden oluşur. Hücre, rastgele zaman aralıklarındaki değerleri “hatırlamaktan” sorumludur. Dolayısıyla LSTM’de “hafıza” kelimesi vardır. Üç geçitten her biri, çok katmanlı (veya ileriye dönük) bir sinir ağında olduğu gibi “geleneksel” bir yapay nöron olarak düşünülebilir. Yani, ağırlıklı bir toplamın bir aktivasyonunu (bir aktivasyon fonksiyonu kullanarak) hesaplar. Sezgisel olarak, LSTM’nin bağlantılarından geçen değer akışının düzenleyicileri olarak düşünebilen “kapı” ifadesi vardır. Bu kapılar ve hücre arasında çeşitli bağlantılar vardır. Kapılar ve hücre bağlantıları Şekil 3’de ayrıntılı olarak verilmiştir [16].



Şekil 3. Basit bir LSTM yapısı

#### 2.1.3. Derin Öğrenme Metodunda Video Ön İşleme Ve Eğitim

Video içerisindeki hareketlerin algılanıp işaret diline çevirme işleminde derin öğrenme teknikleri kullanılmıştır. Günümüzde makine öğrenmesi ve derin öğrenme tekniklerinin açık kaynak kodlu Python dili ve R programlama dilleri popüler olarak kullanılmaktadır. Python windows, macintosh ve linux platformlarında kullanılmaktadır.



TensorFlow, derin öğrenme modellerini uygulamak için farklı işlevler sağlayan Python kütüphanesidir. Tensorflow makine öğrenimi ve derin sinir ağları araştırması yürütmek amacıyla Google'ın Google Brain ekibi tarafından 2015 yılında geliştirilmiştir. Grafikteki düğümler, matematiksel işlemleri temsil ederken, grafik kenarları aralarında iletilen çok boyutlu veri dizilerini (tensörler) temsil eder. Esnek mimari, hesaplamayı tek bir API ile bir masaüstü, sunucu veya mobil cihazdaki bir veya daha fazla CPU'ya veya GPU'ya dağıtmasına imkan verir

Bu çalışmada TensorFlow kütüphanesiyle transfer öğrenme modellerinden InceptionV3 modelini kullanılmıştır. InceptionV3, çok sayıda görüntü türünü ayırt edebilen milyonlarca parametreye sahip devasa bir görüntü sınıflandırma modelidir. Veri setimiz 10 adet rakam ve 29 adet harf videolarından oluşmaktadır. Bunlar dörk farklı kişiden 5'er adet video ile toplam 200 videodan oluşmaktadır. Veri setini oluşturmak için tek el sabit, çift eli ve sadece tek parmak farklılıklarıyla sınıflandırma yapılacak kelimeler seçilmiştir.

Hazırlanan videoların Konvolüsyonel Yapay Ağlar (CNN) eğitim modeli için framelemler ile eğitimi amaçlanmıştır. Veri seti videoların eğitim aşamasında kullanılması için framelemlere parçalanmıştır. İşaret dili hareketlerinde öncelikli olarak el ve parmak hareketlerinin tahminlenmesi gerçekleştirilir. Sadece el hareketleri için eğitim modeli besleneceği için ten renginin bulunduğu kafa bölgesi tespiti çalışması gerçekleştirilmiştir. Tüm framelemlerde tespit edilen kafa bölgesi siyah çerçeve ile kapatılmıştır.

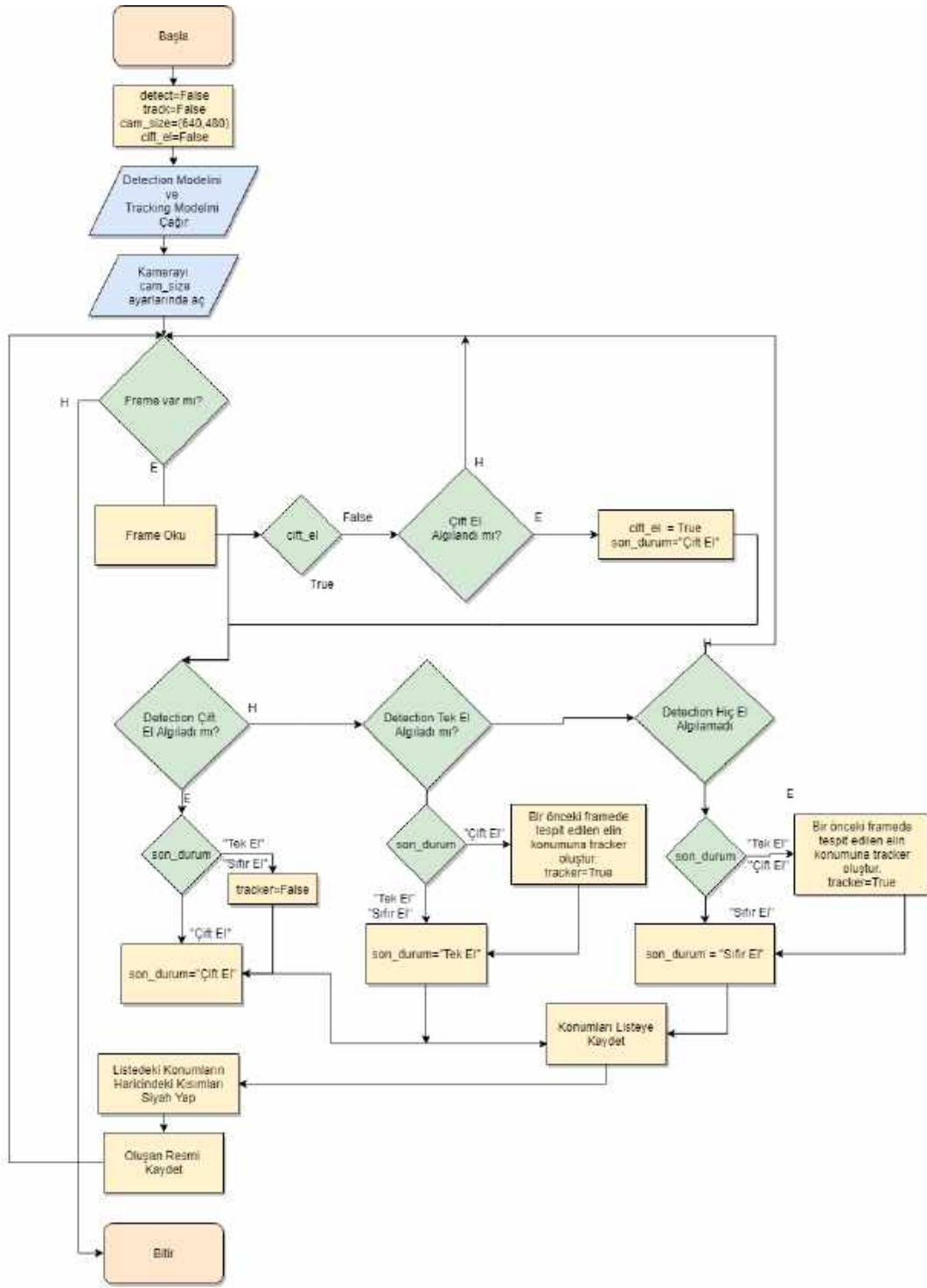
İşaret dilinde el hareketleri önem arz ettiği için eğitimde sadece el bölgesi alınmıştır. El dışındaki alanların işaretlere olumsuz etkisi olacağından bu bölgeler temizlenmiştir. Görüntü yakalamada temel amaç resmin tamamının değil yalnızca işe yarayan kısımlarını alınmasıdır. El algılama için Object Detection metodu kullanılmıştır.

Günümüzde nesne takibi ile çok başarılı çalışmalar yapılmaktadır. Fakat el tespiti nesne takibine benzemek ile beraber işaret dili hareketlerinde el sabit şekilde kalmadığı için farklı şekiller almaktadır. Veri seti için oluşturulan videolar framelemlere parçalanarak el tespiti veri seti olarak kullanılmıştır. Etiketleme işlemi "LabelImg" aracını kullanarak yapılmıştır.

İşaret dili hareketlerinde farklı şekiller aldığı için el tespiti yapılamamaktadır. Bu problemi çözmek için el tespit ve takibi birlikte kullanılmıştır. Sürekli olarak el tespiti metodu çalıştırılmaktadır. El tespiti modelinin el hareketinin algılanmadığı framelemlerde veya sadece tek elin tespit edildiği durumlarda el tespiti devreye girmektedir. Bu durumda Tablo 1'deki algoritma işlenmektedir. Şekil 4'de ellerin tespit ve takip algoritması verilmiştir.

Tablo 1. El tespitinden el takibine geçiş süreci

Elin Şuanki Konumu	Elin Geçmiş Konumu	Açıklama
Çift El	Tek El	Çift el algılandığında problem yoktur. Sadece ellerin son lokasyon tutulması yeterli olacaktır.
	Algılama Yok	
Tek El	Çift El	O an algılanan el ile El tespit modelinden gelen son lokasyonları kıyaslanıp hangi elin kaybolduğunun belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra belirlenen ele izleyici (tracker) eklenmiştir.
	Algılama Yok	O an algılanan el ile Trackingden gelen son lokasyonları kıyaslanıp hangi elin algılandığını belirlenmesi gerekmektedir. Daha sonra eski trackerları sıfırlayıp yeni belirlenen ele tracker konulmuştur.
Algılama Yok	Çift El	Son lokasyonları detection'dan alınıp iki adet yeni tracker oluşturulması gerekmektedir.
	Tek El	Son lokasyonları trackerdan alıp, eski trackerları sıfırlayıp yeni iki adet tracker oluşturulması gerekmektedir.

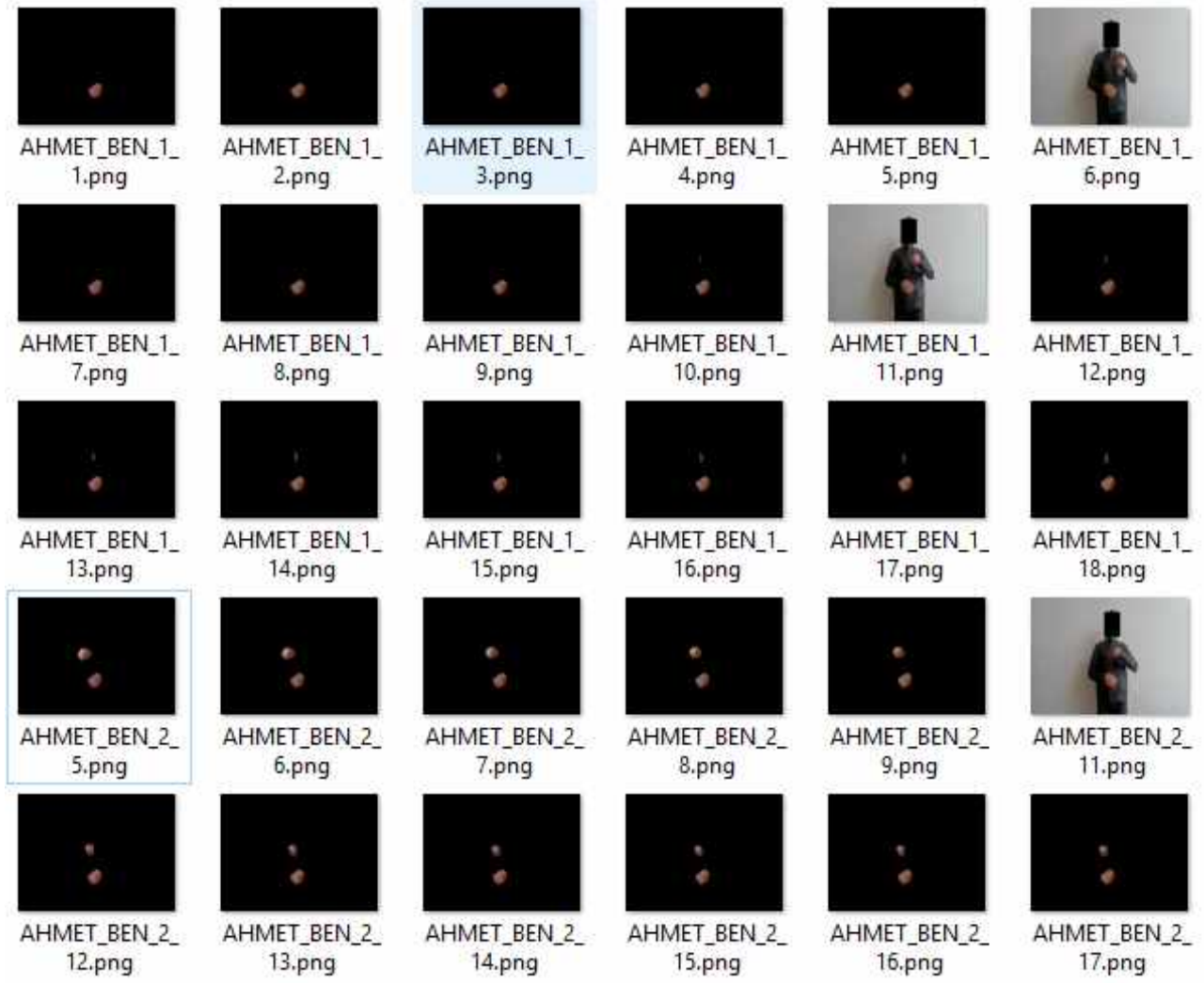


Şekil 4. Ellerin tespiti ve takibi algoritmasının akış diyagramı

Ten tespiti ile kafa, kol ve el bölgelerinin bulunduğu framerin alınması hedeflenmiştir. Bir önceki adımda kafa bölgesi siyah çerçeve ile kapatıldığı için ten tespiti ile el ve kol bölgeleri dışındaki bütün pikseller silinmiştir. Kişilere göre ten rengi değiştiği için belirlenen alt ve üst renk aralığındaki pikseller seçilmiştir.

Videolardaki ten tespiti için alt aralık (0, 140, 77), üst aralık ise (255, 173, 127) olarak RGB değerleri belirlenmiştir. Bu değerler ortam ışığına göre değişiklik gösterebilir.

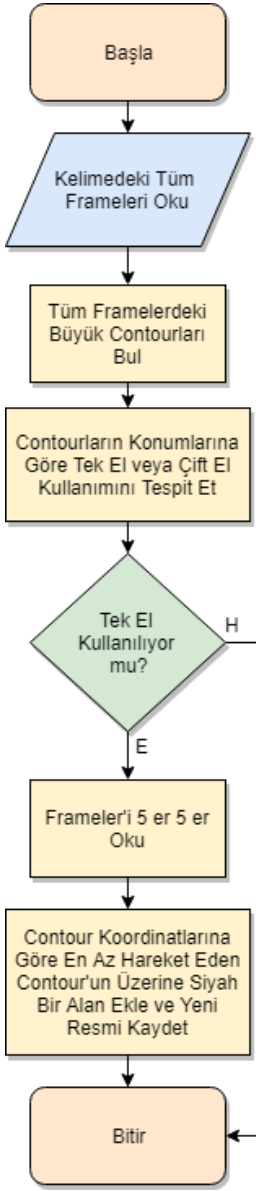
Daha sonra Detection ve tracking algoritmalarında herhangi bir sonuç üretmeyen (tespit edilememiş) framerler devre dışı bırakılmalıdır. Şekil 5’de elin tespit ettiği ve edilemediği framerler yer almaktadır.



Şekil 5. Frame listesi

Elin tespit edilemeyen framelerinin eğitimi olumsuz etkilememesi için Şekil 6'da yer alan algoritmaya göre silme işlemi gerçekleştirilmiştir.

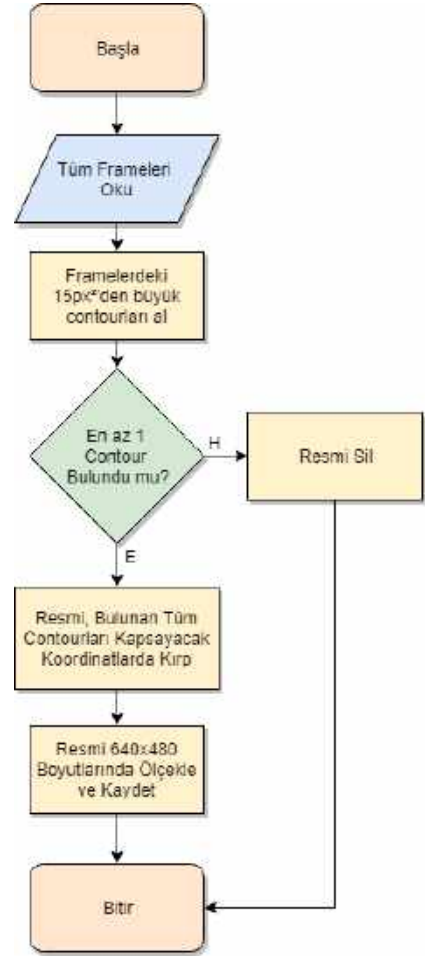
Bu aşamada kelimenin hareketi tek el ile yapılıyorsa kullanılmayan diğer sabit el silinmektedir. Şekil 6.a'da verildiği gibi sabit olan sol el silinmiştir. Şekil 6.b'de ise çift elde hareketli olduğu için herhangi bir silme işlemi gerçekleştirilmemiştir. Bu aşamada gerçekleştirilen algoritmanın akış diyagramı Şekil 6'da yer almaktadır.



(a) Sabit ellerin silinme algoritma şeması



(b) Siyah frame silme algoritma şeması



(c) El boyutu kadar frame kırılması algoritma şeması

Şekil 6. Kullanılan algoritma şemaları

Ellerin birlikte sabit oldukları noktalarda, ilgili framelerin silinmesi için Şekil 6'da verilen algoritma geliştirilmiştir. Veri setinde ön planda olması istenilen kısım el olduğundan, büyük bir siyahlık ortasında küçük bir el kullanmak yerine el bölgesi Şekil 6.c'de yer alan algoritmaya göre kırılıp tekrar boyutlandırılmıştır. CNN algoritmasında en boy değerlerinin belli bir oranda sabit tutulması gerektiğinden, tüm resimler 640x480 olarak boyutlandırılır. Şekil 7'de tek ve çift el hareketli iken işaretlerin görüntüleri yer almaktadır.



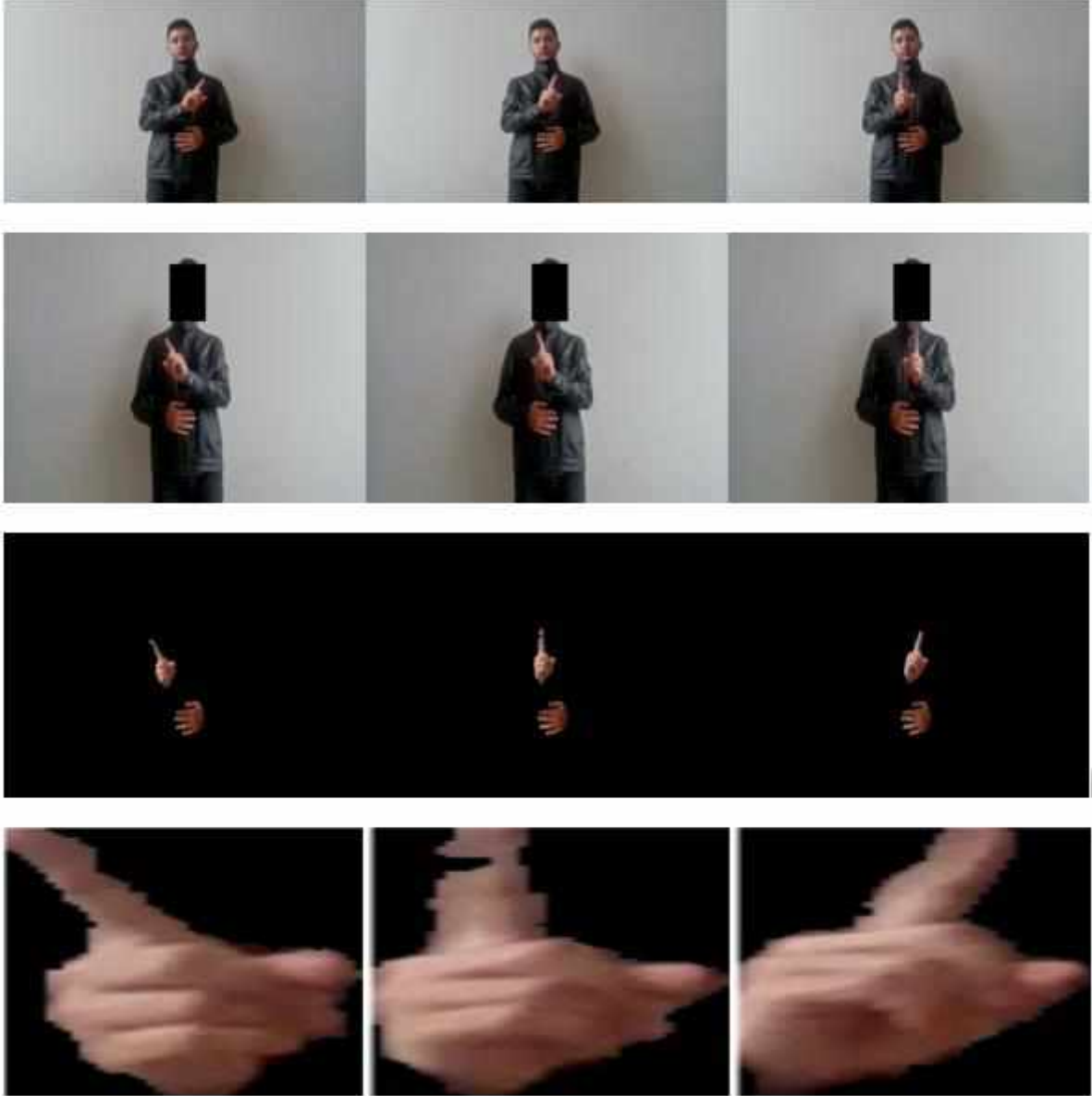
(a) Tek el hareketli görüntünün kırılmış görüntüsü



(b) Çift el hareketli görüntünü kırpılmış görünümü

Şekil 7. (a) ve (b) Sabit el boyutuna uygun el kırpılmış görüntüsü

CNN için hazırlanan framelemin eğitim sonrası softmax sonuçlarının bir sonraki LSTM modelinde giriş değeri olacağından, LSTM ağı için eşit boyutta veri ile beslenmesi gerekmektedir. İşaret dili hareketi kısa olan videoların son framelemleri çoğaltılarak eşitlendirilir. Bütün ön işleme süreçlerini aşağıdaki Şekil 8’te yer almaktadır.



