

Ejosat

Özel Sayı/Special Issue 22

Ocak/January 2021

AVRUPA BİLİM & TEKNOLOJİ DERGİSİ
EUROPEAN JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

Dergi Sahibi

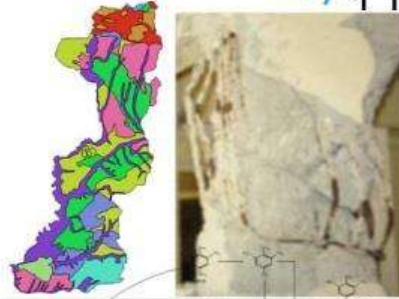
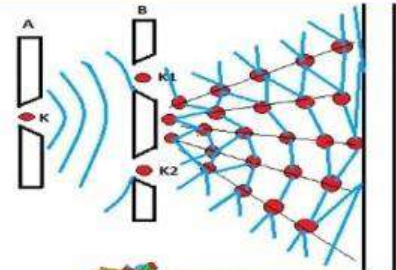
Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Yıldız Teknik Üniversitesi

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

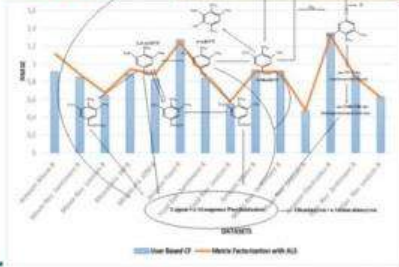


Dergi Sekreteri ve İletişim Bilgileri
Abdulkadir ŞAHİNER

E-posta: ejosat@outlook.com

Web Adresi: www.ejosat.com.tr

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



www.ejosat.com

ISSN: 2148 - 2683

AVRUPA BİLİM & TEKNOLOJİ DERGİSİ

EUROPEN JOURNAL OF SCIENCE & TECHNOLOGY

OCAK/JANUARY 2021 (22. ÖZELSAYI/SPECIAL ISSUE) İÇİNDEKİLER LİSTESİ/TABLE OF CONTENTS

- Kokulu Ardiç'in (*Juniperus foetidissima* Willd.) Günümüz ve Gelecekteki Potansiyel Yayılışının Makine Öğrenmesi ile Modellenmesi / Sayfalar: 1-12
E. Seda ARSLAN, Derya GÜLÇİN, Ayşe Gül SARIKAYA, Zafer ÖLMEZ, Süleyman GÜLCÜ, İsmail ŞEN, Ömer K. ÖRÜCÜ
- Kızılötesi Isıtma ile Polistiren Latekslerin Polimer Kompozit Filmlerindeki Film Oluşumuna Etkisi / Sayfalar: 13-18
Önder YARGI
- İğdır Ekolojik Koşullarında Yetişen Doğal Yonca (*Medicago Sativa* L.) Genotiplerinin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi / Sayfalar: 19-26
Barış EREN, Bilal KESKİN
- Bazalt Kumaşların Bazı Isıl Özelliklerinin Son Kullanım Açısından Değerlendirilmesi / Sayfalar: 27-31
Çağlar SİVRİ
- Investigation of Drilling Performance of CuZn15 Brass Material / Sayfalar: 32-42
Harun GÖKÇE
- Yazılım Çaba Tahmininde Yapay Sinir Ağları İçin Optimum Yapının Belirlenmesi / Sayfalar: 43-48
Mehmet KAYAKUŞ
- Combustion Characteristics and Soot Formation of Shale Gases / Sayfalar: 49-59
Mehmet Salih CELLEK
- Determination of Heavy Metal Distribution of Yenikapı (Istanbul) Sea Sediments Using Libs Method / Sayfalar: 60-64
Melike ÖNCE, İpek BALNAN, Nursel KAM
- Doğu Akdeniz'de Yayılış Gösteren *Microtus subterraneus* Kısakulaklı Farenin (Rodentia: Cricetidae)'nin Ekolojik Tercihleri / Sayfalar: 65-70
Mustafa YAVUZ
- Multi Criteria Decision Making Approach to the Evaluation of Humanitarian Relief Warehouses Integrating Fuzzy Logic: A Case Study in Syria / Sayfalar: 71-80
Jamil HALLAK, Pınar MİÇ
- Dinamit Destekli Terör Faaliyetlerinin Önlenmesi İçin Derin Öğrenme Temelli Güvenlik Destek Sistemi / Sayfalar: 81-85
Volkan KAYA, Ahmet BARAN, Servet TUNCER
- Preparation and Characterization of PbO.ZrO₂.TiO₂ and SrO.ZrO₂.TiO₂ Nanofibers by Electrospinning Method / Sayfalar: 86-92
Mürivet KAŞIKCI ÖZEN, Ozan CEYLAN, Atilla EVCİN, Nalan Çiçek BEZİR
- Ülkemizde Alternatif Yağ Bitkilerinin Durumu / Sayfalar: 93-100
Abdurrahim YILMAZ, Hilal YILMAZ, Yusuf ARSLAN, Vahdettin ÇİFTÇİ, Faheem BALOCH
- Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Öğrencilerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Farkındalık Düzeylerinin Belirlenmesi: Bir Vakıf Üniversitesi Üzerinde Bir İnceleme / Sayfalar: 101-108
Gülizar HOŞTEN, Özge EREN
- COVID-19 Pandemi Sürecinin Türk Bankacılık Sektörü Çalışanlarına ve Müşterilerine Etkileri: Swot Analizi / Sayfalar: 109-117
Filiz YETİZ
- Orman Meyveli Tarhananın Fonksiyonel Özellikleri / Sayfalar: 118-127
Ömer İSTEK, Oktay TOMAR, Abdullah ÇAĞLAR
- Bilgisayarlı Tomografi Verilerinden Anatomik Ayak Kemik Yapısının Ultraviyole Ledli 3 Boyutlu Yazıcı İle Üretimi / Sayfalar: 128-133
Yılmaz GÜR
- COVID-19 Vakalarının Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Tahmini: Amerika Birleşik Devletleri Örneği / Sayfalar: 134-139
Nur Selin ÖZEN, Selin SARAÇ, Melik KOYUNCU
- Organik ve Mineral Gübre Uygulamalarının Patates (*Solanum tuberosum* L.) Bitkisinde Verim ve Toprak Mikrobiyal Aktivitelerine Etkisi / Sayfalar: 140-145
Mehmet BAHADIRLI, Kemal DOĞAN
- Veritabanı Uygulamalarında FPGA Tabanlı Hızlandırıcı Kullanımı / Sayfalar: 146-151
Erdiç ÖZTÜRK
- High Accurate Counting of Steel Rebar with Defected Tips / Sayfalar: 152-158

- Nazlı Sümeyra DAĞILGAN, Murat FURAT
Çinko Ferrit Nanopartikül ile Modifiye Edilmiş PSf Kompozit Membranların Hazırlanması ve Performanslarının Belirlenmesi / Sayfalar: 159-166
Abdullah Oğuz CAN, Emine ÖZKAN, Ahmet Özgür SAF
Yerel Eğrilikli Dört Duvarlı Karbon Nanotüplerde Lineer Durumda Gerilme Dağılımı / Sayfalar: 167-175
Fatma ÇOBAN KAYIKÇI
Makine Öğrenmesi Metodolojisi Kullanılarak Yüksek Hızlı Rulmanlarda Sağlık Göstergesinin Belirlenmesi / Sayfalar: 176-183
Erkan Caner ÖZKAT
Nörobilim Yaklaşımıyla Girişimcilikte Farklı Bir Boyut: Nörogirişimcilik / Sayfalar: 184-194
Abdullah BALLI, Ali AYCI
Tatlı Sorgum (Sorghum Bicolor (L)) Biyokütlesinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi / Sayfalar: 195-203
Ömer EREN, Hasan ÖZTÜRK
Zamansal Evrişimli Ağlarla Saldırı Tespiti: Karşılaştırmalı Bir Analiz / Sayfalar: 204-211
Berna ÇAKIR, Pelin ANGIN
Bulanık TOPSIS ve Bulanık AHP Yaklaşımlarıyla En Uygun Bakım Stratejisinin Belirlenmesi: Bir Gıda İşletmesinde Uygulama / Sayfalar: 212-225
Tolga GEDİKLİ, Beyzanur ÇAYIR ERVURAL, Durmuş Tayyar ŞEN
Comparison of Surface Properties of B2O3-Doped TiO2 and Non-Doped Thin Films with Sol-Gel Method / Sayfalar: 226-229
Ozan CEYLAN, Mürivet KAŞIKCI ÖZEN, Nalan Çiçek BEZİR, Atilla EVCİN
Yoğurtta Zenginleştirme Olanaklarının Teknolojik Yönü ve Güncel Gelişmeler / Sayfalar: 230-238
Seda ALTUNTAŞ
Tavlama Benzetimi Temelli Yaklaşım ile Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Optimizasyonu: Karadeniz Bölgesi Örneği / Sayfalar: 239-248
Ayten YILMAZ YALÇINER
Sağlık Hizmetleri ve Yenilikçi Sağlık Teknolojilerine Erişimde Eşitsizlikler / Sayfalar: 249-257
Mucize SARIHAN
Enfekte Gökkuşağı Alabalıklarının Böbrek Dokusu Kolinerjik Sistem Enzimlerinin Değişimi / Sayfalar: 258-262
Aslı ÇİLİNGİR YELTEKİN
Determination of the Potential Biogas Energy Value of Animal Wastes: Case of Antalya / Sayfalar: 263-272
Atılğan ATILGAN, Burak SALTUK, Hasan ERTOP, Ercüment AKSOY
Isıl Enerji Depolama Uygulamaları İçin Selüloz Nanofibril Temelli Parafin İçeren Kompozit Faz Değiştiren Maddelerin Üretilmesi ve Karakterizasyonu / Sayfalar: 273-281
Zehra KANLI, Mehmet Selçuk MERT, Hatice Hande MERT
Guidance and Control of a Surface-to-Surface Projectile Using a Nose Actuation Kit / Sayfalar: 282-292
Bülent ÖZKAN, Harun GÖKÇE
UNIFAC yöntemi kullanılarak etilasetat-etanol sistemi için izotermal buhar-sıvı dengesi kestirimi / Sayfalar: 293-299
Yavuz SALT
Gen Transfer Teknolojisi ve Yağ asidi Kompozisyonlarına Katkısı- CRSPR/Cas Teknolojisi / Sayfalar: 300-305
Barış EREN
Fiziki Kayıpların Azaltılması İçin İzole Alt Bölgelerin Etkin Yönetimi / Sayfalar: 306-315
Recep KILIÇ
Periyodik Eğrilikli İki Komşu İçi Boş Lif İçeren Elastik Ortamdaki Normal Gerilmeler Üzerine / Sayfalar: 316-324
Reşat KÖŞKER, İsmail GÜLTEN
Türkiye'de Defne (Laurus nobilis L.) Bitkisinin Durumu / Sayfalar: 325-330
Abdurrahim YILMAZ, Vahdettin ÇİFTÇİ
2000 Sonrası Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nde Teknoloji Kavramının Değerlendirilmesi / Sayfalar: 331-341
Hilal AYCI
Convolutional Neural Networks Based Active SLAM and Exploration / Sayfalar: 342-346
Akif DURDU, Nevzat BOL, Erol ÖZTÜRK, Mehmet DURAMAZ, Mehmet KORKMAZ, Berat YILDIZ, Ahmet KAYABAŞI
Determination of Radon Exposure During the Geothermal Bath Therapies / Sayfalar: 347-351
Feride KULALI
Charpy Impact Response of Notched Aluminum 5754-H111 of Repaired with Carbon/Epoxy and E-Glass/Epoxy / Sayfalar: 352-356

- Berkant DİNDAR, İnan AĞIR
Nane Yağı ve Karanfil Yağı Uygulamasının Depolanan Patateslerde Filizlenmeye Etkisi / Sayfalar: 357-363
Elif OKTAY, Nevzat ARTIK
Hastane Öncesi Sağlık Hizmetlerine Yönelik Çalışan Özel Ambulans Personellerinin Tükenmişlik Düzeylerine
Bağlı İşten Ayrılma Niyeti / Sayfalar: 364-373
Çiğdem KOÇYİĞİT POYRAZ, Menekşe KILIÇARSLAN
Sürdürülebilir Kampüs için Kent Mobilyası Tasarımı: Bir Stüdyo Deneyimi / Sayfalar: 374-380
Özlem Candan HERGÜL
Mahalli ve Ulusal Düzeyde Üretilerek Erzurum Piyasasında Tüketime Sunulan Yoğurtların Bazı
Mikrobiyolojik, Fiziksel ve Kimyasal Açısından Karşılaştırılması / Sayfalar: 381-392
Şeyma KARACAOĞLU, Salih ÖZDEMİR
Histological Image Segmentation With Fuzzy Clustering Method / Sayfalar: 393-399
Amani Abraheem Salim ALSHOUL, Fatma KANDEMİRLİ, Javad RAHEBİ
Selection of Humanitarian Supply Chain Warehouse Location: A Case Study Based on the MCDM
Methodology / Sayfalar: 400-409
Muhammet Fatih AK, Derya ACAR
Türkiye' de Tüm Sektörlere Ait 2018 Yılı İş Kazalarının ve Kaza Sonucu Yaşam Kaybının Kazazede Yaşı
Bakımından Değerlendirilmesi / Sayfalar: 410-415
Tufan OZTURK, Güfte CANER AKIN
Skolyoz Hastaları için Omurga Ağrılarını Hafifleten Karbon Filmler Korse Tasarımı / Sayfalar: 416-420
Mehmet Erhan ŞAHİN
Antimicrobial And Antioxidant Activities Of Different Spice Extracts / Sayfalar: 421-429
Gülten ÖKMEN, Kutbettin ARSLAN, Rıdvan TEKİN, İrem ÇAMUR, Sabri GORDA
Hasta Hakları Uygulamalarının Hasta Memnuniyeti Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi / Sayfalar: 430-435
Yasemin KARACA, Menekşe KILIÇARSLAN
Türkiye'de Limanlarda Yük Taşımacılığı Veri Analizi / Sayfalar: 436-444
Hasan ŞEN, Arzum YAŞAYANLAR, Berrin DENİZHAN
Marcuse'den Foucault'ya, Bilinçli Özne'den Robot Özne'ye / Sayfalar: 445-453
Hulki CEVİZOĞLU



Kokulu Ardiç'ın (*Juniperus foetidissima* Willd.) Türkiye'de Günümüz ve Gelecekteki Potansiyel Yayılışının Makine Öğrenmesi ile Modellenmesi

E. Seda Arslan¹, Derya Gülçin², Ayşe Gül Sarıkaya³, Zafer Ölmez⁴, Süleyman Gülcü⁵, İsmail Şen⁶, Ömer K. Örucü¹

¹ Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta (ORCID: 0000-0003-1592-5180, ORCID: 0000-0002-2162-7553)

² Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Aydın (ORCID: 0000-0001-7118-0174)

³ Bursa Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa (ORCID: 0000-0002-0641-4445)

⁴ Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Artvin (ORCID: 0000-0001-6199-6284)

⁵ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta (ORCID: 0000-0002-1995-8580)

⁶ Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Biyomedikal Mühendisliği Bölümü, Isparta (ORCID: 0000-0002-9905-3537)

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.848961)

ATIF/REFERENCE: Arslan, E. S., Gülçin, D., Sarıkaya, A. G., Ölmez, Z., Gülcü, S., Şen, İ., & Örucü, Ö. K. (2021). Kokulu Ardiç'ın (*Juniperus foetidissima* Willd.) Türkiye'de Günümüz ve Gelecekteki Potansiyel Yayılışının Makine Öğrenmesi ile Modellenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 1-12.

Öz

Küresel ölçekte incelendiğinde, biyolojik çeşitlilik sağlama ve karbon tutma bakımından önemli ekosistemler arasındaki ormanların, biyotik, abiyotik ve antropojenik etkenler nedeniyle önemli değişimler içerisinde olduğu görülmektedir. Bu süreçte, iklimin belirleyici bir rolü olduğu kabul edilmiştir. Buna ek olarak, değişen iklim koşullarının, ormanların dağılımını, bileşimini, işlevini önemli oranda değiştireceği ve sonuç olarak biyolojik çeşitliliği tehdit edeceği öngörülmüştür. Bu çalışmanın amacı; Türkiye'de doğal yayılış gösteren ve orman ekosistemine ekolojik katkısı ile ön planda olan türler arasındaki kokulu ardiçin (*Juniperus foetidissima* Willd.), günümüz ve gelecekteki potansiyel coğrafi dağılımının tür varlığı verisi ve çevresel değişkenler (biyoiklimsel değişkenler ve yükseklik) ile modellenmesidir. Ayrıca, *J. foetidissima* Willd.'nin potansiyel yayılış alanlarının, günümüzde ve gelecekte alansal ve konumsal olarak nasıl değişiklik gösterdiği de değişim analizleri ile ortaya konmuştur. Bu kapsamda, tür dağılımı SSP2 4.5 ve SSP5 8.5 senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 zaman aralıklarını kapsayacak şekilde belirlenmiştir. Maksimum entropi modelinin kullanıldığı bu çalışmada, her bir tahmin değişkeninin göreceli katkısı Jackknife (çek-çıkart) testi ile belirlenmiş, çoklu doğrusalılığı önlemek amacıyla Pearson korelasyonundan yararlanılmıştır. Bulgular, *J. foetidissima*'nin yayılışında en önemli değişkenlerin sırasıyla yükseklik, soğuk ayın en az sıcaklığı (BIO6) ve en nemli mevsimin ortalama sıcaklığı (BIO8) olduğunu göstermiştir. Tahmin doğruluğunu ifade eden ROC eğrisi, kullanılan modelin simülasyon gücünün çok yüksek olduğunu ifade etmektedir. Model sonuçlarına göre, *J. foetidissima*'nin potansiyel yayılışında önemli miktarda değişiklikler olacağı ve türün iklim değişikliğinden ciddi oranda olumsuz etkileneceği tahmin edilmiştir. Değişim analizi sonuçları, habitat uygunluğundaki alansal kaybın, kazanç miktarından daha fazla olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada *J. foetidissima*'nin iklim değişikliklerine adaptasyon direncinin düşük olacağı ve dolayısıyla tür koruma çalışmalarına dâhil edilmesi gerektiği vurgulanmıştır. Bu çalışmanın bulguları, türün gelecekte sürdürülebilmesi ve korunmasına yönelik güçlü stratejilerin belirlenebilmesi amacıyla kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Kokulu ardiç, tür dağılım modeli, değişim analizi, MaxEnt

Modeling of the current and future potential distribution of Stinking juniper (*Juniperus foetidissima* Willd.) in Turkey with machine learning techniques

Abstract

Forest ecosystems, which are seen relevant in terms of providing biodiversity and capturing carbon, have been affected by significant changes due to biotic, abiotic, and anthropogenic factors over time. There is no doubt that climate has a decisive role in this process. In addition, previous studies claim that changing climatic conditions will significantly alter the distribution, composition, and function of forests and, consequently, threaten biodiversity. This study aims to model the present and future potential geographic distribution of the stinking juniper (*Juniperus foetidissima* Willd.), which has a natural and potential distribution in Turkey as an ecologically important species, with presence data and diverse environmental variables (bioclimatic predictors and altitude). In this context, species distributions were modelled to cover the 2041-2060 and 2081-2100 periods under the SSP2 4.5 and SSP5 8.5 scenarios. Using

maximum entropy model, this study analyzed the relative contribution of each environmental predictor by Jackknife test. In order prevent high correlation and multicollinearity, the correlated factors were determined by Pearson correlation coefficient. The findings showed that the most significant variables in the distribution of *J. foetidissima* were elevation, minimum temperature of coldest month (BIO6), and mean temperature of wettest quarter (BIO8), respectively. Representing the prediction accuracy, ROC curve indicates that the predictive power of the model used in this study was great. According to the model results, it was predicted that there would be significant changes in the potential distribution of *J. foetidissima* and this species would be seriously adversely affected by climate change. The results of change analysis pointed out that the spatial loss in habitat suitability was greater than the amount of gain. As a result, this study suggested that *J. foetidissima*'s adaptation resistance to climate changes would be low, and therefore should be incorporated into species conservation. The findings of this study can be used to identify robust strategies for the future survival and conservation of the species.

Keywords: Stinking juniper, species distribution model, change analysis, MaxEnt

1. Giriş

İklim değişikliği; biyolojik çeşitliliği ve türlerin coğrafi dağılımını olumsuz yönde etkileyerek bitki türlerinin yok olma tehlikesini artırmaktadır (Chakraborty vd., 2016; Zhao vd., 2020). İklim değişikliği nedeniyle, bitkilerin yüksek rakımlara göç ettiği ve önümüzdeki 100 yıl içerisinde de bu durumun artarak devam edeceği küresel çaptaki bilimsel çalışma ve gözlemlerle tespit edilmiştir (Abdelaal vd., 2019; Arslan vd., 2020; Li vd., 2020). Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) tarafından sunulan raporlara göre, küresel ölçekte sıcaklıklar her geçen yıl artmaktadır (IPCC, 2014). 21. yüzyılın sonunda, küresel sıcaklıkların mevcut sıcaklıklara göre en az 0,3-1,7 °C ile en çok 2,6-4,8 °C daha yüksek olacağı tahmin edilmektedir (Stocker vd., 2014). Sıcaklık artışına paralel olarak, atmosferik karbondioksit (CO₂) seviyesi ve diğer sera gazlarının artacağı öngörülmekte ve bu durumun önemli miktarda bireysel tür kaybına yol açması beklenmektedir (Friend vd., 2014). Dolayısıyla, iklim değişikliği çerçevesinde biyolojik çeşitliliği koruma stratejilerinin belirlenebilmesi için ekolojik açıdan değerli türlerin coğrafi dağılımındaki potansiyel değişikliklerin detaylı olarak analiz edilmesi gereklidir (Manish vd., 2016; Naudiyal vd., 2021; Ncube vd., 2020; Prevéy vd., 2020).

İklim değişikliğine türlerin verdiği biyolojik tepkiler üç farklı durum ile sonuçlanabilir (Chakraborty vd., 2016; Dyderski vd., 2018). Birincisi; hedef tür, ekolojik nişleri takip ederek başka bir bölgeye göç edebilir (Abdelaal vd., 2019; Zhang vd., 2018). İkincisi; tür, mevcut konumda farklı iklimsel koşullara uyum sağlayabilir (Du vd., 2021; Rana vd., 2020; Yi vd., 2016). Üçüncüsü ise; türde, yerel yok oluş gözlemlenebilir (Wiens, 2016). İklim değişikliği özellikle iklim koşullarına uyum sağlayamayan ve bu nedenle nesli tükenme tehlikesi ile karşılaşan endemik türleri etkilemektedir (Damschen vd., 2010; Silva vd., 2019). Pek çok endemik takson, dar coğrafi dağılım ve sınırlı habitat yayılışları ile küresel yok olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğu için tehdit altındaki türleri ifade eden IUCN kırmızı listesine dâhil edilmiştir (Kaky ve Gilbert, 2019; Le Breton vd., 2019). Bu türlerin korunması, habitat uygunluklarını göz önünde bulundurarak, günümüz ve gelecekteki koşullar altında tür varlığını ve kalıcılığını sağlayan çevresel faktörlerin belirlenmesi ile mümkündür (Mod vd., 2016; Wilson vd., 2020). Bu türleri korumak amacıyla atılacak ilk adım, mevcut coğrafi dağılımı, habitat uygunluğunu ve yok olma riskine maruz bırakan tehditleri belirlemektir (Akyol ve Örucü, 2019; Wan vd., 2017).

Ekolojik niş, bir türün hayatta kalabilmesi ve varlığını devam ettirebilmesi için popülasyon içerisindeki üreme yeteneğini sürdürdüğü alan ve koşulların etkileşimini ifade etmektedir (Choudhary vd., 2019). Ekolojik nişler; türlerin kökeni, kalıcılığı, dağılımı ve rekabet kapasitesinin açıklanmasında aktif rol oynarlar (Chase ve Leibold, 2003; Peterson vd., 2011). İklim, toprak özellikleri, topografya, arazi

kullanımı ve biyolojik etkileşimler, türlerin çeşitli coğrafi dağılımı ve ekolojik niş potansiyelinin belirlenmesinde temel faktörler olarak kabul edilmektedir (Regos vd., 2019; Scherrer ve Guisan, 2019).

Tür dağılımının modellenmesi; koruma, ekoloji, biyocoğrafya, evrim, istilacı tür kontrolü ve yaban hayatı yönetimi çalışmalarında önemli bir araç haline gelmiştir (Barve vd., 2011; Elith vd., 2006; Kariyawasam vd., 2019; Miller, 2010). Maksimum entropi (MaxEnt), türlerin uygun coğrafi dağılımını modellemek için kullanılan ve tür dağılım modelini temel alan bir algoritmadır (Elith vd., 2011). MaxEnt diğer modellere (BIOCLIM, DOMAIN, GARP, vb.) göre eksik veri kümeleriyle bile oldukça iyi performans göstermektedir (Feng vd., 2019; Peterson vd., 2007). Buna ek olarak, MaxEnt; kısa model çalışma süresi, kolay model uygulaması, küçük örnek boyutu gereksinimleri ve yüksek simülasyon hassasiyeti gibi birçok avantaja sahiptir (Li vd., 2020; Pearson vd., 2007; Phillips vd., 2006).