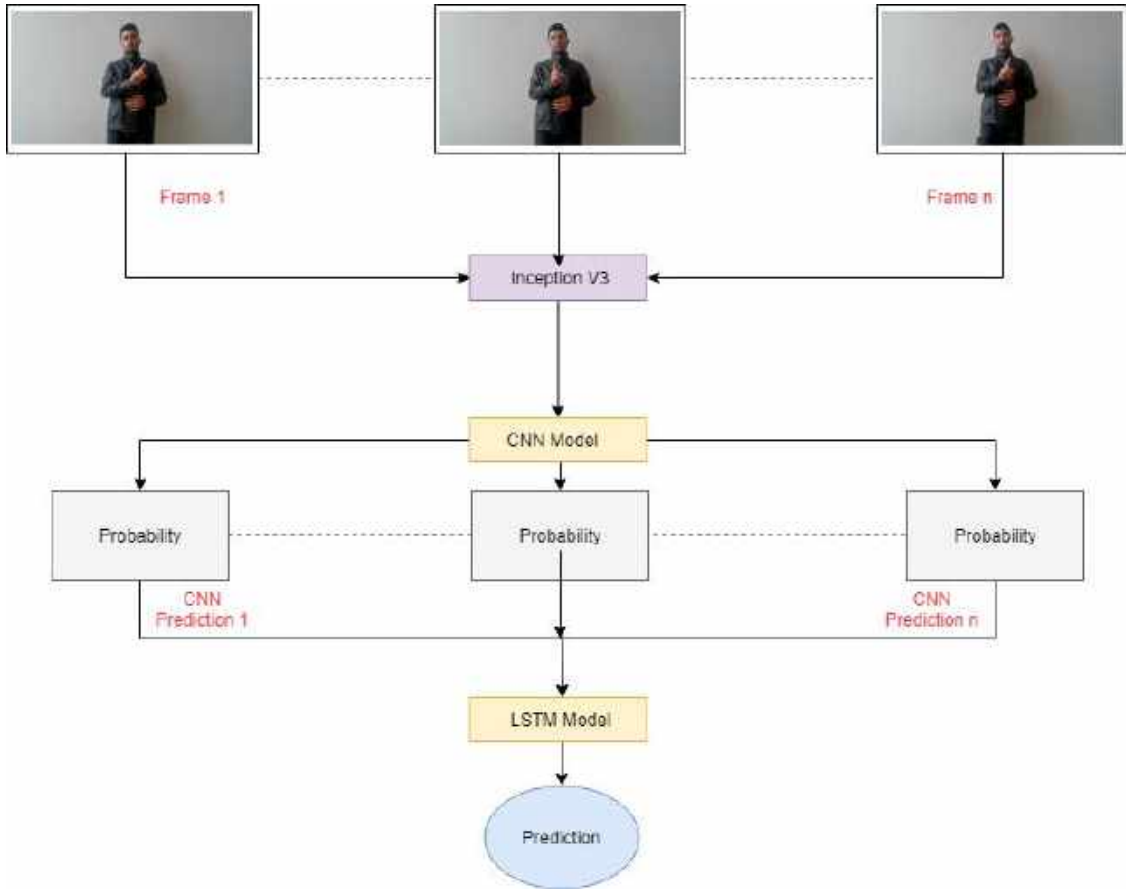
Şekil 8. Hareketli el bölgesinin kırpılması ve boyutlandırması sonrası framelemler

Video ön işleme aşamalarından elde edilen framelemler ile CNN InceptionV3 modeli ile eğitim gerçekleştirilmiştir. Softmax katmanına veri setindeki kelimeler verilmiştir. Eğitim aşamasından sonra oluşan modele, her bir frame tahminlemesi yaptırılmaktadır.

Sabit işaretler için bu tahminleme başarılı sonuçlar vermesine rağmen, hareketli işaretlerde hareketin tamamı işareti ifade ettiği için maalesef iyi sonuçlar elde edilememektedir. Ön işlemeden gelen veriler CNN modeli ile tahminlendirilip, gelen tahminler ise Şekil



9'da görüldüğü LSTM ile eğitilerek model oluşturulmuştur. Böylelikle hareketli işaretlerin bütün sıralı frame'ler ile tahminleme gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Derin öğrenme yöntemi çalışma modeli

Bu metotta Lenovo Yoga 720 diz üstü bilgisayar kamerası kullanılarak veri seti oluşturulmuş ve testler gerçekleştirilmiştir. Konuyla ilgili detaylı bilgilere yazarın doktora tezinden ulaşılabilir [16].

### 3. Araştırma Bulguları

Video ön işlem aşamasında gelinen son nokta için farklı eğitim ve testler yapılmıştır. Bu testlerin sonuçları sırasıyla aşağıda yer almaktadır.

İlk test videodan çıkartılan frame'lerin el detection ve tracking sonucunda elde edilen görüntülerinin eğitim ve tahminlemesi üzerine yapılmıştır. Videodan elde edilen görüntü Şekil 10'da verilmiştir. Tablo 2'de eğitim bilgilerine yer verilmiştir.



Şekil 10. Eğitime verilen frame görünümü

Tablo 2: İlk test eğitim bilgileri

Görüntü Özelliği	Sadece ellerin bulunduğu orijinal boyut
Eğitim adım sayısı	4.000
Toplam frame sayısı	41.790
Eğitimde kullanılan kelime sayısı	39
Doğru tahmin sayısı	21

Yanlış tahmin sayısı	18
Test Başarı Oranı	%53.8

Kelimelerin doğruluklarının tahminlemesi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3: İlk test tahminleme sonuçları

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
✓	✓	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✗	✗

A	B	C	Ç	D	E	F	G	Ğ	H	I	İ	J	K	L	M	N	O	Ö	P	R	S	Ş	T	U	Ü	V	Y	Z	
✓	✓	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✗	✓	✓

İkinci test çalışmasında ise veri setindeki kelimelerin el ve parmak hareketleri belirgin olmasından dolayı el bölgesi kesilip 640x480 oranında büyütülerek eğitime alınmıştır. Ayrıca sabit elli olan işaretlerde ise sabit el de temizlenmiştir. Şekil 11'te eğitime verilen frame yer almaktadır.



Şekil 11. İkinci test için eğitime verilen frame

Eğitim özellikleri test sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Sadece hareketli elin büyütülerek eğitime verilmesiyle başarı oranı % 91'e yükselmiştir. 39 kelime'den sadece 3 kelime tahminlemede hata tespit edilmiştir. 0 rakamı işareti yerine O harfini, I harfi yerine 1 rakamını, O harfi yerine de 0 rakamı olarak yanlış tahminlenmiştir. Yanlış tahminlenen harf ve rakamların işaretleri birbirine çok benzemektedir.

Tablo 4: İkinci eğitim test sonuçları

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

A	B	C	Ç	D	E	F	G	Ğ	H	I	İ	J	K	L	M	N	O	Ö	P	R	S	Ş	T	U	Ü	V	Y	Z
✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

#### 4. Sonuç

İşaret dilinden cümlelerin metne çevirme sistemlerinin geliştirilme aşamasında makine öğrenmesi ve derin öğrenme teknikleri ile birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Starner vd., Saklı Markov Modeli (HMM) makine öğrenme tekniğini kullanarak, Amerikan İşaret Dili cümlelerini metne çevirme çalışmalarında bulunmuştur [10]. Grobel ve Assan ise %94 lük başarı oranı ile Hollanda İşaret Dili için bir sistem geliştirmiştir [11]. Chai vd. ise çalışmasında Çin İşaret Dilinden Çince'ye çevirme üzerinde çalışmalar yapmıştır [12]. Tkashashi ve Kishino, Wang vd., Shanableh ve Assaleh (2011) çalışmalarında donanımsal cihazlar kullanarak işaret dilinden metne çevirme üzerine çalışmalarda bulunmuşlardır. Donanımsal cihazların başında Microsoft firmasının ürettiği yaygın kullanılan Microsoft Kinect cihazı gelmiştir. Son yıllardaki çalışmalarda ise Kinect cihazı özelliklerini taşıyan Intel firmasının geliştirdiği Intel RealSense ve el hareketlerini izleyen daha küçük Leap Motion cihazları da kullanılmıştır. Haberdar ve Albayrak, Işıkdogan ve Albayrak, Ketenci vd. ise Türk işaret dili görüntülerinden Türkçe'ye çevirme sistemleri üzerinden çalışmalarda bulunmuşlardır. Türk İşaret Dili tanıma çalışmalarında makine öğrenme metodlarından Saklı Markov Model, KNN, SVM ve PCA ağırlık olarak kullanılmıştır. Son yıllardaki çalışmalarda ise derin öğrenme tekniklerin CNN modellerin kullanıldığı gözlemlenmiştir [13-15]. Bu çalışmalardan farklı olarak web kamerasından alınan görüntülerin önce CNN ile tahminlendirilip, daha sonra ise LSTM ile yeni bir model oluşturulmuştur. Böylelikle hareketli olan işaretlerinde doğru tahminlenmesi sağlanmıştır.

İşitme engelli okuma yazma oranı düşüktür. Okuma yazması olanların ise Türk İşaret Dili dilbilgisinin farklı olması ve dar kelime dağarcığından dolayı okuduklarını anlamada zorluk yaşamaktadır. Bu çalışmada işaret dilinden metne çevirme işlemi için web kamerası ile derin öğrenme methodları üzerinde çalışılmıştır. El ve parmak hareketlerinin belirgin olarak kelimenin işaretini gösteren alfabede iyi sonuçlar alınmıştır. Sadece CNN ile videodan gelen tek frame'in tahminlemesi sabit hareketli işaretler için başarılı olmasına karşı, hareketli işaretlerde ise maalesef iyi sonuçlar alınmamıştır. Testin başarı oranı %53.8 olmuştur. Hareketli işaretlerde işareti birden fazla frame'deki görüntü ifade ettiği için CNN ile sadece tek frame ile sonuç alınmaktadır. Bu problemi gidermek için CNN ile her bir frame tahminlenerek, sonuçlar sıralı olarak LSTM modeli ile tahminlenmiştir. Böylelikle hareketli işaretlerin tahminlemedeki sorun giderilmiştir. Son resim ön işleme adımları gerçekleştirilip CNN + LSTM modellerinde tahminleme başarı oranı %97 elde edilmiştir. Bu şekilde, işitme engelli bireylerin kamera karşısında yaptığı hareketleri algılayıp metne dönüştürme çalışması tamamlanmıştır. İşaret dilinde yaklaşık 4000 kelime bulunmaktadır. Bütün kelimeler için oluşturulacak eğitim modellerinde benzer hareketler çok olacağı için başarı oranları düşecektir. İleriki çalışmalarda daha fazla veri seti ile sonuçların alınması hedeflenmektedir.

## **Kaynakça**

Kaynaklar yazılırken APA formatında yazılmasına ve bir sonraki sayfadan başlamasına dikkat ediniz.

- [1] Haualand H., 2007, The two week village, The significance of sacred occasions for the deaf community, In Benedicte Ingstad & Ssuan R., Whyte, ed., Disability in local and global worlds, 33-55, Berkeley: University of California Press. Joachims, T. (1999, June). Transductive inference for text classification using support vector machines. In *Icml* (Vol. 99, pp. 200-209).
- [2] Murray J. J., 2008, Coequality and transnational studies: understanding deaf lives, In H.-D. L. Bauman (ed.) *Open your eyes, Deaf studies talking*, 100-110.. London: University of Minnesota Press.
- [3] Gordon R. G., Jr. ed., 2005, *Ethnologue: Languages of the World*, Fifteenth edition, Dallas TX: SIL International.
- [4] I. Marshall É. S., A prototype text to British Sign Language (BSL) translation system, Proceedings of the 41st Annual Meeting on Association for Computational Linguistics - Volume 2, Sapporo, Japan: Association for Computational Linguistics, 2003, pp. 113-116. [6].
- [5] Bungeroth J., Ney H., Statistical sign language translation, In Proc. of the Workshop on Representation and Processing of Sign Languages (LREC2004), pages 105–108, Lisbon, Portugal, 2004.
- [6] Almohimeed A., Wald M., Damper R. I., 2011, Arabic Text to Arabic Sign Language Translation System for the Deaf and Hearing Impaired Community, In, EMNLP 2011: The Second Workshop on Speech and Language Processing for Assistive Technologies (SLPAT), Edinburgh, UK, Scotland, pp. 101-109.
- [7] Takahashi T., Kishino F., 1992, A hand gesture recognition method and its application, *Systems and Computers in Japan*, 23 (3), 38-48.
- [8] Wang H., Leu M., Oz C., C., 2006, American Sign Language recognition using multidimensional Hidden Markov Models, *Journal of Information Science and Engineering*, 22 (5), 1109-1123.
- [9] Shanableh T., Assaleh K., 2011, User-independent recognition of Arabic sign language for facilitating communication with the deaf community, *Digital Signal Processing: A Review Journal*, 21 (4), 535-542.
- [10] Starner T., Weaver J., Pentland A., "Real-time American Sign Language Recognition using Desk and Wearable Computer based Video", *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, Vol. 20, pp. 1371–1375, 1998.
- [11] Grobel K., Assan M., "Isolated Sign Language Recognition using Hidden 65 Markov Models", *IEEE International Conference on Computational Cybernetics and Simulation, Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 162–167, 1997.
- [12] Chai X., Li G., Chen X., Zhou M., Wu G., Li H., "VisualComm: A Tool to Support Communication Between Deaf and Hearing Persons with the Kinect", *15th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, p. 76, 2013.
- [13] Haberdar H., 2005, Saklı Markov Modelleri Kullanılarak Görüntüden Gerçek Zamanlı Türk İşaret Dili Tanıma Sistemi, *Bilgisayar Mühendisliği, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi*. N. El-Makky et al., Sentiment analysis of colloquial Arabic tweets, 2015.
- [14] Işıkdoğan F., Albayrak S., 2011, June, Automatic recognition of Turkish fingerspelling, In *Innovations in Intelligent Systems and Applications (INISTA)*, 2011 International Symposium on (pp. 264-267), IEEE.
- [15] Ketenci S., Kayıkçıoğlu T., Gangal A., 2015, May, Recognition of sign language numbers via electromyography signals, In *Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)*, 2015 23th (pp. 2593-2596), IEEE.
- [16] Celik O., 2019, An artificial intelligence based remote communication system for hearing impaired. Ph.D. thesis, Eskisehir Osmangazi University.
- [17] Hochreiter S., Schmidhuber J., 1997, Long short-term memory. *Neural computation*, 9(8), 1735-1780.



# Acil Durum Toplanma Alanlarının AHP Yöntemi ile Değerlendirilmesi

Berru İzel Gökgöz<sup>1\*</sup>, Zeynep Yeşim İlerisoy<sup>2</sup>, Asena Soyluk<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0096-1595)

<sup>2</sup> Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6905-4774)

<sup>3</sup> Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1903-9119)

(İlk Geliş Tarihi 19 Mayıs 2020 ve Kabul Tarihi 31 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.739544)

**ATIF/REFERENCE:** Gökgöz, B. İ., İlerisoy, Z. Y. & Soyluk, A. (2020). Acil Durum Toplanma Alanlarının AHP Yöntemi ile Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 935-945.

## Öz

Ülkemiz doğal afetlerden, depremin sık yaşandığı bir coğrafyada bulunmaktadır. Yaşanan deprem aktiviteleri sonucunda can ve maddi kaybın yaşandığı çok sayıda yıkım gerçekleşmiştir. Bu yıkımlar sonucunda gerek ülkemizde gerekse dünyada afetlerle başa çıkma stratejilerinin geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu stratejileri, afet ve acil durumların etkisini azaltmak için hazırlıklı olma, müdahale gibi önlemleri kapsayan “afet yönetimi” oluşturmaktadır. Afet yönetimi kapsamında afetzedelerin afetlerden maddi ve manevi olarak etkilenmesinin önüne geçmek için kentlerde, yerel yönetimlerce “acil durum toplanma alanları” oluşturulmaktadır. Acil durum toplanma alanları pek çok kriteri barındırması gereken alanlar olup, bu alanların belirlenmeleri yerel yönetimler tarafından yapılmaktadır. Ancak akademik platformlar ve başkaca kuruluşlar tarafından gerçekleştirilen çalışmalarda acil durum toplanma alanlarına yönelik karar verme sürecinde yönlendirici bir modelin tanımlanmamış olması, acil durum toplanma alanlarının belirlenmesi aşamasında karar verme süreçlerini zora sokmaktadır. Bu çalışmada literatürde görülen ve ihtiyacı hissedilen böylesi eksikliklerin giderilmesi hususunda mutlak suretle göz önünde bulundurulması gereken ana kriterlerin belirlenmesi ve bu kriterlerin değerlendirilmesine yönelik bir modelin oluşturulması amaçlanmıştır. Amaç doğrultusunda, acil durum toplanma alanlarının özelliklerinde de olduğu gibi çok sayıda birbirinden bağımsız özelliğin bir arada değerlendirilmesine olanak veren Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) metodolojisinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanılmıştır. Hiyerarşi oluşturulurken literatür taramasında afet yönetimi kapsamındaki çalışmalar ve uzman görüşlerinden yararlanılarak 3 ana kriter ve bu kriterlere bağlı 10 alt kriter oluşturulmuştur. Bu kriterlerin ağırlıkları AHP yöntemi kullanılarak hesaplanmıştır. “Alan Özellikleri Kriterleri”nin 0,453 kriter ağırlığı ile yüksek ağırlıklı kriter olduğu bulunmuştur. En düşük ağırlıklı kriter ise 0,225 kriter ağırlığı ile “Jeolojik Özellikler Kriterleri” olduğu belirlenmiştir. Ana kriterlere bağlı alt kriterlerin değerlendirilmesinde ise en yüksek ağırlığa sahip kriterin 0,363 kriter ağırlığı ile “Alansal Büyüklük”, en düşük ağırlığa sahip kriterin ise 0,008 kriter ağırlığıyla “Yükselti Kuşağı” kriteri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bu sonuca bağlı olarak acil durum toplanma alanlarında alan özelliklerinin jeolojik özelliklerden daha önemli olduğu görülmüştür. Sonuç olarak çalışma kapsamında ÇKKV metodolojisi kullanılarak, acil durum toplanma alanları üzerine oluşturulan karar verme modeli, acil durum toplanma alanlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi için afet yönetimi kapsamında hem yerel yönetimlere hem de merkezi idarelere yardımcı olacak kılavuz niteliğinde bir belge ortaya çıkması hedeflenmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Acil Durum Toplanma Alanı, Afet Yönetimi, ÇKKV, AHP

## Evaluation of Emergency Shelter Areas with the AHP Method

### Abstract

Our country is in geography, where natural disasters and earthquakes are common. The earthquake activities, much destruction occurred, with loss of life and material. Because of this destruction, the need to develop strategies for coping with disasters has arisen both in our country and in the world. These strategies make up “disaster management” that includes measures such as preparedness and response to reduce the impact of disasters and emergencies. Within disaster management, “Emergency Shelter Areas” are established in cities by local administrations to prevent victims from being affected financially and morally from disasters. Emergency Shelter Areas is areas that contain many criteria, and local governments determine these areas. However, in studies conducted by academic platforms and other organizations, that a guiding model was not defined in the decision-making process for emergency shelter areas decides-making processes difficult at the stage of determining emergency shelter areas. In this study, it is determined by the main criteria that should be taken into consideration in eliminating such deficiencies that are seen and needed in the literature and to create a model for the evaluation

\* Sorumlu Yazar: Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0002-0096-1595, [berruizel@gmail.com](mailto:berruizel@gmail.com)

of these criteria. For the purpose, the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, which is one of the Multi-Criteria Decision Making (MCDM) method, was used, which allows the evaluation of many independent features together, as in the characteristics of emergency shelter areas. While creating the hierarchy, three main criteria and 10 sub-criteria based on these criteria were formed using the studies within disaster management and expert opinions in the literature review. The weights of these criteria were calculated using the AHP method. The “Field Properties Criteria” is the highest weighted criteria with a criterion weight of 0.453. The lowest weighted criteria were determined to be “Geological Characteristic Criteria” with a criterion weight of 0.225. In the evaluation of the sub-criteria based on the main criteria, it was concluded that the criteria with the highest weight were “Area Size” with a criterion weight of 0.363, and the criteria with the lowest weight were the “Elevation Zone” criteria with a criterion weight of 0.008. Based on this result, some observed that the area features in the emergency shelter areas are more important than geological properties. As a result, within the study, it is created a document like a guideline that will help both local and central administrations within disaster management to determine and test emergency shelter areas, the decision-making model established on emergency shelter areas by using the MCDM method.

**Keywords:** Emergency Shelter Area, Disaster Management, MCDM, AHP

## 1. Giriş

Doğal, teknolojik veya insan kökenli büyük bir ekolojik çöküş sonucu, hasara veya can kaybına neden olan felaketlere afet denilmektedir. Türkiye’de en çok can kaybına ve yapı hasarına neden olan afet ise depremlerdir. Türkiye’de depremlere Doğu Anadolu fayı, Kuzey Anadolu fayı gibi aktif fay zonları neden olmaktadır (Yön, Onat, Emin Öncü ve Karaşin, 2020). Bu fay zonlarının hareketlerine bağlı olarak, 1900-2020 Deprem Kataloğu verilerine göre Türkiye’de 1900 yılından bu yana büyüklüğü  $\geq 6.0$  olan 191 deprem meydana gelmiştir. Bunların bir kısmı Tablo 1’de sunulmuştur.