Kokulu ardıç (*Juniperus foetidissima* Willd.), Türkiye florasında doğal yayılışı olan sosyo-ekonomik ve ekolojik katkıları olan bir türdür. Zaman içerisinde meydana gelen doğal rejenerasyon, ağaç kesme ve orman alanlarında yasak otlatma sonucunda, aralarında *J. foetidissima*'nın de bulunduğu birçok dağ ormanı habitatı büyük ölçüde bozulmaya uğramıştır (Eler ve Çetin, 2006; Köse vd., 2018). Türün doğal rejenerasyonu; yavaş büyüme, düşük tohum canlılığı ve çimlenme sorunları nedeniyle zordur (Tilki, 2007). Buna ek olarak, ardıç meşcerelerindeki azalma, tohum yetiştirme için son derece uygun ve daha yoğun ağaç örtüsünün altında bulunan, besleyici maddeler bakımından zengin toprakların yok olmasına neden olmaktadır (Köse, 2000; Rupprecht vd., 2011). Bu durum, ardıç türlerinin hayatta kalması için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Dolayısıyla, mevcut ardıç meşcerelerini korumak ve sürdürülebilirliklerini sağlamak için koruma önlemlerinin alınması gereklidir (Pinna vd., 2015).

Bu çalışma, Türkiye'de doğal yayılış gösteren *J. foetidissima*'nın günümüz ve gelecekteki potansiyel coğrafi dağılımını modellemeyi amaçlamaktadır. Türe ait var verisi ve çevresel değişkenler (biyoiklimsel değişkenler ve yükseklik) kullanılarak tahmin modelleri oluşturulmuş, tür dağılımları iki farklı küresel iklim değişikliği senaryosuna göre belirlenmiştir. 2041-2060 ve 2081-2100 zaman aralıklarında, SSP2 4.5 ve SSP5 8.5 senaryoları kapsamında, *J. foetidissima*'nın potansiyel dağılım alanları MaxEnt 3.4.1 aracılığıyla modellenmiştir. Türe ait günümüz ve gelecek yayılış farkının değişim analizi ile değerlendirildiği bu çalışmada aşağıda sunulan üç araştırma sorusuna yanıt aranmaktadır:

- 1) Hangi çevresel değişkenler *J. foetidissima*'nın günümüz ve gelecekteki potansiyel yayılışında etkilidir?
- 2) İklim değişikliği senaryolarına göre *J. foetidissima*'nın günümüz ve gelecekteki yayılışı nasıldır?

3) *J. foetidissima*'nın potansiyel yayılış alanları, günümüzde ve gelecekte alansal ve konumsal olarak nasıl değişiklik göstermektedir?

Araştırmadan elde edilen bulgular çerçevesinde Türkiye'de doğal yayılış gösteren *J. foetidissima*'nın korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması amacıyla gelecek stratejilerinin belirlenmesi için makine öğrenmesine dayanan bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme, peyzaj ölçeğinde orman türlerinin yönetimi ve korunan alanların planlanması için kullanılabilir.

2. Materyal ve Metot

Kokulu ardıç (*Juniperus foetidissima* Willd.) bu çalışmanın ana materyalini oluşturmaktadır. Her zaman yeşil, pul yapraklı,

siyah üzeri mavi dumanlı üzüksü kozalaklı, 10-25 m'ye kadar boylanabilen, gençlikte piramidal, daha sonra yuvarlak tepeli bir ağaç olan ve adını odununun güzel kokulu olmasından alan, Kokulu ardıç, sıcağa, soğuğa, kuraklığa çok dayanıklıdır ve orman sınırının üzerindeki yüksekliklerde bireyleri bulunmaktadır. Ülkemizde Batı Akdeniz'de, Kuzey Ege'de, Güney Marmara'da, Batı ve Orta Karadeniz'in iç kesimlerinde, Doğu Karadeniz'in doğusunda, Orta ve Güneydoğu Toroslarda yer yer saf, çoğunlukla diğer ardıç türleri ve bölge ağaçları ile birlikte yayılış yapmaktadır (Akkemik, 2018; Mamıkoğlu ve Ergüven, 2012). Dayanıklı odunu olduğundan mobilyacılıkta, aynı zamanda park ve bahçelerde peyzaj tasarımında kullanılmaktadır (OGM, 2009).

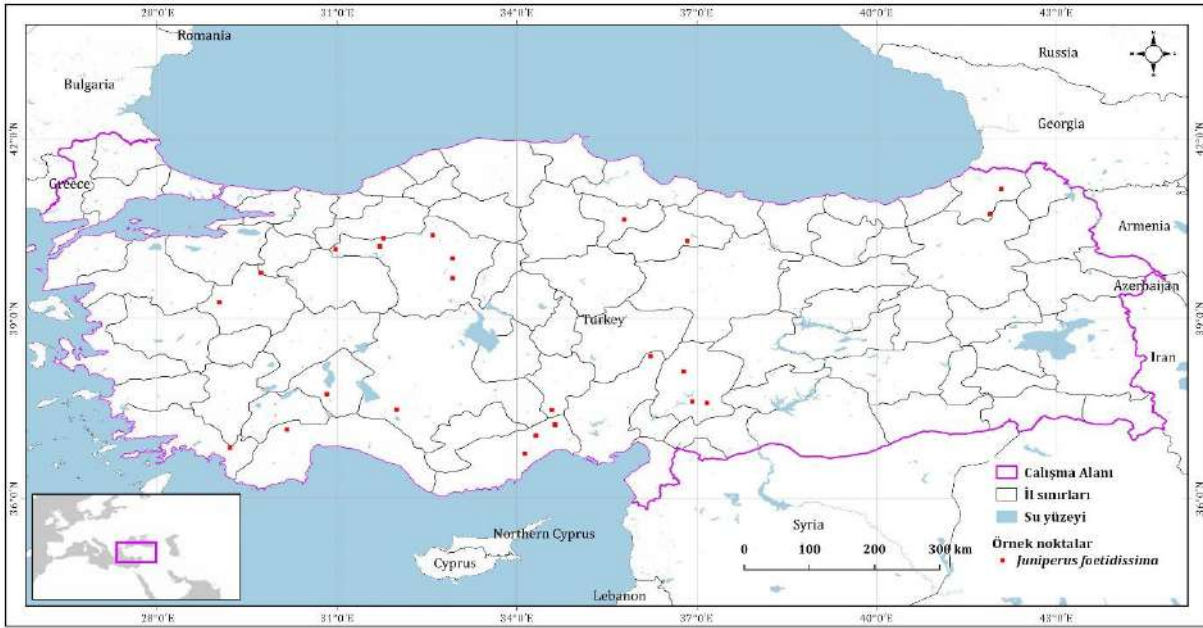


Şekil 1. Kokulu ardıcın habitus, yaprak ve meyveleri

<https://www.inaturalist.org/photos/28405797>

<https://www.inaturalist.org/observations/62287359>

Bu çalışmada, bağıntılı niş modellemede makine öğrenimi tekniklerinden maksimum entropi algoritmasını kullanan ve çok az sayıda örneklem ile yüksek performans gösterebilen MaxEnt 3.4.1 yazılımı kullanılmıştır. MaxEnt 3.4.1 yazılımını çalıştırmak için 3 ana veri seti oluşturulmuştur. Bunlardan birincisi türe ait var verileri, ikincisi güncel yayılışı tahmin için çevresel değişkenler, üçüncüsü ise türün gelecek tahmini için belirlenen iklim modeline bağlı senaryolara ait zaman aralıklarıdır. Çalışmada var verileri olarak isimlendirilen ve türün doğal olarak coğrafi yayılış alanını temsil eden 26 noktanın koordinat bilgileri küresel biyoçeşitlilik Bilgi Sistemi (GBIF), Flora of Turkey (Davis, 1965) ve diğer literatür kaynakları (GBIF, 2020) kullanılarak belirlenmiş ve MaxEnt programının kullanabileceği "csv" formatlı dosya haline dönüştürülmüştür (Şekil 2).



Şekil 2. Türe ait var verilerini gösteren noktaların coğrafi yayılışı

İkinci veri seti olan ve türün günümüz yayılış alanını tahmin etmek için kullanılan çevresel değişkenler (bioklimatik ve yükseklik verileri) Ocak 2020’de kullanıma sunulan WorldClim veri paylaşım sitesinden elde edilmiştir. WorldClim 2.1 versiyon olarak adlandırılan, 2.5 dakika (~20 km²) uzamsal çözünürlüğe sahip raster veri formatındaki biyoiklimsel veriler 1970-2000 yılları arasında ölçülen minimum ve maksimum sıcaklık ortalamaları ile yıllık yağış ortalamalarından türetilmiş 19 biyoiklimatik değişkeni içerir. Üçüncü veri seti olan ve türün gelecekteki yayılış alanını tahmin etmek için kullanılan, iklim modeli olarak Tokyo Üniversitesi İklim Sistemi Araştırma Merkezi önderliğinde geliştirilen, disiplinler arası araştırma modelinin altıncı versiyonu olan MIROC6 iklim modeli seçilmiştir. CMIP6 protokolü tarafından önerilen tarihsel güneş ışınım spektrumları, sera gazı konsantrasyonları, antropojenik aerosol emisyonları ve biyokütle yakma emisyonlarını içeren MIROC6 iklim modeli denge iklim duyarlılığı (ECS) yani atmosferik CO₂’in iki katı olması durumunda beklenen küresel ortalama yüzeye yakın hava sıcaklığının uzun vadeli sıcaklık artışı değerini 2,6 °C olarak tahmin etmektedir. Bu modele bağlı iklim senaryosu olarak küresel ısınma için iyimser tahminleri içeren SSP2 4.5 ile en kötü durumu ortaya koyan SSP5 8.5 senaryosu ve bu senaryoların 2041-2060 ile 2081-2100 periyotları çalışmada gelecek tahminleri için kullanılmıştır.

MaxEnt programı çalıştırılmadan önce günümüz ve gelecek tahminleri için kullanılacak raster veri formatındaki biyoiklimsel değişkenler ile yükseklik verisini içeren sayısal yükseklik modeli (DEM) QGIS 3.16.1 programında kesme ve dönüştürme araçları ile çalışma alanı olarak belirlenen sınırlar dâhilinde kesilmiş ve “.asc” uzantılı dosya formatına dönüştürülmüştür. Modelin tahmin gücünü artırmak ve çoklu doğrusallık sorununu çözmek amacıyla SPSS 25 istatistik paket programında örnek noktaların biyoiklimatik değişkenleri kullanılarak Pearson’s korelasyon analizi yapılmış ve çoklu doğrusallık problemi çözülmüştür. Maxent 3.4.1 programı çalıştırılmadan önce örnek noktaların %25’inin test için ayrılmasına ve arka planda kullanılan tahmin verilerinin yazdırılmasına karar verilmiş, ayrıca hangi değişkenin tek başına veya çıkarıldığında kazancı nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla Jackknife (çek-çıkır) testi ile nokta sayısı 26 olduğu için Linear, Quadratic ve Hinge

özellikleri seçilmiş, diğer ayarlar varsayılan olarak bırakılmıştır. Program modelin senaryolarında belirlenen periyotlar için sırasıyla çalıştırılmış ve “.asc” uzantılı dosya formatında günümüz ve gelecek için oluşturulan model çıktıları elde edilmiştir. MaxEnt modelinde bir türün alanda bulunma durumu 0-1 arasında bir değer ile belirlenmektedir. Değerler 1’e yaklaştıkça türün potansiyel olarak o alanda bulunma durumu artmaktadır. QGIS 3.16.1 programı kullanılarak tüm raster veriler önce raster hesaplama aracı daha sonra da raster/vektör dönüşümü fonksiyonu ile vektör veriye dönüştürülmüş, dönüşüm sırasında uygunluk değeri olarak isimlendirilen DN (Digital Number) için eşik değerleri 0=0, 0-0,4=1, 0,4-0,8=2 ve 0,8-1=3 olacak şekilde sınıflandırılmıştır. Güncel ve gelecek için oluşturulan potansiyel dağılım haritalarında yayılış alanı için eşik değer sınıflandırmasında 0 “uygun değil”, 1 “az uygun”, 2 “uygun” ve 3 “çok uygun” alanlar olacak şekilde isimlendirilmiş ve bu sınıflandırmaya göre günümüz ve gelecek tahmini yayılış alanları km² olarak hesaplanmıştır.

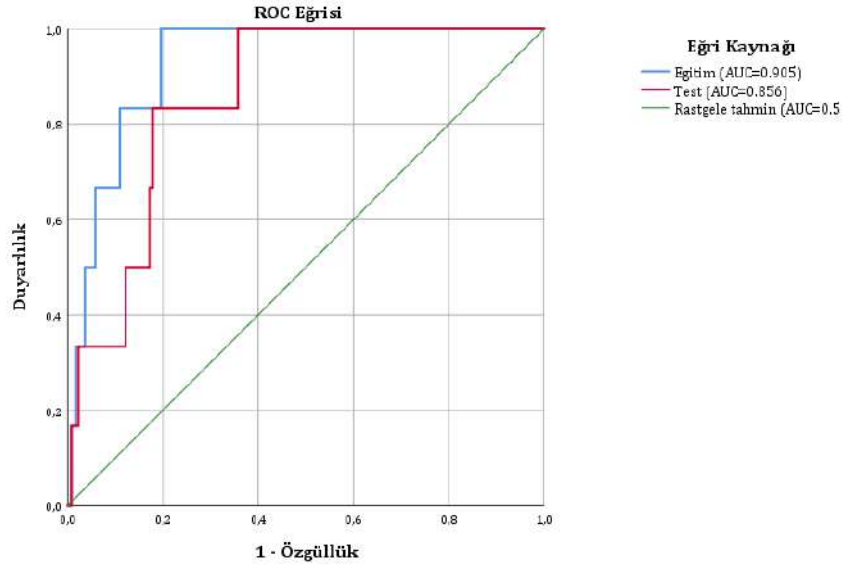
Son aşamada türün günümüz ve gelecek tahmini yayılış alanlarındaki değişimin yönünü ve büyüklüğünü belirlemek amacıyla değişim analizi uygulanmıştır. Değişimlerin belirlenmesi için vektörel formattaki günümüz ile tüm zaman aralıklarındaki gelecek tahmin verilerine kesişim fonksiyonu uygulanmıştır. Kesişim sonucu oluşan verilerin öznetelik bilgisindeki uygunluk değerleri (DN) 0-0 olan alanlar uygun değil, aynı değerde kalanlar “değişim yok”, bir üst sınıfa geçen değerler “kazanç”, bir alt sınıfa geçen değerler “kayıp” olarak değerlendirilmiş ve kapladıkları alanlar km² cinsinden hesaplanarak değişim haritaları oluşturulmuştur.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yöntemde belirtilen istatistik analizlerinden çoklu doğrusallık (*multicollinearity*) sorununu çözmek için yapılan Pearson korelasyon testi sonuçlarına göre korelasyon matrisinde r değeri ± 0.8 olan değişkenler kendi aralarında önem durumuna göre çıkarılmış ve modelin tahmin yeteneğini gücünü artıran değişkenler olarak BIO2, BIO3, BIO5, BIO6, BIO7, BIO8, BIO9, BIO15, BIO18 ve yükseklik değişkenleri modelde kullanılmıştır. Modelin performansını belirlemek için Receiver

Operating Characteristic (ROC) analizinden elde edilen ve MaxEnt program çıktısı olan Area Under the Curve (AUC) değerinden faydalanılmış ve eğitim verisi için AUC değeri 0,905

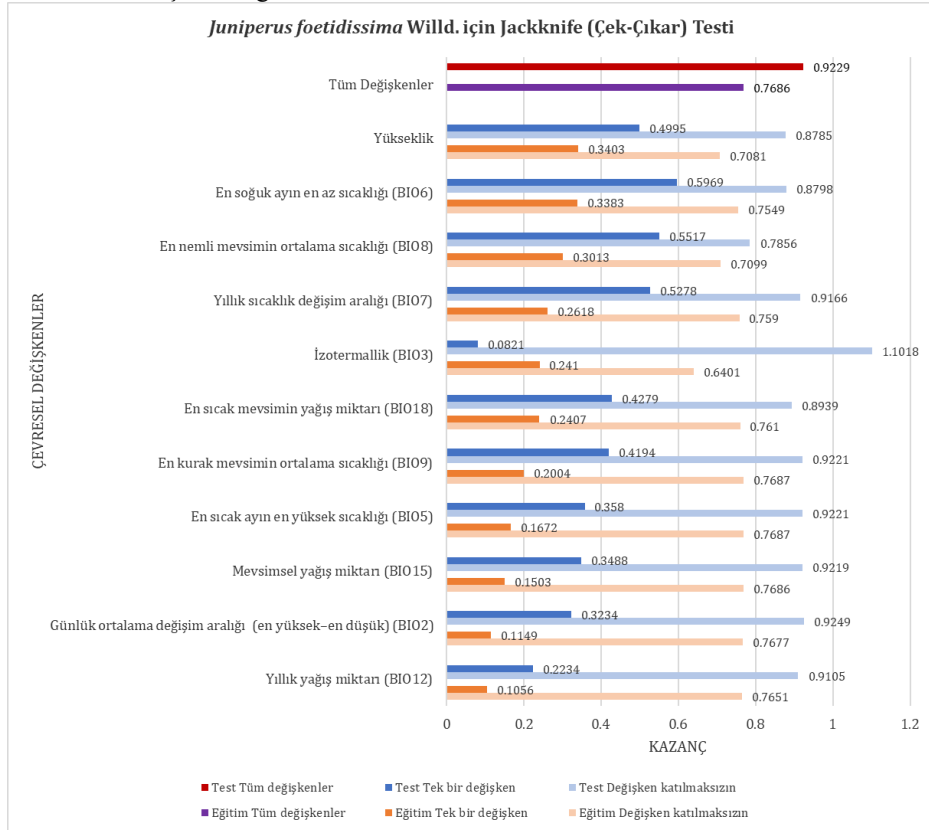
test verisi için 0,856 olarak hesaplanmıştır. Eğitim verisi için elde edilen bu değer modelin rastgele tahminden çok daha yüksek bir tahmin gücü olduğunu göstermektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Türe ait AUC grafiği

Jackknife testi sonuçlarına göre, model tek başına kullanıldığında en yüksek kazancı sağlayan çevresel değişken yükseklik değişkenidir. Bu değişkeni sırasıyla en soğuk ayın en az sıcaklığı (BIO6) ve en nemli mevsimin ortalama sıcaklığı (BIO8) takip etmektedir. Modelden çıkarıldığında kazancı en

çok azaltan çevresel değişken ise en soğuk ayın en az sıcaklığı (BIO6)'dır. Bu nedenle BIO6 değişkeninin diğer değişkenlerde bulunmayan en fazla bilgiye sahip olduğu düşünülmektedir (Şekil 4).

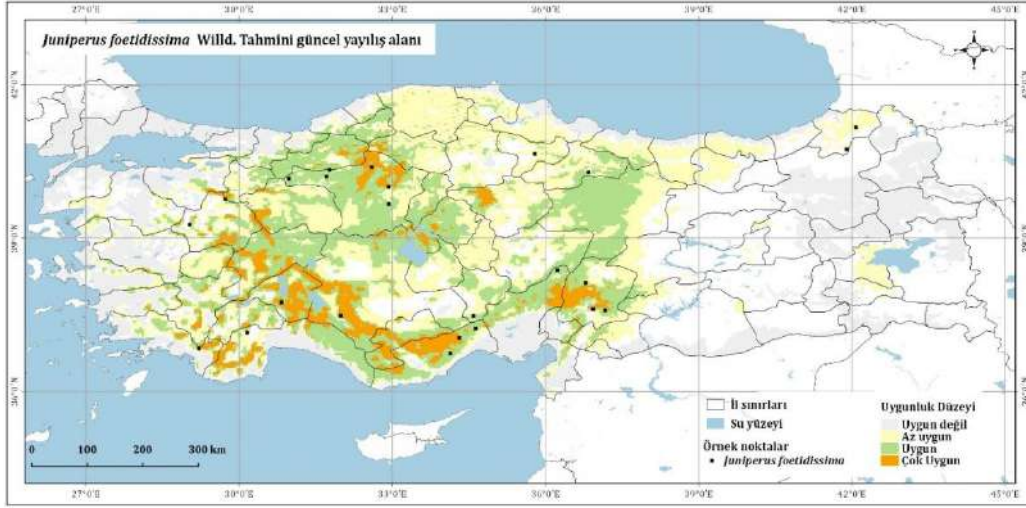


Şekil 4. Türe ait jackknife testi sonuçları

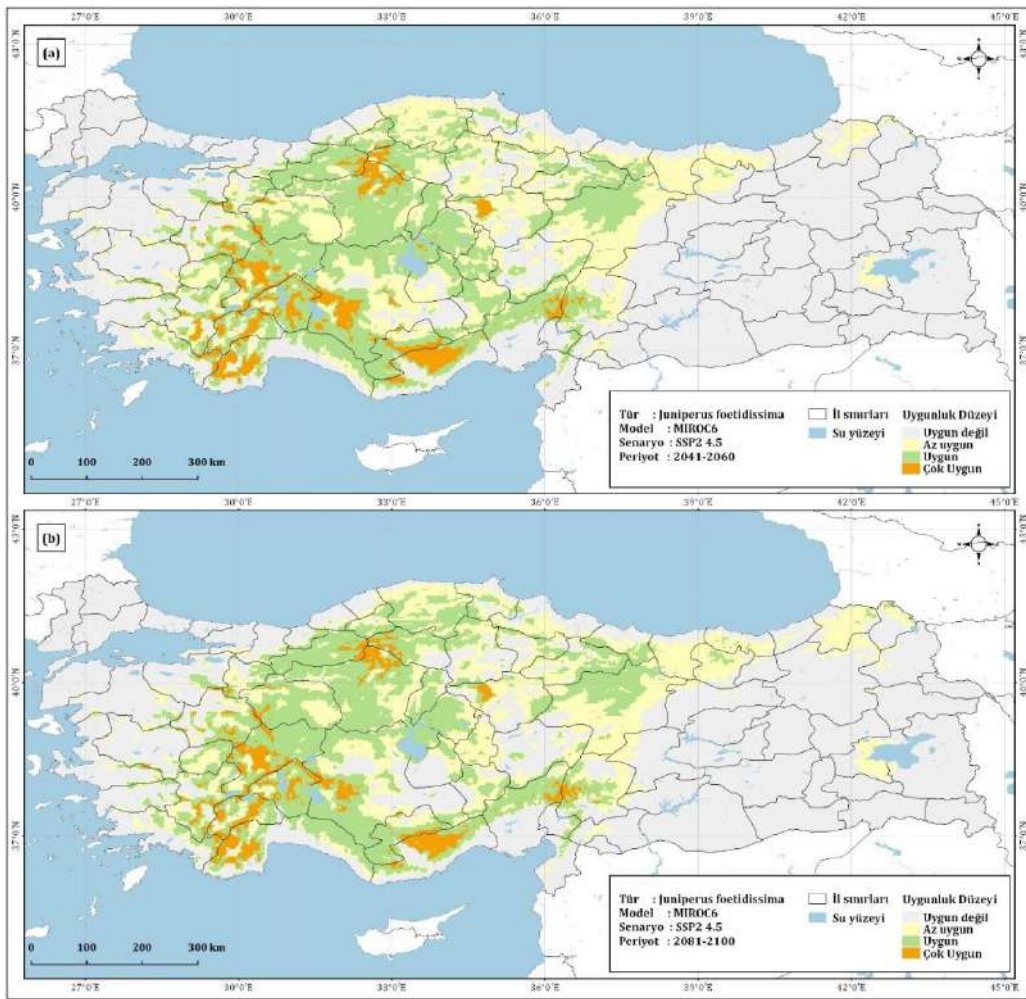
Juniperus foetidissima Willd.'nin günümüz ve gelecek potansiyel coğrafi dağılımlarına ait tahmin modelleri Şekil 5, 6 ve 7'da verilmiştir. Üretilen model uygunluk düzeylerine göre Uygun değil (0) Az uygun (0-0,4), uygun (0,4-0,8) ve çok uygun (0,8-1) olmak üzere dört farklı seviyede sınıflandırılmış ve QGIS

3.16.1 programı kullanılarak haritalandırılmıştır. Elde edilen haritalarda *J. foetidissima*'nın günümüz ve gelecekteki konumsal dağılımı izlenebilmektedir. Model çıktıları sonucunda elde edilen güncel dağılım haritası incelendiğinde *J. foetidissima*'nın

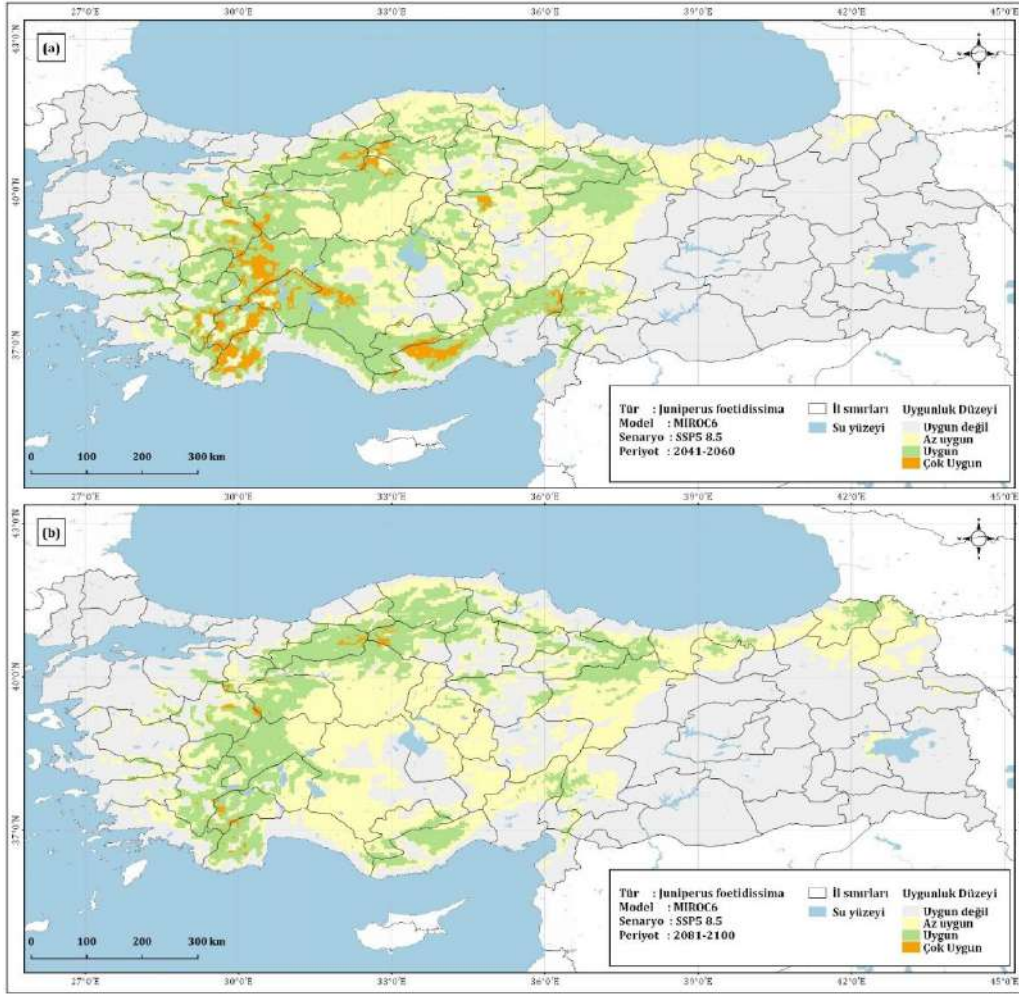
doğal yayılış alanları ile yüksek oranda benzerlik gösterdiği görülmektedir.



Şekil 5. Tür'e ait günümüz potansiyel yayılış alanı



Şekil 6. Türün SSP2 4.5 iklim değişimi senaryosuna göre (a) 2041-2060 ve (b) 2081-2100 zaman aralıklarındaki potansiyel yayılışı



Şekil 7. Türün SSP5 8.5 iklim değişimi senaryosuna göre (a) 2041-2060 ve (b) 2081-2100 zaman aralıklarındaki potansiyel yayılışı

Türün gelecek senaryolarına göre potansiyel yayılışı incelendiğinde (Tablo 1) SSP2 4.5 senaryosunda dağılım alanları içerisinde çok uygun olan alanların 2041-2060 ve 2081-2100 zaman aralıklarında 28523 km²'ye kadar düşeceği, SSP5 8.5

senaryosunda ise bu düşüşün 4153 km²'ye kadar olacağı öngörülmektedir. Türün dağılım alanları içerisinde uygun alanların ise her iki senaryo ve yıl zaman aralıklarında da azalma yönünde eğilim göstereceği tahmin edilmektedir

Tablo 1. Türün dağılım alanları (km²)

Uygunluk Düzeyi	Güncel	SSP2 2041-2060	SSP2 2081-2100	SSP5 2041-2060	SSP5 2081-2100
Uygun Değil	427622	425440	425357	430066	445147
Az uygun	171835	164017	167226	172720	220512
Uygun	139839	157760	159349	152796	110642
Çok uygun	41159	33237	28523	24873	4153
TOPLAM	780454	780454	780454	780454	780454

Türe ait SSP2 4.5 ve SSP5 8.5 senaryoları 2041-2060 ve 2081-2100 zaman aralıklarına ilişkin yapılan değişim analizi haritaları Şekil 8 ve 9'da değişim analizine ait sayısal değerler ise Tablo 2'de gösterilmektedir. Şekil 8 ve 9'da, *J.*

foetidissima'nın SSP2 4.5 ve SSP5 8.5 iklim değişikliği senaryolarına göre 2041-2060 ve 2081-2100 zaman aralıkları için modellenen potansiyel dağılım alanlarında değişimin büyüklüğü ve yönü gösterilmiştir

r.

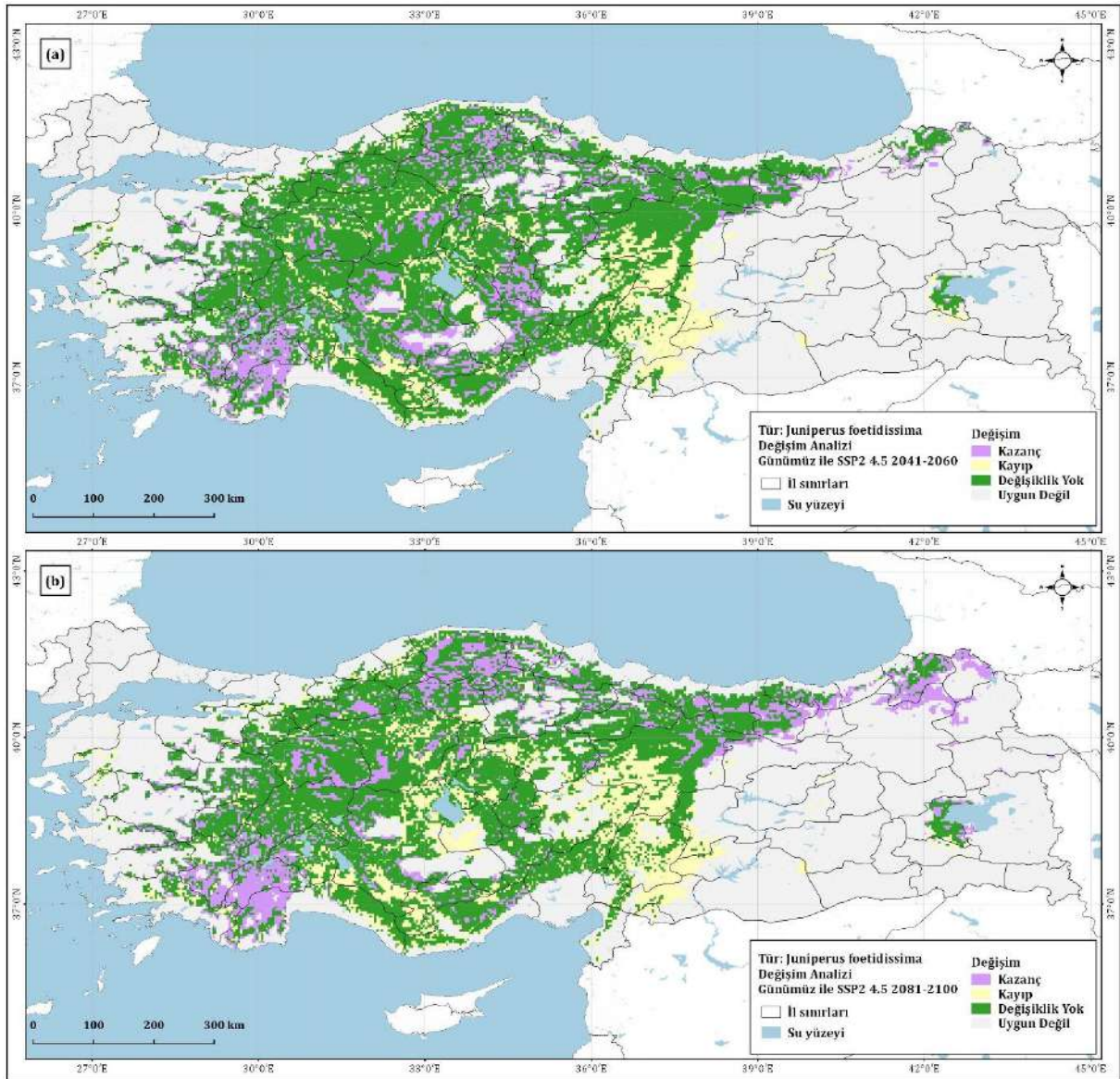
Tablo 2. Değişim analizi sonuçları (km²)

Değişim	SSP2 2041-2060	SSP2 2081-2100	SSP5 2041-2060	SSP5 2081-2100
Kazanç	65224	74771	74778	74736
Kayıp	59353	77645	94520	174876
Değişiklik Yok	251497	230710	210676	142592
Uygun Değil	404381	397329	400480	388250
TOPLAM	780454	780454	780454	780454

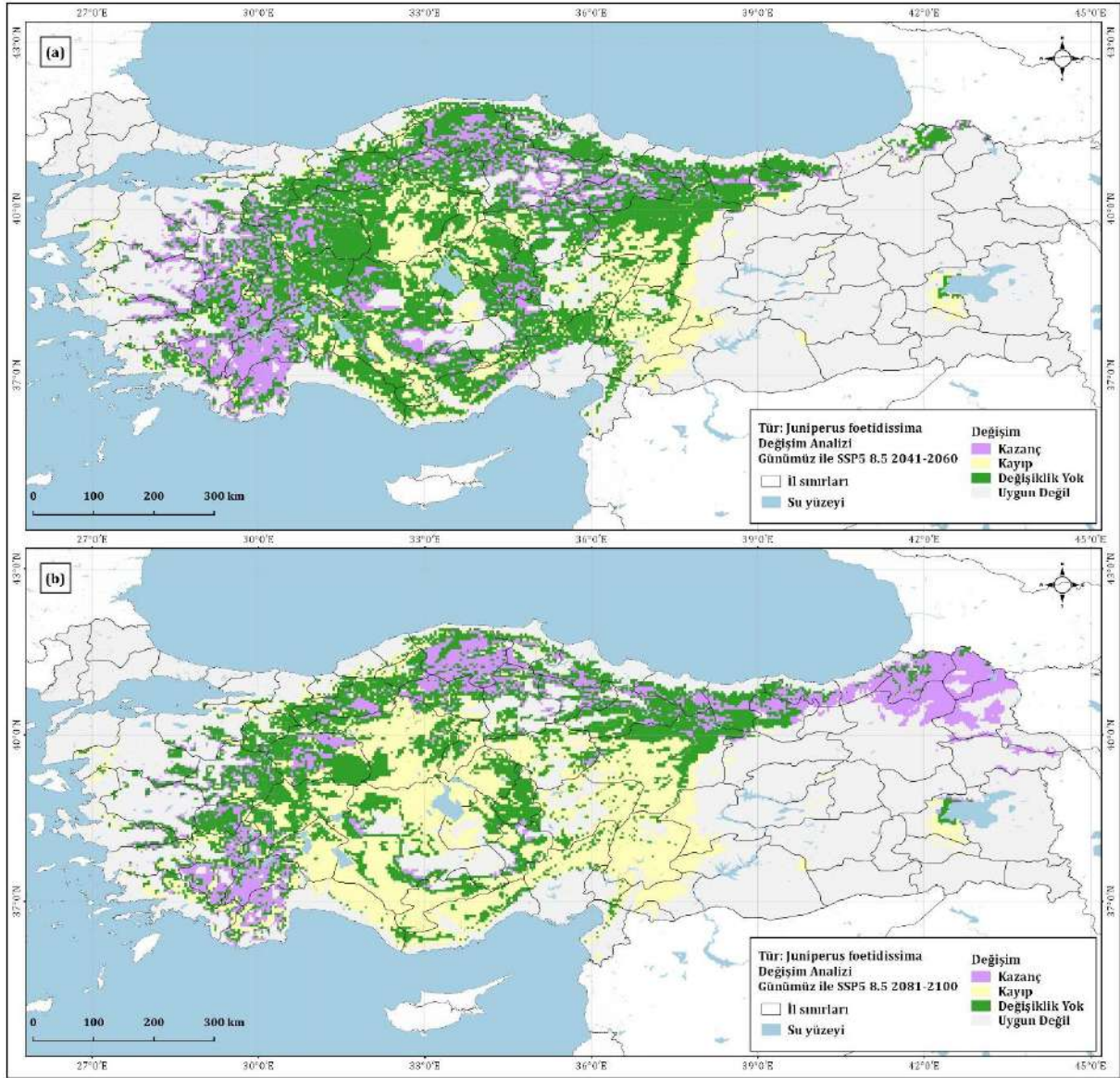
Tablo 2'e göre, SSP2 4.5 senaryosu 2041-2060 zaman aralığında 65224 km²'lik kazanç alanı hesaplanırken, 59353 km² kayıp olarak gösterilmiştir. SSP2 4.5 senaryosu 2081-2100 zaman aralığında ise kazanç alanları 74771 km², kayıp alanları

ise 277645 km² olarak hesaplanmıştır. SSP5 8.5 senaryosu 2041-2060 zaman aralığında 74778 km²'lik kazanç alanı hesaplanırken, 94520 km²'lik alan ise kayıp olarak hesaplanmıştır

. SSP5 8.5 senaryosu 2081-2100 zaman aralığında kazanç alanlar 74736 km², kayıp alanlar ise 174876 km² olarak hesaplanmıştır.



Şekil 8. Türün SSP2 4.5 iklim değişikliği senaryosuna göre (a) 2041-2060 ve (b) 2081-2100 zaman aralıklarındaki değişimi



Şekil 9. Türün SSP2 8.5 iklim değişimi senaryosuna göre (a) 2041-2060 ve (b) 2081-2100 zaman aralıklarındaki değişimi

İklim değişikliğinin çeşitli türler üzerindeki etkilerini araştıran birçok çalışma, iklimin coğrafi dağılım aralıkları üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir (Arslan vd., 2020; Bouahmed vd., 2019; Ferrarini vd., 2019; Wu vd., 2021). Türlerin, iklim koşullarına nasıl tepki verdiğinin anlaşılmasında maksimum entropinin (MaxEnt) rolü büyüktür (Feng vd., 2019). MaxEnt ile yapılan modelleme çalışmaları, biyolojik çeşitliliğin korunmasının yanı sıra ekolojik açıdan türlerin sürdürülebilirliği çerçevesinde hazırlanan çevresel politikalara katkı sağlamaktadır (Li vd., 2020; Remya vd., 2015). Bu çalışmada, MaxEnt kullanılarak *Juniperus foetidissima*'nın günümüz ve gelecekteki potansiyel coğrafi yayılışı SSP2 4.5 ve SSP5 8.5 senaryoları ile modellenmiştir. Bulgular, *J. foetidissima*'nın habitat uygunluğunun her iki senaryoya göre önemli oranda düşeceğine işaret etmektedir. Özellikle SSP2 2081-2100 ve SSP5 2081-2100 senaryoları, bu düşüşün önemli miktarda olacağını vurgulamaktadır. Bu durum da, habitat uygunluğu azalan türün, gelecekte iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı direnç gösteremeyeceğini ve tehlike altına gireceğini göstermektedir. Dolayısıyla, *J. foetidissima*'nın ekolojik olarak sürdürülebilirliği için peyzaj yönetimi kapsamında koruma faaliyetleri başlatılması gereği açıktır.

Biyoklimsel değişkenler ile yüksekliğin öngörücü (*predictor*) olarak değerlendirildiği bu çalışmada, *J. foetidissima*'nın yüksek rakımdaki dağlık bölgeleri tercih etme eğiliminde olduğu dikkat çekmektedir. Her bir tahmin değişkeninin göreceli katkısını gösteren Jackknife (çek-çıkart) testi sonuçları, yüksekliğin en önemli çevresel değişken olduğunu doğrulamaktadır. Ayrıca, yükseklik kadar önemli olmasa da, *J. foetidissima*'nın yayılışında en soğuk ayın en az sıcaklığı (BIO6) ve en nemli mevsimin ortalama sıcaklığı (BIO8) da etkili diğer çevresel değişkenlerdir. Bu çalışmada, her bir iklim değişkeninin modele katkı yüzdesi karşılaştırılmış, çoklu doğrusallık (*multi-collinearity*) etkilerini ortadan kaldırmak için Pearson korelasyon katsayısının yardımcı olduğu gözlemlenmiştir. MaxEnt modelinin kararlılığını doğrulamak için AUC değeri kullanılmıştır. Hesaplanan AUC (eğitim) değerinin 0,905 olması, sonuçların önemli olduğuna işaret etmektedir. Tahmin doğruluğunu ifade eden ROC eğrisi, modelin simülasyon gücünün çok yüksek olduğunu (mükemmel kategoride) desteklemektedir.

Değişim analizi sonuçları incelendiğinde, *J. foetidissima*'nın habitat uygunluğunda SSP2 2041-2060 ile SSP2 2081-2100 arasında kazanç miktarının arttığı, SSP5 2041-2060 ile SSP5 2081-2100 arasındaki kazanç miktarının ise düştüğü

gözlemlenmiştir. Habitat kaybı miktarı ise her iki senaryoya göre de marjinal olarak artmıştır. Habitat kaybı miktarında, SSP5 2041-2060 ile SSP5 2081-2100 arasındaki değişim daha yüksektir. Sonuç olarak, habitat uygunluğundaki alansal kayıp, kazanç miktarından daha fazladır. Bu durum da, *J. foetidissima*'nın potansiyel yayılışının gelecekte azalacağını açık bir şekilde ortaya koymaktadır.

J. foetidissima'nın doğal rejenarasyon zorluğu, orman tahribatı sonucundaki bozunumu ve orman alanlarında yasak otlatma sonucunda zarar görmesi, iklim koşullarının da olumsuz etkisiyle gelecekte daha ciddi bir baskı altına girmesine neden olabilir. İklim değişikliğinin hızı henüz açıklanamamış olsa da, değişen koşullar habitat kaybında göz ardı edilmeyecek bir ivmelenmeye yol açabilir. Dolayısıyla, *J. foetidissima* zaman içerisinde relikt türler arasında yer alabilir.

Gelecekteki iklim koşullarına bağlı habitat değişiklikleri, tehdit altındaki türlerin bulunma potansiyeli olan alanları korumak için uygun adaptasyon stratejileri gerektirir (Muller vd., 2019). İklim değişikliğinin olası olumlu ve olumsuz etkileri dikkatle ele alınmalı ve uygun adaptasyon stratejilerinin uygulanması için bir fırsat olarak görülmelidir. Örneğin, bazı türlerin uygun yaşam alanlarındaki potansiyel artış, iklim değişikliğinden kaynaklanan çeşitli baskılara dayanmalarına yardımcı olacaktır (Moukrim vd., 2019). Ya da bu durumun aksine, adaptasyon direnci düşük olan türler yok olma tehlikesi ile karşı karşıya kalacaktır (Wiens, 2016). Dolayısıyla, bu çalışmada *J. foetidissima*'nın iklim değişikliklerine adaptasyon direncinin yüksek olmaması, tür koruma çalışmalarına dâhil edilmesi gerektiğini göstermektedir. Bulgular bölümünde sunulan potansiyel yayılış haritaları, peyzaj ölçeğinde yapılan koruma çalışmalarında stratejik adımların belirlenmesi kapsamında önemli katkılar sağlayacak niteliktedir.

4. Sonuç

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerini minimize etmek için türlerin coğrafi dağılım varyasyonuna ilişkin doğru tahminler elde etmek, koruma biyolojisinde önemli bir konu haline gelmiştir (Naudiyal vd., 2021). Bu çalışmanın sonuçları, değişen iklimsel koşulların *Juniperus foetidissima* Willd.'yi olumsuz etkileyeceğini göstermektedir. Yapılan projeksiyonlara göre, her iki zaman aralığında da (2041-2060 ve 2081-2100) *J. foetidissima*'nın habitat uygunluğunun önemli miktarda azalacağı sonucuna ulaşılmıştır. İklim senaryolarına göre (SSP2 4.5 ve SSP5 8.5), mevcut tür oluşumu için çok yüksek uygunluk gösteren bölgelerin büyük bir bölümünün gelecekte orta ile düşük uygunlukta ortaya çıkacağı tahmin edilmiştir. Bu çalışmada, yükseklik verisi iklim senaryolarına entegre edilerek kapsamlı bir değerlendirme yapılmıştır. Maksimum entropi modeli yüksekliğin en önemli çevresel değişken olduğunu göstermiş, çok yüksek AUC değeri ise modellenmenin başarı ile tamamlandığını kanıtlamıştır. Türkiye'de iklim değişikliğinin, *J. foetidissima* türü üzerindeki etkisinin değerlendirilmesinde güvenilirliği yüksek bilgiler sunulmuştur. Sonuç olarak; bu çalışmanın bulguları, orman ekosisteminde doğa koruma ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği için peyzaj yönetimi çerçevesinde rasyonel ve geniş ölçekli adaptasyon stratejilerinin oluşturulmasına yardımcı olabilir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, günümüzde *J. foetidissima*'nın saf ya da diğer türlerle birlikte oluşturduğu doğal ormanlarda coğrafi varyasyon çalışmalarının süratle başlatılması ve popülasyonlar arası ve popülasyon içi genetik çeşitlilik çalışmalarının yapılması gerektiğine işaret etmektedir.

Türün iklim değişikliği ve özellikle de küresel ısınmaya bağlı olarak gelecekte yaşanabilecek olası kuraklığa dayanıklı popülasyonları ve genotipleri bilimsel araştırmalarla ortaya konulmalıdır. Buna ek olarak, türün in-situ ve ex-situ gen koruma alanları belirlenmeli ve tohum bahçeleri kurulmalıdır. Özellikle gelecekte yayılış gösterebileceği muhtemel alanlarda farklı orijinlerden alınacak genetik materyallerle adaptasyon çalışmalarına başlanması türün sürdürülebilirliği ve koruma stratejisi açısından önemli bir yaklaşım olacaktır.

Bu çalışmada, *J. foetidissima*'nın biyolojik gereksinimleri dikkate alınmamıştır. Gelecek modellemelerde, türlerin ekolojik ihtiyaçları çalışmaya dahil edilerek tahmin modelinin kapsamı genişletilebilir ve habitatların dengede olup olmadıkları daha detaylı olarak belirlenebilir. Böylece, potansiyel uygun aralıkların belirlenmesi için daha güçlü referanslar oluşturulabilir. Benzer şekilde, arazi örtüsü/alan kullanım (AÖ/AK) değişimi bu çalışmada değerlendirilmemiştir. Bundan sonraki çalışmalar, AÖ/AK değişimini iklim modellemesine entegre edebilir.