Tablo 1. Türkiye’de 1900-2020 yılları arasında gerçekleşen büyüklüğü  $\geq 6.0$  olan depremler<sup>†</sup>

Tarih	Saat (UTM)	Eylem	Boylam	Derinlik (Km)	Büyüklük	Yer
4.12.1905	07:04:00.00	39.00	39.00	30	6.8	Payamdüzü-Çemişgezek (Tunceli)
9.02.1909	11:24:00.00	40.00	38.00	60	6.3	Şarköy-Suşehri (Sivas)
18.05.1929	06:37:54.30	40.20	37.90	10	6.1	Günışık-Koyulhisar (Sivas)
26.12.1939	23:57:20.90	39.80	39.51	20	7.9	Kurutilek- (Erzincan)
8.11.1941	00:00:01.00	39.74	39.50	5	6.0	Erzincan
17.08.1949	18:44:19.80	39.57	40.62	40	6.7	Yaylım-Tercan (Erzincan)
14.06.1964	12:15:31.40	38.13	38.51	3	6.0	Aksu-Sincik (Adıyaman)
19.08.1966	12:22:10.50	39.17	41.56	26	6.5	Çayıryolu-Varto (Muş)
20.08.1966	11:59:09.00	39.42	40.98	14	6.0	Kaşıkcı-Karlıova (Bingöl)
22.05.1971	16:43:59.30	38.85	40.52	3	6.8	Güveçli- (Bingöl)
6.09.1975	09:20:12.00	38.51	40.77	32	6.6	Üçdamlar-Lice (Diyarbakır)
13.03.1992	17:18:39.40	39.72	39.63	23	6.8	Günebakan- (Erzincan)
17.08.1999	00:01:39.00	40.70	29.91	17.0	7.5	Gölcük- (Kocaeli)
27.01.2003	05:26:28.00	39.48	39.77	10	6.1	Sağlamtaş-Pülümür (Tunceli)
1.05.2003	00:27:04.40	39.01	40.46	10	6.4	Kurtuluş- (Bingöl)
8.03.2010	02:32:31.09	38.83	40.13	5	6.1	Kovancılar (Elâzığ)
23.10.2011	10:41:20.810	38.758	43.360	5	7.2	Edremit- (Van)
24.01.2020	17:55:11.00	38.3775	39.1042	4.8	6.6	Sivrice- (Elâzığ)

Bu depremlerden, can kaybı, yaralı sayısı ve ağır hasarlı bina açısından en büyük yıkıma neden olan depremler; 1939 Erzincan Depremi, 1999 Gölcük Depremi, 2011 Van Depremi ve 2020’de meydana gelen Elâzığ Depremi’dir. Bu depremlerde gerek mevsimsel şartlar gerekse altyapı eksikliğinden dolayı sağlık hizmeti ve Kızılay’ın bölgeye erişiminde gecikmeler yaşanmıştır. Bu tür hizmetin geciktiği veya ulaşamadığı durumlarda bölgedeki zararı azaltmak, hızlı ve etkili olarak müdahale edebilmek ve afetzedelerin güvenliğini sağlamak amacıyla “afet yönetimi” kavramı öne çıkmaktadır. Afet yönetimi, afet öncesi ve sonrasında gerekli önlem ve planlamaların yapılmasını içeren çok yönlü bir yönetim sürecidir (AFAD).

Tablo 1’de de görüldüğü üzere Türkiye’de pek çok deprem olmakta ve bu afetlerin ne zaman ve nerede olacağı tahmin edilememektedir. Bu nedenle afet yönetimi kapsamında gerek afet öncesi gerek afet sonrası önlemler için pek çok konu gündeme gelmektedir. Bunlardan en önemlisi de çoğunlukla afetler sonrasında gündeme gelen “acil durum toplanma alanları”dır. Acil durum toplanma alanları, afetzedelerin, ikincil bir afet riskine ve yapılarıdaki yıkım tehlikesine karşı buldukları yapıları terk ederek, yakınları ile bir araya gelebilecekleri, afete bağlı yaşanan şoku atlabilecekleri alanlardır (Aman, 2019). Bu alanlar vatandaşların hızlı bir şekilde

<sup>†</sup> B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Dae.Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi, 2020



bir araya gelmesi ve risk geçene kadar bekleyebilmeleri için yerel yönetimlerce, bölgenin demografik, jeolojik yapısı ve altyapısı gibi pek çok özellik değerlendirilerek belirlenmektedir.

Acil durum toplanma alanlarının çok sayıda birbirinden bağımsız özelliğinin bulunması ve birbirleriyle çelişen özellikler arasında bir uzlaşma gerektirmesi ortaya bir karar verme problemi çıkarmaktadır. Acil durum toplanma alanlarına ait özellikleri karşılaştırılırken de birden çok değerlendirme ölçütünün bir arada incelenmesi kaçınılmaz bir durumdur. Bu tür karar verme problemlerinde kullanılabilen çeşitli çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri mevcuttur. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) de bu yöntemlerden birisidir. AHP yöntemi ile farklı tecrübe, bilgi, eğitim sahibi bireylerin grupların kararları birleştirilerek acil durum toplanma alanları özelliklerinin değerlendirilmesi için tek bir sonuca ulaşılabilirdiği, karar vericiye en uygun kararın verilmesinde yardımcı olan yaklaşımlardır.

Afet yönetimi kapsamında literatür incelendiğinde de ÇKKV metodolojisinden AHP yönteminin kullanıldığı çeşitli çalışmalara rastlanılmaktadır (Aghlmand, Onur ve Talaei, 2020; Cheng ve Yang, 2012; Hong ve Xiaohua, 2011; Rezaei, 2014). Örneğin, Hong ve Xiaohua'nın yaptıkları çalışmada acil lojistik merkezi yer seçimi problemi ele alınmıştır. Acil lojistik merkezi yer seçiminin özelliğinden dolayı AHP yöntemine dayalı çok amaçlı bir yer seçim modeli önerilmiştir (Hong ve Xiaohua, 2011). Cheng ve Yang'ın yaptıkları çalışmada ise, deprem acil barınağı değerlendirme modelinin oluşturulması amaçlanmıştır. Bu çalışmada toplam üç değerlendirme kriteri bulunmaktadır: barınma kapasitesi, tesis kalitesi ve erişilebilirlik. Bu kriterlerin tanımlarını ve nicel hesaplama prosedürünü ayrıntılı olarak açıklanmıştır. Her kriterin ağırlığını AHP ile hesaplayıp, modelin geçerliliğini ve kullanılabilirliğini doğrulayan bir vaka çalışması yapmışlardır (Cheng ve Yang, 2012). Aghlmand, Onur ve Talaei'nin yapmış oldukları çalışma da afet yönetimi kapsamında İran'ın Ardabil bölgesinde "Heyelan Duyarlılık Haritaları"nın oluşturulması hedeflenmiştir. Heyelan duyarlılık analizi için çeşitli kriterler belirlenmiş olup, bu kriterler AHP yöntemi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri'nden (CBS) faydalanarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak İran'ın Ardabil bölgesi için duyarlılık haritaları oluşturulmuştur (Aghlmand, Onur ve Talaei, 2020). Rezaei'nin yapmış olduğu çalışmada ise, İstanbul'da geçici barınma alanlarının yer seçimi üzerine bir karar destek modelin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Modelde yer seçimi kriterleri belirlendikten sonra AHP yöntemi ile bu özellikler değerlendirilip, İstanbul için geçici barınma alanları belirlenmiştir (Rezaei, 2014).

Bu çalışmada ise literatürde de afet yönetimi konusunda kullanımına rastlanan ÇKKV metodolojisinden AHP yöntemi kullanılarak afet ve acil durumlarda kullanılacak acil durum toplanma alanlarının seçim ve değerlendirme kriterlerinin oluşturulması amaçlanmaktadır. Bir sonraki bölümde, kullanılan yöntemin açıklanmasından sonra, önerilen çalışma modeli ayrıntılı olarak sunulmuştur. Bölüm 4'te, uygulamaya yönelik sonuç bölümü bulunmaktadır.

## 2. Materyal ve Metot

### 2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), 1970'li yıllarda Thomas L. Saaty tarafından seçim problemlerinde kullanılmak üzere geliştirilmiş ÇKKV metodolojisi yöntemlerinden biridir. AHP yöntemi, seçim yapılırken tüm önceliklerin değerlendirmeye alındığı, matematiksel bir yöntemdir (Yılmaz ve Dağdeviren, 2010).

Bir karar problemini yapılandırmak için kullanılan en temel form, üç seviyeden oluşan bir hiyerarşidir: kararın en üst seviyedeki hedefi, ardından üçüncü seviyedeki alternatiflerin değerlendirileceği kriterlerden oluşan ikinci bir seviye. Kararı etkileyen faktörler kademeli olarak düzenlenir. Yapının amacı, yukarıda belirtilen seviyedeki elementlerin bir kısmına veya tümüne göre, elementlerin belirli bir seviyedeki önemini yargılamayı mümkün kılmaktır (Saaty ve Vargas, 2001, s.2).

AHP yönteminin adımları ise aşağıda verilmiştir (Saaty ve Kearns, 1985).

Adım 1: Bu aşamada karar problemi tanımlanır ve model kurulur.

Adım 2: Modelde tanımlanan kriterler arası ikili karşılaştırma matrisleri düzenlenir.

Kriterler arası karşılaştırma matrisi,  $n \times n$  boyutlu bir kare matristir. Kriterlerin birbirleriyle karşılaştırılmasında, Saaty'nin 1-9 önem dereceleri kullanılır. Bu kapsamda AHP önem dereceleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. AHP Önem Dereceleri

Önem Derecesi	Tanım
1	Eşit derecede önemli
3	Orta derece önemli
5	Kuvvetli derecede önemli
7	Çok kuvvetli derecede önemli
9	Mutlak derecede önemli
2, 4, 6, 8	Ara değerler

Adım 3: İkili karşılaştırma matrisi kullanılarak kriter ağırlıkları hesaplanır. Bu adımda  $a_{ij}$ ; karşılaştırma matrisinin i-inci satır j-inci sütun elemanı,  $b_{ij}$  normalize matrisinin i-inci satır j-inci sütun elemanı ifade etmektedir.

İkili karşılaştırma matrisinin oluşturulmasından sonra ikili karşılaştırma matrislerinde bulunan sütun elemanları toplanır. Denklem (1)'den yararlanılarak C matrisi (normalize edilmiş ikili karşılaştırma matrisi) elde edilir.

$$b_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad (1)$$

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix}$$

Normalize ikili karşılaştırma matrisinin Denklem (2)'de de gösterildiği üzere satır ortalamaları alınarak, "Öncelik Vektörü" olarak adlandırılan W sütun vektörü elde edilir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (2)$$

Adım 4: Kriter karşılaştırmalar için tutarlılık oranı hesaplanır.

AHP yöntemi ile değerlendirme yapılması, karar vericilerin sübjektif bir değerlendirme yapıyor olmaları sonuçlarda tutarsızlıklara neden olabilir. AHP yönteminde ortaya çıkabilecek bu tutarsızlıklar "Tutarlılık Oranı" (CR) ile bulunan öncelik vektörünün ve kriterler arasında yapılan birebir karşılaştırmaları ile ölçülebilmektedir. Tutarlılık Göstergesi'ni (CI) Tutarlılık İndeksine (RI) bölündüğünde aynı boyut matrisi için tutarlılık oranını elde edilmektedir. CR değeri kabul edilebilir olması için yaklaşık %10 veya daha az olmalıdır. %20 tolere edilebilmektedir ancak daha yüksek değerler tolere edilememektedir. Eğer CR bu aralıkta değilse, katılımcılar sorunu incelemeli ve kararlarını gözden geçirmelidir.

CR hesaplamasının temelini, kriter sayısı ile "Temel Değer" adı verilen ( $\lambda$ ) bir katsayının karşılaştırılması oluşturur.  $\lambda$ 'nın hesaplanması için öncelikler vektörü ile başlangıçtaki karşılaştırma matrisi çarpılarak D sütun vektörü olarak verilen "Tüm Öncelikler Matrisi" elde edilir.

$$D = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ w_n \end{bmatrix}$$

Elde edilen Tüm Öncelikler Matrisi elemanları karşılık gelen önceliklere bölünmesi ile temel değer (E) elde edilir. Denklem (3)'de bulunan değerlerin ortalamaları hesaplanır. Bu hesap sonucunda karşılaştırmaya ilişkin temel değer ( $\lambda$ ) bulunur (Denklem (4)).

$$E_i = \frac{d_i}{w_i} \quad i=1,2,\dots,n \quad (3)$$

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^n E_i}{n} \quad (4)$$

$\lambda$  hesaplandıktan sonra CI, Denklem (5) kullanılarak bulunur.

$$CI = \frac{\lambda - n}{n - 1} \quad (5)$$

Son aşamada ise CI, RI'ya (Tablo 3) bölünerek CR değeri elde edilir (Denklem (6)).

Tablo 3. Tutarlılık İndeksi (RI)

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (6)$$

## 2.2. Araştırmadaki Değerlendirme Kriterlerinin Belirlenmesi

Hiyerarşisi seviyelerden oluşan yöntemin uygulanabilmesi amacıyla acil durum toplanma alanı seçimi için kullanılan kriterler; afet, toplanma alanı, yer seçimi konulu literatürden ve uzmanların görüşlerinden yararlanılarak elde edilmiştir. Acil durum toplanma alanları seçiminde kullanılacak 10 kriter belirlenmiş, bu kriterler ile ilgili literatürde bulunan çalışmalar birbirleri ile ilişkilendirilerek 3 ana başlık altında toplanmıştır; (i)alan özellikleri, (ii)jeolojik özellikler, (iii)ulaşım ve erişilebilirlik (Ada ve Ergin, 1993; AFAD, 2013; Aksoy ve diğerleri, 2009; Alt Yapılar İçin Afet Yönetmeliği, 2007; Chalinder, 1998; Cheng ve Yang, 2012; Çelik ve diğerleri, 2017; Çınar ve diğerleri, 2018; Kara, 2007; Kelly, 2005; Liu, Ruan ve Shi, 2011; M. Akın ve diğerleri, 2015; Nicholl ve diğerleri, 2007; Omidvar ve diğerleri, 2013; Özşahin ve Değerliyurt, 2013; UNHCR, 2007; Wei ve diğerleri, 2012; Xu ve diğ, 2016; Yavuz Kumlu, Tüdeş, 2019).

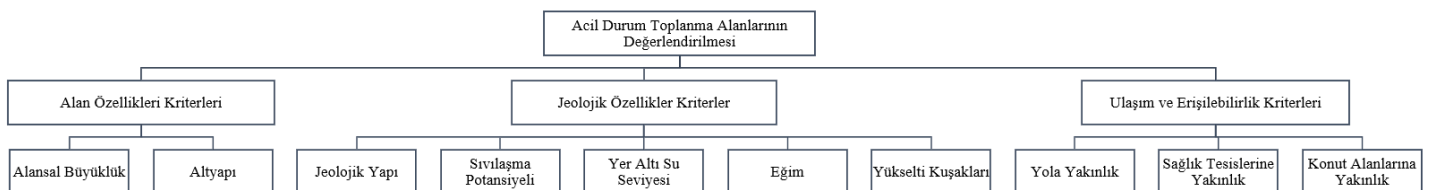
Acil durum toplanma alanlarında afet sonrasında, bölgedeki pek çok afetzedenin yakınları ile bir araya gelebilecekleri, geçici barınma alanlarının kurulabilmesine imkanlar vermesi açısından alansal büyüklük önemli bir kriterdir. Acil durum toplanma alanları 10 kişi üzerine hizmet edebilecek büyüklükte olmalıdır. İmar planlarında bu büyüklük kişi başına 10 m<sup>2</sup> olarak tanımlanmaktadır. Bu veriler göz önüne alındığında toplanma alanlarının 100 m<sup>2</sup>'nin üzerinde olmaları beklenmektedir. Yapılan bir çalışmada ideal toplanma alanının özelliklerini tanımlamış; ideal bir acil durum toplanma alanının 5000 m<sup>2</sup> olduğu ya da küçük alanlar yerine pek çok afetzedenin yararlanabileceği 50.000 m<sup>2</sup>'lik büyük ve tekil alanların planlanması gerektiği sonucuna varılmıştır (Çelik, Özcan ve Erdin, 2017). Bu bilgiler ışığında toplanma alanlarının minimum 100 m<sup>2</sup> olduğu, ideal toplanma alanının ise 50000 m<sup>2</sup> ve üzeri olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Ayrıca, afetzedelerin ihtiyaçlarını karşılayacak, hastalıklardan ve her türlü olumsuz faktörden korunması açısından acil durum toplanma alanlarındaki altyapı sistemleri önemlidir. Alt Yapılar İçin Afet Yönetmeliği'nde (2007) afet sonrası altyapı performans hedefleri belirtilmiş; muhtemel depremde kış talep oralarında tüm alanlara sürekli tam hizmet sağlanması, su kalitesinin korunması hedeflenmiştir. Bu doğrultuda alan özellikleri bünyesinde alansal büyüklük ve altyapı kriterleri yer almaktadır.

Jeolojik özellikler bünyesinde ise jeolojik yapı, sıvılaşma potansiyeli, yeraltı su seviyesi, eğim ve yükselti kuşağı yer almaktadır. Deprem etkilerinde zemin sağlamlığı büyük öneme sahiptir. Zayıf tutma kapasitesine sahip topraklar, taşıma kapasiteleri çok düşük olduğu için hem depreme karşı dayanıksız hem de yapılaşma için sakıncalı alanlardır. Zeminin zayıflaması ile çökme, kayma gibi etkilere sebep olan sıvılaşma kriteri de afet sonrası acil durum toplanma alanları seçiminde önemli bir kriterdir (Akın ve diğerleri, 2015). Yeraltı suyu seviyesinin fazla olması deprem hasarını arttıran, duyarlılığını etkileyen önemli bir faktördür (Ada ve Ergin, 1993; Korkmaz, 2006; Özşahin ve Değerliyurt, 2013). Bu nedenle yeraltı su seviyesinin düşük olduğu alanlar acil durum toplanma alanı olarak seçilmelidir. Afet ve Acil Durum Başkanlığı'nın (AFAD) hazırlamış olduğu Jeolojik Etüt Raporu'nda afet yönetimi kapsamında "Topoğrafik eğim değerleri" verilmiştir. Bu rapora göre düz ve düze yakın alanlar için %0-5, düşük eğimli alanlar için %5-15, orta eğimli alanlar için %15-30, yüksek eğimli alanlar için %30-40 ve çok yüksek eğimli alanlar için %45 ve üstü olarak sınıflandırılmıştır (AFAD, 2013). Acil durum toplanma alanlarında eğimin düz veya düze yakın olan %0-5 değerinde olması hem erişilebilirlik açısından hem de bir afet olması durumunda zemin kaynaklı engellerin oluşmaması için istenmektedir. Ek olarak, 6306 sayılı Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanun (2012) kapsamında "Riskli Alan" olarak ilan edilen bölge sınırları içerisinde yükselti kuşakları incelendiğinde, alanın en yüksek noktası deniz seviyesinden 1700 m, en düşük noktası ise deniz seviyesinden 1675 m yüksektir. Toplanma alanlarının, tespit edilmiş olan bu yükselti kuşaklarından, yüksek olan alanlarda konumlanmış olması gerekmektedir. Bunun nedeni ise, sel, deprem seli gibi etkilerin yükseltisi düşük alanlarda yıkıcılığının fazla olmasıdır. Eğer afet sonrası toplanma alanı sular altında kalırsa afet sonrası daha büyük bir zarara neden olabilir (Chu, Su, 2011). Bu nedenle acil durum toplanma alanlarının yüksek yükselti kuşaklarında olmaları beklenmektedir.

Son olarak, deprem gibi büyük zayıflara neden olan afetlerde, afetzedelerin toplanmaları için acil durum toplanma alanlarına güvenli bir şekilde ulaşmaları gerekmektedir. Bu gibi afetlerde yolların kapanmaması, kaçışa izin vermesi büyük önem arz etmektedir (Aman, 2019). Bu ana kriter detaylandırılacak olursa; yola yakınlık, sağlık tesislerine yakınlık ve konut alanlarına yakınlık alt kriterler olarak ele alınmıştır. Yola yakınlık; afetzedelerin toplanma alanına erişiminin yanı sıra sağlık tesislerine ulaşımında ve sağlık hizmetinin o bölgeye ulaşması açısından önemlidir. Afetzedelerin sağlık tesislerine yakınlığı ise, muhtemel felaketlerden kaynaklanan sağlık risklerini azaltmak için kritik bir rol oynamaktadır (Yavuz Kumlu ve Tüdeş, 2019). Yürüme mesafesinin 15 dakika ve daha az olması sağlık tesislerine ulaşılabilirlik açısından beklenmektedir. 15 dakika zihinsel ve fiziksel sınır olarak minimum uzaklığı ifade etmektedir (Aksoy ve diğerleri, 2009). Ayrıca literatürde sağlık tesislerine olan mesafenin artması ölüm riskinin artmasıyla ilişkilendirilmiştir. 10 km'lik bir artışın ölüm oranı ile yaklaşık %1'lik mutlak bir artışla ilişkili olduğu görülmektedir (Nicholl ve diğerleri, 2007).