Kaynakça

- Abdelaal, M., Fois, M., Fenu, G., & Bacchetta, G. (2019). Using MaxEnt modeling to predict the potential distribution of the endemic plant *Rosa arabica* Crép. In *Egypt. Ecological Informatics*, 50, 68-75. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2019.01.003>.
- Akkemik, Ü. (2018). Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıları. T. C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Akyol, A., Örucü, Ö. K. (2019). İklim değişimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre Kızılcık türünün (*Cornus mas* L.) odun dışı orman ürünleri kapsamında değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 17, 224-233. <https://doi.org/10.31590/ejosat.615019>.
- Arslan, E. S., Akyol, A., Örucü, Ö. K., & Sarıkaya, A. G. (2020). Distribution of rose hip (*Rosa canina* L.) under current and future climate conditions. *Regional Environmental Change*, 20(3), 107. <https://doi.org/10.1007/s10113-020-01695-6>.
- Barve, N., Barve, V., Jiménez-Valverde, A., Lira-Noriega, A., Maher, S. P., Peterson, A. T., Soberón, J., & Villalobos, F. (2011). The crucial role of the accessible area in ecological niche modeling and species distribution modeling. *Ecological Modelling*, 222(11), 1810-1819. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2011.02.011>.
- Bouahmed, A., Vessella, F., Schirone, B., Krouchi, F., & Derridj, A. (2019). Modeling *Cedrus atlantica* potential distribution in North Africa across time: New putative glacial refugia and future range shifts under climate change. *Regional Environmental Change*, 19(6), 1667-1682. <https://doi.org/10.1007/s10113-019-01503-w>.
- Chakraborty, A., Joshi, P. K., & Sachdeva, K. (2016). Predicting distribution of major forest tree species to potential impacts of climate change in the central Himalayan region. *Ecological Engineering*, 97, 593-609. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.10.006>.
- Chase, J. M., & Leibold, M. A. (2003). *Ecological Niches: Linking Classical and Contemporary Approaches*. University of Chicago Press.
- Choudhary, J. S., Mali, S. S., Fand, B. B., & Das, B. (2019). Predicting the invasion potential of indigenous restricted mango fruit borer, *Citripestis eutraperha* (Lepidoptera: Pyralidae) in India based on MaxEnt modelling. *Current*

- Science*, 116(4), 636-642. <https://doi.org/10.18520/cs/v116/i4/636-642>.
- Damschen, E. I., Harrison, S., & Grace, J. B. (2010). Climate change effects on an endemic-rich edaphic flora: Resurveying Robert H. Whittaker's Siskiyou sites (Oregon, USA). *Ecology*, 91(12), 3609-3619. <https://doi.org/10.1890/09-1057.1>.
- Davis, P. H. (1965). *Flora of Turkey and The East Aegean Islands—I: Vol. One* (P. H. Davis, Ed.). Edinburgh University Press.
- Du, Z., He, Y., Wang, H., Wang, C., & Duan, Y. (2021). Potential geographical distribution and habitat shift of the genus *Ammopiptanthus* in China under current and future climate change based on the MaxEnt model. *Journal of Arid Environments*, 184, 104328. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104328>.
- Dyderski, M. K., Paż, S., Frelich, L. E., & Jagodziński, A. M. (2018). How much does climate change threaten European forest tree species distributions? *Global Change Biology*, 24(3), 1150-1163. <https://doi.org/10.1111/gcb.13925>.
- Eler, Ü., & Çetin, A. (2006). Ardıç tohumunun çimlendirilme olanakları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A*, 0(1), 33-45.
- Elith, J., Graham, C. H., A. R. P., Dudík, M., Ferrier, S., Guisan, A., ... Zimmermann, N. E. (2006). Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. *Ecography*, 29(2), 129-151. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x>.
- Elith, J., Phillips, S. J., Hastie, T., Dudik, M., Chee, Y. E., & Yates, C. J. (2011). A statistical explanation of MaxEnt for ecologists. *Diversity and Distributions*, 17(1), 43-57. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4642.2010.00725.x>.
- Feng, X., Park, D. S., Walker, C., Peterson, A. T., Merow, C., & Papeş, M. (2019). A checklist for maximizing reproducibility of ecological niche models. *Nature Ecology & Evolution*, 3(10), 1382-1395. <https://doi.org/10.1038/s41559-019-0972-5>.
- Ferrarini, A., Alsafran, M. H. S. A., Dai, J., & Alatalo, J. M. (2019). Improving niche projections of plant species under climate change: *Silene acaulis* on the British Isles as a case study. *Climate Dynamics*, 52(3), 1413-1423. <https://doi.org/10.1007/s00382-018-4200-9>.
- Friend, A. D., Lucht, W., Rademacher, T. T., Keribin, R., Betts, R., Cadule, P., ... Woodward, F. I. (2014). Carbon residence time dominates uncertainty in terrestrial vegetation responses to future climate and atmospheric CO₂. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(9), 3280-3285. <https://doi.org/10.1073/pnas.1222477110>.
- GBIF (2020). Global Biodiversity Information Facility. *Juniperus foetidissima* Willd. in GBIF Secretariat. GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset www.gbif.org, Erişim tarihi: 12.12.2020.
- IPCC (2014). *Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (s. 151). Geneva, Switzerland.
- Kaky, E., & Gilbert, F. (2019). Assessment of the extinction risks of medicinal plants in Egypt under climate change by integrating species distribution models and IUCN Red List criteria. *Journal of Arid Environments*, 170, 103988. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.05.016>.
- Kariyawasam, C. S., Kumar, L., & Ratnayake, S. S. (2019). Invasive Plants Distribution Modeling: A Tool for Tropical Biodiversity Conservation With Special Reference to Sri Lanka. *Tropical Conservation Science*, 12, 1940082919864269. <https://doi.org/10.1177/1940082919864269>.
- Köse, H. (2000). Doğal Bitki Örtüsünde Bulunan Bazı Odunsu Peyzaj Bitkilerinin Tohum Çimlendirme Yöntemleri Üzerinde Araştırmalar III. *Juniperus oxycedrus L.* (Katrancı), 10(2), 88-100.
- Köse, N., Okan, T., & Akkemik, Ü. (2018). Understanding the Impacts of Illegal Logging in Turkey: A Case Study on Junipers in Eskişehir. *Baltic Forestry*, 24(1), 109-116.
- Le Breton, T. D., Zimmer, H. C., Gallagher, R. V., Cox, M., Allen, S., & Auld, T. D. (2019). Using IUCN criteria to perform rapid assessments of at-risk taxa. *Biodiversity and Conservation*, 28(4), 863-883. <https://doi.org/10.1007/s10531-019-01697-9>.
- Li, G., Huang, J., Guo, H., & Du, S. (2020). Projecting species loss and turnover under climate change for 111 Chinese tree species. *Forest Ecology and Management*, 477, 118488. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118488>.
- Mamikoğlu, N. G., & Ergüven, E. (2012). Türkiye'nin Ağaçları ve Çalıkları. NTV yayımları.
- Manish, K., Telwala, Y., Nautiyal, D. C., & Pandit, M. K. (2016). Modelling the impacts of future climate change on plant communities in the Himalaya: A case study from Eastern Himalaya, India. *Modeling Earth Systems and Environment*, 2(2), 92. <https://doi.org/10.1007/s40808-016-0163-1>.
- Miller, J. (2010). Species Distribution Modeling. *Geography Compass*, 4(6), 490-509. <https://doi.org/10.1111/j.1749-8198.2010.00351.x>.
- Mod, H. K., Scherrer, D., Luoto, M., & Guisan, A. (2016). What we use is not what we know: Environmental predictors in plant distribution models. *Journal of Vegetation Science*, 27(6), 1308-1322. <https://doi.org/10.1111/jvs.12444>.
- Moukrim, S., Lahssini, S., Rhazi, M., Alaoui, H. M., Benabou, A., Wahby, I., ... Rhazi, L. (2019). Climate change impacts on potential distribution of multipurpose agroforestry species: *Argania spinosa* (L.) Skeels as case study. *Agroforestry Systems*, 93(4), 1209-1219. <https://doi.org/10.1007/s10457-018-0232-8>.
- Muller, J. J., Nagel, L. M., & Palik, B. J. (2019). Forest adaptation strategies aimed at climate change: Assessing the performance of future climate-adapted tree species in a northern Minnesota pine ecosystem. *Forest Ecology and Management*, 451, 117539. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2019.117539>.
- Nautiyal, N., Wang, J., Ning, W., Gaire, N. P., Peili, S., Yanqiang, W., ... Ning, S. (2021). Potential distribution of *Abies*, *Picea*, and *Juniperus* species in the sub-alpine forest of Minjiang headwater region under current and future climate scenarios and its implications on ecosystem services supply. *Ecological Indicators*, 121, 107131. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107131>.
- Ncube, B., Shekede, M. D., Gwitira, I., & Dube, T. (2020). Spatial modelling the effects of climate change on the distribution of *Lantana camara* in Southern Zimbabwe. *Applied Geography*, 117, 102172. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2020.102172>.
- OGM (2009). Ormanlarımızda Yayılış Gösteren Asli Ağaç Türleri. Orman Atlası. Orman Genel Müdürlüğü: Ankara.
- Pearson, R. G., Raxworthy, C. J., Nakamura, M., & Townsend Peterson, A. %J J. of biogeography. (2007). *Predicting species distributions from small numbers of occurrence*

- records: A test case using cryptic geckos in Madagascar. *34*(1), 102-117.
- Peterson, A. T., Papes, M., & Eaton, M. (2007). Transferability and model evaluation in ecological niche modeling: A comparison of GARP and Maxent. *Ecography*, *30*(4), 550-560. <https://doi.org/10.1111/j.2007.0906-7590.05102.x>.
- Peterson, A., Townsend, Soberón, J., Pearson, R. G., Anderson, R. P., Martínez-Meyer, E., Nakamura, M., & Araújo, M. B. (2011). *Ecological Niches and Geographic Distributions (MPB-49)*. Princeton University Press.
- Phillips, S. J., Anderson, R. P., & Schapire, R. E. (2006). Maximum entropy modeling of species geographic distributions. *Ecological Modelling*, *190*(3), 231-259. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>.
- Pinna, M. S., Cañadas, E. M., Fenu, G., & Bacchetta, G. (2015). The European Juniperus habitat in the Sardinian coastal dunes: Implication for conservation. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *164*, 214-220. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2015.07.032>.
- Prevéy, J. S., Parker, L. E., & Harrington, C. A. (2020). Projected impacts of climate change on the range and phenology of three culturally-important shrub species. *PLOS ONE*, *15*(5), e0232537. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232537>.
- Rana, S. K., Rana, H. K., Luo, D., & Sun, H. (2020). Estimating climate-induced 'Nowhere to go' range shifts of the Himalayan *Incarvillea* Juss. Using multi-model median ensemble species distribution models. *Ecological Indicators*, 107127. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.107127>.
- Regos, A., Gagne, L., Alcaraz-Segura, D., Honrado, J. P., & Domínguez, J. (2019). Effects of species traits and environmental predictors on performance and transferability of ecological niche models. *Scientific Reports*, *9*(1), 4221. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40766-5>.
- Remya, K., Ramachandran, A., & Jayakumar, S. (2015). Prediction of the current and future suitable habitat distribution of *Myristica dactyloides* Gaertn. Using MaxEnt model in the Eastern Ghats, India. *Ecological Engineering*, *82*, 184-188. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2015.04.053>.
- Rupprecht, F., Oldeland, J., & Finckh, M. (2011). Modelling potential distribution of the threatened tree species *Juniperus oxycedrus*: How to evaluate the predictions of different modelling approaches? *Journal of Vegetation Science*, *22*(4), 647-659. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2011.01269.x>.
- Scherrer, D., & Guisan, A. (2019). Ecological indicator values reveal missing predictors of species distributions. *Scientific Reports*, *9*(1), 3061. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39133-1>.
- Silva, J. L. S. e, Cruz-Neto, O., Peres, C. A., Tabarelli, M., & Lopes, A. V. (2019). Climate change will reduce suitable Caatinga dry forest habitat for endemic plants with disproportionate impacts on specialized reproductive strategies. *PLOS ONE*, *14*(5), e0217028. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217028>.
- Stocker, T. F., Qin, D., Plattner, G. K., Tignor, M., Allen, S. K., Boschung, J., Nauels, A., Midgley, P. M., Bex, V., & Xia, Y. (2014). IPCC, 2013: climate Change 2013: the Physical Science Basis. In: Working Group I Contribution to the IPCC 5th Assessment Report, IPCC. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, p. 1535.
- Tilki, F. (2007). Preliminary results on the effects of various pre-treatments on seed germination of *Juniperus oxycedrus* L. *Seed Science and Technology*, *35*(3), 765-770. <https://doi.org/10.15258/sst.2007.35.3.25>.
- Wan, J. Z., Wang, C. J., & Yu, F. H. (2017). Spatial conservation prioritization for dominant tree species of Chinese forest communities under climate change. *Climatic Change*, *144*(2), 303-316. <https://doi.org/10.1007/s10584-017-2044-7>.
- Wiens, J. J. (2016). Climate-Related Local Extinctions Are Already Widespread among Plant and Animal Species. *PLOS Biology*, *14*(12), e2001104. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.2001104>.
- Wilson, J. R., Foxcroft, L. C., Geerts, S., Hoffman, M. T., MacFadyen, S., Measey, J., &... van Wilgen, B. W. (2020). The Role of Environmental Factors in Promoting and Limiting Biological Invasions in South Africa. In B. W. van Wilgen, J. Measey, D. M. Richardson, J. R. Wilson, ve T. A. Zengeya (Ed.), *Biological Invasions in South Africa* (ss. 355-385). Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32394-3_13.
- Wu, C., Chen, D., Shen, J., Sun, X., & Zhang, S. (2021). Estimating the distribution and productivity characters of *Larix kaempferi* in response to climate change. *Journal of Environmental Management*, *280*, 111633. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111633>.
- Yi, Y. J., Cheng, X., Yang, Z. F., & Zhang, S. H. (2016). Maxent modeling for predicting the potential distribution of endangered medicinal plant (*H. riparia* Lour) in Yunnan, China. *Ecological Engineering*, *92*, 260-269. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2016.04.010>.
- Zhang, K., Yao, L., Meng, J., & Tao, J. (2018). Maxent modeling for predicting the potential geographical distribution of two peony species under climate change. *Science of The Total Environment*, *634*, 1326-1334. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.04.112>.
- Zhao, H., Zhang, H., & Xu, C. (2020). Study on *Taiwania cryptomerioides* under climate change: MaxEnt modeling for predicting the potential geographical distribution. *Global Ecology and Conservation*, *24*, e01313. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01313>.



Kızılötesi Isıtma ile Polistiren Latekslerin Polimer Kompozit Filmlerindeki Film Oluşumuna Etkisi

Önder Yargı^{1*}

^{1*} Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6343-0057), oyargi@yildiz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.838833)

ATIF/REFERENCE: Yargı, Ö. (2021). Kızılötesi Isıtma ile Polistiren Latekslerin Polimer Kompozit Filmlerindeki Film Oluşumuna. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 13-18.

Öz

Bu çalışma, polistiren (PS)-poliakrilamid (PAAm) ve polistiren (PS)-Na Alginat (Alg) kompozitlerinden film oluşumunun UV-Visible tekniği kullanılarak incelendiği spektroskopik bir teknik sunmaktadır. Tüm numuneler, (PS)/poliakrilamid (PAAm) ve polistiren (PS)/Na-Alginat (Alg) filmlerinin farklı bileşimleriyle bir cam altlık üzerine damlatma yöntemiyle oda sıcaklığında hazırlandı. Kızılötesi ısıtma ile tavlanan filmlerin boşluk kapanması ve interdifüzyon aşamaları için karşılık gelen aktivasyon enerjileri hesaplandı. Kızılötesi ısıtma ile tavlanan Polistiren (PS)/Na-Alginat (Alg) kompozit filmler için boşluk kapatma işlemleri için hesaplanan enerjilerin polistiren (PS)/poliakrilamid (PAAm) kompozit filmlerden daha küçük olduğu bulundu.

Anahtar Kelimeler: Polistiren, Poliakrilamid, Film Oluşumu.

Effect of Polystyrene Latexes on the film formation of Polymer Composite Films by Infrared Heating

Abstract

This work presents a spectroscopic technique that film formation from polystyrene (PS)-polyacrylamide (PAAm) and polystyrene (PS)/Na-Alginate (Alg) composites was investigated using by UV-Visible technique. All samples were prepared at room temperature by casting methode on a glass substrate with different compositions of (PS)/polyacrylamide (PAAm) and polystyrene (PS)/Na-Alginate (Alg) films. Corresponding activation energies for the void closure and the interdiffusion stages were calculated of the films annealed by infrared heating. It was found that the calculated energies for the void closure processes smaller for the polystyrene (PS)/Na-Alginate (Alg) composite films than that of polystyrene (PS)/polyacrylamide (PAAm) composite films by infrared heating.

Keywords: Polystyrene, Polyacrylamide, Film Formation.

* Sorumlu Yazar: oyargi@yildiz.edu.tr

1. Giriş

Polimerler, toz kaplama uygulamalarında yakın kızılötesi aralığında ışığı etkili bir şekilde emer [1]. Bir çalışma, fırın ve Kızılötesi ısıtma arasında, kurutma süresini belirlemek için sulu poli (vinil alkol) çözeltilerine bu iki ısıtma türünü uygulamıştır. Sadece fırın da kurutma için bu süre 120 dakika sürmüştür. Bununla birlikte, konvektif ve IR radyasyon birleştirildiğinde, aynı PVA [2] ile kuruma süresi 15 dakikaya düşmüştür. Lateksler çoğunlukla suda koloidal bir dispersiyon oluşturur. Kuruma sıcaklığı sırasıyla yumuşak ve sert lateksler olarak bilinen cam geçiş sıcaklığı, T_g 'nin altında veya üzerindeyse lateksler yumuşak ya da sert lateksler olarak anılırlar. Lateks film oluşumu ise şu şekilde açıklanır: Islak aşama olan ilk aşamadır, bu aşamada lateksler çözelti içinde sulu formdadırlar. Çözücünün buharlaşması ile parçacıkların birbirine yakın paketlenmiş bir şekil oluşturduğu ikinci aşamaya gelinir. Kullanılan lateks, sert lateks ise oluşan deformasyonu minimum film oluşumu için gerekli olan sıcaklığın üzerinde boşlukların kapanmasına [3,4] neden olur ve daha sonra boşluklar kapandıktan sonra son olarak homojen bir film oluşumu için [4] fazla ısıtma ile parçacık-parçacık sınırları boyunca interdifüzyon süreci başlar [5,6]. Bu aşamada sınırlar kalkmış olur ve karşılıklı zincir geçişleri başlar. Latekslerden film oluşumunu açıklamak için literatür de birçok farklı çalışma türleri mevcuttur: elektron [7] atomik kuvvet mikroskop [8], nötron saçılması[9], ışımsız enerji transferi [10] ve kararlı durum floresans (SSF) [11]. Elipsometri [12], foton geçirgenliği (PT) [13-15] yansıma [16] taramalı elektron mikroskop (SEM) [17], [18-20] elektron

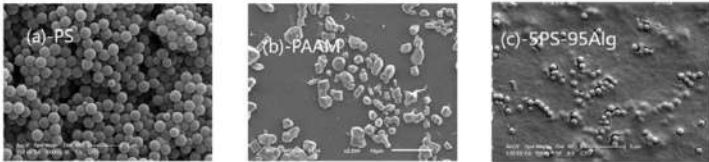
mikroskopları ve lateks sistemlerinin karakterizasyonu ile ilgili çalışmalar sunulmuştur.

Bu çalışmada PS/Alg ve PS/PAAM kompozitlerinin film oluşumu kızılötesi ısıtma kullanılarak UV-Visible tekniği ile incelenmiştir. İki deney setinin aktivasyon enerjileri boşluk kapatma ve difüzyon arası modellerden hesaplandı. Boşluk kapanma enerjilerinin PS/Alg için azaldığı, PS/PAAM filmleri için ise arttığı görüldü. Örneklerden gelen geçirgenlik, her iki kompozit setleri içinde 800 nm'de olarak bulundu.

2. Materyal ve Metot

2.1. PS, PAAM ve Alginat

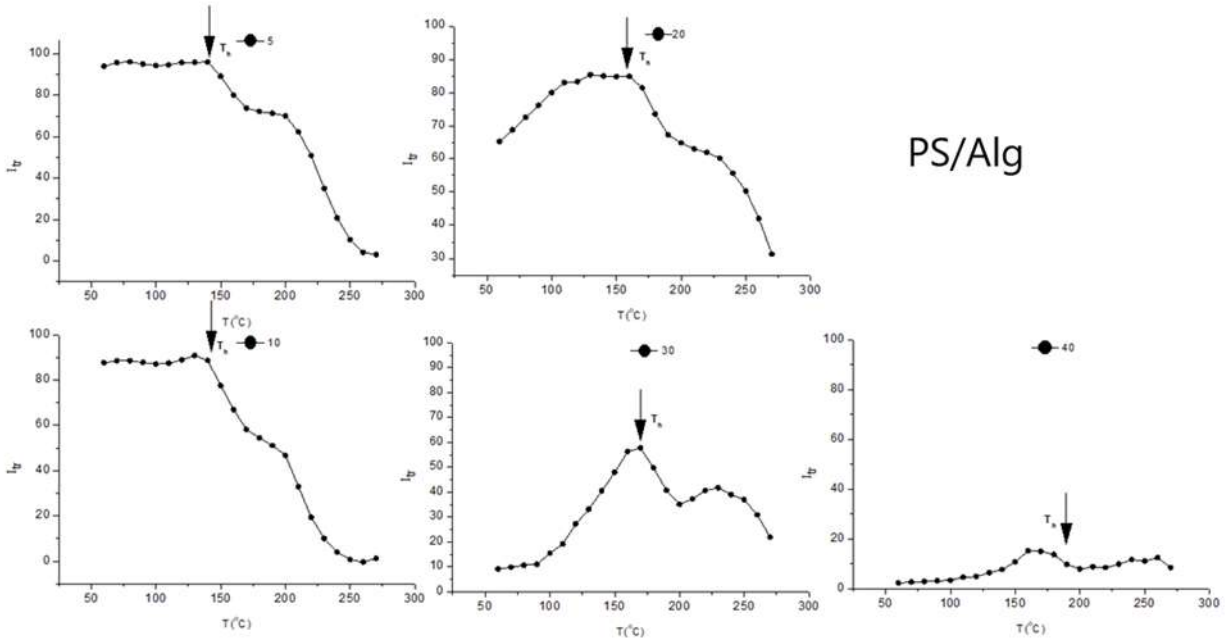
Stiren monomerin polimerizasyon işlemi Alfa Asea'den satın alınmıştır. (Potasyum persülfat) PS lateksleri için KPS başlatıcı hazırlandı. KPS deiyonize suda çözüldü ve ardından 90°C'de çözüye eklenmiştir. Çözeltide, PolyFluor™ 511 Polysciences'dan temin edilen monomer dimetakrilat ilavesiyle PS lateksleri hazırlanmıştır. PAAM hazırlanması için monomer; akrilamid (AAM), başlatıcı; amonyum persülfat (APS) ve çapraz bağlayıcı; metilenbisakrilamid (BIS), kullanılırken Sodyum Aljinat için Alginik asit sodyum tuzu Merck tarafından sağlandı. PAAM polimeri, 7.0 mM APS bileşimi ile destile su içinde 0.5 M AAM çözüldürüldü. 15 dakika boyunca nitrojen ile oksijeni giderildikten sonra 60°C'de ısıtılmıştır. Alginatın T_g si ise, DSC ile 29 ° C'de bulundu. 100 mL solüsyonlarda% 2.4 PS ve% 1 Alg hazırlandı. Tüm numunelerden su buharlaştırıldıktan sonra bir cam plaka üzerinde PS/Alg ve PS/PAAM kompozitlerinin bileşiminden iki film seti hazırlandı ve kurutulduktan sonra, tüm filmler ayrı ayrı 10 dakika süreyle kızılötesi ısıtma ile tavlandı.



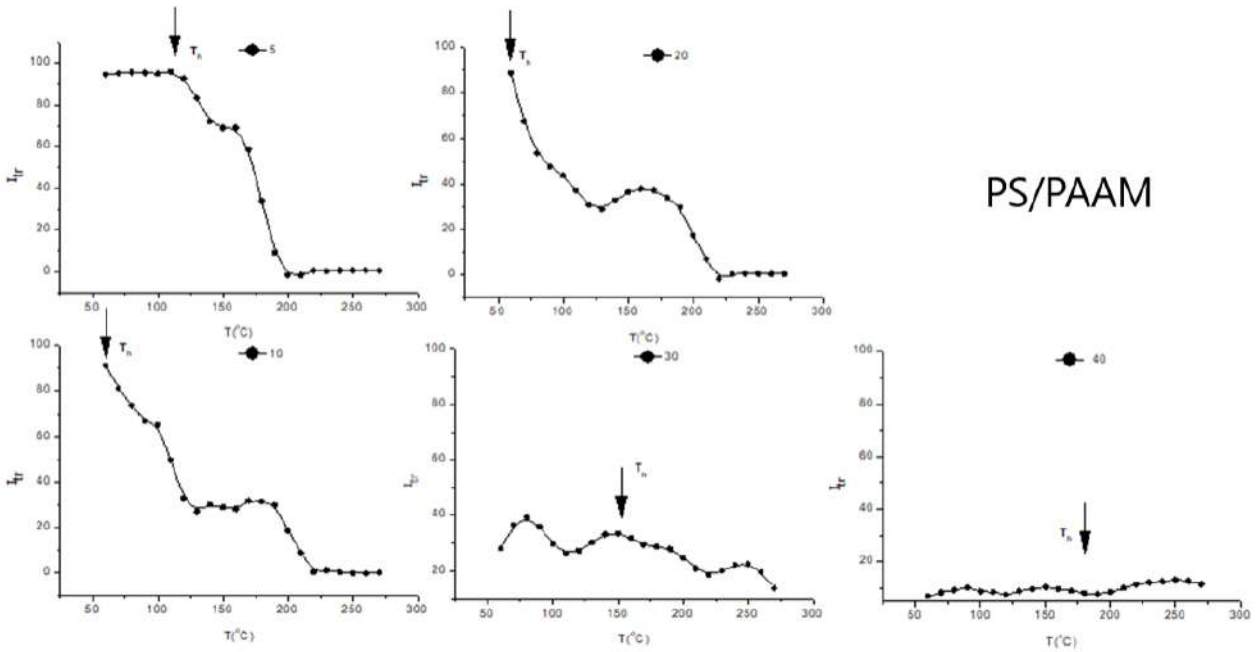
Şekil 1: (a) saf PS (b) saf PAAM ve (c) 5 PS -% 95 Alg kompozit filmlerin SEM görüntüsü.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

PS/Alg ve PS/PAAM kompozit filmler için ışık geçirgenliği I_{tr} 'nin 800 nm'de sıcaklığa bağımlı değişimi sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3'te sunulmuştur.



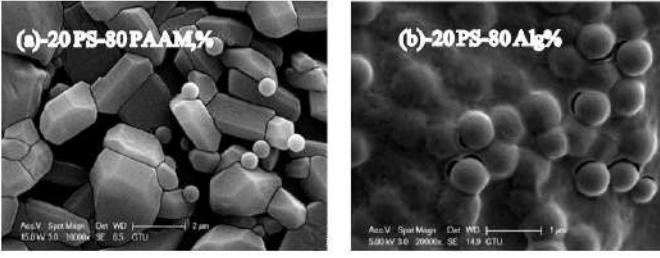
Şekil 2: PS/Alg kompozit filmlerinin I_{tr} nin $T (^{\circ}C)$ ' ye bağlı değişim grafiği. 5 ila 40 arasındaki sayılar, PS (ağırlık,%) anlamına gelmektedir.