Acil durum toplanma alanlarının afetlerde yapısal ve yapısal olmayan unsurlardan etkilenmemesi istenirken olası durumlarda acil durum toplanma alanlarının konut alanlarına yakın olması da belirleyici bir kriterdir. Ek olarak afetzedeler, ailelerini kaybetme ve ailelerinden ayrılma düşüncesi sonucu depresyona kadar giden psikolojik sorunlar yaşayabilmektedirler. Bu nedenle, evlerine yakın bir alanda oluşturulmuş olan acil durum toplanma alanları afetzedeler için hem fiziksel hem de psikolojik olarak destek oluşturmaktadır.

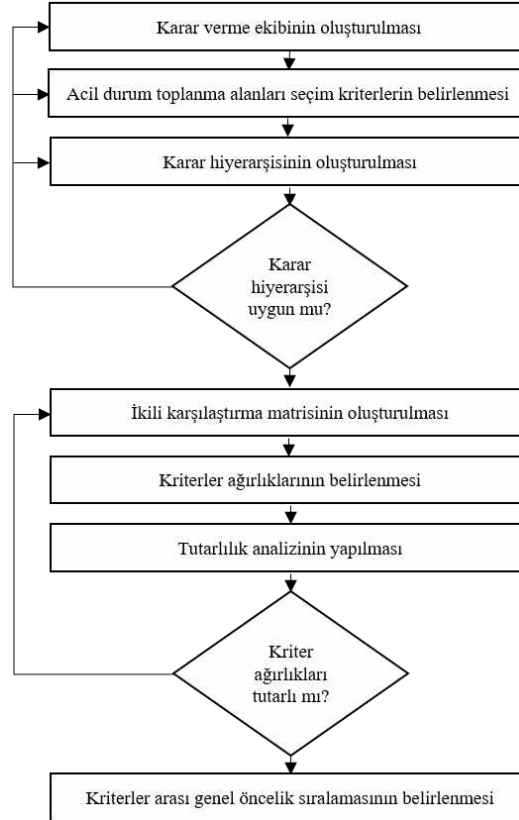
Sonuç olarak, değerlendirmede Şekil 1'deki karar hiyerarşisi oluşturulmuştur.



Şekil 1. Karar Hiyerarşisi

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

İkinci bölümde detayları açıklanan AHP yöntemi kullanılarak acil durum toplanma alanı değerlendirilmesi yapılacak ve sonuçları tartışmaya sunulacaktır. Karar hiyerarşisinin oluşturulmasının ardından, AHP ile kriter ağırlıkları hesaplanacaktır. Bu aşamada, kriter ağırlıklarını belirlemek için ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulacaktır. Uzmanlar tarafından, ikili karşılaştırma matrislerindeki kriterlerin değerlerini belirlemek için Tablo 1'de verilen önem ölçeği kullanılarak puanlandırma yapılacaktır. Bu değerlendirmeler sonucunda son bir karşılaştırma matrisi bulunur. Karşılaştırmalar uzman grubu değerlendirmeleri ile oluşturuluyor olsa da uzmanların kişisel değerlendirmeleri ile gerçekleştirildiğinden tutarsızlıklar olabilmektedir. Uzman değerlendirmelerinin tutarlı olmasını sağlamak için tutarlılık analizi yapılır (Ho, 2008). Tutarlılık oranının %10'u geçtiği durumlarda ikili karşılaştırma matrisi kontrol edilmelidir. Tüm ikili karşılaştırma matrisleri yapıp ve tutarlı oldukları sonucuna ulaşıldıktan sonra kriterler arası genel öncelik sıralaması belirlenebilir. Ele alınan acil durum toplanma alanı seçimi probleminin bu çalışmada öne sürüldüğü gibi kullanılmasına yönelik akış şeması Şekil 2'de adımlar ve aşamalar halinde gösterilmiştir.



Şekil 2. Acil Durum Toplanma Alanı Seçim Yöntem

#### 3.1. İkili Karşılaştırma Matrisinin Oluşturulması

AHP hiyerarşisinin oluşturulmasından sonraki aşama, kriterler arasında ikili karşılaştırmaların yapılmasıdır. Bu aşamada, uzman ekibinden Tablo 1'deki, Saaty 1-9 önem ölçeği kullanılarak bireysel ikili karşılaştırma matrisi oluşturmaları istenmiştir. Kriterler ikisi Mimar, bir İnşaat Mühendisi, bir Şehir Bölge Planlamacı, bir Jeoloji Mühendisi olmak üzere beş uzman tarafından değerlendirilmiştir. Uzmanlar doğal afetler hakkında bilimsel araştırma yapan araştırmacı kimlikli kişiler olup Gazi Üniversitesi'nin ilgili bölümlerinde öğretim üyesidir. Üzerinde uzlaşma bulunan ikili karşılaştırma matrisini elde etmek için, uzmanların seçim değerlerinin geometrik ortalamaları alınmıştır. Kendileriyle karşılaştırılan kriterler aynı önem derecelerine sahip oldukları için tabloda 1 değerini almışlardır. Sağlanan ikili karşılaştırma matrisleri Tablo 4-7 ile sunulmaktadır.

Tablo 4. Ana Kriterlere Ait İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	Alan Özellikleri Kriterleri	Jeolojik Özellikler Kriterleri	Ulaşım ve Erişilebilirlik Kriterleri
Alan Özellikleri Kriterleri	1,000	3,000	1,000
Jeolojik Özellikler Kriterleri	0,333	1,000	1,000
Ulaşım ve Erişilebilirlik Kriterleri	1,000	1,000	1,000

Uzmanlar tarafından değerlendirmede Alan Özellikleri'nin önem derecesi Jeolojik Özellikler ile karşılaştırıldığında geometrik ortalama 3 (orta derecede önem derecesi) değerini almaktadır (Tablo 4). Karşılaştırma matrisinde  $a_{ij}=1/a_{ji}$  karşılık geldiği için Jeolojik Özellikler kriterleri ile Alan Özellikleri kriterleri karşılaştırılmasına 0,333 (1/3) değer aldığı görülmektedir.

Tablo 5. Alan Özellikleri Alt Kriterlerine Ait İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	Alansal Büyüklük	Altyapı
Alansal Büyüklük	1,000	4,000
Altyapı	0,250	1,000

Uzmanlar tarafından değerlendirilmede Alan Özellikleri alt kriterlerinden Alansal Büyüklük kriterinin önem derecesi Altyapı ile karşılaştırıldığında geometrik ortalama 4 (orta derecede-kuvvetli önem derecesi) değerini almaktadır (Tablo 5). Karşılaştırma matrisinde  $a_{ij}=1/a_{ji}$  karşılık geldiği için Altyapı kriteri ile Alansal Büyüklük kriteri karşılaştırılmasına 0,250 (1/4) değer aldığı görülmektedir.

Tablo 6. Jeolojik Özellikler Alt Kriterlerine Ait İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	Jeolojik Yapı	Sıvılaşma Potansiyeli	Yer Altı Su Seviyesi	Eğim	Yükselti Kuşağı
Jeolojik Yapı	1,000	2,000	3,000	5,000	6,000
Sıvılaşma Potansiyeli	0,500	1,000	3,000	7,000	8,000
Yer Altı Su Seviyesi	0,333	0,333	1,000	4,000	6,000
Eğim	0,200	0,143	0,250	1,000	3,000
Yükselti Kuşağı	0,167	0,125	0,167	0,333	1,000

Uzmanlar tarafından değerlendirilmede Jeolojik Özellikler alt kriterlerinden Sıvılaşma Potansiyeli'nin önem derecesi Yükselti Kuşağı ile karşılaştırıldığında geometrik ortalama 8 (çok kuvvetli-mutlak derecede önem derecesi) değerini almaktadır (Tablo 6). Karşılaştırma matrisinde  $a_{ij}=1/a_{ji}$  karşılık geldiği için Yükselti Kuşağı alt kriteri ile Sıvılaşma Potansiyeli alt kriteri karşılaştırılmasına 0,125 (1/8) değer aldığı görülmektedir.

Tablo 7. Ulaşım ve Erişilebilirlik Alt Kriterlerine Ait İkili Karşılaştırma Matrisi

Kriterler	Yola Yakınlık	Sağlık Tesislerine Yakınlık	Konut Alanlarına Yakınlık
Yola Yakınlık	1,000	5,000	1,000
Sağlık Tesislerine Yakınlık	0,200	1,000	0,500
Konut Alanlarına Yakınlık	1,000	2,000	1,000

Uzmanlar tarafından değerlendirilmede Ulaşım ve Erişilebilirlik alt kriterlerinden Yola Yakınlık alt kriterinin önem derecesi Sağlık Tesislerine Yakınlık alt kriteri ile karşılaştırıldığında geometrik ortalama 5 (kuvvetli derecede önem derecesi) değerini almaktadır (Tablo 7). Karşılaştırma matrisinde  $a_{ij}=1/a_{ji}$  karşılık geldiği için Sağlık Tesislerine Yakınlık alt kriteri ile Yola Yakınlık alt kriteri karşılaştırılmasına 0,200 (1/5) değer aldığı görülmektedir.

### 3.2. Kriter Ağırlıklarının Hesaplanması

Bir sonraki aşamada, matristeki her eleman kendi sütun toplamına bölünerek, normalize edilir. Öncelik vektörünü hesaplamak için, her bir satırın toplamı, satırların toplamına bölünür ve matris normalize edilerek hesaplanır. Normalize edilmiş matrisin her bir sütun toplamı 1 olur. Sonraki aşamada öncelikler vektörü hesabı için satır ortalamaları hesaplanır. Öncelikler vektörünü gösteren hesaplama sonuçları Tablo 8-11' de verilmiştir.

Tablo 8. Ana Kriterlere Ait Öncelikli Vektör Hesabı

Kriterler	Alan Özellikleri Kriterleri	Jeolojik Özellikler Kriterleri	Ulaşım ve Erişilebilirlik Kriterleri	Ortalama
Alan Özellikleri Kriterleri	0,429	0,600	0,333	0,454
Jeolojik Özellikler Kriterleri	0,143	0,200	0,333	0,225
Ulaşım ve Erişilebilirlik Kriterleri	0,429	0,200	0,333	0,321
Toplam	1,000	1,000	1,000	1,000

Tablo 8'de en sağda, kriterlerin öncelikler vektörü önemlerini gösteren ortalama değerleri sütunu incelendiğinde Alan Özellikleri Kriterlerinin 0,454 değeri ile en yüksek öneme sahip olduğu ve bu kriteri 0,321 değeri ile Ulaşım ve Erişilebilirlik kriterlerinin ve 0,225 değeri ile Jeolojik Özellikler kriterlerinin izlediği görülmektedir.

Tablo 9. Alan Özellikleri Alt Kriterlerine Ait Öncelikli Vektör Hesabı

Kriterler	Alansal Büyüklük	Altyapı	Ortalama
Alansal Büyüklük	0,800	0,800	0,800
Altyapı	0,200	0,200	0,200
Toplam	1,000	1,000	1,000



Tablo 9’da en sağda, kriterlerin öncelikler vektörü önemlerini gösteren ortalama değerleri sütunu incelendiğinde Alan Özellikleri alt kriterlerinden Alansal Büyüklük kriterinin 0,800 değeri ile en yüksek öneme sahip olduğu ve bu kriteri 0,200 değeri ile Altyapı kriterinin izlediği görülmektedir.

Tablo 10. Jeolojik Özellikler Alt Kriterlerine Ait Öncelikli Vektör Hesabı

Kriterler	Jeolojik Yapı	Sıvılaşma Potansiyeli	Yer Altı Su Seviyesi	Eğim	Yükselti Kuşağı	Ortalama
Jeolojik Yapı	0,455	0,555	0,404	0,288	0,250	<b>0,391</b>
Sıvılaşma Potansiyeli	0,227	0,278	0,404	0,404	0,333	<b>0,329</b>
Yer Altı Su Seviyesi	0,152	0,093	0,135	0,231	0,250	<b>0,172</b>
Eğim	0,091	0,040	0,034	0,058	0,125	<b>0,069</b>
Yükselti Kuşağı	0,076	0,035	0,022	0,019	0,042	<b>0,039</b>
<b>Toplam</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>

Tablo 10’da en sağda, kriterlerin öncelikler vektörü önemlerini gösteren ortalama değerleri sütunu incelendiğinde Jeolojik Özellikler alt kriterlerinden Jeolojik Yapı kriterinin 0,391 değeri ile en yüksek öneme sahip olduğu ve bu kriteri 0,329 değeri ile Sıvılaşma Potansiyeli kriterinin, 0,172 değeri ile Yer Altı Su Seviyesi kriterinin, 0,069 değeri ile Eğim kriterinin ve 0,039 değeri ile Yükselti Kuşağı kriterinin izlediği görülmektedir.

Tablo 11. Ulaşım ve Erişilebilirlik Alt Kriterlerine Öncelikli Vektör Hesabı

Kriterler	Yola Yakınlık	Sağlık Tesislerine Yakınlık	Konut Alanlarına Yakınlık	Ortalama
Yola Yakınlık	0,455	0,625	0,400	<b>0,493</b>
Sağlık Tesislerine Yakınlık	0,091	0,125	0,200	<b>0,139</b>
Konut Alanlarına Yakınlık	0,455	0,250	0,400	<b>0,368</b>
<b>Toplam</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>	<b>1,000</b>

Son olarak Tablo 11’de en sağda, kriterlerin öncelikler vektörü önemlerini gösteren ortalama değerleri sütunu incelendiğinde Ulaşım ve Erişilebilirlik alt kriterlerinden Yola Yakınlık kriterinin 0,493 değeri ile en yüksek öneme sahip olduğu ve bu kriteri 0,368 değeri ile Konut Alanlarına Yakınlık kriterinin ve 0,139 değeri ile Sağlık Tesislerine Yakınlık kriterinin izlediği görülmektedir.

### 3.3.Tutarlılık Analizi

Öncelikler vektörünün oluşturulmasının ardından Tüm Öncelikler Matrisi hesaplanır. “Acil Durum Toplanma Alanı Ana Kriterleri” için Tüm Öncelikler matrisi hesabı oluşturulur. Sonraki adımlarda ise AHP yöntemi Adım 3’te verilen denklem adımları izlenmiştir:

$$\begin{bmatrix} 0,43 & 0,60 & 0,33 \\ 0,14 & 0,20 & 0,33 \\ 0,43 & 0,20 & 0,33 \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} 0,45 \\ 0,22 \\ 0,32 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1,45 \\ 0,69 \\ 1,00 \end{bmatrix}$$

$$1,45/0,45=3,195804196$$

$$0,69/0,22=3,093896714$$

$$1,00/0,32=3,118811881$$

(3)

$$\lambda_{max} = \frac{3,19+3,09+3,12}{3}=3,136171$$

(4)

$$CI = \frac{3,13-3}{3-1}=0,068085$$

(5)

$$CR = \frac{0,068085}{0,58}=0,117388733$$

(6)

Kriterlerin tutarlılıkları hesaplanılmış ve tutarlılık oranının (CR) 0,2’den büyük olduğu durumlar tutarsız kabul edilmiştir. Belirtilen adımlar tüm kriterler için uygulanmıştır. İkili karşılaştırma matrislerine dayalı hesaplamalardan elde edilen sonuç değerleri Tablo 12’de sunulmaktadır.

Tablo 12. Yerel ve Global Ağırlık Tablosu

Kriterler	Yerel Ağırlık	Alt kriterler	Yerel Ağırlık	Global Ağırlık
Alan Özellikleri Kriterleri	0,453	Alansal büyüklük	0,800	0,363
		Altyapı	0,200	0,090
Jeolojik Özellikler Kriterleri	0,225	Jeolojik Yapı	0,390	0,088
		Sıvılaşma Potansiyeli	0,329	0,074
		Yer altı su seviyesi	0,171	0,038
		Eğim	0,069	0,015
		Yükselti Kuşağı	0,038	0,008
Ulaşım ve Erişilebilirlik Kriterleri	0,320	Yola Yakınlık	0,493	0,158
		Sağlık Tesislerine Yakınlık	0,138	0,044
		Konut Alanlarına Yakınlık	0,368	0,118

Acil durum toplanma alanı ana kriterleri bazındaki değerlendirmede en yüksek ağırlığa sahip kriter 0,453 kriter ağırlığıyla “Alan Özellikleri Kriteri” olduğu sonucuna ulaşılmıştır. “Alan Özellikleri Kriteri”ni sırasıyla 0,320 kriter ağırlığıyla “Ulaşım ve Erişilebilirlik Kriterleri” ve 0,225 kriter ağırlığıyla “Jeolojik Özellikler Kriteri” izlemektedir. Tablodaki global ağırlıklar değerlendirildiğinde bütün alt kriterler arasından en yüksek ağırlığa sahip alt kriterin 0,363 kriter ağırlığıyla “Alansal Büyüklük” olduğu sonucuna ulaşılmıştır. “Alansal Büyüklük” alt kriterini sırayla, 0,158 kriter ağırlığıyla “Yola Yakınlık”, 0,118 kriter ağırlığıyla “Konut Alanlarına Yakınlık” izlemektedir. 0,008 kriter ağırlığıyla “Yükselti Kuşağı” alt kriteri acil durum toplanma alanı için en az etkiye sahip alt kriter olduğu sonucu elde edilmiştir.

Acil durum toplanma alanları için kriter ağırlıkları incelendiğinde, acil durum toplanma alanları değerlendirmesinde “Alan Özellikleri”nin ilk sırada yer alıyor olmasına rağmen “Altyapı” alt kriterinin, “Ulaşım ve Erişilebilirlik Kriterleri” alt kriterlerinden daha az kriter ağırlığına sahip olduğu görülmektedir. Aynı şekilde “Ulaşım ve Erişilebilirlik Kriterleri”nden “Sağlık Tesislerine Yakınlık” kriteri, kriter önem sırasında “Jeolojik Özellikler Kriteri” alt kriterleri ile son sırada yer almaktadır. Bu sonuç ana kriterlerin önem ağırlıklarının değil, ana kriterlere ait alt kriterlerin kriter ağırlıklarının daha önemli olduğunu göstermektedir.

Oluşturulmuş hiyerarşide en yüksek değere sahip olan kriterin “Alansal Özellikler” kriteri olmasına karşın yalnızca bu kriterin iyi olması toplanma alanının değerlendirilmesi için istenileni veremeyecektir. Afetzedeler, afet sırasında ve sonrasında ilk olarak hem aileleri ile bir araya gelebilecekleri hem de afet risklerinden korunabilecekleri alanlara ulaşmak istemektedirler. Bu nedenle yola yakınlık ve konut alanlarına yakınlık kriterleri acil durum toplanma alanlarına ulaşımı kolaylaştırdığı için sağlık tesislerine yakınlık kriterinden daha yüksek ağırlığa sahip olmuştur. Oysa, acil durum toplanma alanlarının sağlık tesislerine olan mesafesi, afetlerde zihinsel ve fiziksel risklerin azaltılması konusunda büyük öneme sahiptir. Ancak sağlık ekibinin afet bölgesine ulaşması ve ilkyardımanın afet bölgesinde yapılacak olması acil durum toplanma alanlarında yola yakınlığın önemini açıklamaktadır. Jeolojik özellikler kriterlerinin bir kısmının sağlık tesislerine olan mesafe kriterinden daha yüksek öneme sahip olmasının nedeni ise, acil durum toplanma alanlarının jeolojik özelliklerinin yeterli olmaması sonucu ikincil bir afete neden olabilecek olmasıdır. İkincil bir afet olma olasılığı sağlık tesislerine olan mesafeden daha kritik bir durumdur.

Diğer alt kriterler incelendiğinde ise, acil durum toplanma alanlarının alansal büyüklük açısından yeterli büyüklüğe sahip olması, bu bölgelerde geçici barınma alanlarının kurulabilmesi ve afetzedelerin yakınları ile bir araya gelerek afet şokunu atlatabilecek olmaları gibi imkanlar vermesi açısından öne çıkmaktadır. Eğim ve yükselti kuşağı gibi “Jeolojik Özellikler Kriterleri” alt kriterlerinin kriter ağırlıkları değerlendirmesinde son sırada yer alıyor olmaları ise bu kriterlerin önemsiz olduğunu göstermemektedir. Acil durum toplanma alanları değerlendirmesinde en büyük ağırlığa sahip olan alansal büyüklüğe ve yetersiz eğime sahip olan bir alanda eğim kaynaklı su basması gerçekleşebilir. Bu da acil durum toplanma alanları için istenmeyen bir durumdur. Kriter ağırlıkları farklı olmasına karşın tüm değerlendirme kriterleri acil durum toplanma alanlarının belirlenmesinde ve değerlendirilmesinde etkili olmaktadır. Bu koşullar altında, acil durum toplanma alanları birçok kriterin bir arada değerlendirilmesini gerektiren zorlu bir problemidir. ÇKKV metodolojisinden yararlanılmadan belirlenen kriterlerin önem derecelerini hesaplanması, acil durum toplanma alanlarının belirlenmesi ve objektif bir şekilde değerlendirilmesi güçtür.

#### 4. Sonuçlar

Ülkemizde sıkça yaşanan afetler sonrasında afet yönetimi kapsamında acil durum toplanma alanları gün geçtikçe daha da önem kazanmıştır. Ülkemizde yerel yönetimlerce belirlenmiş olan 15984 adet acil durum toplanma alanı bulunmaktadır. Acil durum toplanma alanları, pek çok afet sonrasında eksikliği veya yetersizliği durumunda yeni alanlar oluşturularak, sayıları artmaktadır. Bu da acil durum toplanma alanlarının özelliklerinin afetlerin yaşanmasından önce belirlenmesi ihtiyacını doğurmaktadır. Acil durum toplanma alanları belirlenirken pek çok kriter devreye girmektedir. Bu kriterlerin birlikte değerlendirilmesi gereği bir Çok Kriterli Karar Verme problemi özelliği göstermektedir.