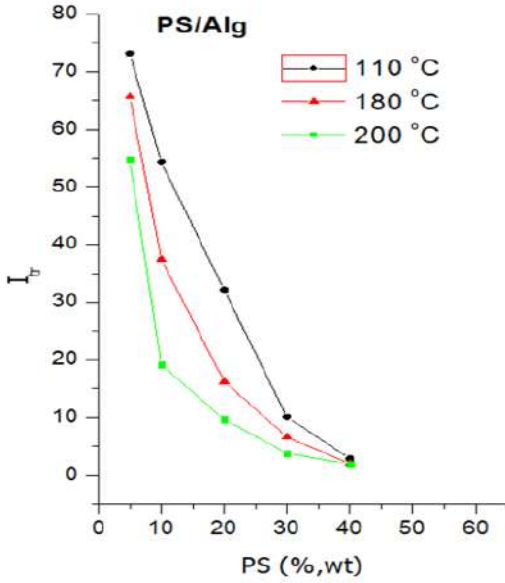
Şekil 3: PS/PAAM kompozit filmlerinin I_{tr} nin $T (^{\circ}C)$ ' ye bağlı değişim grafiği. 5 ila 40 arasındaki sayılar, PS (ağırlık,%) anlamına gelmektedir.

Şekil 2'de I_{tr} , belirli bir başlangıç sıcaklığından (film oluşumu için minimum sıcaklık) sonra artar ve tavlama sıcaklığının artmasıyla daha sonra maksimuma (T_h kaynama sıcaklığı) ulaşır. Bu kritik sıcaklıktan sonra I_{tr} tekrar düşmeye başlar. Şekilden anlaşılacağı gibi: (i) kompozit filmdeki PS miktarı artırıldığında, tüm filmlerde I_{tr} 'de bir azalma görülmüştür. Bu durum, filmdeki boşlukların saçıcı merkez noktaları gibi davranmasına dayandırılarak açıklanmaktadır. Düşük PS katkılı filmlerde faz ayrışımının olduğu lokalize kümelenmeler oluşmuştur (bkz. Şekil 2 ve Şekil 3). PS parçıkları Alginate tarafından tutularak boşluklar içinde rahat hareket etmeleri engellenmektedir. Belirli bir miktar konsantrasyona kadar, bu boşluklar ışığın filmde geçtiği yerdeki saçılma

merkezlerinin sayısını artırır[20-23]. Sıcaklıkların başlangıcında I_{tr} , 5,10 ve 20 PS (ağırlıkça%) konsantrasyonları için yüksektir ve hemen hemen sabittir. Daha sonra artan sıcaklıkla birlikte azalmaya başlar. 5,10 ve 20 PS (ağırlıkça%) için yüksek I_{tr} 'nin nedeni PAAM parçacıklarının boyutuna bağlanabilir. PAAM parçacıklarının boyutu, Şekil 1 (a) 'da görüldüğü gibi geçen ışığın dalga boyundan daha büyüktür. Bu durum, geçen ışık için kompozit filmin neredeyse homojen bir alana dönüşmesine neden olur. Şekil 6'dan görülebileceği gibi, film IR ısıtmaya maruz bırakıldığında, PAAM parçacıklarının şekli değişir ve parçacıklar küçülmeye başlar. Bu azalma daha fazla boşluk yaratır ve bu boşluklardan ışık saçılır, bu da 5, 10 ve 20 PS (ağırlık,%) filmler için I_{tr} 'de azalma ile sonuçlanır.

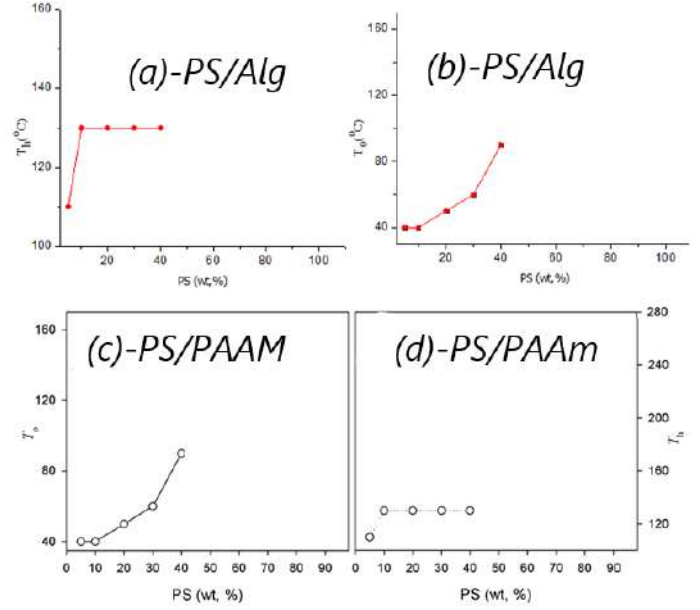


Şekil 4: (a)PAAM içinde (b) Alg içinde %20 PS katkılı filmlerin SEM görüntüsü.



Şekil 5: I_{tr} nin %PS ye göre 110, 180 ve 180 °C deki değişim grafiği

PS miktarına göre I_{tr} değişimleri Şekil 5'te sunulmuştur. I_{tr}, 110, 180 ve 200 °C'de tüm kompozitler için azalmaktadır. Bu sıcaklıklarda hareket eden PS parçacıkları, matriste yeni ve daha büyük boşluklar oluşturan yeni kümeler oluşturur. Parçacıkların bu şekilde yer değiştirmesinin bir sonucu olarak, I_{tr} azalır. Daha yüksek sıcaklıklarda (belirli bir sıcaklığa kadar), PS yüzdesinin artmasıyla I_{tr} artmaktadır (Şekil 2). Burada, PS miktarı arttığında, PS parçacıkları matriste boşlukları doldurur ve oluşan az boşluklu yapı da yüksek I_{tr} nin olmasına neden olur. Şekil 6'da, minimum film oluşum sıcaklığı; T_o [24] kaynaşma sıcaklığı T_h değerleri kompozit filmler için de belirlendi. Bu kritik T_o sıcaklığının altında, lateks opak formdadır ve bu sıcaklığın üzerindeki filmler daha fazla ısıtmayla homojen hale gelmeye başlar [25]. T_h [18], kompozit filmlerin kaynaşma sıcaklığını tanımlamak için kullanılır. Boşluk kapanmasından sonra, interdiffusion işlemi T_h değerlerinin üzerinde başlar ve burada kütle merkezleri ara yüzeyi boyunca dönüşüm için yeterli kinetik enerji kazanarak yer değiştirirler. Şekil 6 (a ve b) 'dan görüldüğü gibi, PS miktarının eklenmesiyle T_o ve T_h değerleri de artar. Bu, T_o'nın yüksek T_g'ye sahip PS miktarından etkilendiğini göstermektedir. Düşük katkılı 5 ve 10 PS (% wt) filmler için, T_o çok fazla değişmez ve bu PS miktarının üzerinde, T_o artar.



Şekil 6: (a) PS/Alg kompozit filmleri için Kaynaşma sıcaklığı T_h nin (b) Minimum film oluşum sıcaklığı T_o un PS ye göre (c) Minimum film oluşum sıcaklığı T_o un (d) PS/PAAM kompozit filmleri için Kaynaşma sıcaklığı T_h nin PS ye göre değişim grafiği.

Aktivasyon Enerjilerinin Hesaplanması

Boşluk kapanması ve interdifüzyon süreçleri için aşağıdaki denklemler kullanılmıştır [18]

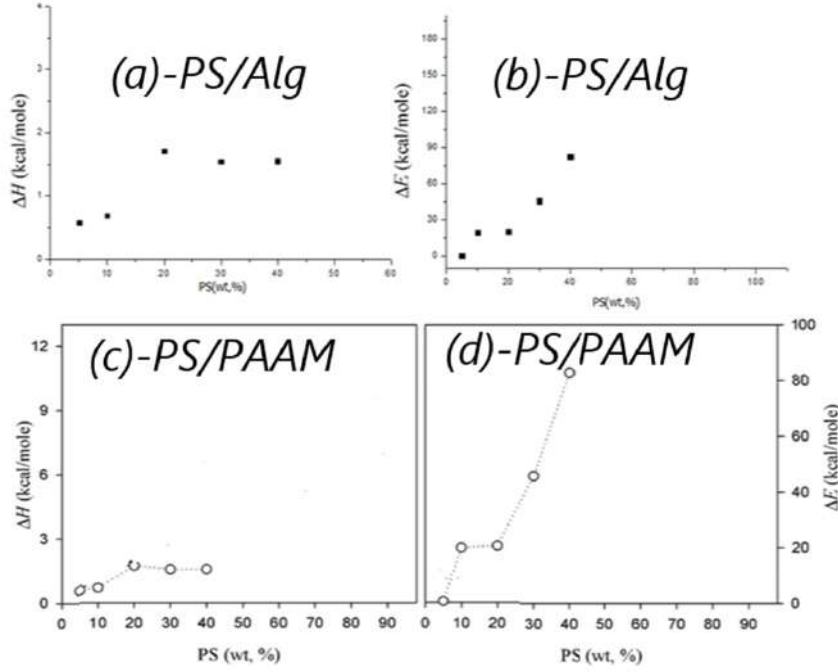
$$I_{tr}(T) = S(t) \exp\left(-\frac{3\Delta H}{kT}\right) \quad (1)$$

$$I_{tr}(T) / I_{tr}(\infty) = A \exp\left(-\frac{\Delta E}{2k_b T}\right) \quad (2)$$

S(t)=(yt/2AC)³, k Boltzmann's sabitidir. ΔH, boşluk kapama ΔE, interdifüzyon enerjileridir. I_{tr}, 800 nm deki ışık geçirgenliğidir. Bu denklemler kullanılarak hesaplanan aktivasyon enerjilerinin grafiği şekil 7 de sunulmuştur. I_{tr}'deki artış boşluk kapatma işlemi ile açıklanmaktadır, ΔH aktivasyon enerjileri T_o ve T_h arasındaki bölgeye denklem 1 uygulanarak bulunmuştur. Bu değerler Şekil 7 (a) ve Şekil 7 (c) 'de görülmektedir. Film oluşumu için gerekli kuvvetparçacık boyutunun [26] tersine bağlıdır. Düşük sıcaklıkların etkili olan boşluk doldurma işlemi sırasında yüksek aljinat miktarının olduğu kompozitler için viskoz akışın aktivasyon enerjisi daha azdır.

Düşük PS lateks miktarı için, ΔH değerleri daha küçüktür çünkü Alg ve PAAM, PS parçacıklarından daha düşük T_g'ye ve daha büyük yüzey alanına sahiptir. ΔH, PS'nin yüksek T_g'si nedeniyle artar. Şekil 7 (b) 'de, kompozit filme PS lateksinin eklenmesi ile ΔE'nin arttığı, yani film oluşumu için fazla enerji ile gerçekleştirilebileceğini göstermektedir. Bu nokta, PS parçacıklarının T_g'si ile ilgilidir. PS lateks ilavesi ile polimer zincirlerinin hareketi için gerekli enerji artacaktır. Tek bir zincir, polimer-polimer ara yüzündeki difüzyonun üstesinden gelmek için viskoz akış süreci ile elde edilenden daha fazla enerjiye

ihtiyaç duyduğundan, interdiffüzyon enerjileri boşluk kapatma aktivasyon enerjilerinden çok daha büyüktür.



Şekil 7: PS/Alg için Boşluk kapanması (ΔH) ve interdiffusion (ΔE) enerjileri (a ve b) ve PS/PAAM kompozitleri için (c ve d) ile PS (ağırlıkça%) değişim grafikleri

4. Sonuç

Bu çalışmada, infrared ısıtma altında PS/Alg ve PS/PAAM kompozit matrisinden film oluşumunu izlemek için basit ve kullanışlı bir yöntem olan UV-Visible tekniği ile görünür bölgede geçen ışık şiddetinin izlenmesi suretiyle spektroskopik bir teknik uygulanmıştır. Sonuçlar, film oluşum sürecinin düşük sıcaklıklarda gerçekleştiğini gösterdi. Kompozit filmlerin aktivasyon enerjileri, her iki kompozit sistem için benzer davranış ve sonuçlar gösterdi. Bu sonuç, Alg ve PAAM parçacıklarının düşük T_g sine dayandırılabilir. Her iki kompozit sistem için interdiffüzyon enerjilerinin boşluk kapatma enerjilerinden daha yüksek olduğu bulundu. Bu, matristeki karşılaşılan potansiyel engelinin üstesinden gelmek için tek bir zincirin tüm viskoz akıştan daha yüksek enerjiye ihtiyaç duyması oldukça anlaşılır bir durum olarak değerlendirildi.

Kaynakça

- Mabbett I. Elvins J. Gowenlock C. Jones P. Worsley D. (2013) Effects of highly absorbing pigments on near infrared cured polyester/melamine coil coatings Progress in Organic Coatings 76(9) 1184-1190.
- Jeong H.E., Kwak M.K., and Suh K.Y. (2010). Stretchable, adhesion-tunable dry adhesive by surface wrinkling, Langmuir, (26), 2223-2226.
- Pekcan O. and Arda E. (1999). Void closure and interdiffusion in latex film formation by photon transmission and fluorescence methods, Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects., (153), 537-549.
- Fyrillas M., Georgiou G., Vlassopoulos D., and Hatzikiriakos S. (1999). Polymer Engineering & Science., 39.

- Sperry P.R., Snyder B.S., O'Dowd M.L., and Lesko P.M. (1994). Role of Water in Particle Deformation and Compaction in Latex Film Formation, Langmuir, (10), 2619-2628.
- Winnik Mitchell A. (2002). Interdiffusion and crosslinking in thermoset latex films A Phenomenological Theory of Sintering, Journal of Coatings Technology., (74), 49-63.
- Yoo J.N., Sperling L.H., Glinka C.J., and Klein A. (1991). Characterization of film formation from polystyrene latex particles via SANS. 2. High molecular weight, Macromolecules Macromolecules, (24), 2868-2876.
- Pekcan O. (1994). Interdiffusion of polymer chains during latex coating Polymer for Advanced Technologies, 5(9), 479-484.
- Eckersley S.T., and Rudin A. (1994). Drying behavior of acrylic latexes Progress in Organic Coatings, (23), 387-402.
- Cannon L.A., and Pethrick R.A. (1999). Effect of the Glass-Transition Temperature on Film Formation in 2-Ethylhexyl Acrylate/Methyl Methacrylate Emulsion Copolymers Macromolecules, (32), 7617-7629.
- Ugur S. (2006). Fluorescence Study of Film Formation From Hard/ Soft Latex Blends, e-polymers, no-037.
- Pekcan O., Winnik M.A., and Croucher M.D. (1990). Fluorescence studies of coalescence and film formation in poly (methyl methacrylate) nonaqueous dispersion particles Macromolecules, (23), 2673-2678.
- Ugur S., and Pekcan O. (2005). Time evolution of film formation from polystyrene particles: A percolation approach, Colloid and Polymer Science., (284), 309-316.
- Keddie J.L., (1997). Film formation of latex Macromolecules, (21), 101-170.
- Arda E., Bulmus V., Piskin E., and Pekcan O. (1999). , Molecular weight effect on latex film formation from

- polystyrene particles: a photon transmission study, *Journal of Colloid Interface Science*, (213), 160-168.
16. Arda E., and Pekcan O. (2001). Time and temperature dependence of void closure, healing and interdiffusion during latex film formation *Polymer*, (42), 7419-7428.
 17. Arda E., Ozer F., Piskin E., and Pekcan O. (2001). Film formation from nanosized copolymeric latex particles: a photon transmission study, *Journal of Colloid Interface Science.*, (233), 271-279.
 18. Pekcan O., and Arda E. (2000). Packing effect on latex film formation: A photon transmission study *Polymer International*, 49(7), 678 - 684.
 19. Voyutskii S.S., (1963) *Autohesion and Adhesion of High Polymers*, (Polymer Reviews Vol. 4) Interscience, New York.
 20. Voyutskii S.S., Starkh B.W., (1954) *Physical Chemistry of Film Formation from High Polymer Dispersions*, Moscow.
 21. Yang Y., and Gupta M.C. Dudley KL, Lawrence RW. (2005). Novel Carbon Nanotube–Polystyrene Foam Composites for Electromagnetic Interference Shielding, *Nano Letters*, (5), 2131-2134.
 22. Afzal A., Kausar A., and Siddiq M. (2016). Perspectives of Polystyrene Composite with Fullerene, Carbon Black, Graphene, and Carbon Nanotube: A Review *Polymer-Plastics Technology and Engineering*, (55), 1988-2011.
 23. Thakur V.K., Thakur M.K., Raghavan P., and Kessler M.R. (2014). Progress in Green Polymer Composites from Lignin for Multifunctional Applications: A Review, *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, (2), 1072-1092.
 24. Yargi O, Ugur S, Pekcan O. (2014). Polymer/Carbon Nanotube Composite Film Formation: A Fluorescence Study, *Polymer Composites*, 35(5), 817-826.
 25. Tepehan F., Sunay S., Uğur Ş. and Pekcan O (2007). Film formation from TiO₂-polystyrene latex composite: a fluorescence study, *Composite Interfaces*, 14(3), 243-260.
 26. Ugur S, Salman O.U., Tepehan G., Tepehan F., Pekcan O. (2005). Fluorescence Study on Al₂O₃-Polystyrene Latex Composite Film Formation, *Polymer Composites*, 26(3), 352-360.



Iğdır Ekolojik Koşullarında Yetişen Doğal Yonca (*Medicago Sativa L.*) Genotiplerinin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Barış Eren^{1*}, Bilal Keskin²

¹ Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Iğdır (ORCID: 0000-0002-3852-6476), bariseren86@gmail.com

² Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Iğdır (ORCID: 0000-0001-6826-9768), bilalkeskin66@yahoo.com

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.851712)

ATIF/REFERENCE: Eren, B., Keskin, B. (2021). Iğdır Ekolojik Koşullarında Yetişen Doğal Yonca (*Medicago Sativa L.*) Genotiplerinin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 19-26.

Öz

Bu araştırma; 2018 yılında Iğdır ekolojik koşullarında doğal olarak yetişen 48 yonca genotip ve 2 sertifikalı Adi yonca (*Medicago sativa L.*) materyali kullanılarak yürütülmüştür. Deneme Iğdır Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezine ait deneme alanında yürütülmüştür. Iğdır popülasyonunu temsil edecek şekilde 16 lokasyon ve her bir lokasyonda 3 örnek olmak üzere 48 yonca genotipi toplanmıştır. Toplanan yonca genotipleri klonlama işlemiyle çoğaltıldıktan sonra, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak deneme tarlasına şaşırtılmıştır. Hasat işlemleri %10 çiçeklenme döneminde yapılarak bitkiler kurutma işleminden sonra öğütülerek analiz çalışmalarına hazır hale getirilmiştir. Araştırmada, kalite özelliklerine ait ham protein (HP), nötr çözücülerde çözülemeyen lif (NDF), asit çözücülerde çözülemeyen lif (ADF), asit çözücülerde çözülemeyen lignin (ADL), kuru madde sindirilebilirliği (KMS), sindirilebilir enerji (SE), metabolik enerji (ME), kuru madde tüketimi (KMT) ve nisbi yem değeri (NYD) özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; genotipler arasında besin kalite özellikleri sonuçlarına göre en yüksek HP, KMS, SE, ME, KMT ve NYD değerleri Sunter yonca çeşidinde elde edilmiştir. Bununla birlikte NDF, ADF ve ADL özelliklerine ait en yüksek değerler 33 numaralı yonca genotipinden elde edilmiştir. İslah çalışmalarında kalite özelliklerinin geliştirilmesi hayvan beslemesi açısından oldukça önem arz etmektedir. Elde edilen verilere göre kalite özellikleri açısından 4, 18, 20, 25, 39 ve 45 numaralı yonca genotiplerinde iyileştirmeye yönelik ıslah çalışmaları yapılabilir.

Anahtar Kelimeler: Yonca, Genotip, HP, ADF, NDF.

Determination of Quality Characteristics of Natural Alfalfa (*Medicago Sativa L.*) Genotypes Grown in Iğdır Ecological Conditions

Abstract

This research; It was conducted in 2018 using 48 alfalfa genotypes and 2 certified Common clover (*Medicago sativa L.*) material, which grows naturally in Iğdır ecological conditions. The experiment was conducted in the experimental area of Iğdır University Agricultural Application and Research Center. It was planned to collect a total of 48 clover genotypes in 16 locations and 3 samples at each location to represent the Iğdır population. After the collected clover genotypes were replicated by cloning process, the random blocks were confounded in the trial field in 3 replications according to the experimental design. Harvesting was done with 10% flowering and the plants were prepared for analysis by grinding them after drying. In the research, crude protein (CP), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL), dry matter digestibility (DMD), digestible energy (DE), metabolizable energy (ME), dry matter intake (DMI) and relative feed value (RFV) were examined. According to the research

* Sorumlu Yazar: bariseren86@gmail.com

results; Among the genotypes, the highest CP, DMD, DE, ME, DMI and RFV values were obtained from the Sunter alfalfa variety according to the nutritional quality characteristics. However, the highest values of NDF, ADF and ADL properties were obtained from clover number 33 genotype. Improving quality characteristics in breeding studies is very important in terms of animal nutrition. According to the data obtained, breeding studies can be carried out to improve clover genotypes numbered 4, 18, 20, 25, 39 and 45 in terms of quality characteristics.

Keywords: Alfalfa, Genotype, CP, ADF, NDF.

1. Giriş

Canlı varlıkların besinleri ya bitkilerden ya da bitkiler ile beslenen hayvanlardan elde edilmektedir. Bu nedenle tarımsal üretimin en önemli amacı bitkilerden en yüksek verimi elde etmek için uygun koşulların sağlanmasıdır. Tarımsal üretimde özellikle hayvan beslemede en önemli faaliyet şüphesiz yem bitkilerinin ekimidir. Yem bitkileri tarımın, Türkiye ve Dünyadaki önemi giderek artmaktadır. Yem bitkileri ve çayır-mera alanlarımızın daha verimli ve kaliteli olması temel hedeflerimizden biri olmalıdır (Keskin ve ark., 2020). Artan dünya nüfusuyla birlikte büyüyen beslenme problemi, beklenen en büyük sorunların başında gelmektedir. Dünya nüfusu hızla artmakta ve azalan doğal kaynakları dengelemek için verim ve kaliteyi arttırmak için yeni zirai bitki çeşitleri geliştirmek gerekir (Demirel ve ark., 2020). Artan dünya nüfusuna karşın tarım arazilerinin sınırlı olması bilim insanlarını, birim alanda daha fazla verim alacak yeni çeşitlerin geliştirilmesi için ıslah yöntemlerine yönlendirmiştir. Bunun yapılabilmesi için bitki ıslahında en önemli kaynağın hiç şüphesiz genetik kaynaklar olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle bir bitki ıslahçısının en büyük yardımcısının bitkisel gen kaynakları olduğunu söyleyebiliriz (Şehirli ve Özgen, 1987). Geçmişten günümüze yapılan klasik ıslah çalışmaları sayesinde önemli birçok tarımsal üründe hem kalitatif hem de kantitatif olarak ciddi boyutlarda kazanımlar olmuştur.

Baklagiller hayvan beslemede ve insanların günlük protein ihtiyacını karşılamada buğdaygillerden sonra gelen en önemli familyadır (Şakiroğlu ve ark., 2011; Eren ve ark. 2018). Dünya nüfusundaki artış ve beslenme gereksimi baklagillerin önemini daha da arttırmıştır (Kaçar ve ark., 2005). Baklagil familyasına ait birçok bitki türü, karbonhidrat içeriği, yeterli yağ oranı ve özellikle yüksek protein miktarlarından dolayı hayvan besini olarak kullanılan önemli bir yem kaynağıdır (Ferber, 1999; Phillips, 2006; Verdier et al., 2008). İnsanlar, günlük protein ihtiyacının üçte birini bitkisel proteinlerden yani baklagil bitkilerinden sağlamaktadır. Bunun yanında azot için ihtiyaç duyulan besinin yaklaşık olarak %30 unu baklagiller sağlamaktadır (Açıkgöz, 2001; Suzan, 2008). Bu özelliklerinden dolayı baklagiller familyası gelişmiş ülkelerde tarımsal faaliyetlerde, insan ve hayvan besleme açısından önemli bir yer edinmektedir (Graham and Vance, 2003).

Yonca bitkisi Dünyada en çok yetiştiriciliği yapılan çok yıllık bir yem bitkisidir. Yonca bitkisi hayvan beslemede yaş ve kuru ot olarak tüketilebildiği gibi silajı yapılarak da kullanılabilir. Dünyanın birçok yerinde ayrıca ülkemizin hemen her bölgesinde üretimi rahatlıkla yapılabilmektedir. Birim alanda içerdiği yüksek protein miktarından dolayı besleme değeri yüksektir. Yonca bitkisi diğer yem bitkilerinden daha yüksek yem değerine sahip olduğu için yem bitkilerinin kraliçesi olarak da adlandırılmaktadır (Yeşil ve Şengül, 2009). Yonca bitkisi sahip olduğu kaliteli kaba ot verimiyle hayvan besleme açısından yeşil ya da kuru ot olarak her türlü hayvan için besleme değeri yüksek ve lezzetlidir (Açıkgöz, 2001). Yonca bitkisi her türlü ıslah çalışmalarında verim ve kalite yönünden

ciddi sonuçlar alınabilecek karaktere sahip bir bitkidir. Yonca bitkisinin üstün özelliklerinden dolayı, değişken ortam şartlarına adaptasyonu, tohum gelişimi, her türlü zararlıya karşı direnç kazandırmak, kuraklık ve hastalık benzeri stres faktörlerine dayanıklı ve en önemlisi verim ve kalite yönünden üstün genotiplerin geliştirilmesi hedeflenmelidir (Ferber, 1999; Phillips, 2006). Yonca genotiplerinde yapılan ıslah çalışmaları geçmiş tarihlerden bu yana olumlu sonuçlar vermiştir (Eren, 2014). Fakat son yıllarda yapılan çalışmalarında diğer bitkilerle kıyaslandığında o kadar da etkili stratejiler geliştirildiği söylenemez (Şakiroğlu ve ark., 2015).