Bu çalışmada, ÇKKV metodolojisinden AHP yöntemi kullanılarak acil durum toplanma alanları özelliklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma modeli oluşturulurken, acil durum toplanma alanlarına ait literatür taraması ve uzman görüşlerine başvurulmuştur. Bu aşamada acil durum toplanma alanlarına ait ana kriterler ve ana kriterlere ait alt kriterler belirlenmiştir. Acil durum toplanma alanına ait ana kriterler “Alan Özellikleri”, “Jeolojik Özellikler Kriterleri” ve “Ulaşım ve Erişilebilirlik Kriterleri” olarak

belirlenmiştir. Alan özellikleri ana kriterinin alt kriterlerini alansal büyüklük ve altyapı oluşturmaktadır. Jeolojik özellikler ana kriterinin alt kriterlerini ise jeolojik yapı, eğim, sıvılaşma potansiyeli, yeraltı su seviyesi ve yükselti kuşağı oluşturmaktadır. Ulaşım ve erişilebilirlik ana kriterinin alt kriterlerini ise yola yakınlık, sağlık tesislerine yakınlık ve konut alanlarına yakınlık oluşturmaktadır.

Sonraki aşamada, karar hiyerarşisi belirlenmiştir ve AHP yöntemi adımları takip edilerek acil durum toplanma alanlarına ait kriterlerin ağırlıkları elde edilmiştir. Bu değerlendirmelerin ardından kriterlerin tutarlılıkları hesaplanmıştır. Sonuç olarak acil durum toplanma alanları için en yüksek ağırlığa sahip ana kriterin “Alan Özellikleri” kriteri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. “Alan Özellikleri” ana kriterini sırasıyla, “Ulaşım ve Erişilebilirlik Kriteri” ve “Jeolojik Özellikler Kriteri” izlemektedir. Sonraki aşamada acil durum toplanma alanları ana kriterlerine ait alt kriterlerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Tüm bu kriterlere ait alt kriterlerinin değerlendirilmesinde en önemli alt kriterin “Alan Özellikleri” kriterinin alt kriteri olan “Alansal Büyüklük” kriteri olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Acil durum toplanma alanlarına ait tüm alt kriterler ağırlıklarına göre şu şekilde sıralanmaktadır: Alansal Büyüklük (0,363), Yola Yakınlık (0,158), Konut Alanlarına Yakınlık (0,118), Altyapı (0,090), Jeolojik Yapı (0,088), Sıvılaşma Potansiyeli (0,074), Sağlık Tesislerine Yakınlık (0,044), Yeraltı Su Seviyesi (0,038), Eğim (0,015), Yükselti Kuşağı (0,008) (Tablo 12).

Ana ve alt kriterler bazındaki analiz sonuçlarına göre “Alansal Özellikler”in acil durum toplanma alanlarının belirlenmesinde en güçlü etkiye sahip kriter olduğu görülmektedir. “Alansal Özellikler” kriterindeki bu sonuç, afet sonrasında insanlara hızlı ve kolay biçimde ulaşabilmesi için büyüklük ve alandaki insanların temel ihtiyaçlarını giderebilmesi ile altyapı hizmetleri olarak afet dışı ölümlerin oluşmaması açısından önemli olduğunu göstermektedir. Ana ve alt kriterler bazındaki değerlendirmeye göre ikinci sırada yer alan “Ulaşım ve Erişilebilirlik Kriterleri” afetlerde acil durum toplanma alanlarının yola yakın olması afetzedeler için kaçışa izin vermesi, yardımın afet bölgesine ulaşması ve yaralı afetzedelerin sağlık tesislerine ulaştırılması açısından önemlidir. Afetzedeler, afet sırasında/sonrasında aileleri ile güvenli bir alanda bir araya gelebilmeyi istemektedirler. Bu nedenle acil durum toplanma alanlarının konut alanlarına yakın olması acil durum toplanma alanları için önemli bir özellik olmaktadır. Sağlık tesislerine yakınlık ise afet sonrasında yaralı afetzedelere sağlık hizmetinin ulaşması afetzedeler için hayati öneme sahiptir. Bu nedenlerle acil durum toplanma alanlarında “Ulaşım ve Erişilebilirlik Kriterleri” büyük etkiye sahiptir. Ana ve alt kriterler bazındaki değerlendirmede en az etkiye sahip kriter olarak “Jeolojik Özellikler Kriteri” yer almaktadır. Acil durum toplanma alanının jeolojik özellikleri genel anlamda o acil durum toplanma alanının sağlamlığını temsil etmektedir. Tüm değerlendirmeler incelendiğinde acil durum toplanma alanının, alansal ve ulaşılabilirlik özellikleri ön plana çıkmıştır. Bu önem sıralamasına göre acil durum toplanma alanlarının özellikleri belirlenebilir.

Bu çalışmada, günümüzde önemi artan acil durum toplanma alanlarının özellikleri değerlendirilmeye çalışılmıştır. Yapılan değerlendirmelere göre acil durum toplanma alanlarında gerekli alansal özelliklere sahip olmasının jeolojik özelliklere sahip olmasından daha önemli olduğu göstermektedir. Sonuç olarak acil durum toplanma alanlarına; bilimsel olarak Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) metodolojisinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemi kullanarak karar verilmesi hem yerel yönetimlere hemde merkezi idareye yardımcı olacaktır. Mevcut ve yeni acil durum alanlarının yukarıda belirtilen kriter ağırlıkları gözönünde bulundurularak tekrar değerlendirilip konumlandırılması olası afetlerde kullanım performansını ve etkinliğini artıracaktır. Afet ve afet yönetimi konusunda yıllardır büyük sınavlar veren ülkemizde karar mekanizmalarının somut ve doğru adımlar atması için “karar verme” metodolojilerinin sıklıkla kullanılmasının maddi ve manevi kayıpları azaltacağı düşünülmektedir.

## Kaynakça

- 1900—2020 Deprem Kataloğu (M  $\geq$  4.0). (t.y.). 7 Mayıs 2020 tarihinde <https://deprem.afad.gov.tr/depremkatalogu#> adresinden erişildi.
- Ada E., Ergin N. (1993). Erzincan Yöresinin Depremselliğinin Yeraltı Koşullarına Göre Araştırılması ve Mart-1992 Depremlerinin Değerlendirilmesi, 2. Ulusal Deprem Mühendisliği Konferansı, 10-13 Mart 1993, İstanbul, Türkiye, ss.319-333.
- AFAD. (2013). *JEOLÖJİK ETÜT RAPORU* (s. 17). Afet ve Acil Durum Başkanlığı (AFAD).
- AFAD. (t.y.). Açıklamalı Afet Yönetimi Terimleri Sözlüğü. 28 Aralık 2019 tarihinde <https://www.afad.gov.tr/aciklamali-afet-yonetimi-terimleri-sozlugu> adresinden erişildi.
- Afet Riski Altındaki Alanların Dönüştürülmesi Hakkında Kanunun Uygulama Yönetmeliği. (2012). <https://altyapi.csb.gov.tr/6306-sayili-kanun-uygulama-yonetmeliği-yeni-duyuru-522> adresinden erişildi.
- Aghlmand, M., Onur, M. İ. ve Talaci, R. (2020). Heyelan Duyarlılık Haritalarının Üretilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin Ve Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Kullanımı. *European Journal of Science and Technology*, 224-230. doi:10.31590/ejosat.araconf28
- Akın, M., Akın, M. K., Akkaya, İ., Özvan, A. ve Şengül, A. (2015). Erciş (Van) Yerleşim Alanındaki Zeminlerin Sıvılaşma Potansiyelinin Değerlendirilmesi, 8.
- Aksoy, Y., Turan, A. Ç. ve Atalay, H. (2009). İstanbul Fatih İlçesi Yeşil Alan Yeterliliğinin Marmara Depremi Öncesi ve Sonrası Değerleri Kullanılarak İncelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 14(2), 137-150.
- Alt Yapılar İçin Afet Yönetmeliği. (2007, 15 Şubat). Resmî Gazete (Sayı: 26435). Erişim adresi: <https://www.mevzuat.gov.tr/Metin.aspx?MevzuatKod=7.5.11102&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch=alt%20yap%C4%B1>
- Aman, D. D. (2019). *Olası Marmara Depreminde Toplanma Alanları Yer Seçim Kriterlerinin Belirlenmesi: İstanbul Bağcılar Örneği*. (Doktora Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- B.Ü. Kandilli Rasathanesi ve Dae.Bölgesel Deprem-Tsunami İzleme ve Değerlendirme Merkezi. (2020). *24 OCAK SİVRİCE-ELAZIĞ DEPREMİ* (Basın Bülteni) (s. 8).
- Chalinder, A. (1998). Temporary Human Settlement Planning for Displaced Populations in Emergencies, 136.

- Cheng, H. ve Yang, X. K. (2012). A Comprehensive Evaluation Model for Earthquake Emergency Shelter. *Sustainable Transportation Systems* içinde (ss. 412-422). Ninth Asia Pacific Transportation Development Conference, sunulmuş bildiri, Chongqing, China: American Society of Civil Engineers. doi:[10.1061/9780784412299.0050](https://doi.org/10.1061/9780784412299.0050)
- Chu, J. Y. ve Su, Y. P. (2010). Comprehensive Evaluation Index System in the Application for Earthquake Emergency Shelter Site. *Advanced Materials Research*, 156-157, 79-83. doi:[10.4028/www.scientific.net/AMR.156-157.79](https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.156-157.79)
- Çelik, H. Z., Özcan, N. S. ve Erdin, H. E. (2017). Afet ve Acil Durumlarda Halkın Toplanma Alanlarının Kullanılabilirliğini Belirleyen Kriterler, 8.
- Çınar, A. K., Akgün, Y. ve Maral, H. (2018). Analysing The Planning Criterias of Emergency Assembly Points and Temporary Shelter Areas: Case of İzmir-Karşıyaka. *Journal of Planning*. doi:[10.14744/planlama.2018.07088](https://doi.org/10.14744/planlama.2018.07088)
- Ho, W. (2008). Integrated analytic hierarchy process and its applications – A literature review. *European Journal of Operational Research*, 186(1), 211-228. doi:[10.1016/j.ejor.2007.01.004](https://doi.org/10.1016/j.ejor.2007.01.004)
- Hong, L. ve Xiaohua, Z. (2011). Study on location selection of multi-objective emergency logistics center based on AHP. *Procedia Engineering*, 15, 2128-2132. doi:[10.1016/j.proeng.2011.08.398](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.08.398)
- Kara, H. (2007). Türkiye’deki Şehir Yerleşmelerinde Afet Sonrasına Yönelik “Afet Merkezleri” Planlaması. *TMMOB AFET SEMPOZYUMU*, 279-288.
- Kelly, C. (2005). Checklist-Based Guide to Identifying Critical Environmental Considerations in Emergency Shelter Site Selection, Construction, Management and Decommissioning. *UNEP/OCHA Environment Unit*, 34.
- Liu, Q., Ruan, X. ve Shi, P. (2011). Selection of emergency shelter sites for seismic disasters in mountainous regions: Lessons from the 2008 Wenchuan Ms 8.0 Earthquake, China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 40(4), 926-934. doi:[10.1016/j.jseaes.2010.07.014](https://doi.org/10.1016/j.jseaes.2010.07.014)
- Nicholl, J., West, J., Goodacre, S. ve Turner, J. (2007). The relationship between distance to hospital and patient mortality in emergencies: An observational study. *Emergency Medicine Journal*, 24(9), 665-668. doi:[10.1136/emj.2007.047654](https://doi.org/10.1136/emj.2007.047654)
- Omidvar, B., Baradaran-Shoraka, M. ve Nojavan, M. (2013). Temporary site selection and decision-making methods: A case study of Tehran, Iran. *Disasters*, 37(3), 536-553. doi:[10.1111/disa.12007](https://doi.org/10.1111/disa.12007)
- Özşahin, E. ve Değerliuyurt, M. (2013). MODELING OF SEISMIC HAZARD RISK ANALYSIS IN ANTAKYA (HATAY, SOUTH TURKEY) BY USING GIS ISSN: 2354-2918, 24.
- Rezaei, S. (2014, 3 Temmuz). *Afet Sonrası En Uygun Geçici Barınma Alanlarının Belirlenmesi İçin Karar Destek Modeli Geliştirilmesi*. (Thesis). <https://polen.itu.edu.tr/handle/11527/13584> adresinden erişildi.
- Saaty, T. L. ve Kearns, K. P. (1985). *Analytical planning: The organization of systems*. International series in modern applied mathematics and computer science (1st ed.). Oxford ; New York: Pergamon Press.
- Saaty, T. L. ve Vargas, L. G. (2001). *Models, Methods, Concepts & Applications of the Analytic Hierarchy Process*. Boston, MA: Springer US. <http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4615-1665-1> adresinden erişildi.
- UNHCR (United Nations High Commissioner for Refugees) (2007) Handbook for Emergencies. Third edition. UNHCR, Geneva. S.64
- Wei, L., Li, W., Li, K., Liu, H. ve Cheng, L. (2012). Decision Support for Urban Shelter Locations Based on Covering Model. *Procedia Engineering*, 43, 59-64. doi:[10.1016/j.proeng.2012.08.011](https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.08.011)
- Xu, J., Yin, X., Chen, D., An, J. ve Nie, G. (2016). Multi-criteria location model of earthquake evacuation shelters to aid in urban planning. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 20, 51-62. doi:[10.1016/j.ijdr.2016.10.009](https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2016.10.009)
- Yavuz Kumlu, K. B. ve Tüdeş, Ş. (2019). Determination of earthquake-risky areas in Yalova City Center (Marmara region, Turkey) using GIS-based multicriteria decision-making techniques (analytical hierarchy process and technique for order preference by similarity to ideal solution). *Natural Hazards*, 96(3), 999-1018. doi:[10.1007/s11069-019-03583-7](https://doi.org/10.1007/s11069-019-03583-7)
- Yılmaz, B. ve Dağdeviren, M. (2010). EKİPMAN SEÇİMİ PROBLEMİNDE PROMETHEE VE BULANIK PROMETHEE YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRMALI ANALİZİ. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, (4), 16.
- Yön, B., Onat, O., Emin Öncü, M. ve Karaşin, A. (2020). Failures of masonry dwelling triggered by East Anatolian Fault earthquakes in Turkey. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 133, 106126. doi:[10.1016/j.soildyn.2020.106126](https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2020.106126)



# Farklı Mıknatıs Yapıları ve Farklı Mıknatıs Malzemeleri Kullanımının Küresel Motorun Tasarımına Etkisi

Umut Yusuf Gündoğar<sup>1\*</sup>, Sibel Zorlu Partal<sup>2</sup>,

<sup>1</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5245-275X)

<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1309-2090)

(İlk Geliş Tarihi 17 Temmuz 2020 ve Kabul Tarihi 31 Ağustos 2020)

(DOI: 10.31590/ejosat.770998)

**ATIF/REFERENCE:** Gündoğar, U. Y. & Zorlu Partal, S. (2020). Farklı Mıknatıs Yapıları ve Farklı Mıknatıs Malzemeleri Kullanımının Küresel Motorun Tasarımına Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 946-959.

## Öz

Günümüzde teknolojiye paralel olarak, robotik sistemlerde, tıp alanında, otomotiv sektöründe ve endüstriyel uygulamalarda çok serbestlik dereceli hareket yapabilen motorlara ihtiyaç giderek artmaktadır. Bu sebeple bu çalışmada, çok eksenli hareket kabiliyetine sahip bir sabit mıknatıslı küresel motor tasarımı yapılmış ve ANSYS Maxwell yazılımıyla sonlu elemanlar yöntemiyle (SEY) elektromanyetik analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizlerde, motorun rotorunda yer alan farklı mıknatıs türleri ve mıknatıs yapılarının yanında, stator ve rotor nüvelerindeki farklı laminasyon türleri de dikkate alınarak motor tasarımları yapılmıştır. Mıknatıs olarak NdFe30, NdFe35, SmCo28 malzemeleri; mıknatıs yapısı olarak gömülü düz mıknatıs, gömülü V-tipi mıknatıs, yüzey mıknatıs; stator ve rotor yapılarındaki laminasyonlar için de steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemeleri kullanılarak oluşturulan her bir model için ayrı ayrı elektromanyetik analizler gerçekleştirilmiştir. Her bir tasarım için manyetik akı yoğunluğu dağılımının manyetik doyum problemi incelenmiş, moment ve kuvvet değerleri hesaplanmış ve sonuçlar karşılaştırmalı olarak verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Elektrik Makinalarının Tasarımı, Küresel Motor, Elektromanyetik Analiz, Mıknatıs, ANSYS Maxwell.

## The Effect of Using Different Magnet Structures and Different Magnet Materials on the Design of the Spherical Motor

### Abstract

Today, with the advances in technology, the need for motors capable of multi-degree of freedom in robotic systems, medicine, automotive industry and industrial applications is increasing. For this reason, in this study, a permanent magnet spherical motor design with multi-axis motion ability has been designed and electromagnetic analysis has been done with ANSYS Maxwell software using the finite element method. In the analysis, motor designs were made by considering different types of magnets in the rotor and different lamination types in the stator and rotor cores with different magnet structures. Electromagnetic analyzes were performed for each model created using steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 materials in stator and rotor structures and NdFe30, NdFe35, SmCo28 materials as magnets with embedded straight magnet, embedded V-type magnet, surface magnet structures. For each design, magnetic saturation problem of magnetic flux density distribution is examined, moment and force values are calculated and results are given comparatively.

**Keywords:** Design of Electrical Machines, Spherical Motor, Electromagnetic Analysis, Magnet, ANSYS Maxwell.

\* Sorumlu Yazar: Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0002-5245-275X, [umutgundogar@hotmail.com.tr](mailto:umutgundogar@hotmail.com.tr)



## 1. Giriş

Teknolojinin zaman içinde hızlı ve sürekli gelişimi birçok alanda olduğu gibi robotik uygulamalarda da farklı ihtiyaçların ortaya çıkmasına ve bunlarla ilgili çözümler üretilmesine imkan sağlamıştır. Robotik uygulamalarda eksenel hareketler, bu uygulamaların çok yönlü sistemleri içinde barındırması ve hassas hareket kabiliyeti ile çalışmalar yapabilmeleri açısından oldukça önemli bir yere sahiptir. Çok yönlü hareketli sistemlerinde genellikle her bir eksen veya yön için farklı bir motor kullanmak gerekirken, çok yönlü hareket kabiliyetine sahip küresel motorların bu sistemlerde kullanılmasıyla aynı işlem tek bir küresel motorla gerçekleştirilebilmektedir. Böylece hem sistemi oluşturan eleman sayısı ve sistemin maliyeti azalmakta, hem de tek bir küresel motorla tüm bu işlevler yerine getirilerek kontrol kolaylığı sağlanabilmektedir. Bu sebeple bu çalışmada, küresel motorun daha büyük açılarda eksenel hareket kabiliyetine sahip olmasını sağlanacak özel bir tasarımın gerçekleştirilmesi ve moment, kuvvet parametreleri üzerinde çalışmalar yapılarak, endüstriyel uygulamalarda kullanılması hedeflenmiştir.

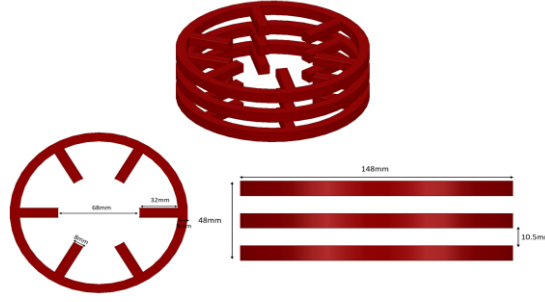
Küresel motorlar üzerine tasarım, çalışma performansları, yapıları gibi birçok bakımdan farklı çalışmalar yapılmıştır. Yapılan çalışmalar motorda kullanılan malzemelerin ve motorun tasarımının, motorun performansına etkisinin önemli olduğu göstermiştir. Küresel motorların geçmişi 1900'lü yıllara uzanmaktadır. İlk küresel motor üzerine çalışmalar Manchester Üniversitesi'nde tarafından yapılmıştır. Çalışmalarda statoru küre şeklinde olan indüksiyon motoru tasarlanmıştır. Tasarlanan motorun çalışma prensibi hareketli statorda yer alan sacların yerleşim düzeninin farklılığına dayanmaktadır (Williams, Laithwaite ve Piggot, 1956); (Williams, Laithwaite, Eastham, 1959); (Laithwaite, 1960). Küresel motor üzerine yapılan bu ilk çalışmalar, başka araştırmacıların tasarım ve kontrol üzerine çalışmalarıyla günümüze kadar devam etmiştir. Bir başka çalışmada üç eksenli hareket kabiliyetine sahip sabit mıknatıslı 360° dönme hareketinin yanında, 45° doğrusal hareket yeteneğine sahip bir küresel motor tasarlanmıştır (Öner, 2004). Başka bir çalışmada rotorunun sabit mıknatıslardan oluştuğu ve statorunun küresel sargılardan oluştuğu eksenel olarak 37° açısal hareket kabiliyetine sahip olan bir küresel motor geliştirilmiştir (Takahara, Hirata, Niguchi, Nishiura ve Sakaidani, 2017). Yapılan başka bir çalışmada rotoru üzerinde 8 adet sabit mıknatıs bulunan ve 20 adet küresel sargısı olan stator yapısından oluşan bir küresel motor geliştirilmiştir (Li, Li ve Li, 2017). Bir diğer küresel motor çalışmasında ise çok serbestlik dereceli bir küresel motor çalışması gerçekleştirilmiştir. Küresel motorun statorunda yer alan 3 katlı sargılardan ortadaki sargılar motorun dönüşünü sağlarken, alt ve üst sargılar eksenel hareket için enerjilendirilerek küresel motorun hareketi gerçekleştirilmiştir (Li, Bai, Chen ve Liu, 2017). Sabit mıknatıslı küresel motorun geri yayılım yapay sinir ağları yöntemiyle modellenmesi konusunda küresel motorun çalışmasını gerçekleştirmişlerdir (Zhou, Li, Zhou, Ju, Ma ve Cao, 2017). Rotorunda 8 adet sabit mıknatıs olan ve statoru 16 küresel sargıdan oluşan sabit mıknatıslı bir küresel motorun, 37° eksenel hareket kabiliyetine sahip olacağı şekilde çalışma gerçekleştirilmiştir (El-Khalafawy ve El-Amery, 2017). Halbach dizisinde sabit mıknatıs yapısından ve üç katlı stator bloğundaki sargılardan oluşan küresel motoru, SEY kullanılarak analizlerini gerçekleştirdikten sonra prototipini oluşturulmuştur (Li ve Li, 2018). Bir diğer çalışmada sabit mıknatıslardan oluşan küresel motorun rotorunun dönüş hareketini blok yapısında stator oluşturularak sağlanmıştır. Küresel motorun SEY kullanılarak analizleri gerçekleştirdikten sonra hareket kabiliyetlerini ve moment değerleri elde edilmiştir (Ahmadi, Moghani ve Mirsalim, 2018).