92.200 hektarlık bir alana ve eşsiz bir iklime sahip Iğdır ili, 686.278 dekarlık işlenen bir tarım arazisine sahiptir ve Türkiye'nin toplam işlenmiş tarım arazisinin yaklaşık % 0,28'ini kapsamaktadır. Ayrıca, yonca bitkisi Iğdır ilinde yetiştiriciliği yapılan önemli yem bitkileri arasında olduğu bildirilmiştir (Eren ve ark., 2017). Hayvan beslemede günlük besin ihtiyacının karşılanmasında bitki kalite özellikleri açısından en uygun çeşitlerin ortaya çıkarılması için yem kalite özelliklerinin bilinmesi oldukça önemlidir. Ülkemiz yonca bitkisinin önemli bir gen merkezi olması sebebiyle Iğdır ili yonca popülasyonunda farklı gen kombinasyonuna sahip toplam 48 yonca genotipinde yem kalite açısından üstün yonca genotiplerinin elde edilmesi amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma, 2018 yılında Iğdır Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma merkezine ait deneme tarlasında tesadüf bloklar deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışma materyalini, Iğdır İli doğal ekolojik koşullarda yetişen adi yonca (*Medicago sativa* L.) genotipleri ile Sunter ve Kayseri yonca çeşitleri oluşturmuştur. Iğdır ekolojik şartlarındaki yonca genotiplerinin popülasyonunu temsil edecek şekilde 16 lokasyon ve her lokasyonda 3 bitki olacak şekilde belirlenmiştir (Tablo 1). Yonca genotipleri çiçeklenme başlangıcıyla toplanmış ve klonlama yöntemiyle her parselde 50x50 cm olacak şekilde toplam 10 yonca klonu parsellere şaşırtılmıştır. Klonlama basit çelik yöntemiyle, genç sürgünlerden 2-3 göz içerecek şekilde uçtan itibaren ikinci ya da üçüncü boğumdan ve yaprak boğumunun yaklaşık 1 cm yukarisından kesilerek alınmıştır (Elçi ve Sevimey, 1990)

Deneme alanına ait uzun yıllar iklim verileri incelendiğinde, nispi nemin %50,9, ortalama sıcaklık 18,3 °C ve toplam yağış miktarının 204,0 mm olduğu görülmektedir (MGM, 2018). Denemeye yerine ait 2018 Mart-Ekim aylarına ait ortalama nispi nem %50,9, ortalama sıcaklık ise 20,2°C, toplam yağış miktarı 180,9 mm olarak belirlenmiş ve bu veriler doğrultusunda denemenin yürütüldüğü yetiştirme sezonu, uzun yıllar ortalamasına göre sıcak ancak yağış miktarı daha az bir yıl olduğu belirlenmiştir (Tablo 2).

Tablo 1. Bitkilerin toplandığı lokasyonlara ait GPS kayıtları

Lokasyonlar	Kordinatlar	Rakım (m)
Gödeklı Köyü	39°49'11.7"N 44°35'37.5"E	808
Aralık İlçesi	39°53'22"K 44°31'09"D	821
Hasanhan Köyü	39°57'22.2"N 44°20'34.4"E	826
Saraçlı Köyü	39°54'40.9"N 44°28'02.5"E	817
Taşburun Beldesi	39°58'51"K 44°14'48"D	825
Karakoyunlu İlçesi	39°58'21"K 44°10'22"D	848
Tacirli Köyü	39°59'14"K 44°06'39"d	846
Suveren Köyü	39°48'32.1"N 44°04'26.9"E	1200
Iğdır Merkez	39°55'K 44°02'D	850
Halfeli Beldesi	39°53'17"K 43°59'19"D	860
Hoşhaber Beldesi	39°55'K 43°57'D	870
Küllük Köyü	39°59'0"K 43°54'0"D	880
Bayraktutan Köyü	40°00'00"K 43°55'00"D	888
Köprübaşı Köyü	40°02'49.5"N 43°44'41.5"E	1000
Hamurkesen Köyü	39°58'35.0"K 43°43'11.8"D	1261
Tuzluca İlçesi	43°02'58"K 43°39'39"D	1102

Tablo 2. Iğdır ilinin uzun yıllar (1950-2018) ve 2018 yılı yetiştirme sezonuna ait iklim verileri

Aylar	Yağış (mm)		Sıcaklık (°C)		Nispi Nem (%)	
	Yetiştirme Sezonu	UYO**	Yetiştirme Sezonu	UYO	Yetiştirme Sezonu	UYO
Mart	16.5	21.9	12.3	6.99	45.7	52.2
Nisan	18.2	37.4	14.2	13.4	47.7	49.9
Mayıs	69.3	49.4	18.4	17.5	45.7	51.5
Haziran	31.8	33.1	23.4	22.3	46.1	47.3
Temmuz	5.9	14.5	29.2	26.2	45.1	45.3
Ağustos	5.8	9.6	26.4	25.6	52.6	47.1
Eylül	0.3	10	24.5	20.8	53.3	50.9
Ekim	33.1	28.1	12.8	13.3	71.3	62.9
Toplam/Ort	180.9	204.0	20.2	18.3	50.9	50.9

*Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2018; **Uzun yıllar ortalaması

Tablo 3. Deneme alanından alınan toprak örneklerine ait değerler

İncelenen Toprak Özellikleri	Değerler
pH	8.34
Kireç (%)	11.08
EC (mS/cm)	1.03
Organik Madde (%)	1.18
P (ppm)	2.61
K (ppm)	1.79
Ca (ppm)	16.67
Mg (ppm)	6.4

Deneme alanına ait toprak örnekleri deneme alanını temsil edecek şekilde 0-30 cm derinlikten alınarak toprak analizi yapılmıştır (Tablo 3). Toprak tekstürü Bouyoucos hidrometre yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Bouyoucos, 1955). Toprak reaksiyonu (pH) 1;2.5 toprak:su karışımında cam elektrotlu pH

metre ile belirlenmiştir (Jackson, 1973). Elektriksel iletkenlik (EC dSm⁻¹) ekstraksiyon süzüklerinde elektriksel kondüktivite aleti ile belirlenmiştir (Rhoades, 1983). Kireç içeriği (CaCO₃) Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Çağlar, 1949). Organik madde içeriği Smith-Weldon yöntemi kullanılarak belirlenmiştir

(Nelson and Sommers, 1982). Elverişli Fosfor (P_2O_5) asit florürde mavi renk yöntemi ile (Sağlam, 1994) değışebilir K, Ca ve Mg sodyum asetatla (1N, pH:8,2) ekstraksiyonu ile belirlenmiştir (Rhoades, 1983). Elde edilen sonuçlara göre deneme alanına ait toprak killi tınlı bünyede olup, EC 1,03 ile tuzluluk oranı az, pH'sı 8,34 ile orta alkali, organik madde oranı 1,18 ile düşük, kireç %11,08 ile yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 3).

Hasat işlemleri % 10 çiçeklenme ile birlikte toprak yüzeyinde 5 cm anız kalacak şekilde yapılmıştır. Her popülasyon için alınan bitki örnekleri kurutulduktan (65 °C) sonra öğütme değirmeninde öğütülerek Mikro Kjeldahl metoduna göre toplam azot tayini yapılmış ve elde edilen %N azot oranları 6,25 katsayısı ile çarpılarak bitkinin ham protein oranları belirlenmiştir (AOAC, 1997). Daha sonra nötr çözücülerde çözünemeyen lif (NDF), Asit çözücülerde çözünemeyen lif (ADF), Asit çözücülerde çözünemeyen lignin (ADL) Van Soest ve ark. (1991)'e göre belirlenmiştir. Ayrıca Kuru Madde Sindirilebilirliği (KMS), Kuru madde tüketimi (KMT), Sindirilebilir Enerji Miktarı (SE), Metabolik Enerji (ME) ve Nispi yem değeri (NYD) değeri belirlenmiştir (Fonnesbeck ve ark., 1984; Khalil ve ark., 1986; Sheaffer et al. 1995; Morrison, 2003).

Çalışma sonucunda elde edilen kalite özelliklerinin varyans analizleri ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri SPSS 17.0 istatistik paket programında yapılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Kalite özelliklerine ait varyans analizi incelendiğinde yonca genotiplerine ait HP, NDF, ADF, ADL, KMS, SE, ME, KMT ve NYD değeri genotipler arasındaki fark $p < 0,01$ ihtimal düzeyinde önemli bulunmuştur. Yonca genotiplerinde popülasyonlar arasında HP, NDF, ADF, ADL, KMS, SE, ME, KMT ve NYD değeri ortalamalarda oluşan farklılıkların belirlenmesi için her bir kriter için Duncan analizi yapılmıştır.

3.1. Ham protein (HP) oranı (%)

Tablo 4 incelendiğinde yonca genotiplerine ait HP oranları %15,92-22,31 değeri arasında değışim göstermektedir. Yonca genotipleri için en düşük HP oranı %15,92 ile 33 numaralı genotip ve en yüksek HP oranı ise %22,31 ile 4 numaralı yonca genotipi olduğu belirlenmiştir. Ayrıca yonca genotiplerine ait ortalama HP oranı %19,37 olarak elde edilmiştir. Kayseri (%18,24) çeşidi ortalama HP değeri altında çıkarken Sunter (%21,73) çeşidi ortalama HP değeri üzerinde bir sonuç elde edilmiştir. Açıkbaş ve ark. (1984), bazı yonca çeşitlerinde HP oranlarının %15,2-17,1 değeri arasında değıştiğini ve ortalama HP oranı ise %16,1 olarak bildirmişlerdir. Altınok ve Karakaya (2002), bazı yonca çeşitlerinde HP oranlarını %21-25 değeri arasında değıştiğini bildirmişlerdir. Dumlu ve ark. (2017), 2 farklı lokasyonda bazı yonca çeşitlerinde elde ettikleri ortalama HP oranları %16,78-19,01 değeri arasında değıştiğini, Açıkbaş ve ark. (2017), doğal yonca genotiplerinde en düşük HP oranı %17,4 ve en yüksek HP oranı ise %22,6 ve ortalama HP oranı ise %19,6 olduğunu bildirmişlerdir. Gökalp ve ark. (2017), Tokat şartlarında bazı yonca çeşitlerinde HP oranlarının %17,16-18,88, Yılmaz ve Albayrak (2016), Isparta koşullarında bazı yonca çeşitlerinde HP oranlarının %16-23-17-53 değeri arasında değıştiğini bildirmişlerdir. Saruhan ve Kuşvuran (2011), bazı yonca genotiplerinde yapmış oldukları

verim çalışmasında HP oranlarının %17,94-22,67 değeri arasında değıştiğini ve ortalama HP oranının ise %20,31 olarak bildirmişlerdir. Engin ve Mut (2017), bazı yonca çeşitlerinde kalite ve ot verimi üzerine yaptıkları çalışmada ortalama HP oranının %22,7 bildirmişlerdir. Kır ve Soya (2008), mera tipi yonca çeşitlerinde verim ve kalite özellikleri açısından değeri değerlendirdikleri bazı yonca çeşitlerinde HP oranlarının %17,86-20,26 arasında değıştiğini bildirmişlerdir. Elde edilen HP sonuçları diğer literatür çalışmalarıyla benzer sonuçlar göstermiştir.

3.2. NDF (Nötr çözücülerde çözünmeyen lif) oranı (%)

Tablo 4 incelendiğinde, yonca genotiplerinden elde edilen NDF oranları %37,42-49,29 değeri arasında elde edilmiştir. Yonca genotipleri arasında en düşük NDF oranı %37,42 ile Sunter çeşidinde belirlenmiştir. Yonca genotipleri arasında en yüksek NDF oranı %49,29 ile 8 numaralı yonca genotipi olmuştur. Yonca genotipleri arasında ayrıca ortalama NDF oranı ise %43,64 olarak elde edilmiştir. Dumlu ve ark. (2017), 2 farklı lokasyonda bazı yonca çeşitlerinde elde ettikleri ortalama NDF oranlarının %42,67-44,28 değeri arasında değıştiğini bildirmişlerdir. Açıkbaş ve ark. (2017), doğal yonca genotiplerinde en düşük NDF oranı %39,5 ve en yüksek NDF oranı ise %42,6, ayrıca ortalama NDF oranı ise %41,2 olarak bildirmişlerdir. Yılmaz ve Albayrak (2016), Isparta koşullarında bazı yonca çeşitlerinde NDF oranlarının %42,27-44,98, Engin ve Mut (2017), bazı yonca çeşitlerinde kalite ve ot verimi üzerine yaptıkları çalışmada ortalama NDF oranının %43,5 olduğunu bildirmişlerdir. Elde ettiğimiz NDF oranlarının ve ortalama NDF oranı diğer çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

3.3. ADF (Asit çözücülerde çözünmeyen lif) oranı (%)

Tablo 4 incelendiğinde, ADF oranları %26,50-38,69 değeri arasında değışim göstermektedir. Yonca genotiplerine ait en düşük ADF oranı %26,50 ile Sunter yonca çeşidinde, en yüksek ADF oranı ise %38,69 ile 33 numaralı yonca genotipi olmuştur. Yonca bitkilerine ait ortalama ADF oranı ise %32,63 olarak belirlenmiştir. Dumlu ve ark. (2017), 2 farklı lokasyonda bazı yonca çeşitlerinde elde ettikleri ortalama ADF oranlarının %38,60-40,32 değeri arasında değıştiğini, Açıkbaş ve ark. (2017), doğal yonca genotiplerinde en düşük ADF oranının %28,7 ve en yüksek ADF oranının ise %32,9 olduğunu ayrıca ortalama ADF oranının ise %31,6 olduğunu bildirmişlerdir. Yılmaz ve Albayrak (2016), Isparta koşullarında bazı yonca çeşitlerinde ADF oranlarının %30,26-33,44, Engin ve Mut (2017), bazı yonca çeşitlerinde kalite ve ot verimi üzerine yaptıkları çalışmada ortalama ADF oranının %30,3 olarak bildirmişlerdir. Elde ettiğimiz ADF oranları Dumlu ve ark. (2017)'nin elde ettiği değeri düşük ancak Açıkbaş ve ark. (2017), Yılmaz ve Albayrak (2016), Engin ve Mut (2017)'nin yaptığı çalışmalarla benzerlik göstermektedir.

3.4. ADL (Asit çözücülerde çözünmeyen lignin) oranı (%)

Tablo 4 incelendiğinde, yonca genotiplerine ait ADL oranları %4,51-7,18 değeri arasında değışmektedir. Yonca genotiplerine ait en düşük ADL oranı %4,51 ile sırasıyla 18 numaralı yonca genotipi olduğu belirlenmiştir.

Tablo 4. Genotiplere ait HP, NDF, ADF, ADL, KMS, SE, ME, KMT ve NYD değerleri

Gen. No	HP (%)	NDF (%)	ADF (%)	ADL (%)	KMS (%)	SE (Mcal kg ⁻¹)	ME (Mcal kg ⁻¹)	KMT (%)	NYD
1	20.67 a-e	44.88 a-d	30.22 b-1	5.48 b-g	67.36 a-i	3.15 a-1	2.59 a-i	2.68 c-f	140.11 ç-i
2	21.92 abc	44.00 a-f	28.41 d-1	5.20 ç-g	69.38 a-ç	3.24 a-ç	2.66 a-ç	2.74 c-f	147.16 a-1
3	19.18 b-i	45.48 a-d	30.85 b-1	5.72 a-g	66.22 a-i	3.10 a-i	2.55 a-i	2.65 c-f	136.95 ç-i
4	22.31 a	47.14 a-ç	34.16 a-f	6.26 a-f	64.80 a-j	3.04 a-j	2.5 a-j	2.55 ç-f	127.87 f-i
5	16.99 h-j	45.06 a-d	34.65 a-e	6.42 a-f	62.17 f-j	2.93 f-j	2.4 f-j	2.68 c-f	128.75 f-i
6	16.75 ı-j	47.42 abc	35.14 a-d	6.24 a-f	61.66 g-j	2.91 g-j	2.39 g-j	2.54 ç-f	121.8 g-i
7	20.61 a-e	43.19 a-g	30.29 b-1	5.66 a-g	67.28 a-i	3.15 a-i	2.59 a-i	2.79 b-f	145.60 a-1
8	16.68 ı-j	49.29 a	35.17 a-d	6.46 a-e	61.61 g-j	2.90 h-j	2.39 g-j	2.43 f	116.30 ii
9	20.84 a-e	41.53 c-g	28.11 e-1	5.12 d-g	69.17 a-	3.23 a-d	2.65 a-d	2.93 a-d	158.26 a-f
10	18.71 ç-j	43.68 a-g	32.08 a-1	6.04 a-f	65.01 a-j	3.05 a-j	2.51 a-i	2.77 b-f	140.22 ç-i
11	20.59 a-e	43.02 a-g	29.72 c-1	5.72 a-g	67.74 a-	3.17 a-h	2.6 a-h	2.79 b-f	146.81 a-1
12	16.43 ij	47.55 abc	34.04 a-g	6.36 a-f	62.43 e-j	2.94 e-j	2.41 e-j	2.53 def	122.48 g-i
13	18.99 b-i	43.30 a-g	34.59 a-e	6.09 a-f	63.06 c-j	2.97 c-j	2.44 c-j	2.77 b-f	135.82 d-i
14	19.48 a-i	43.40 a-g	33.66 a-h	6.51 a-e	64.02 b-j	3.01 b-j	2.47 b-j	2.76 c-f	137.25 ç-i
15	20.29 a-f	41.60 c-g	28.61 d-1	5.41 b-g	68.53 a-f	3.20 a-f	2.63 a-f	2.9 a-e	154.36 a-g
16	19.32 a-i	43.16 a-g	33.80 a-h	6.27 a-f	63.84 b-j	3.01 b-j	2.47 b-j	2.79 b-f	137.65 ç-i
17	18.88 b-j	40.92 ç-g	33.63 a-h	6.63 a-d	63.80 b-j	3.00 b-j	2.46 b-j	2.96 a-ç	146.44 a-1
18	18.41 d-j	46.55 a-ç	27.10 h-1	4.51 g	68.99 a-e	3.22 a-e	2.64 a-e	2.59 ç-f	138.92 ç-i
19	19.47 a-i	42.37 c-g	31.86 a-1	5.80 a-g	65.51 a-i	3.07 a-i	2.52 a-i	2.83 a-f	143.91 b-i
20	21.97 ab	37.83 fg	27.43 f-1	5.05 e-g	70.21 ab	3.27 ab	2.69 ab	3.18 ab	173.24 a-c
21	19.24 a-i	45.61 a-d	34.80 a-e	6.41 a-f	62.98 c-j	2.96 ç-j	2.44 c-j	2.64 c-f	129.38 f-i
22	17.25 f-j	43.93 a-f	32.48 a-1	5.81 a-g	64.06 b-j	3.01 b-j	2.47 b-j	2.74 c-f	136.14 d-i
23	19.83 a-h	45.48 a-d	33.49 a-h	6.12 a-f	64.32 a-j	3.02 a-j	2.48 b-j	2.65 c-f	132.58 e-i
24	18.49 d-j	44.25 a-e	36.06 a-ç	6.76 abc	61.63 g-j	2.91 g-j	2.39 g-j	2.72 c-f	130.51 f-i
25	20.20 a-g	37.84 fg	27.22 g-1	5.07 efg	69.64abc	3.25 abc	2.67 abc	3.21 a	173.84 ab
26	18.29 d-j	46.75 a-ç	36.28 a-ç	6.69 a-ç	61.36 h-j	2.90 h-j	2.38 h-j	2.57 ç-f	122.3 g-i
27	18.33 d-j	45.71 a-d	35.01 a-e	6.69 a-ç	62.43 e-j	2.94 e-j	2.42 d-j	2.64 c-f	127.9 f-i
28	17.85 e-j	47.28 abc	36.63 abc	6.62 a-d	60.89 ij	2.88 ı-j	2.36 ij	2.55 ç-f	120.76 hii
29	20.34 a-e	41.75 c-g	30.35 b-1	5.58 b-g	67.12 a-i	3.14 a-i	2.58 a-i	2.88 a-e	149.94 a-h
30	20.63 a-e	42.02 c-g	33.42 a-h	6.36 a-f	64.72 a-j	3.04 a-j	2.5 a-j	2.87 a-e	144.48 b-i
31	18.14 e-j	45.12 a-d	36.14 a-ç	6.87 a-b	61.42 h-j	2.90 h-j	2.38 h-j	2.66 c-f	126.66 f-i
32	19.92 a-h	43.21 a-g	32.43 a-1	6.22 a-b	65.23 a-i	3.06 a-i	2.51 a-i	2.79 b-f	141.43 c-i
33	15.92 j	48.74 ab	38.69 a	7.18 a	58.39 j	2.77 j	2.27 j	2.47 ef	112.12 i
34	19.85 a-h	45.54 a-d	36.74 ab	6.73 a-ç	61.64 g-j	2.91 g-j	2.39 g-j	2.64 c-f	126.15 f-i
35	20.70 a-e	44.54 a-d	34.27 a-f	6.40 a-f	64.04 b-j	3.01 b-j	2.47 b-j	2.7 c-f	133.9 d-i
36	19.12 b-i	42.69 b-g	34.69 a-e	6.32 a-f	63.03 c-j	2.97 c-j	2.43 ç-j	2.82 a-f	137.74 ç-i
37	19.35 a-i	41.30 c-g	33.64 a-h	6.15 a-f	63.99 b-j	3.01 b-j	2.47 b-j	2.91 a-d	144.68 a-i
38	20.76 a-e	43.17 a-g	35.03 a-e	6.57 a-e	63.44 c-j	2.99 c-j	2.45 c-j	2.79 b-f	137.16 ç-i
39	20.70 a-e	37.56 g	31.26 b-1	5.88 a-g	66.52 a-i	3.12 a-i	2.56 a-i	3.21 a	165.37 a-d
40	18.87 c-j	45.13 a-d	34.78 a-e	6.58 a-e	62.85 ç-j	2.96 c-j	2.43 ç-j	2.67 c-f	130.06 f-i
41	17.20 g-j	45.13 a-d	34.29 a-f	6.39 a-f	62.55 d-j	2.95 d-j	2.42 d-j	2.67 c-f	129.47 f-1
42	21.31 a-d	41.58 c-g	30.34 b-1	5.63 b-g	67.54 a-1	3.16 a-1	2.59 a-1	2.9 ae	151.64 a-h
43	18.90 b-j	43.00 a-g	31.08 b-1	6.22 a-f	65.91 a-i	3.09 a-i	2.54 a-i	2.79 b-f	142.91 b-i
44	20.05 a-h	43.41 a-g	30.15 b-1	5.71 a-g	67.16 a-i	3.15 a-i	2.58 a-i	2.77 c-f	143.97 b-i
45	20.62 a-e	39.43 d-g	27.59 f-1	5.24 c-g	69.51 a-ç	3.24 a-ç	2.66 a-ç	3.05 a-c	164.39 a-e
46	19.68 a-1	44.85 a-d	33.70 a-h	6.28 a-f	64.08 b-j	3.02 b-j	2.47 b-j	2.68 c-f	133.41 d-i
47	18.82 ç-j	43.07 a-g	29.38 ç-1	5.64 a-g	67.28 a-i	3.15 a-i	2.59 a-i	2.79 b-f	146.06 a-1
48	19.64 a-1	38.22 e-g	28.60 d-1	5.41 b-g	68.27 a-	3.19 a-g	2.62 a-g	3.18 ab	169.29 a-ç
Sunter	21.73 a-ç	37.42 g	26.50 ı	4.89 fg	70.87 a	3.30 a	2.71 a	3.21 a	176.25 a
Kayseri	18.24 d-j	47.12 a-ç	37.03 ab	6.93 ab	60.73 ij	2.87 ij	2.36 ij	2.55 ç-f	119.88 hii
Ort.	19.37	43.64	32.63	6.05	64.93	3.06	2.50	2.77	140.01

Yonca genotipleri içinde en yüksek ADL oranı %7,18 ile 33 numaralı yonca genotipi ve tüm yonca genotiplerine ait ortalama ADL oranı ise %6,05 olarak elde edilmiştir. Ünalp (2015), farklı gelişme dönemlerinde elde edilen yonca genotiplerinde çiçeklenme dönemine ait ADL oranlarının %8,49-10,74 değerleri arasında değişim gösterdiğini bildirmişlerdir. Elde ettiğimiz ADL oranları %10 çiçeklenme dönemine ait olduğu ancak Ünalp (2015)'nın elde ettikleri ADL değerlerinin tam çiçeklenme döneminde elde edildiği için farklılık gösterdiği düşünülmektedir.