Rotoru demir yapıdan ve dışı bakır yapıdan oluşan, statoru da asenkron makinalardaki çalışma prensibine benzer çalışan bir indüksiyon küresel motor tasarlanmış ve analizleri gerçekleştirilmiştir (Yan, Duan, Zhang, Qiao ve Gerada, 2018). Moment değerlerini stator sargılarına uygulanan enerjilendirmeye göre 0.13Nm değerlerinde elde etmişlerdir (Yan, Duan, Zhang, Qiao ve Gerada, 2018). Bir başka çalışmada sabit mıknatıslı küresel rotorun etrafına eksenel ve rotasyonel hareketleri sağlaması için sargılar yerleştirilerek farklı bir motor tasarımı yapılmıştır (Cho, Lim, Oh, Jeong, Kang ve Lee, 2018). Japonya Osaka Üniversitesi'nde yapılan bir çalışmada rotoru sabit mıknatıslardan oluşan ve stator sargı yapılarının nüve bloklarından olacak şekilde bir küresel motor tasarlanmıştır (Li, Chen, Yue ve Zhang, 2018). MEMS atalet ölçüm sensörü kullanılarak küresel motorların algılama performansını iyileştirmek için sabit mıknatıslı bir küresel motor tasarlanmıştır (Rong, Wang, Lu, Li, Lu ve Xu, 2018). Yine sabit mıknatıslı bir rotora sahip küresel motor, nüve üzerinde sargı yapıları bulunan stator ile enerjilendirilerek, eksenel ve rotasyonel hareket kabiliyetine sahip küresel bir motor üzerine çalışmalar yapılmıştır (Li, Chen ve Wang, 2019).

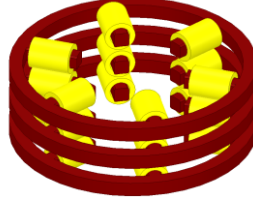
Bu çalışmada ise, sabit mıknatıslı bir küresel motorun tasarımı gerçekleştirilmiş ve ANSYS Maxwell yazılımı kullanılarak, SEY kullanılarak manyetik analizleri yapılmıştır. Küresel motorun rotorunda bulunan mıknatısların yerleşim şekilleri olarak gömülü düz, gömülü V-tipi ve yüzey şekli referans alınarak, mıknatıs malzeme olarak NdFe30, NdFe35, SmCo28 malzemeleri kullanılarak ve stator ile rotor yapılarında steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 çelik malzemeleri kullanılarak 216 adet elektromanyetik analiz gerçekleştirilmiştir. Elektromanyetik analizlerle motorun hareketlerine bağlı olarak manyetik akı yoğunluğu dağılımları, moment ve kuvvet değerleri elde edilmiştir.

## 2. Küresel Motorun Tasarımı ve Yapısı

Bu çalışmada tasarlanan küresel motorda üç adet aynı yapıda stator bulunmaktadır. Her bir stator yapısında altı adet olmak üzere, küresel motorun statorunda toplamda on sekiz adet sargı bulunmaktadır. Stator blokları 19 mm mesafe aralığında tasarlanmıştır. Böylece kutup ayaklarına sarılacak sargılara yer bırakılmıştır. Sargılar 90 sarım sayısından ve 0,81 mm çapındaki bakır iletkenlerden oluşmaktadır. Statorun sargılarına bakır malzeme tanımlanmıştır. ANSYS Maxwell ve ANSYS SpaceClaim Direct Modeler yazılımları kullanılarak oluşturulan stator nüve yapısı ve bu nüveye sargıların yerleştirilmiş hali, sırasıyla Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.

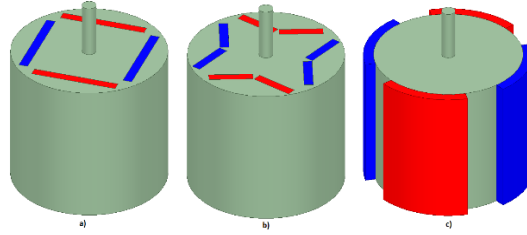


Şekil 1. Küresel motorun stator yapısı



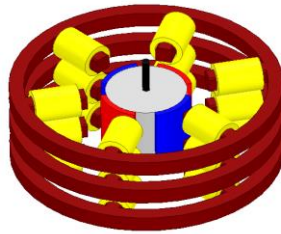
Şekil 2. Stator sargıları yerleştirilmiş küresel motor

Küresel motorun rotoru dört kutuplu bir yapıya sahiptir. Rotorda yer alan sabit mıknatıslar birbirleriyle  $90^\circ$  açı yapacak şekilde ve 2 adet N kutbu ve 2 adet S kutbu olacak şekilde modellenmiştir. Böylece sargılardan geçirilecek akımların oluşturacağı manyetik alan kuvvetine göre rotor hareketi sağlanmış olacaktır. Ayrıca küresel motorun hareket eksenine bağlı olarak yön tayinini yapabilmek için, 40 mm'lik kısmı rotorun içinde kalacak şekilde, 60 mm uzunluğunda bir motor mili modellenmiştir. Mil, çelik malzemeden yapılmıştır. Tasarlanan küresel motorun rotor yapısının gömülü düz mıknatıs, gömülü V-tipi mıknatıs ve yüzey mıknatıs olarak modellenmiştir ve modeller sırasıyla Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3. Küresel motorun rotorunun genel yapısı a) Gömülü düz mıknatıslı rotor yapısı, b) Gömülü V-tipi mıknatıslı rotor yapısı, c) Yüzey mıknatıslı rotor yapısı

Küresel motorun tüm bileşenlerinin modellemesi ANSYS Maxwell yazılımı ile gerçekleştirilmiştir (ANSYS Maxwell Online Help, 2020); (ANSYS Maxwell 2020R1, 2020). Statoru, rotoru ve sargıları ayrı ayrı modellenen küresel motorun, tüm parçalarının birleştirildiği genel yapısı Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Küresel motorun genel yapısı

### 3. Küresel Motorun Elektromanyetik Analizleri

Küresel motorun moment değerinin bilinmesi veya hesaplanarak bulunması, küresel motorun parametrelerinin gerektiğinde düzenlenmesi ve kontrolünün yapılabilmesi için önemli bir kriterdir. SEY kullanılarak elektromanyetik analizlerin gerçekleştirildiği ANSYS Maxwell yazılımında, küresel motorun ürettiği moment parametresi Lorentz kuvveti ve zahiri iş momenti olmak üzere iki farklı yöntemle elde edilebilmektedir.

Bobin sarılı bir nüve ile sargı arasındaki hava aralığında, bobinden akım geçtiğinde, sargıdan nüveye doğru bir kuvvetin etki ettiği görülür. Elektromekanik sistemde kuvvet ve moment oluşan manyetik enerjiden meydana gelmektedir. Manyetik enerji yoğunluğu Eşitlik 1 ile hesaplanır (Öner, 2004).

$$W_m = \int H * dv \quad (1)$$

Sargılara verilen akım ( $i$ ) ve bu akım sayesinde oluşan manyetik enerji yoğunluğu kullanılarak, moment ve kuvvet ifadeleri, mesafe ( $s$ ) ve dönme açısına ( $\theta$ ) bağlı olarak aşağıda verilen Eşitlik 2 ve Eşitlik 3 ile hesaplanabilir (Öner, 2004).

$$T = \frac{dW(\theta,i)}{d\theta} \quad (2)$$

$$F = \frac{dW(s,i)}{ds} \quad (3)$$

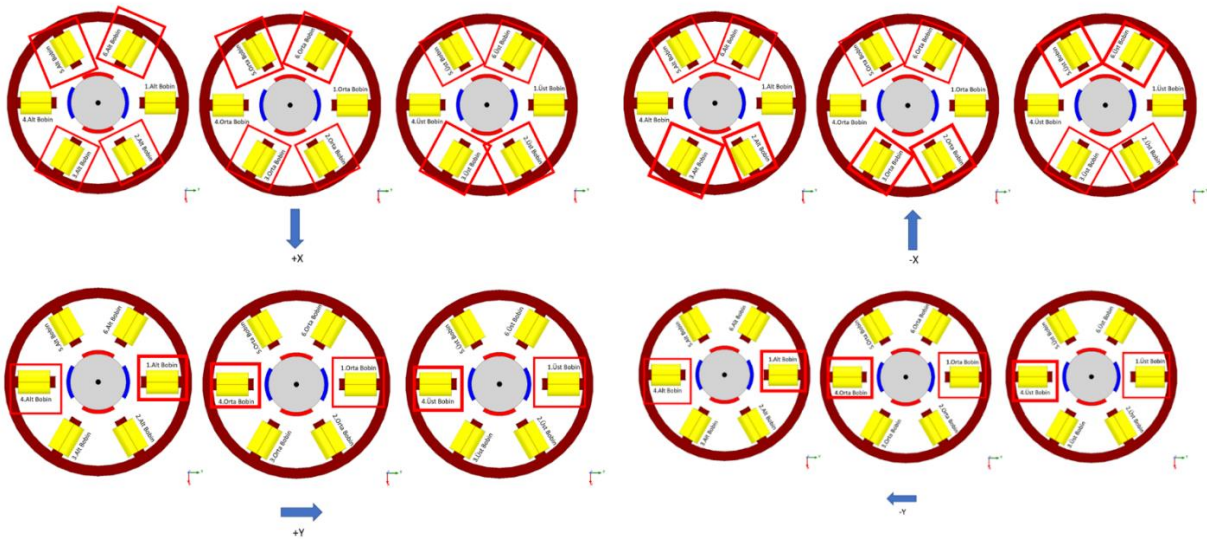
Moment ve kuvvet parametrelerinin iyileştirilmesinde, küresel motoru oluşturan yapıların malzeme bilgileri, sargılara uygulanan akım değeri ve tasarımın boyutu gibi birçok parametre etkili olmaktadır. Küresel motor tasarımında, en iyi motor performansına ulaşmak için gerekli olan moment, kuvvet, adım açısı ve eksenel hareket kolaylığını sağlayacak değerlerin elde edilmesi gereklidir. Bu sebeple bu çalışmada, küresel motor yapısında yer alan mıknatıs malzemesini, mıknatıs yapısını ve stator ile rotor yapılarında kullanılan malzemeleri kapsayan çok farklı optimizasyon çalışmalarını içeren elektromanyetik analizler gerçekleştirilmiştir.

Statik elektromanyetik analizde uyarma olarak sargılara amper-sarım cinsinden değerler tanımlanması gerekmektedir. Bu sebeple küresel motorun statorunda yer alan tüm sargıların 90 sarımdan oluştuğu tanımlanmış ve daha sonra istenen hareket yönüne bağlı olarak belirli sargılara 1A'lık akım verilerek uyarmaları sağlanmıştır.

Küresel motor üç boyutlu hareket kabiliyetine sahiptir. Bu sebeple motorun rotorunun koordinat sisteminde orjinde yer aldığı düşünülerek, motorun X ve Y eksenlerinin pozitif ve negatif yöndeki hareketinin açılarının değişimlerine göre, 45°lik açısal hareketler yaptırılmış ve her eksenel hareket için de elektromanyetik analizler gerçekleştirilmiştir. Analizlerde yer alan  $\alpha$  değeri, küresel motorun yaptığı açısal hareketleri tanımlamaktadır ve yukarıda da bahsedildiği gibi küresel motorun hareketi  $\alpha = \pm 45^\circ$  arasında değişmektedir. Elektromanyetik analizlerle,  $\alpha$ 'nın bu değişimlerine göre küresel motorun manyetik akı yoğunluğu dağılımları ve moment değerleri elde edilmiştir.

Küresel motorun konumunun kartezyen koordinat sistemindeki konumuna göre, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerindeki hareketlerini yapmadan önce, küresel motorun statik olarak konumlandığı  $\alpha = 0^\circ$  olan ilk durumu ve  $\alpha = 45^\circ$  olan son durumunun analizleri gerçekleştirilmiştir.

Küresel motorun bulunduğu koordinat sistemi referans alındığında pozitif X yönünde hareketini sağlamak için 2 Alt, 3 Alt, 5 Alt, 6 Alt ve 2 Üst, 3 Üst, 5 Üst, 6 Üst sargıları enerjilendirildiğinde, 5 Alt, 6 Alt, 5 Üst, 6 Üst sargıları karşısındaki S kutbunu itecek ve 2 Alt, 3 Alt, 2 Üst, 3 Üst sargıları karşısındaki S kutbunu kendi eksen doğrultusuna çekmek isteyeceklerdir. Hem 2 Alt ile 3 Alt, hem 2 Üst ile 3 Üst sargıları çekeceği için küresel motor bu dört kuvvetin bileşkesinde maksimum 45°lik açı ile hareket edecektir. Küresel motorun hareket yönüne göre orta bobinler enerjilendirilerek, motorun hareket konumunda sabit kalması sağlanacaktır. Küresel motorun kartezyen koordinat sistemindeki konumuna göre pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerindeki hareketlerinin sağlanması için enerjilendirilmesi gereken stator sargıları ve hareket yönleri Şekil 5'te gösterilmiştir.



Şekil 5. Küresel motorun pozitif X ve Y ile negatif X ve Y eksenlerine doğru hareketi ve enerjilenen stator sargıları

Bu çalışmada küresel motorun pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde; mıknatısların NdFe30, NdFe35, SmCo28 malzemelerden oluştuğu ve mıknatıs yapısının gömülü düz mıknatıs, gömülü V-tipi mıknatıs, yüzey mıknatıs olduğu; stator ve rotor

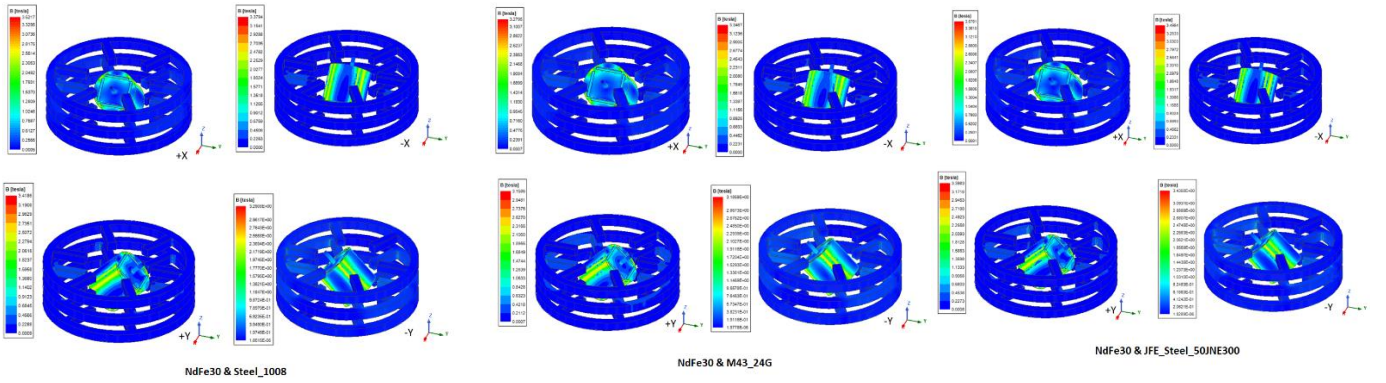


yapılarının steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemelerden oluştuğu modellerin,  $\alpha=45^\circ$  hareket pozisyonlarındaki elektromanyetik analizleriyle, manyetik akı yoğunluğu dağılımları, kuvvet değerleri ve moment değerleri elde edilmiştir.  $\alpha$  değeri eksenlere ve bileşelerine doğru küresel motorun yaptığı açısal hareketleri tanımlamaktadır. Küresel motorun hareketi  $\alpha=\pm 45^\circ$  arası değişmektedir.

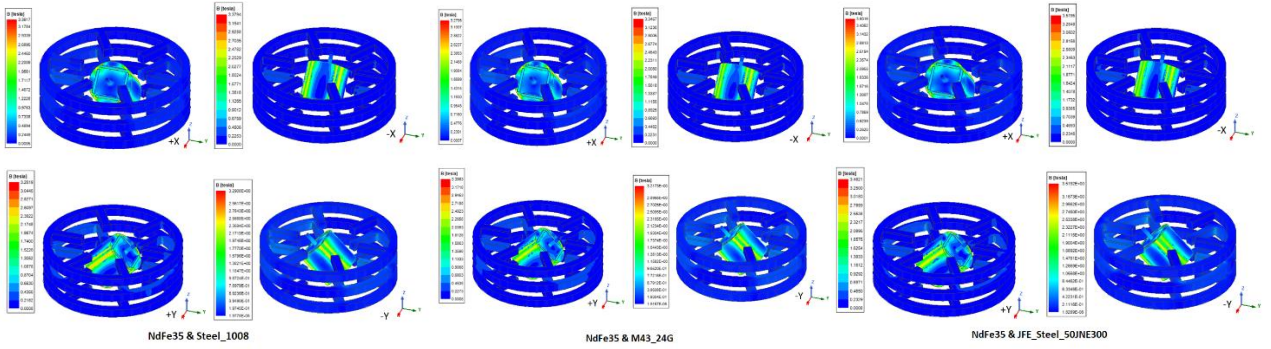
Aşağıda, motorun rotorunda yer alan mıknatısların yerleşim şekli referans alınarak oluşturulan modellerin her biri için yapılan analizler ve bu analizlerden elde edilen manyetik akı yoğunluğu dağılımları, kuvvet ve moment değerleri; gömülü düz mıknatıs, gömülü V-tipi mıknatıs ve yüzey mıknatıs yerleşim şekilleri için sırasıyla verilmiştir.

### 3.1. Küresel Motorun Gömülü Düz Mıknatıs Yapısında Elektromanyetik Analizleri

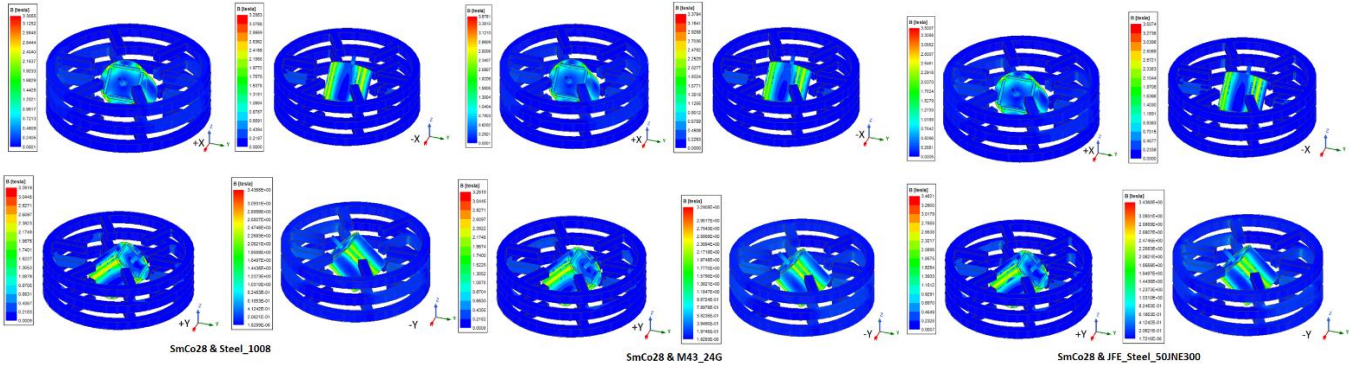
Bu analiz çalışmasında rotordaki mıknatıs yerleşiminin gömülü düz mıknatıs yapısında olduğu durum referans alınmıştır. Bu durum için; küresel motorun pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde ve bileşelerinde olduğu; mıknatısların NdFe30, NdFe35, SmCo28 malzemelerden oluştuğu; stator ve rotor yapılarının ise steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemelerden oluştuğu modellerin  $\alpha=45^\circ$  hareket pozisyonlarındaki elektromanyetik analizleri gerçekleştirilmiştir. Her bir durum için manyetik akı yoğunluğu dağılımları, mıknatıs ve rotor ile stator yapılarında kullanılan malzemelere göre sırasıyla Şekil 6'da, Şekil 7'de ve Şekil 8'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Mıknatısların gömülü düz mıknatıs yapısında, NdFe30 mıknatıs ve rotor ile stator bileşelerinde steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemeleri kullanılan küresel motorun, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde,  $\alpha=45^\circ$  hareket konumlarındaki manyetik akı yoğunluğu dağılımları



Şekil 7. Mıknatısların gömülü düz mıknatıs yapısında, NdFe35 mıknatıs ve rotor ile stator bileşelerinde steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemeleri kullanılan küresel motorun, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde,  $\alpha=45^\circ$  hareket konumlarındaki manyetik akı yoğunluğu dağılımları



Şekil 8. Mıknatısların gömülü düz mıknatıs yapısında, SmCo28 mıknatıs ve rotor ile stator bileşenlerinde steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemeleri kullanılan küresel motorun, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde,  $\alpha=45^\circ$  hareket konumlarındaki manyetik akı yoğunluğu dağılımları

Yukarıda Şekil 6'da, Şekil 7'de ve Şekil 8'de manyetik akı yoğunluğu dağılımları verilen motor tasarımlarının her biri için, mıknatısların NdFe30, NdFe35, SmCo28 malzemelerden oluştuğu ve mıknatıs yapısının gömülü düz mıknatıs yapıda olduğu; stator ve rotor yapılarının steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemelerden oluştuğu modellerin kuvvet ve moment değerleri, mıknatıs ile rotor ve stator yapılarında kullanılan malzemelere göre sırasıyla Tablo 1'de, Tablo 2'de ve Tablo 3'te verildiği gibi elde edilmiştir.

Tablo 1. Mıknatısların gömülü düz mıknatıs yapısında ve NdFe30 mıknatıs malzemesinden olduğu kuvvet ve moment değerleri

Steel_1008	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	22 N	23 N	27 N	26 N
Moment	3 mNm	1 mNm	2 mNm	9 mNm
M43_24G	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	24 N	25 N	25 N	31 N
Moment	6 mNm	11 mNm	5 mNm	9 mNm
JFE_Steel_50JNE300	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	22 N	23 N	21 N	28 N
Moment	3 mNm	1.4 mNm	4 mNm	8 mNm

Tablo 2. Mıknatısların gömülü düz mıknatıs yapısında ve NdFe35 mıknatıs malzemesinden olduğu kuvvet ve moment değerleri

Steel_1008	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	34 N	34 N	33 N	39 N
Moment	1.45 mNm	1.7 mNm	7 mNm	12 mNm
M43_24G	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	35 N	35 N	35 N	41 N
Moment	0.5 mNm	1.8 mNm	7 mNm	13 mNm
JFE_Steel_50JNE300	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	30 N	28 N	31 N	36 N
Moment	0.2 mNm	2.2 mNm	5 mNm	12 mNm

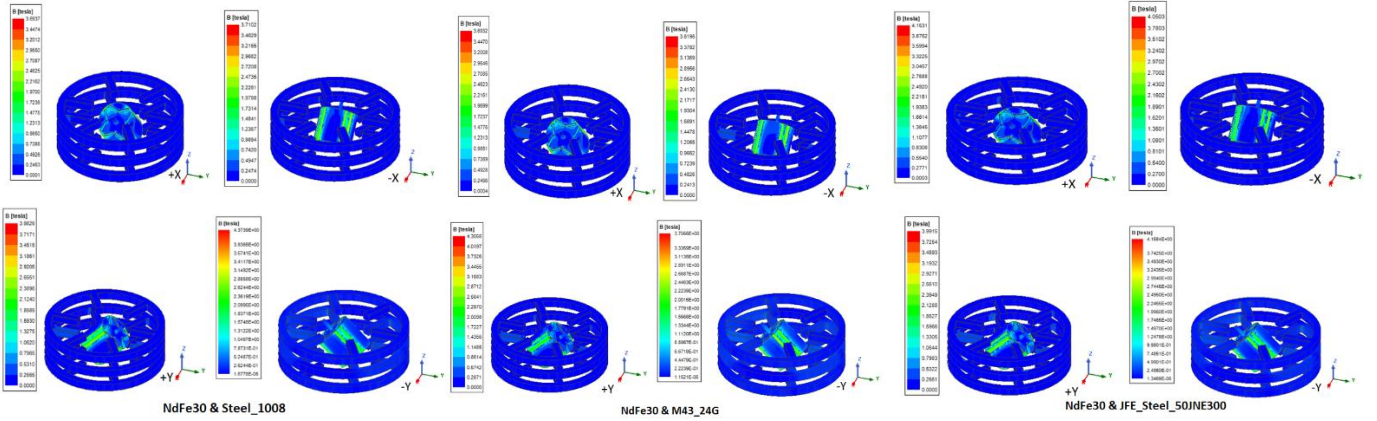


Tablo 3. Mıknatısların gömülü düz mıknatıs yapısında ve SmCo28 malzemesinden olduğu kuvvet ve moment değerleri

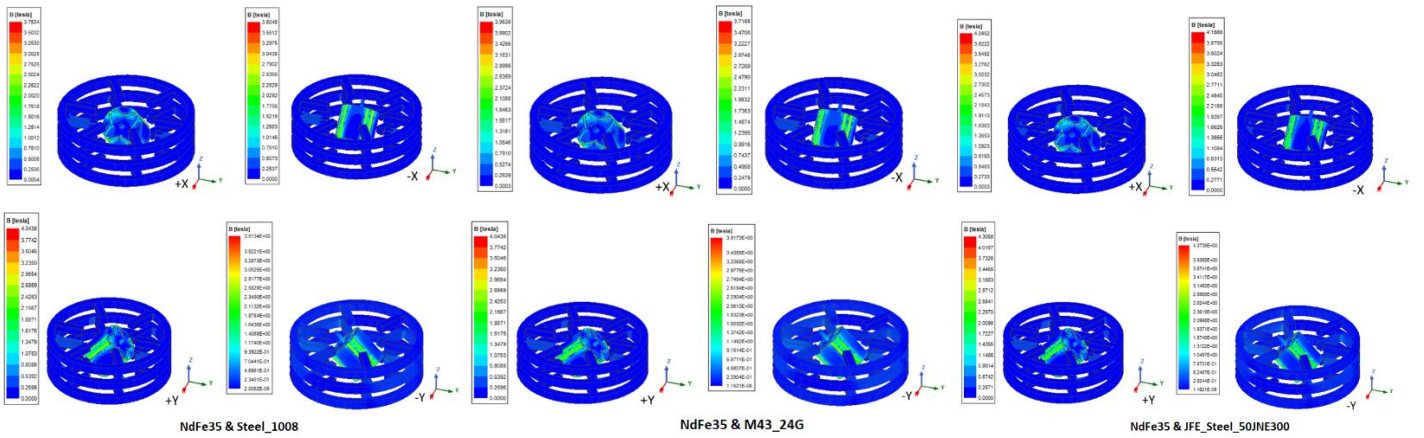
Steel_1008	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	21 N	21 N	19 N	25 N
Moment	3.5 mNm	1.6 mNm	3 mNm	6 mNm
M43_24G	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	24 N	23 N	22 N	28 N
Moment	2.3 mNm	1.8 mNm	5 mNm	8 mNm
JFE_Steel_50JNE300	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	21 N	22 N	19 N	25 N
Moment	1.7 mNm	1.3 mNm	4 mNm	7 mNm

### 3.2. Küresel Motorun Gömülü V-tipi Mıknatıs Yapısında Elektromanyetik Analizleri

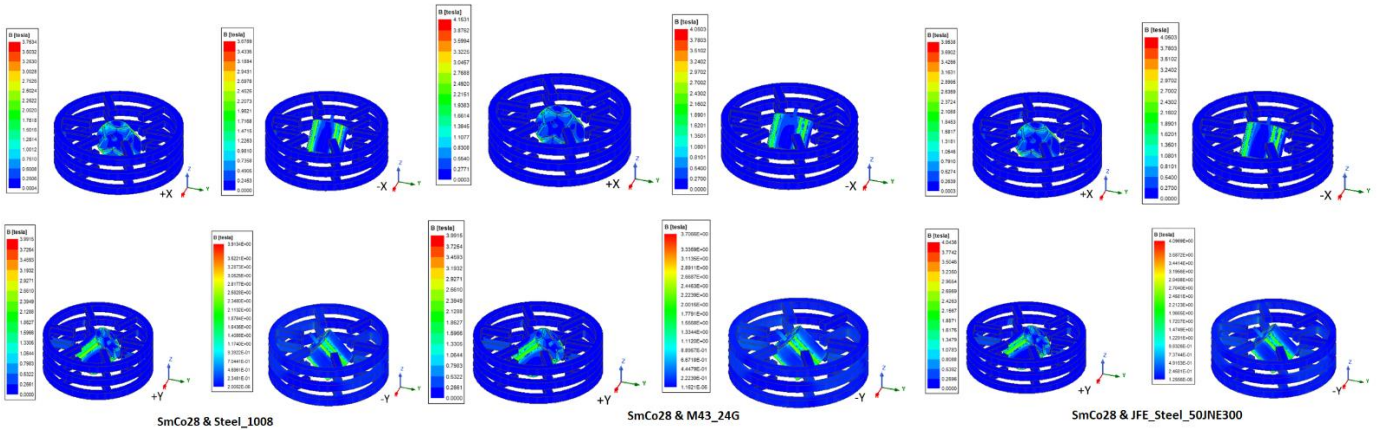
Bu analiz çalışmasında rotordaki mıknatıs yerleşiminin gömülü V-tipi mıknatıs yapısında olduğu durum referans alınmıştır. Bu durum için küresel motorun pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde ve bileşkelerinde olduğu; mıknatısların NdFe30, NdFe35, SmCo28 malzemelerden oluştuğu; stator ve rotor yapılarının steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemelerden oluştuğu modellerin  $\alpha=45^\circ$  hareket pozisyonlarındaki elektromanyetik analizleri gerçekleştirilmiştir. Her bir durum için manyetik akı yoğunluğu dağılımları, mıknatıs ve rotor ile stator yapılarında kullanılan malzemelere göre sırasıyla Şekil 9'da, Şekil 10'da ve Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 9. Mıknatısların gömülü V-tipi mıknatıs yapısında, NdFe30 mıknatıs ve rotor ile stator bileşenlerinde steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemeleri kullanılan küresel motorun, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde,  $\alpha=45^\circ$  hareket konumlarındaki manyetik akı yoğunluğu dağılımları



Şekil 10. Mıknatısların gömülü V-tipi mıknatıs yapısında, NdFe35 mıknatıs ve rotor ile stator bileşenlerinde steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemeleri kullanılan küresel motorun, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde,  $\alpha=45^\circ$  hareket konumlarındaki manyetik akı yoğunluğu dağılımları



Şekil 11. Mıknatısların gömülü V-tipi mıknatıs yapısında, SmCo28 mıknatıs ve rotor ile stator bileşenlerinde steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemeleri kullanılan küresel motorun, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde,  $\alpha=45^\circ$  hareket konumlarındaki manyetik akı yoğunluğu dağılımları

Yukarıda Şekil 9'da, Şekil 10'da ve Şekil 11'de manyetik akı yoğunluğu dağılımları verilen motor tasarımlarının her biri için, mıknatısların NdFe30, NdFe35, SmCo28 malzemelerden oluştuğu ve mıknatıs yapısının gömülü V-tipi mıknatıs yapıda olduğu; stator ve rotor yapılarının steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemelerden oluştuğu modellerin kuvvet ve moment değerleri, mıknatıs ve rotor ile stator yapılarında kullanılan malzemelere göre sırasıyla Tablo 4'te, Tablo 5'te ve Tablo 6'da gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Tablo 1. Mıknatısların gömülü V-tipi mıknatıs yapısında ve NdFe30 mıknatıs malzemesinden olduğu kuvvet ve moment değerleri

<b>Steel_1008</b>	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
<i>Kuvvet</i>	20 N	12 N	14 N	20 N
<i>Moment</i>	5 mNm	1.8 mNm	1 mNm	2.5 mNm
<b>M43_24G</b>	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
<i>Kuvvet</i>	37 N	8 N	8 N	11 N
<i>Moment</i>	6 mNm	1 mNm	6 mNm	6 mNm
<b>JFE_Steel_50JNE300</b>	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
<i>Kuvvet</i>	43 N	28 N	14 N	30 N
<i>Moment</i>	4 mNm	3.3 mNm	2.5 mNm	4 mNm

Tablo 2. Mıknatısların gömülü V-tipi mıknatıs yapısında ve NdFe35 mıknatıs malzemesinden olduğu kuvvet ve moment değerleri

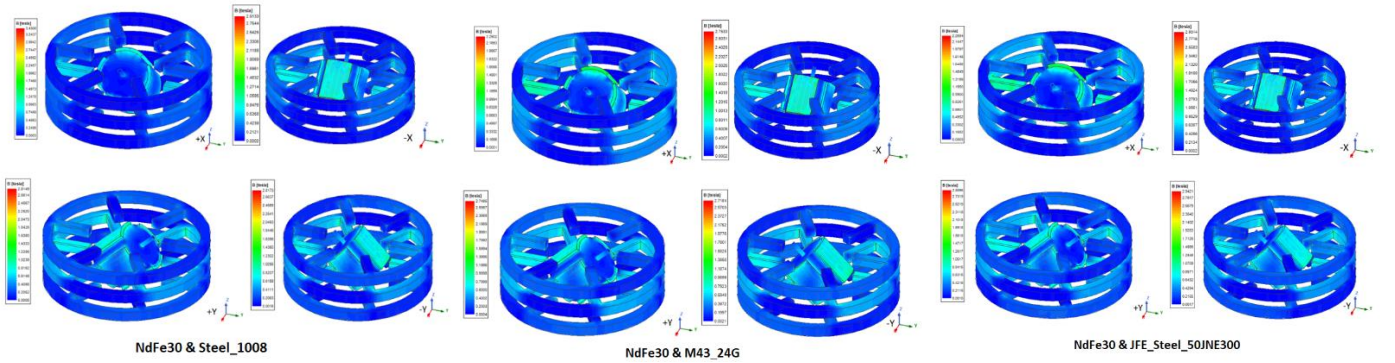
<b>Steel_1008</b>	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
<i>Kuvvet</i>	18 N	5 N	9 N	13 N
<i>Moment</i>	4.5 mNm	2.8 mNm	3.8 mNm	2.8 mNm
<b>M43_24G</b>	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
<i>Kuvvet</i>	33 N	5 N	9 N	10 N
<i>Moment</i>	6.5 mNm	3 mNm	2.5 mNm	2.7 mNm
<b>JFE_Steel_50JNE300</b>	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
<i>Kuvvet</i>	58 N	18 N	19 N	26 N
<i>Moment</i>	7.5 mNm	5 mNm	0.4 mNm	6 mNm

Tablo 3. Mıknatısların gömülü V-tipi mıknatıs yapısında ve SmCo28 mıknatıs malzemesinden olduğu kuvvet ve moment değerleri

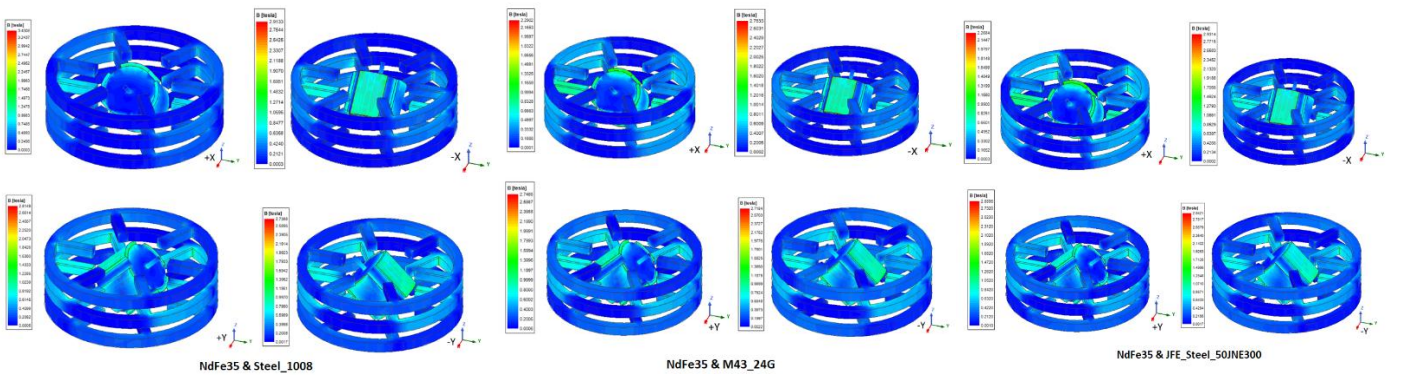
Steel_1008	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	20 N	14 N	4 N	22 N
Moment	1 mNm	1.5 mNm	5 mNm	5 mNm
M43_24G	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	20 N	12 N	1 N	18 N
Moment	6 mNm	1 mNm	2.5 mNm	2 mNm
JFE_Steel_50JNE300	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	36 N	27 N	14 N	34 N
Moment	7 mNm	3 mNm	1.5 mNm	3 mNm

### 3.3. Küresel Motorun Yüzey Mıknatıs Yapısında Elektromanyetik Analizleri

Bu analiz çalışmasında rotordaki mıknatıs yerleşiminin yüzey mıknatıs yapısında olduğu durum referans alınmıştır. Bu durum için; küresel motorun pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde ve bileşkelerinde olduğu; mıknatısların NdFe30, NdFe35, SmCo28 malzemelerden oluştuğu; stator ve rotor yapılarının ise steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemelerden oluştuğu modellerin  $\alpha=45^\circ$  hareket pozisyonlarındaki elektromanyetik analizleri gerçekleştirilmiştir. Her bir durum için manyetik akı yoğunluğu dağılımları, mıknatıs ve rotor ile stator yapılarında kullanılan malzemelere göre sırasıyla Şekil 12'de, Şekil 13'te ve Şekil 14'te gösterilmiştir.

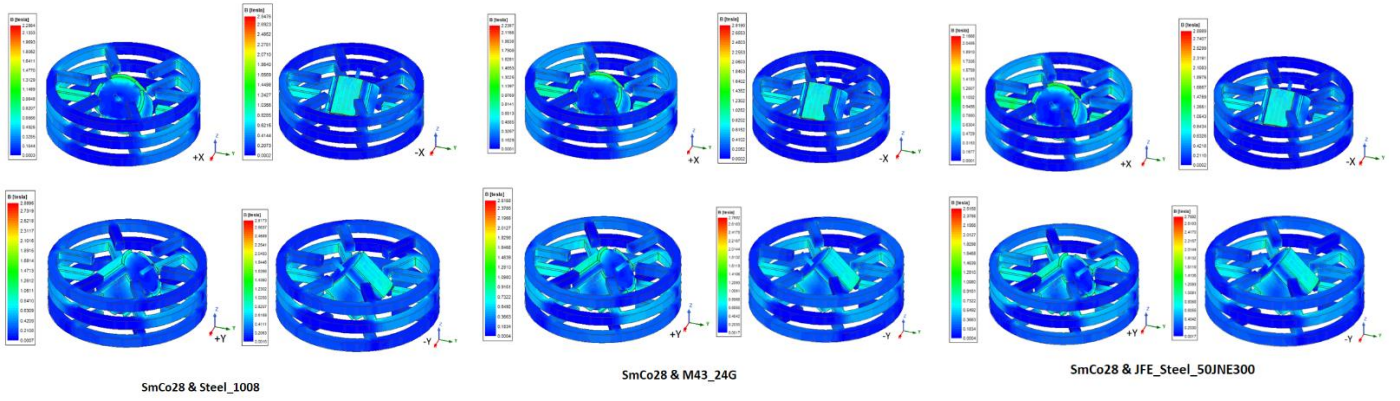


Şekil 12. Mıknatısların yüzey mıknatıs yapısında, NdFe30 mıknatıs ve rotor ile stator bileşenlerinde steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemeleri kullanılan küresel motorun, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde,  $\alpha=45^\circ$  hareket konumlarındaki manyetik akı yoğunluğu dağılımları



Şekil 13. Mıknatısların yüzey mıknatıs yapısında, NdFe35 mıknatıs ve rotor ile stator bileşenlerinde steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemeleri kullanılan küresel motorun, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde,  $\alpha=45^\circ$  hareket konumlarındaki manyetik akı yoğunluğu dağılımları





Şekil 14. Mıknatısların yüzey mıknatıs yapısında, SmCo28 mıknatıs ve rotor ile stator bileşenlerinde steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemeleri kullanılan küresel motorun, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde,  $\alpha=45^\circ$  hareket konumlarındaki manyetik akı yoğunluğu dağılımları

Yukarıda Şekil 12’de, Şekil 13’te ve Şekil 14’te manyetik akı yoğunluğu dağılımları verilen motor tasarımlarının her biri için, mıknatısların NdFe30, NdFe35, SmCo28 malzemelerden oluştuğu ve mıknatıs yapısının gömülü V-tipi mıknatıs yapıda olduğu; stator ve rotor yapılarının steel\_1008, M43\_24G, JFE\_Steel\_50JNE300 malzemelerden oluştuğu modellerin kuvvet ve moment değerleri, mıknatıs ve rotor ile stator yapılarında kullanılan malzemelere göre sırasıyla Tablo 7’de, Tablo 8’de ve Tablo 9’da gösterildiği gibi elde edilmiştir.