3.5. KMS (Kuru madde sindirilebilirliği) (%)

Yonca genotiplerinde KMS değerleri Tablo 4 incelendiğinde %58,39-70,87 değerleri arasında değişim göstermektedir. Genotiplere ait en düşük KMS oranı %58,39 ile 33 numaralı yonca genotipi, En yüksek KMS oranları ise %70,87 ile Sunter yonca çeşidinde olmuştur. Yonca genotiplerine ait ortalama KMS oranı %64,93 olarak belirlenmiştir. Aksoy ve Yılmaz (2003), yonca genotiplerinde ele ettikleri KMS değerleri %45,65-58,84 değerleri arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Denek ve Deniz (2004), yonca genotiplerinde elde ettikleri KMS değeri %56,32, Deniz ve ark. (2000), yonca genotiplerinde KMS değerini %58,56 olarak bildirmişlerdir. Elde edilen KMS oranları diğer literatür çalışmalarında elde edilen KMS oranlarına yakın değerler elde edilmiştir.

3.6. SE (Sindirilebilir enerji) (Mcal kg⁻¹)

Tablo 4 incelendiğinde, SE (Sindirilebilir enerji) değerleri arasında en yüksek SE değeri 3,30 Mcal kg⁻¹ ile Sunter yonca çeşidinde ve en düşük SE değeri ise 2,77 Mcal kg⁻¹ ile 33 numaralı yonca genotipi olduğu belirlenmiştir. Tüm yonca genotiplerine ait ortalama SE değeri ise 3,06 Mcal kg⁻¹ olarak elde edilmiştir.

3.7. ME (Metabolik enerji) (Mcal kg⁻¹)

Tablo 4'de görüldüğü gibi yonca genotipleri arasında ME (Metabolik enerji) 2,27-2,71 Mcal kg⁻¹ değerleri arasında değişmektedir. Yonca genotiplerinde en düşük ME değeri 2,27 Mcal kg⁻¹ ile 33 numaralı yonca genotipi, en yüksek ME değeri ise 2,71 Mcal kg⁻¹ ile Sunter yonca çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Aksoy ve Yılmaz (2003), yonca genotiplerinde elde ettikleri ME değerleri en düşük 1,37 Mcal kg⁻¹ ve en yüksek 1,95 Mcal kg⁻¹ olacak şekilde elde etmişlerdir. Elde ettiğimiz ME değerleri Aksoy ve Yılmaz (2003), tarafından bildirilen değerlerden yüksek bulunmuştur.

3.8. KMT (Kuru madde tüketimi) oranı (%)

Tablo 4 incelendiğinde, KMT (Kuru madde tüketimi) oranları %2,43-3,21 değerleri arasında değişim göstermektedir. Yonca genotiplerine ait en düşük KMT oranı %2,43 ile 8 numaralı yonca genotipi olmuştur. Yonca genotiplerine ait en yüksek KMT oranı ise %3,21 ile Sunter yonca çeşidinde olduğu belirlenmiştir. Yonca genotiplerinin tümüne ait ortalama KMT oranı ise %2,77 olarak elde edilmiştir. Çaçan ve ark. (2012), bazı tek yıllık yonca türlerinde KMT oranlarını %2,4 ile %3,1 değerleri arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

3.9. NYD (Nispi yem değeri)

Tablo 4 incelendiğinde, Yonca genotiplerinde NYD (nispi yem değeri) 112,12-176,25 değerleri arasında değişim göstermektedir. Yonca genotipleri içerisinde en düşük NYD değeri 112,12 ile 33 numaralı yonca genotipinden elde

edilmiştir. Yonca genotiplerinde en yüksek NYD değeri ise 176,25 ile Sunter yonca çeşidinde elde edilmiştir. Yonca genotiplerine ait ortalama NYD değeri ise 140,01 olduğu belirlenmiştir. Açıkbaş ve ark. (2017), doğal yonca genotiplerinde NYD değerlerinin 138,1-154,4 arasında değiştiğini ve ortalama NYD değerinin ise 145,4 olduğunu bildirmişlerdir. Çaçan ve ark. (2012), bazı tek yıllık yonca türlerinde NYD oranlarının 111,4-156,3 arasında değişim gösterdiğini belirtmişlerdir. Çalışmamızda elde edilen NYD değerleri Çaçan ve ark. (2012), Açıkbaş ve ark. (2017)'nin çalışmalarında elde edilen NYD değerleri ile benzerlik göstermektedir.

4. Sonuç

Bu çalışması kapsamında Iğdır ilinin farklı noktalarından toplanarak çoğaltılan yerel genotipler ile günümüz şartlarında ekimi devam eden tescilli çeşitler ile karşılaştırma yapılmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlara göre; yem kalite analizlerinde en yüksek HP oranı 4 numaralı yonca genotipi, istenen en düşük NDF oranı 39 numaralı genotipte elde edilmiştir. Kalite özelliklerinden istenen en düşük ADF oranları Sunter çeşidine en yakın 18, 25 ve 45 numaralı yonca genotiplerinden, en düşük ADL oranı ise 18 numaralı yonca genotipinden elde edilmiştir. KMS ve SE oranlarında sırasıyla 20, 25 ve 45 numaralı yonca genotiplerinden kalite özellikleri açısından Sunter çeşidine en yakın sonuçlar elde edilmiştir. İncelenen parametreler doğrultusunda kalite özellikleri açısından ise 4, 18, 20, 25, 39 ve 45 numaralı yonca genotiplerinde iyileştirmeye yönelik ıslah çalışmaları yapılabilir. Sonuç olarak toplanan yerel genotipler bitki ıslahı ve genetik kaynak muhafazası açısından oldukça önemlidir. Elde edilen bu kaynakların muhafazası ve sonraki ıslah çalışmaları açısından değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Elde edilen sonuçlar zirai anlamda değerli bulgular olduğu ve ıslah çalışmalarına ışık tutacağı düşünülmektedir. Ayrıca elde edilen kalite özellikleri göz önünde bulundurularak gelecek ıslah çalışmaları projeleri için ebeveyn seçimlerinde önemli sonuçlar elde edilmiştir. Mevcut yonca genotiplerinin yerel genotipler olması ve bunların ıslah çalışmalarıyla yeni çeşitlerin geliştirilmesine olanak sağlayacağı düşünülmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışmanın (2016-FBE-D01 Nolu Proje) tüm finansman desteğini sağlayan Iğdır Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne katkılarından dolayı teşekkür ederiz.

Not: Bu çalışma Barış EREN'in Doktora Tez çalışmasından üretilmiştir.

Kaynakça

- Açıkbaş, S., Albayrak, S., & Mevlüt, T. (2017). Doğal vejetasyondan toplanan bazı yonca (*Medicago Sativa L.*) genotiplerinin ot verim ve kalitelerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(2), 155-162. <https://doi.org/10.19159/tutad.293446>
- Açıkgöz, E., Ekiz, H., & Karagöz, A. (1984). Ankara kırıç koşullarında bazı yonca çeşitlerinin verim ve önemli tarımsal özellikleri. *Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 3, 33-39.

- Açıkgöz, E. (2001). Yem Bitkileri (3. Baskı). Uludağ üniversitesi güçlendirme vakfı, yayın, (182). ISO 690
- Aksoy, A., & Yılmaz, A. (2003). Bazı Yonca Varyetelerinde Kuru Madde ve Organik Madde Sindirilebilirlikleri ve Metabolik Enerji Değerleri.
- Altınok, S., & Karakaya, A. (2002). Forage yield of different alfalfa cultivars under Ankara conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26(1), 11-16. ISO 690
- AOAC. (1997). Official methods of analysis. association of official analytical chemists. 16. ed. 3. revision. Arlington, VA, USA.
- Bouyoucos, J. V., (1955). *Self-excited hydrodynamic oscillators*. Acoust. Research Laboratory Harvard University Technology Memorial. No. 36.
- Çaçan, E., Başbağ, M., & Aydın, A. (2012). Diyarbakır ili doğal meralarından toplanan bazı tek yıllık yonca türlerinde (*Medicago spp.*) kalite özelliklerinin belirlenmesi.
- Çağlar, K. Ö. (1949). Toprak Bilgisi Ders Kitabı, *Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay.*, (10).
- Demirel, F., Eren, B., Demirel, S., & Erol, A. (2020). Flow Sitometri ve Bitki Islahı. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1), 213-223.
- Denek, N., & Deniz, S. (2004). The determination of digestibility and metabolizable energy levels of some forages commonly used in ruminant nutrition by in vitro methods. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 28(1), 115-122.
- Deniz, S., Denek, N., Karslı, M. A., Yumak, H., & Nursoy, H. (2000). Farklı batözlerle öğütmenin kaba yemlerin besin madde içeriği ile yem tüketimi ve sindirilme derecesine etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 11(2), 82-86.
- Dumlu, S. E., Çakal, Ş., Aksakal, E., Uzun, M., Özgöz, M. M., Terzioğlu, K., & Mentşe, Ö. (2017). Erzurum ekolojik koşullarında yonca (*Medicago sativa L.*) çeşit adayının performansının belirlenmesi. *Alinteri Journal of Agricultural Sciences*, 32(2), 55-61. <https://doi.org/10.28955/alinterizbd.336014>
- Elçi, Ş., & Sevimay, C. S. (1990). Elçi ve Kayseri Yoncalarının Islahında Seçme Bitkilerin Klonla Hızlı Bir şekilde Üretimi için Elverişli Bir Yöntemin Belirlenmesi. Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu, Proje No: TOVAG-610, Ankara.
- Engin, B., & Mut, H. (2017). Farklı yonca çeşitlerinin ot verimi ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 212-219. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.289466>
- Eren, B. 2014. Yoncaya (*Medicago sativa L.*) Ait Yabani Aksasyonların, Yerel Çeşitlerin ve Modern Çeşitlerin Morfolojik Özellikler Yönüyle Karşılaştırılmaları, Yüksek Lisans Tezi, Kars, Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, s.7-8
- Eren, B., Demirel, F., Demirel, S., & Keskin, B. (2018). *Medicago truncatula* as Model Plant of Legumes. 1. International Gap Agriculture & Livestock Congress 25-27 April, Şanlıurfa/Turkey.
- Eren, B., Demirel, F., Kumlay, A. M., & Yıldırım, B. (2017). Situation of Field Crops in Iğdır Province According to Years. 2nd International Iğdır Symposium, 9-11 October, Iğdır, Turkey.
- Ferber, D. (1999). Risks and benefits: GM crops in the cross hairs. *Science*, 286(5445), 1662-1666.
- Fonnesbeck, P. V., Clark, D. H., Garret, W. N., & Speth, C. F. (1984). Predicting energy utilization from alfalfa hay from the Western Region. *Proc. Am. Anim. Sci.(Western Section)*, 35, 305-308.
- Gökalp, S., Yazıcı, L., Cankaya, N., & İspirli, K. (2017). Bazı yonca (*Medicago sativa L.*) çeşitlerinin tokat-kazova ekolojik koşullarında ot verimi ve kalite performanslarının belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(3), 114-127.
- Graham, P. H., & Vance, C. P. (2003). Legumes: importance and constraints to greater use. *Plant physiology*, 131(3), 872-877.
- Jackson, M. L., 1973. Soil chemical Analysis. Prentice-Hall of India Private Limited, New Delhi, India pp. 106-190.
- Kaçar, O., Göksu, E., & Azkan, N. (2005). Bursa koşullarında farklı bakteri suşları ile aşılamanın bazı nohut (*cicer arietinum l.*) çeşit ve hatlarında verim ve verim öğeleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(3), 21-32.
- Keskin, B., Temel, S., & Eren, B. Iğdır Ekolojik Şartlarında Bazı Yonca (*Medicago sativa L.*) Çeşitlerinin Ot verimleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(3), 757-764. <https://doi.org/10.30910/turkjans.670819>
- Kır, B., & Soya, H. (2008). Kimi mera tipi yonca çeşitlerinin bazı verim ve kalite özellikleri üzerinde bir araştırma. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 45(1), 11-19.
- Khalil, J.K., Sawaya, W.N., Hyder, S.Z., (1986). Nutrient Composition of Atriplex Leaves Grown in Saudi Arabia. *J. Range Manage.* 39, 104-107.
- MGM, (2018). Başbakanlık DMİ Genel Müdürlüğü Meteoroloji Bültenleri. Ankara.
- Morrison, J.A. (2003). Hay and pasture management. chapter 6. illinois agronomy handbook. <http://extension.cropsciences.illinois.edu/handbook/pdfs/chapter06.pdf>. Access date: May 5, 2020.
- Nelson, D.W., & Sommers, L.E., (1982). Organic Matter. Methods of Soil Analysis Part2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition. Agronomy. pp, 574-579.
- Phillips, L. (2006). Food and globalization. *Annu. Rev. Anthropol.*, 35, 37-57.
- Rhoades, J.D. (1983). Cation exchange capacity. Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties, 9, 149-157.
- Sağlam, M.T. (1994). Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri. Trakya Üni. Tekirdağ Ziraat Fak. Yayın, (189).

- Saruhan, V., & Kuşvuran, A. (2011). Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitleri ve genotiplerinin verim performanslarının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2), 133-140.
- Sheaffer, C.C., Peterson, M.A., Mccalin, M., Volene, J.J., Cherney, J.H., Johnson, K.D., & Viands, D.R. (1995). Acide detergent fiber, neutral detergent fiber concentration and relative feed value. In North American Alfalfa Improvement Conference, Minneapolis.
- Suzan, T.M.A., (2008). *Farklı Lokasyonlarda Bazı Yonca Çeşitlerinin Yem Verimleri Ve Bitkisel Özellikleri*. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara. 1.
- Sehirali, S., & Ozgen, M. (1987). Plant genetic resources. Ankara University Agricultural Faculty Publishing, 1020, 212-213.
- Şakiroğlu, M., İlhan, D., Kaya, M. M., Demirözoğul, O., Uluçay, O., & Eren, B. (2011). Moleküler Veriler Işığında *Medicago sativa* L. Tür Kompleksinin Mevcut Durumu. *Kafkas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4(1), 32-42.
- Şakiroğlu, M., Eren, B., İlhan, D., & Tufan, T. (2015). Historical alfalfa landraces perform higher yield under dry farming in Turkey. *Procedia Environmental Sciences*, 29, 189. DOI:10.1016/j.proenv.2015.07.254
- Ünalp, E. (2015). Farklı gelişme dönemleri ve biçim sıralarında yonca (*medicago sativa* l.) kuru otunun ham protein, selüloz ve bazı mikrobiyolojik özelliklerinin belirlenmesi (Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi).
- Van Soest, P.V., Robertson, J.B., & Lewis, B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of dairy science*, 74(10), 3583-3597.
- Verdier, J., Kakar, K., Gallardo, K., Le Signor, C., Aubert, G., Schlereth, A., & Thompson, R.D. (2008). Gene expression profiling of *M. truncatula* transcription factors identifies putative regulators of grain legume seed filling. *Plant molecular biology*, 67(6), 567.
- Yılmaz, M., & Albayrak, S. (2016). Isparta ekolojik koşullarında bazı yonca (*Medicago sativa* L.) çeşitlerinin ot verim ve kalitelerinin belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 42-47. <https://doi.org/10.21566/tbmaed.91487>



Bazalt Kumaşların Bazı Isıl Özelliklerinin Son Kullanım Açısından Değerlendirilmesi

Çağlar Sivri^{1*}

^{1*} Bahçeşehir Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İşletme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5829-2796), caglar.sivri@eng.bau.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.846954)

ATIF/REFERENCE: Sivri, Ç. (2021). Bazalt Kumaşların Bazı Isıl Özelliklerinin Son Kullanım Açısından Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 27-31.

Öz

Bu çalışmada, önceki çalışmalardaki eksikliklerden yola çıkılarak, bazalt lifinden mamül kumaşların termal iletkenlik ve termal direnç analizlerinin yanısıra termal soğurganlık ve kalınlık gibi parametreleri son kullanım açısından giyim, otomotiv, izolasyon, güçlendirme ve filtrasyon gibi farklı uygulama alanlarına göre değerlendirilmiştir. Çalışma esnasında Ukrayna kaynaklı kayalardan elde edilmiş bazalt kumaşı, tahribatsız test prensibiyle çalışan Alambeta cihazı kullanılarak termal açıdan iletkenlik, direnç, soğurganlık ve kalınlık parametrelerinin ölçümü gibi birkaç farklı analize tabi tutulmuştur. Bu analizlere göre yüksek termal direnç gösteren bazalt kumaşının giyim alanında kullanımı için tek başına kullanımı yerine bir kompozit yapının içinde kullanılmasının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Yine bu analizlere göre Otomotiv uygulamalarında izolasyon kapasitesinin artırılabilmesi için dokuma kumaş yerine dokunmamış yüzey olarak kullanımının daha uygun olacağı sonucuna varılmıştır. Genel bir değerlendirme yapıldığında ise bazalt kumaşının birçok uygulama alanı için uygun ve ideal bir malzeme olduğu ancak her bir alan için termal açıdan iletkenlik ve direnç özelliklerinin, soğurganlık ve kalınlık özellikleriyle birlikte hatta gerekli görülen yerlerde kütle transferi testlerinin de bu testlere ilaveten yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bazalt, Kumaş, Termal analiz, Mühendislik uygulamaları.

Evaluation of Some Thermal Properties of Basalt Fabrics in Terms of End Use

Abstract

In this study, based on the shortcomings of previous studies, thermal conductivity and thermal resistance analyzes as well as thermal absorptivity and thickness parameters of fabrics made of basalt fiber were evaluated in terms of end use according to different application areas such as clothing, automotive, insulation, reinforcement and filtration. During the study, the basalt fabric obtained from the rocks of Ukraine was subjected to several different analyzes such as the measurement of thermal conductivity, resistance, absorptivity and thickness parameters using the Alambeta device, which works with the non-destructive test principle. According to these analyzes, it was concluded that it would be more appropriate to use basalt fabric with high thermal resistance in a composite structure instead of using it alone for clothing. Again, according to these analyzes, it was concluded that it would be more appropriate to use it as a nonwoven surface instead of woven fabric in order to increase the insulation capacity in automotive applications. When a general evaluation is made, it is concluded that basalt fabric is a suitable and ideal material for many application areas, but for each area, thermal conductivity and resistance properties, absorbcency and thickness properties, as well as mass transfer tests where necessary, should be performed together in addition to these tests.

Keywords: Basalt, Fabric, Thermal analysis, Engineering applications.

* Sorumlu Yazar: caglar.sivri@eng.bau.edu.tr

1. Giriş

Bazalt lifleri son kullanım açısından oldukça yüksek termal stabilite, korozyona dayanıklı yapısı, ısıl izolasyon performansı, gürültü sönümlenme, düşük nem emicilik, yüksek mukavemet ve modüler performansından ötürü birçok uygulama için geleceğin malzemesi olarak nitelendirilmektedir (Wei vd., 2011). Uygulamalar özelinde, otomotivde aşınma ve sürtünme sönümlenme ile ısıl izolasyon, inşaatlarda güçlendirme malzemesi, havacılık ve uzay araçları ile deniz araçlarının gövde güçlendirmesi, elektro-teknik alanda elektromanyetik kalkanlama ve filtre alanında yüksek ısıda gaz filtrasyon fonksiyonuyla kullanımı günden güne artmaktadır (Militky, 2002; Sim, 2005; Singha, 2012; Wang vd., 2008).

Birçok açıdan yüksek performans gösteren bazalt lifi her ne kadar çok farklı uygulamalar için ideal bir malzeme olsa da en çok ısıl dayanım ve ateşe dayanıklı ürün geliştirme uygulamalarında kullanım alanı bulmaktadır ve bu durum akademi ve endüstride yapılan çalışmaların bu alana yoğunlaşmasından da anlaşılmaktadır.

Li ve arkadaşları bazalt lifinin efektif biçimde ve mukavemet özelliğini yitirmeden bir tesisin sıvı oksijen üretim bölümünde termal izolasyon malzemesi olarak kullanıldığından bahsetmişlerdir (Li vd., 2018). Başka bir çalışmada araştırmacılar bazalt lifini cam lifi ile karşılaştırmış ve yüksek sıcaklık uygulandıktan bazalt lifinin mukavemet kalıcılığının cam lifine göre oldukça yüksek olduğunu bildirmişlerdir (Ying & Zhou, 2013).

Yukarıda bahsi geçen araştırmalar bazalt lifinin endüstriyel uygulamaları gibi daha çok giyim dışı kullanımları için yapılan çalışmaları kapsamaktadır. Oysa bazalt lifinin sadece aleve dayanıklılık ya da yanmazlık özellikleri dışında bilhassa giyim alanında da kullanılabilir termal iletkenlik ve termal direnç gibi özellikleri mevcuttur ve özellikle de koruyucu giysi ya da tekstil esaslı koruyucu ekipman geliştirme açısından büyük potansiyel taşımaktadır. Bu konuya ilişkin araştırmacılar bazalt lifinin ve bazalt lifinden mamül kumaşın termal iletkenlik değerini ölçmüşler ve diğer malzemelere görece daha düşük iletkenlik değerine sahip olduğunu bulmuşlar ve bu durumu düşük lif çapı ile açıklamışlardır (Borshakova & Kostenok, 1995). Diğer bir çalışmada araştırmacılar %100 bazalt lifinden mamül kumaş üzerinde termal iletkenlik ve termal direnç testleri uygulamışlar ve özellikle Polipropilen ve Jüt bazlı tekstil kumaşları ile karşılaştırıldığında en yüksek termal direnç ve en düşük termal iletkenliğe sahip olduğu bulgusu ile bazalt lifi esaslı kumaşların koruyucu tekstil geliştirilmesi açısından yüksek düzeyde uygunluğu sonucuna varmışlardır (Jamshaid vd., 2016).

Literatürdeki çalışmalardan anlaşılacağı üzere bazalt lifi üzerine yapılan sınırlı sayıda çalışmalarda yanmazlık dışında termal özellik analizleri yapılmış ve bu çalışmalarda özellikle termal direnç ve termal iletkenlik parametrelerine ağırlık verilmiştir. Özellikle giysi alanı için termal parametreler bu iki parametre ile sınırlı değildir. Termal direnç ve termal iletkenlik parametrelerine ek olarak termal soğurganlık ve ısıl akış gibi parametreler de özellikle bazalt lifinden koruyucu tekstil yüzeyi geliştirilmesi açısından önem taşımaktadır. Bu çalışmada bazalt lifinden mamül kumaşın termal direnç, termal iletkenlik, termal soğurganlık ve ısıl akış gibi farklı parametreleri deneysel olarak analiz edilmiş ve son kullanım alanı açısından yorumlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Bu çalışmada Ukrayna kaynaklı kayalardan üretilmiş basalt kumaş, Çek Cumhuriyeti Liberec Teknik Üniversitesi tarafından sağlanmıştır. Şekil 1'de görüldüğü gibi doğal parlak bir görünüme sahiptir. Bazalt, volkanlardan dökülen katılaşmış lavın genel adıdır. Bazalt kayalar yaklaşık olarak 1500-1700 °C aralığında eritilir. Bu eriyik hızla söndürüldüğünde cam gibi katılaşır ve büyük ölçüde amorf bir yapıya sahip olur. Yavaş soğutma gerçekleştirilirse, bu durum morfolojide az çok tam kristalleşmeye sebep olur (Fu vd., 2020).



Şekil 1. Bazalt kumaşının görüntüsü

Çalışmada Liberec Teknik Üniversitesi tarafından sağlanan bazalt kumaş multifilament esastır ve genel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Bazalt Kumaş Numunesine Ait Öznitelikler

Doku	Dimi 3/1
Görünüm	Doğal parlak
Gramaj (g/m ²)	385
Kalınlık (mm)	0,4
Atkı sıklığı (adet/cm)	10
Çözgü sıklığı (adet/cm)	10

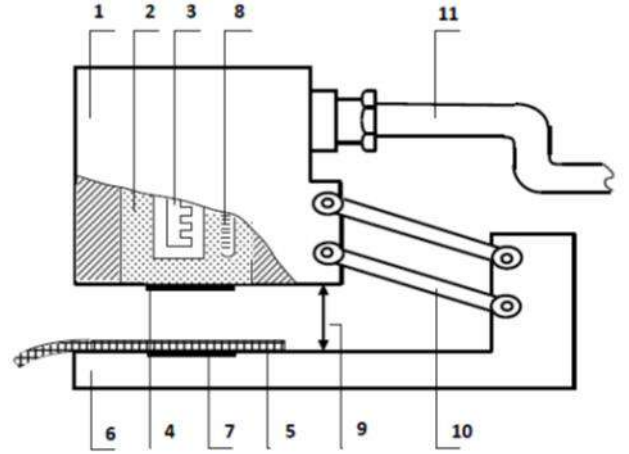
Malzeme özellikleri ve kumaş konstrüksiyonu kumaşların son uygulama özellikleri ve özellikle de termal performansı açısından da büyük önem taşımaktadır ve bu çalışmanın devamında planlanan termal kütle transfer özelliklerine etkisi araştırılacaktır (Guney vd., 2019).

2.2. Metot

Bu çalışmada bazalt kumaşının bazı termal özellikleri son uygulamalar açısından incelenmiştir. Bazalt kumaşının termal özelliklerinin ölçümü için Çek Cumhuriyeti Sensora firmasının üretimi Alambeta cihazı kullanılmıştır. Elde edilen sonuçların grafik halinde görselleştirilmesi OriginPro 9 programı ile yapılmıştır.