Tablo 7. Mıknatısların yüzey mıknatıs yapısında ve NdFe30 mıknatıs malzemesinden olduğu kuvvet ve moment değerleri

<b>Steel_1008</b>	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
<i>Kuvvet</i>	33 N	38 N	32 N	32 N
<i>Moment</i>	0.56 mNm	0.96 mNm	0.56 mNm	0.56 mNm
<b>M43_24G</b>	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
<i>Kuvvet</i>	35 N	40 N	35 N	35 N
<i>Moment</i>	0.576 mNm	0.96 mNm	0.57 mNm	0.57 mNm
<b>JFE_Steel_50JNE300</b>	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
<i>Kuvvet</i>	35 N	40 N	36 N	36 N
<i>Moment</i>	0.578 mNm	0.96 mNm	0.57 mNm	0.57 mNm

Tablo 8. Mıknatısların yüzey mıknatıs yapısında ve NdFe35 mıknatıs malzemesinden olduğu kuvvet ve moment değerleri

<b>Steel_1008</b>	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
<i>Kuvvet</i>	43 N	40 N	43 N	40 N
<i>Moment</i>	0.6 mNm	0.6 mNm	0.56 mNm	0.56 mNm
<b>M43_24G</b>	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
<i>Kuvvet</i>	45 N	43 N	44 N	44 N
<i>Moment</i>	0.5 mNm	1 mNm	0.57 mNm	0.57 mNm
<b>JFE_Steel_50JNE300</b>	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
<i>Kuvvet</i>	43 N	40 N	44 N	44 N
<i>Moment</i>	0.4 mNm	0.3 mNm	0.57 mNm	0.57 mNm

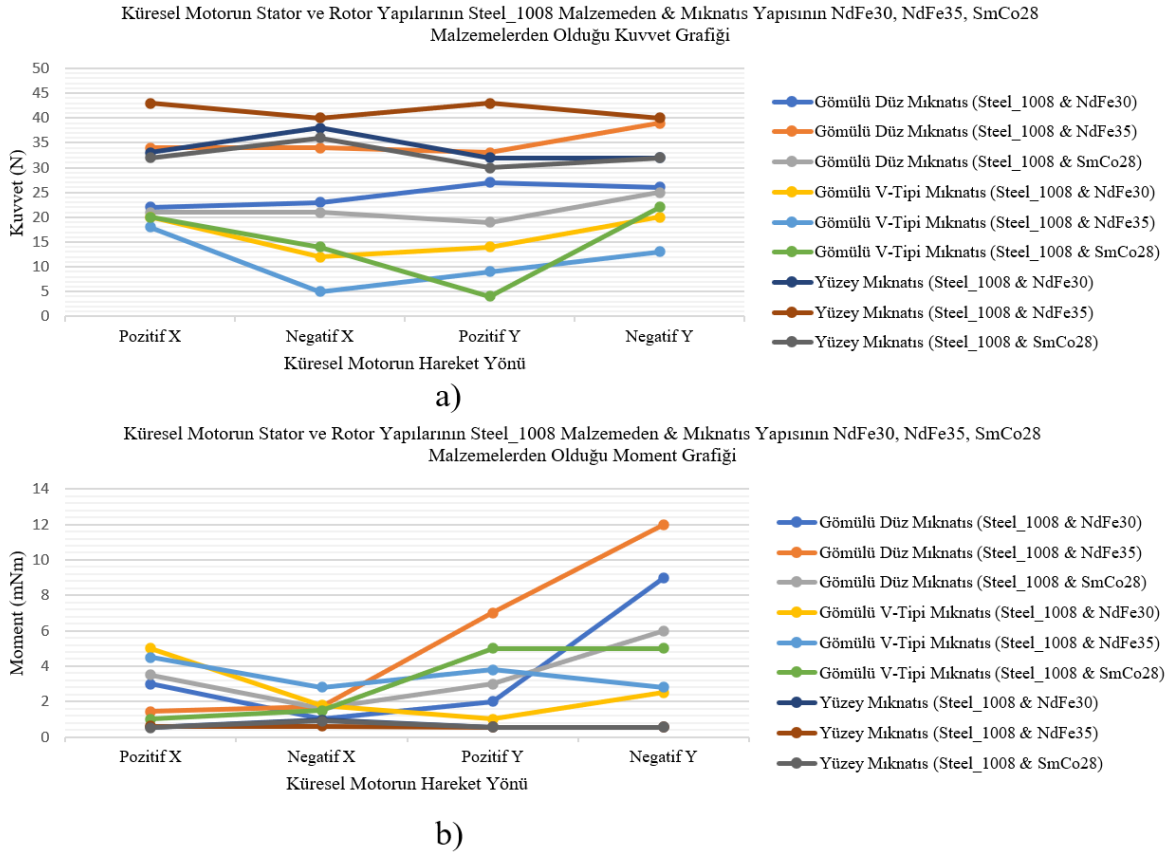
Tablo 9. Mıknatısların yüzey mıknatıs yapısında ve SmCo28 mıknatıs malzemesinden olduğu kuvvet ve moment değerleri

Steel_1008	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	32 N	36 N	30 N	32 N
Moment	0.53 mNm	0.9 mNm	0.56 mNm	0.56 mNm
M43_24G	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	33.5 N	38 N	33 N	34 N
Moment	0.54 mNm	0.9 mNm	0.57 mNm	0.57 mNm
JFE_Steel_50JNE300	(+)X	(-)X	(+)Y	(-)Y
Kuvvet	32 N	37 N	33 N	33 N
Moment	0.54 mNm	0.9 mNm	0.57 mNm	0.57 mNm

### 3.4. Küresel Motorun Farklı Mıknatıs Yapılarında ve Farklı Mıknatıs Türlerinde Gerçekleştirilen Elektromanyetik Analizlerinin Karşılaştırılması

Motor yapısında farklı mıknatıs yerleşimleri ve farklı mıknatıs türleri ile rotorda ve statorda farklı malzemeler kullanılarak oluşturulan modeller için yapılan elektromanyetik analizler irdelendiğinde ve manyetik akı yoğunluğu dağılımları görsellerine bakıldığında mıknatıs yerleşiminin rotorun yüzeyinde olduğu ve NdFe35 malzemesinin kullanıldığı modelin manyetik akı yoğunluğunun en uygun değerde olduğu ve statorda manyetik doyum probleminin olmadığı gözlemlenmiştir.

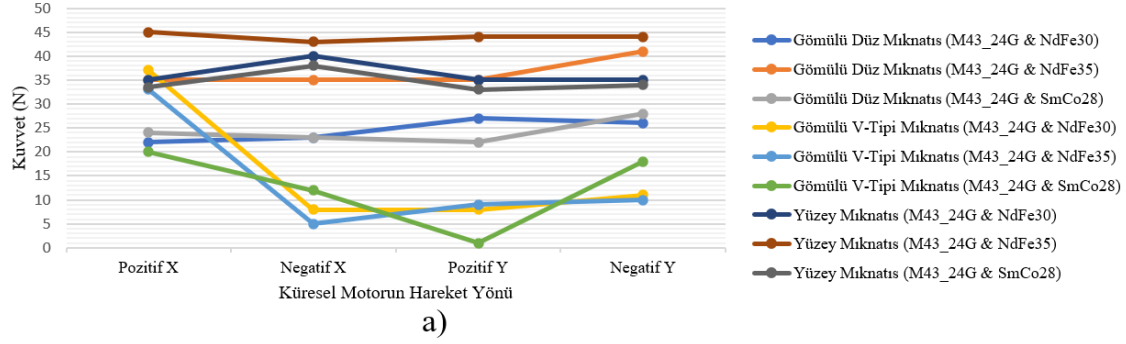
Motorun farklı mıknatıs malzemeleri ve farklı mıknatıs yerleşimleri ile rotorda ve statorda farklı malzemeler kullanılarak oluşturulan modellerinin elektromanyetik analizleri ile kuvvet ve moment değerleri karşılaştırmalı olarak sırasıyla Şekil 15, Şekil 16 ve Şekil 17’de verilmiştir.



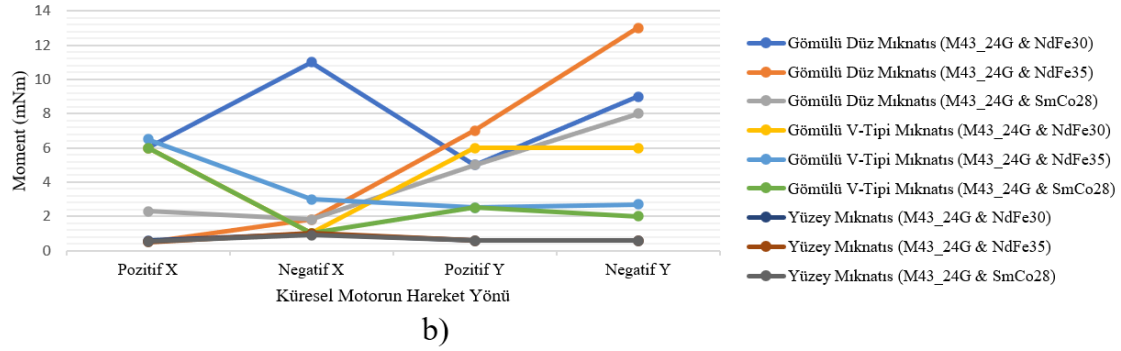
Şekil 15. Mıknatısların gömülü düz, gömülü V-tipi ve yüzey mıknatıs yapısında, NdFe30, NdFe35 ve SmCo28 mıknatıs malzemeleri ve rotor ile stator bileşenlerinde Steel\_1008 malzemesi kullanılan küresel motorun, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde,  $\alpha=45^\circ$  hareket konumlarındaki karşılaştırmalı a) kuvvet ve b) moment değerleri



Küresel Motorun Stator ve Rotor Yapılarının M43\_24G Malzemeden & Mıknatıs Yapısının NdFe30, NdFe35, SmCo28 Malzemelerden Olduğu Kuvvet Grafiği

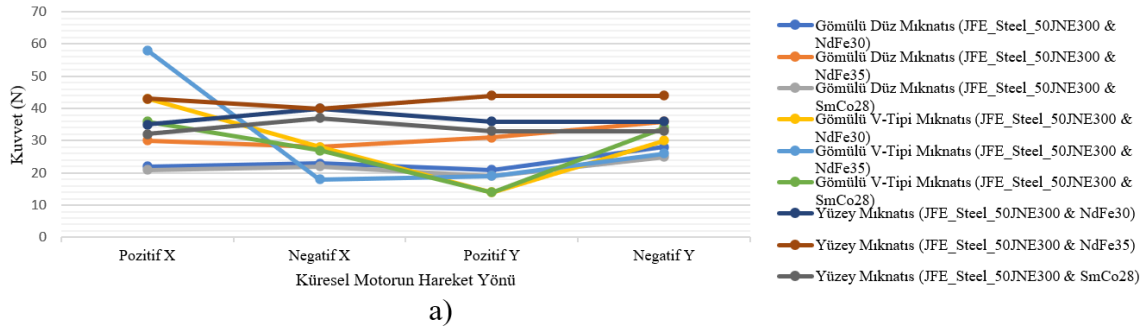


Küresel Motorun Stator ve Rotor Yapılarının M43\_24G Malzemeden & Mıknatıs Yapısının NdFe30, NdFe35, SmCo28 Malzemelerden Olduğu Moment Grafiği

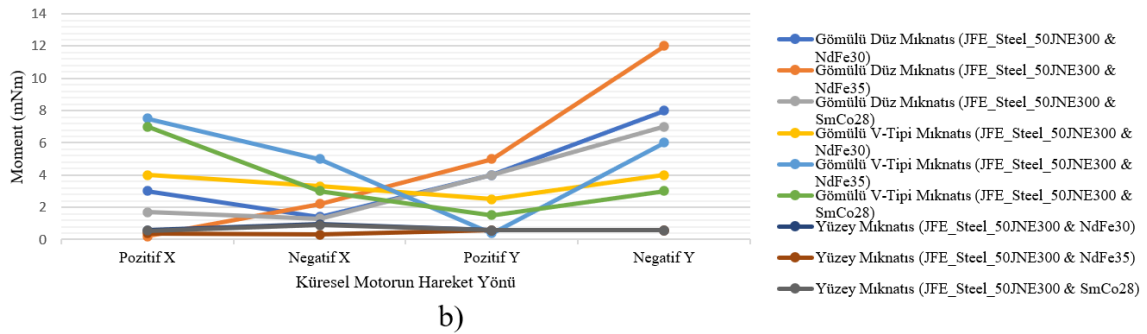


Şekil 16. Mıknatısların gömülü düz, gömülü V-tipi ve yüzey mıknatıs yapısında NdFe30, NdFe35 ve SmCo28 mıknatıs malzemeleri ve rotor ile stator bileşenlerinde M43\_24G malzemesi kullanılan küresel motorun, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde,  $\alpha=45^\circ$  hareket konumlarındaki karşılaştırmalı a) kuvvet ve b) moment değerleri

Küresel Motorun Stator ve Rotor Yapılarının JFE\_Steel\_50JNE300 Malzemeden & Mıknatıs Yapısının NdFe30, NdFe35, SmCo28 Malzemelerden Olduğu Kuvvet Grafiği



Küresel Motorun Stator ve Rotor Yapılarının JFE\_Steel\_50JNE300 Malzemeden & Mıknatıs Yapısının NdFe30, NdFe35, SmCo28 Malzemelerden Olduğu Moment Grafiği



Şekil 17. Mıknatısların gömülü düz, gömülü V-tipi ve yüzey mıknatıs yapısında NdFe30, NdFe35 ve SmCo28 mıknatıs malzemeleri ve rotor ile stator bileşenlerinde JFE\_Steel\_50JNE300 malzemesi kullanılan küresel motorun, pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde,  $\alpha=45^\circ$  hareket konumlarındaki karşılaştırmalı a) kuvvet ve b) moment değerleri

Elektromanyetik analizleri gerçekleştirilen ve yukarıda verilen 27 farklı motor modelinden elde edilen moment değerleri incelendiğinde, sonuçların 0,2 mNm-12 mNm arasında değiştiği ve mNm ölçeğinde önemli bir farklılık göstermediği görülmektedir. Motor modellerinin kuvvet analizlerinden elde edilen sonuçları karşılaştırıldığında ise, değerlerin 1N-58N arasında değiştiği görülmektedir. Şekil 16'dan da görüleceği gibi, mıknatısların yüzey mıknatıslı yapıda olduğu ve statorunda M43\_24G sac malzemesinin kullanıldığı tasarımlarda kuvvet değerleri, tüm eksenlerdeki hareket yönleri için birbirine yakın değerlerde bulunmuştur. En yüksek kuvvet değeri ise motorun yüzey mıknatıslı yapıda olduğu, NdFe35 mıknatıs malzemesi ve M43\_24G sac malzemesinin kullanıldığı modelde elde edilmiştir.

#### 4. Sonuç

Bu çalışmada küresel motorun farklı mıknatıs malzemeleri, farklı mıknatıs yapıları ve farklı stator-rotor yapıları için ayrı ayrı motor modelleri oluşturulmuş ve her bir modelin elektromanyetik analizleri yapılmıştır. Mıknatıs türleri olarak NdFe30, NdFe35 ve SmCo28 mıknatısları ve mıknatısların rotorda yerleşimleri olarak da gömülü düz, gömülü V-tipi ve yüzey mıknatıs yerleşimleri ele alınmıştır. Stator ve rotor yapıları için de steel\_1008, M43\_24G ve JFE\_Steel\_50JNE30 laminasyon malzemeleri kullanılmıştır. Her oluşturulan model için,  $\alpha=45^\circ$  alınarak elektromanyetik analizler yapılmış, manyetik akı yoğunluğu dağılımları, kuvvet değerleri ve moment değerleri elde edilmiştir.

Yapılan elektromanyetik analizlerden elde edilen manyetik akı yoğunluğu dağılım grafiklerine göre, NdFe35 mıknatıs malzemesi için manyetik akı yoğunluğu 1.09 Tesla, NdFe30 mıknatıs malzemesi için 1.04 Tesla ve SmCo28 mıknatıs malzemesi için de 0.97 Tesla olarak elde edilmiştir. Yine akı yoğunluğu değerleri incelendiğinde, stator manyetik doyum probleminin olmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca manyetik özellikleri farklı bu 3 mıknatısın, manyetik akı yoğunluğu farklılıklarının kuvvet değerlerine de yansıdığı ve akı yoğunluğundaki artışı, motorun aksel kuvvet değerlerinde de artışa yol açtığı görülmüştür. Mıknatısların rotordaki yerleşim farklılıklarına göre yapılan analiz sonuçlarına göre ise, yüzey mıknatıslı yapının daha düzgün bir manyetik akı dağılımı sağladığı görülmüştür. Bu modelde kaçak akı azaltılabilmiş ve diğer mıknatıs yapılarından farklı olarak, her ekseninde sabit kuvvet ve moment elde edilebilmiştir. Yine yüzey mıknatıslı yapıda tasarlanan 9 farklı model arasında, NdFe35 mıknatıs malzemesi ve M43\_24G sacının kullanıldığı motor modelinde en iyi sonuçların alındığı ve diğer tasarımlara göre en iyi kuvvet değerlerinin elde edildiği görülmüştür. Ayrıca manyetik akı yoğunluğu dağılımı incelendiğinde, manyetik doyum probleminin olmadığı görülmüştür. Bu modelde, küresel motorun pozitif X ve Y ile negatif X ve Y yönlerinde ortalama 44 N kuvvet değeri ve 0.65 mNm moment değeri elde edilmiştir.

Bu motor tasarım çalışması ile farklı mıknatıs malzemelerin kullanımının, küresel motorun manyetik akı yoğunluğu dağılımlarında değişimlere sebep olduğu, ayrıca küresel motorlarda moment, kuvvet ve aksel hareket kabiliyetlerinin iyileştirilmesi için gereken değerlerin, bu analizlerle elde edilebileceği görülmüştür. Yine analiz çalışmalarından, küresel motorun stator kutuplarında kullanılan sargıların sarım sayısı ve iletken telin çapının optimize edilerek, moment değerinin artırılacağı de görülmüştür. Tasarım sonuçları irdelenerek yapılacak iyileştirme çalışmaları ile motorun ağırlığı veya boyutu daha uygun hale getirilerek, tasarımında kullanılan malzemeler azaltılabilir ve böylece üretim maliyetinin de azaltılması sağlanabilir. Yine stator geometrisinde oluk sayısı ve rotorun mıknatıs sayısı optimize edilerek, aksel hareketler sonucunda oluşacak kuvvet ve moment değerlerinin artırılması sağlanabilir.

Küresel motorun bu farklı tasarım çalışmalarından görülmüştür ki, motor tasarımları farklı endüstriyel uygulama alanlarında kullanılacak şekilde optimize edilerek, istenen çalışma performansları elde edilebilmektedir. Mesela bu çalışma geliştirilip, küresel motorun stator yapısı üç katlı blok yapıdan oluşturulduğunda, stator için kullanılacak malzeme miktarı artmasına rağmen, oluşturulan stator orta bloğuyla küresel motorun hareketinin sabit kalması sağlanabilir.

#### Kaynakça

- Ahmadi S., Moghani, J.S. and Mirsalim, M., "Simulation and Analysis of a Novel PM Spherical 3-DOF Actuator with E-Shaped Stator and Blade-Shaped Rotor Structure", 2018 9th Annual Power Electronics, Drives Systems and Technologies Conference (PEDSTC), (2018).
- ANSYS Maxwell Online Help, ANSYS Electronics 2020R1, ANSYS Inc. , (2020).
- ANSYS Maxwell 2020R1, ANSYS, Inc., (2020).
- Cho, S., Lim, J.S., Oh, Y.J., Jeong, G., Kang, D.W. and Lee, J., "A Study on Output Characteristics of the Spherical Multi-DOF Motor According to the Number of Phases and Pole Pitch Angles", IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 54, NO. 11, NOVEMBER 2018, (2018).
- El-Khalafawy, K. and El-Amary, N.H., "Spherical Actuator Design and Operation Based on Magnetic Profile", 2017 IEEE PES Asia-Pacific Power and Energy Engineering Conference (APPEEC), (2017).
- Laithwaite, E., "Design of spherical motors", Electrical Times, (9), 921-925, (1960).
- Li, B., Li, Z., and Li, G., "Magnetic Field Model for Permanent Magnet Spherical Motor With Double Polyhedron Structure", IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 53, NO. 12, DECEMBER 2017, (2017).
- Li, H. and Li, T., "End-Effect Magnetic Field Analysis of the Halbach Array Permanent Magnet Spherical Motor", IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 54, NO. 4, APRIL 2018, (2018).
- Li, X., Bai, S., Chen, W. and Liu, J., "Torque Modelling and Current Optimization of a Spherical Actuator Built as an Electro-magnets Driven Spherical Parallel Manipulator", 2017 IEEE 8th International Conference on CIS & RAM, Ningbo, China, (2017).
- Li, Z., Chen, Q., Yue, F. and Zhang, Y., "Modal Analysis of Electromagnetic Resonance for Multi-degree-of-freedom Spherical Motor", 2018 21st International Conference on Electrical Machines and Systems (ICEMS) October 7-10, 2018 Jeju, Korea, (2018).
- Li, Z., Chen, Q. and Wang, Q., "Analysis of Multi-Physics Coupling Field of Multi-Degree-of-Freedom Permanent Magnet Spherical Motor", IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 55, NO. 6, JUNE 2019, (2019).

- Öner, Y., “Sabit Mıknatıslı Küresel Motorun Bilgisayar Destekli Üç Boyutlu Manyetik Analizi, Tasarımı Ve Uygulaması”, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2004).
- Rong, Y., Wang, Q., Lu, S., Li, G., Lu, Y. and Xu, J., “Improving attitude detection performance for spherical motors using a MEMS inertial measurement sensor”, IET Electr. Power Appl., 2019, Vol. 13 Iss. 2, pp. 198-205 © The Institution of Engineering and Technology 2018, (2018).
- Takahara, T., Hirata, K., Niguchi, N., Nishiura, Y. and Sakaidani, Y., “Experimental Evaluation of the Static Characteristics of Multi-Degree-of-Freedom Spherical Actuators”, IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL. 53, NO. 11, NOVEMBER 2017, (2017).
- Yan, L., Duan, Z., Zhang, Q., Qiao, H. and Gerada, C., “Development and Structure of Multi-DOF Spherical Induction Motor”, 2018 13th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), (2018).
- Zhou, F., Li, G., Zhou, R., Ju, L., Ma, G. and Cao, X., “Structural parameters optimization of permanent magnet spherical motor based on BP neural network model”, 2017 12th IEEE Conference on Industrial Electronics and Applications (ICIEA), (2017).
- Williams, F., Laithwaite, E. And Piggot, L., “Brushless variable speed induction motor”, IEEE Proceedings, 2097U, 102-118, (1956).
- Williams, F., Laithwaite, E. and Eastham, G.F., “Development of design of spherical induction motor”, IEEE Proceedings, 3036U, 471-484, (1959).