Bazalt kumaşının termal iletkenlik, termal direnç, termal soğurganlık ve kalınlık değerleri, numunelere tahribatsız bir şekilde test yapabilmek için Alambeta cihazı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 2). Cihazın ölçüm prensibi birkaç temel adımdan ibarettir. Ölçüm başlar başlamaz, sensörlü ısı algılama bloğunu içeren ölçüm kafası aşağı iner ve alet tabanında bulunan ölçüm numunesine dokunur. Bu anda, numunenin yüzey sıcaklığı aniden değişir ve cihaz daha sonra ısı güç rotasını kaydeder ve farklı sınır koşullarına maruz kalan ince plaka üzerindeki geçici sıcaklık alanını çözer. Tüm bu değişimler analiz edildikten sonra cihazın ekranında termal iletkenlik, termal direnç, termal soğurganlık ve kalınlık değerleri sayısal olarak okunur. Tekstil kumaşları için termal iletkenlik λ [W/m.K], ısının kumaş yüzeyinden başka bir yüzeye iletilmesi işlevini temsil eder. Termal direnç r [m²K/W], iletkenliğin aksine, bir tekstil kumaşının ısı alışverişini en aza indiren ve yalıtım işlevi sağlayan bir parametredir. Termal soğurganlık b [W s^{1/2} / m²K] yeni bir sıcak-serinlik hissi parametresidir; bu değer yüksek olduğunda kumaşlar serinlik hissi verirken, düşükken sıcaklık hissi verir. Kalınlık h [mm] değeri termal parametrelerle çok ilgili bir değerdir; genellikle tekstil yüzeylerinin kalınlığı arttıkça termal direnci de artar (Dolezal vd., 2019). Bu çalışma dahilinde bazalt kumaşının 10 farklı bölgesinden 10 tekrar ölçüm alınarak

ölçülen her bir parametre için toplamda 100 değer elde edilmiştir ve sonrasında her bir değer 10'a bölünmek suretiyle ortalaması bulunup tabloya eklenmiştir.



Şekil 2. Alambeta cihazının yandan görünüşü

(Hes and Dolezal, 2018)

termal soğurganlık (b) ve kalınlık (h) değerleri ölçülmüştür. Ölçülen değerlere ait sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

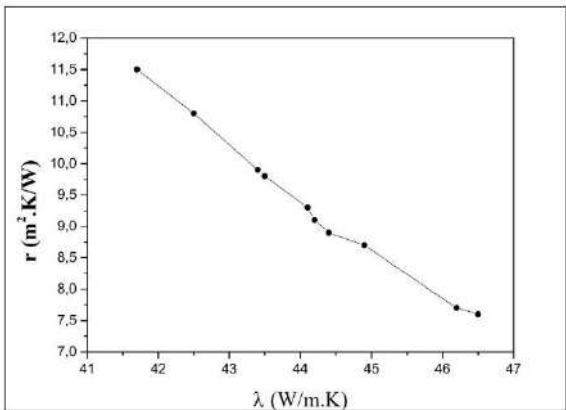
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada Alambeta cihazı kullanılarak bazalt esaslı kumaşa zarar verilmeden termal iletkenlik (λ), termal direnç (r),

Tablo 2. Bazalt Kumaş Numunesine Ait Termal Parametre Ölçüm Sonuçları

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
λ [W/m.K]	41,7	42,5	43,4	43,5	44,1	44,2	44,4	44,9	46,2	46,5
r [m ² K/W]	11,5	10,8	9,9	9,8	9,3	9,1	8,9	8,7	7,7	7,6
b [W s ^{1/2} / m ² K]	164	175	189	191	199	201	204	209	222	224
h [mm]	0,46	0,43	0,4	0,39	0,38	0,37	0,36	0,35	0,3	0,29

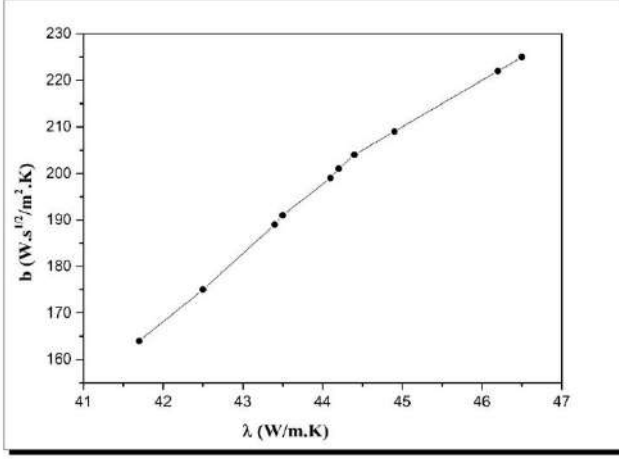
Tablo 2'de sunulan ölçüm sonuçlarına göre termal iletkenlik ve termal direnç ölçümlerine ilişkin elde edilen grafik Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Bazalt kumaşının termal iletkenlik ve termal direnç ölçüm sonuçlarına ilişkin grafik

Şekil 3'te görüldüğü üzere termal direnç değeri arttıkça termal iletkenlik değeri azalmaktadır. Bu grafik için hesaplanan $R^2 = 0,987$ değeri ölçülen iki parametre arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu sonuca göre bazalt kumaşının termal iletkenliğini düşürmek için termal direncinin artırılması gerekliliği ortaya çıkmakta ve kumaşa bu yönde bir işlem uygulanma ihtiyacı söz konusu olmaktadır.

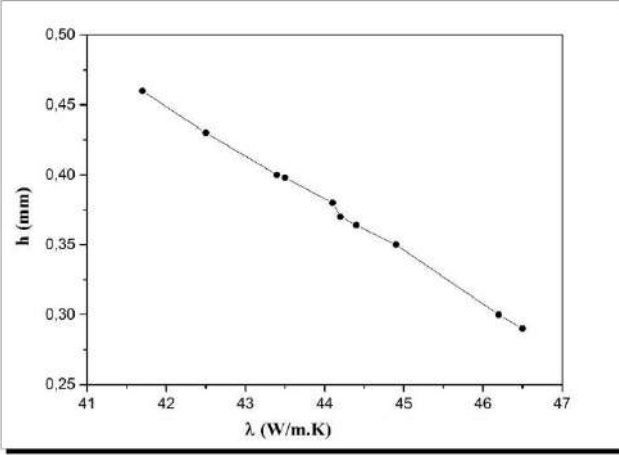
Tablo 2'de sunulan ölçüm sonuçlarına göre termal iletkenlik ve termal soğurganlık ölçümlerine ilişkin elde edilen grafik Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Bazalt kumaşının termal iletkenlik ve termal soğurganlık ölçüm sonuçlarına ilişkin grafik

Şekil 4'te görüldüğü üzere termal iletkenlik değeri arttıkça termal soğurganlık değeri de artmaktadır. Bu grafik için hesaplanan $R^2 = 0,9841$ değeri ölçülen iki parametre arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu sonuca göre bazalt kumaşının termal iletkenlik değeri arttıkça kumaş serinlik hissi vermektedir.

Tablo 2'de sunulan ölçüm sonuçlarına göre termal iletkenlik ve kalınlık ölçümlerine ilişkin elde edilen grafik Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Bazalt kumaşının termal iletkenlik ve kalınlık sonuçlarına ilişkin grafik

Şekil 5'te görüldüğü üzere bazalt kumaşının kalınlığı arttıkça termal iletkenlik değeri düşmektedir. Bu grafik için hesaplanan $R^2 = 0,9962$ değeri ölçülen iki parametre arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Bu sonuca göre daha ince bazalt kumaşlarının daha yüksek termal iletkenliğe sahip olduğu anlaşılmaktadır.

4. Sonuç

Bu çalışmada bazalt kumaşının bazı termal özellikleri Alambeta cihazı kullanılarak test edilmiştir. Bazalt kumaşlar son kullanım alanları açısından öncelikli olarak ısıya dayanım ve termal izolasyon amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu bağlamda çalışmanın sonuçları sırasıyla farklı uygulama alanlarına göre değerlendirilmiştir.

Giyim alanı açısından değerlendirildiğinde bazalt kumaşının termal direncinin artması ile termal iletkenliğinin azaldığı görülmüştür. Termal iletkenliğin düşüşü aynı zamanda düşük termal soğurganlığa sebep olmakta, yani giyen kişiye daha çok sıcaklık hissi vereceği anlamına gelmektedir. Yine bazalt kumaşının kalınlığı arttıkça termal iletkenliğinin düştüğü ve buna bağlı olarak giyen kişiye verdiği sıcaklık hissini arttırdığı görülmüştür. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, bazalt kumaşının özellikle yanmaya dayanıklı giyim eşyası olarak tek başına değil, çok katmanlı bir kompozit yapının özellikle vücuda temas etmeyen dış katmanına uygulanması gerek giyim konforu gerekse koruyuculuk fonksiyonu açısından daha doğru olacaktır.

Otomotiv alanı açısından ısı izolasyonu fonksiyonu değerlendirildiğinde, termal iletkenliğinin düşmesiyle birlikte artan termal stabilite olası bir yangında malzemenin koruyuculuk özelliğini arttırdığı gibi, aracın ısıtılması ya da soğutulmasında da maliyet düşüşü sağlayacaktır. Bu özellikleriyle bazalt lifinin otomotivde dokuma yerine dokunmamış yüzey formunda kullanılması izolasyon kapasitesi ve etkinliğini arttıracaktır.

Havacılık ve uzay araçları alanı açısından gövde güçlendirilmesi amacıyla kullanımı değerlendirildiğinde, bu uygulama güçlendirmenin yanısıra düşük termal iletkenliğin sağladığı termal stabilite ile birlikte özellikle ani ısı değişimlerinin söz konusu olduğu bu ortamda, araçlara uzun ömür ve dayanım sağlayacağı gibi bu değişimlerin getireceği anlık termal yükü de en aza indirecektir.

Gaz filtrasyonu alanında özellikle yüksek sıcaklıklarda işlem söz konusu olduğu için test sonuçlarından da görülebilen düşük termal iletkenlik ve termal soğurganlık değerleri yüksek derecede termal stabilite sağlayacak ve bu şekilde filtrasyon esansında olası risklerin önüne geçilmiş olacaktır.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde bazalt lif kumaşlarının giyimden ulaşım ve hassas filtrasyon uygulamalarına kadar çok geniş bir yelpazede kullanımı söz konusudur. Burada kritik husus bazaltın tek başına mı yoksa kompozit formunda bir yapının parçası olarak mı kullanılacağına ve uygulama alanına göre dokunmuş ya da dokunmamış yüzey gibi hangi formda kullanılacağına iyi karar verilmesi gereklidir.

Bu çalışmanın devamında bazalt kumaşların su buharı geçirgenliği ve hava geçirgenliği gibi diğer performans özellikleri test edilecek ve çeşitli uygulamalar açısından potansiyel etkileri değerlendirilecektir.

Kaynakça

- Borshakova, N. V., Kostenok, O. M. (1995). Thermal conductivity of basalt fiber materials. *Heat Engineering*, 36, 9-10. Doi: 10.1007/BF02227481.
- Dolezal, I., Hes, L., Bal, K. (2019). A non-destructive single plate method for measurement of thermal resistance of polymer sheets and fabrics. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 25(4), 562-567. Doi: 10.1080/10803548.2018.1477247.
- Fu, Hai-dong, Feng, Xin-ya, Liu, Jin-xu, Yang, Zhi-ming, He, C., Li, Shu-kui (2020). An investigation on anti-impact and penetration performance of basalt fiber composites with different weave and lay-up modes. *Defence Technology*, 16(4), 787-801. Doi: 10.1016/j.dt.2019.09.005.

- Güney, S., Balcı, H., Üçgöl, İ. (2019). The Effect of fabric structural geometry on thermal transfer performance in sportswear. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 711-717. Doi: 10.31590/ejosat.629477.
- Hes, L., Dolezal I. (2018). Indirect measurement of moisture absorptivity of functional textile fabrics. *J. Phys.: Conf. Ser.* 1065 122026. Doi:10.1088/1742-6596/1065/12/122026.
- Jamshaid, H., Mishra, R., Militky, J. (2016). Thermal and mechanical characterization of novel basalt woven hybrid structures. *The Journal of The Textile Institute*, 107(4), 462-471. Doi: 10.1080/00405000.2015.1034940.
- Li, Z., Ma, J., Ma, H., Xu, X. (2018). Properties and applications of basalt fiber and its composites. *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 186. Doi: 10.1088/1755-1315/186/2/012052.
- Militky, J., Kovacic, V., Rubnerov, J. (2002). Influence of thermal treatment on tensile failure of basalt fibers. *Eng Fract Mech*, 69, 1025–1033. Doi: 10.1016/S0013-7944(01)00119-9.
- Singha, K. (2012). A Short Review on Basalt Fiber. *International Journal of Textile Science*, 1(4), 19-28. Doi: 10.5923/j.textile.20120104.02.
- Sim, J., Park, C., Moon, D. Y. (2005). Characteristics of basalt fiber as a strengthening material for concrete structures. *Composites Part B: Engineering*, 36, 504-12. Doi: 10.1016/j.compositesb.2005.02.002.
- Wang X., Hu, B., Feng, Y., Liang, F., Mo, J., Xiong, J. (2008). Low velocity impact properties of 3D woven basalt/aramid hybrid composites. *Compos Sci Technol.*, 68, 444–50. Doi: 10.1016/J.COMPSCITECH.2007.06.016.
- Wei, B., Cao, H., Song, S. (2011). Surface modification and characterization of basalt fibers with hybrid sizings. *Composites: Part A*, 42, 22-29. Doi:10.1016/j.compositesa.2010.09.010.
- Ying, S., Zhou, X. (2013). Chemical and thermal resistance of basalt fiber in inclement environments. *J. Wuhan Univ. Technol. Mat. Sci. Edit.*, 28, 560–565. Doi: 10.1007/s11595-013-0731-4.



Investigation of Drilling Performance of CuZn15 Brass Material

Harun Gökçe^{1*}

¹ TÜBİTAK Defence Industries Research and Development Institute, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0002-2702-0111)

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.849503)

ATIF/REFERENCE: Gökçe, H. (2021). Investigation of Drilling Performance of CuZn15 Brass Material. *European Journal of Science and Technology*, (22), 32-42.

Abstract

Brass is basically a copper-zinc alloy. Zinc increases the strength of the brass, adding hardness and wear resistance to it. Brass is a copper alloy that is easy to produce and highly capable of forming. Therefore, it has found widespread and long-term use in many sectors. Drilling is one of the widely used machining methods with its simple structure and economy. In this study, CuZn15 brass alloy has been subjected to drilling tests in terms of two quality characteristics (cutting force and cutting tool temperature) considering four control factors (cutting speed, feed rate, drill bit angle and coating state). The effects of control factors on quality characteristics were modeled by regression analysis and optimum drilling conditions were tried to be determined by Taguchi method. For 95% confidence interval, the effect rates of control factors were calculated by variance analysis. Optimization was also tested by verification experiments. As a result of the experiments, it was observed that the order of importance of the control factors affecting the cutting force was the feed rate, the bit angle, the cutting speed and the coating state respectively, and the order of importance of the control factors affecting the cutting tool temperature was the cutting speed, the bit angle, the feed rate and the coating state. According to these results, optimization made at the level of 0.05 significance in terms of cutting force and cutting tool temperature was found appropriate.

Keywords: Brass; Drilling; Cutting parameters; Taguchi method; Regression analysis.

CuZn15 Pirinç Malzemenin Delinme Performansının İncelenmesi

Öz

Pirinç temelde bir bakır çinko alaşımıdır. Çinko, pirinçin mukavemetini artırarak ona sertlik ve aşınma direnci katar. Pirinç, üretilmesi kolay ve şekillendirilebilme kabiliyeti yüksek bir bakır alaşımıdır. Bu nedenle birçok sektörde yaygın ve uzun soluklu kullanım imkânı bulmuştur. Matkapla delik delme basit yapısı ve ekonomikliği ile halen yaygın olarak kullanılan imalat yöntemlerinden biridir. Bu çalışmada, CuZn15 pirinç alaşımı dört kontrol faktörü (kesme hızı, ilerleme miktarı, matkap uç açısı ve kaplama durumu) dikkate alınarak iki kalite karakteristiği (kesme kuvveti ve kesici takım sıcaklığı) açısından delme deneylerine tabi tutulmuştur. Kontrol faktörlerinin kalite karakteristikleri üzerindeki etkileri regresyon analizi ile modellenmiş ve Taguchi metodu ile optimum delme şartları belirlenmeye çalışılmıştır. %95 güven aralığında varyans analizi yapılarak kontrol faktörlerinin etki oranları hesaplanmıştır. Doğrulama deneyleri ile de optimizasyon test edilmiştir. Deneyler sonucunda kesme kuvveti üzerinde etkili olan kontrol faktörlerinin önem sıralamasının sırasıyla ilerleme miktarı, uç açısı, kesme hızı ve kaplama durumu olduğu, kesici takım sıcaklığı üzerinde etkili olan kontrol faktörlerinin önem sıralamasının ise kesme hızı, uç açısı, ilerleme miktarı ve kaplama durumu olduğu görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlara göre, kesme kuvveti ve kesici takım sıcaklığı açısından 0,05 anlamlılık düzeyinde yapılan optimizasyonun uygun olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Pirinç, Delik delme, Kesme parametreleri, Taguchi metodu, Regresyon analizi.

* Corresponding Author: TÜBİTAK Defence Industries Research and Development Institute, Ankara, Turkey. (ORCID: 0000-0002-2702-0111)
harungokce@yahoo.ca

1. Introduction

Brass is an alloy formed by the combination of copper and zinc. Zinc increases the strength, hardness and wear resistance of brass. Brass alloys are relatively easy to manufacture as zinc can easily mix homogeneously in the copper melt. Brass is widely used due to its easy formability, production, high corrosion resistance and visual appeal. Brass alloys are commonly used in machine parts, fittings and plumbing projects [1-4].

Despite the development of modern manufacturing methods, classical turning, milling and drilling are still up to date. Due to its economy and simplicity, the commonly used hole drilling is one of the manufacturing methods that are widely used in many industries such as aerospace and automotive [5]. During the forming process by chip removal, the workpiece will resist not to get cut by cutting tools. In order for the cutting event to take place, this resistance must be overcome. This force which is necessary for the cutting to take place, is defined as "cutting force". The cutting force is one of the parameters showing the machinability of a material. [6-9]. The cutting force is one of the leading parameters that have an effect on the cutting tool life, and therefore on the surface quality. For these reasons, it is desirable to minimize the cutting forces [9, 10]. The efficiency of machining processes largely depends on increasing the cutting and feed rates. With the rising rates, the heat generated in the cutting zone will increase; therefore, the tool life and quality of the parts produced will be adversely affected [11-12]. Providing the temperature control is very important to increase cutting performance. Most of the heat generated during cutting is expected to be removed together with the chip. For this reason, it is necessary to quickly and easily evacuate the chip from the cutting zone [11-13].

In drilling forged brass material with carbide drills, Timata et al. investigated the effects of cutting speed and feed rate on the hole end burr height and hole diameter with variance analysis. They stated that the cutting speed and feed rate on results were statistically significant at 0.05 significance level [14]. Iwata et al. carried out high speed drilling experiments with 0.1 mm diameter carbide drills on stainless and brass materials. In the experiments performed using cutting fluid, they examined the effects of changes in cutting speed and feed rate on cutting tool wear and hole quality [15]. In another study conducted again by Iwata et al., they put stainless steel and brass materials with drill diameters ranging from 0.1-0.9 mm to high-speed machining experiments. They examined the cutting force, cutting torque, cutting tool wear and burr formation [16]. Vergara et al. put copper and brass materials to hole drilling experiments by friction stir welding method. They evaluated their hole quality in terms of sheet thickness, spindle speed, feed rate and TFD tool diameters. They explained that high spindle speeds and low feed rates are more effective than other parameters to produce sufficient quality holes [17].

Kato et al. investigated the effects of drill geometry on high-speed drilling of integrated circuits made of brass material. They stated that the longest tool life is in cutting tools with a 15° helix angle. They expressed that the newly developed drill geometry with a notch opened perpendicular to the cutting edge relatively reduces the cutting forces and that the chip can be evacuated more easily [18]. Boopathia et al. investigated the driving force and temperature distribution in the friction drilling method for brass, aluminum and stainless-steel materials for varying feed rates [19]. Rahman et al. put the brass material to drilling experiments via

micro hole drilling by HSS cutting tools. In the experiments, they examined the material removal rate, surface roughness, dimensional accuracy and burr formation. They stated that with increasing cutting speed and feed rate, surface roughness and dimensional accuracy would decrease and tool wear and burr formation would increase [20]. Imai et al. made drilling experiments in dry conditions on high strength brass material (Cu-40Zn) produced by powder metallurgy method. They examined the effects of changes in material production method (sintering temperatures, protective atmosphere) on machinability [21]. Balout et al. investigated the cutting forces and chip formation in dry drilling of AA6061 forged, AA356 aluminum and 70-30 brass alloys, which were exposed to preheating and precooling. They stated that precooling reduces cutting forces depending also on cutting conditions and the chip can be evacuated more easily by breaking [22]. Gaitondea et al. examined the effects of minimum lubricant method of brass material on the turning process with carbide cutting tools using the Taguchi method [23].

In this study, the performance of CuZn15 brass alloy was modeled by multiple linear regression method in terms of cutting force and cutting tool temperature (2 quality characteristics) criteria by taking into account 4 different cutting speeds, 4 different feed rates, 4 different drill bit angles and 2 different coating conditions (4 control factors) with HSS cutting tools, and the optimum machining conditions were pursued by Taguchi method. In order to determine the impact rates of selected control factors on the quality characteristics, variance analysis (ANOVA) was applied to the test data at 95% confidence interval, and finally the validity of optimization was tested by verification experiment.

2. Material and Method

2.1. Materials

CuZn15 brass alloy was obtained by cutting Ø60 mm cylindrical material with a thickness of 17 mm. After that, levelling process was done by reducing the total thickness to 15 mm for the hole drilling test standards (plate thickness ≥ drill diameter x 3). The chemical composition and some mechanical properties of the test material are given in Table 1.

Table 1. Some properties of brass material [24].

Specification	Unit	Brass
Chemical Composition	%	84-86 Cu, 15 Zn, <=0.05 Fe, <=0.06 Pb
Density (at 20°C)	g/cm ³	8.75
Melting Point	°C	990-1025
Rockwell Hardness	HR	56
Yield Strength	MPa	69
Tensile Strength	MPa	270
Elasticity Modules	GPa	115
Poison Ratio	-	0.307
Thermal Conductivity Coefficient (20°C)	[W/(mK)]	159

2.2. Machining Experiments

A through-hole drilling process (15 mm) was applied to CuZn15 brass test material using different cutting parameters by HSS cutting tools. Cutting forces (Fc) and cutting tool temperatures (T) were determined as performance criteria (quality characteristics). During the experiments carried out without using

cutting fluid; 4 different cutting speeds (V_c), 4 different feed rates (f), 4 different drill bit angles (β) and 2 different coating states (CS) (uncoated and coated) were selected in order to determine the best values of control factors in terms of determined quality characteristics. Control factors, levels of control factors and abbreviations used are given in Table 2.

Table 2. Control factors and their levels.

Control Factors	Unit	Code	Levels			
			1	2	3	4
Cutting Speed (V_c)	m/min	A	10	20	30	40
Feed Rate (f)	mm/rev	B	0.025	0.050	0.075	0.100
Drill Bit Angle (β)	°	C	90	105	118	140
Coating State (CS)	-	D	Uncoated and Coated			

By Taguchi method, the optimum values of control factors for quality characteristics were pursued. The experimental design was made using the Taguchi L16 (4 ** 3 2 ** 1) vertical array. For the related material, the studies proposed in cutting tool catalogues and included in the literature were taken into consideration. Preliminary experiments were carried out at the highest levels of cutting parameters recommended in catalogues and literature.

2.3. Machine Tools, Cutting Tools and Measuring Devices

In the experiments, HSS cutting tools with \varnothing 5 mm diameter, 30° helix angle, $90^\circ - 105^\circ - 118^\circ - 140^\circ$ end angles, uncoated and coated (CVD - AlTiN - coating thickness: $5 \mu\text{m}$) were used. In the selection of cutting tools, the manufacturer's recommendations and previous studies were taken into consideration. The cutting tools used in the experiments are connected to the tool holder with a collet that can tighten \varnothing 5 mm diameter cutting tools.

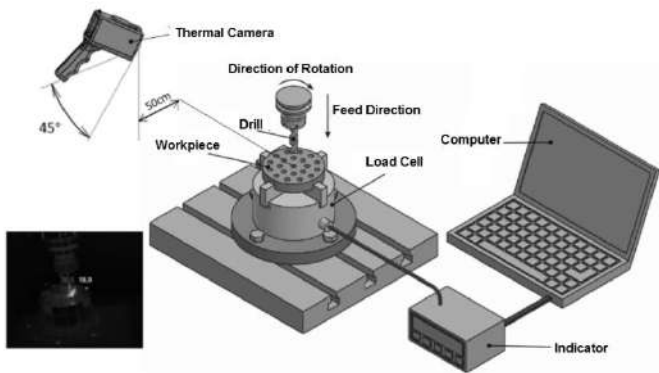


Figure 1. 3D model of experimental setup.

Drilling experiments were carried out using Arion IMM-600 CNC vertical machining center. Cutting forces were measured with a force gauge based on the load cell [25]. In Figure 1, it was attempted to present the design of the established experimental setup. The cylindrical prepared workpiece was connected to the workbench with a 4-legged chuck and the holes were drilled thoroughly. The temperatures formed in the tool and workpiece during machining were measured by Fluke Ti200 brand / model thermal camera.

2.4. Regression Analysis

Regression analysis is a model that includes dependent (quality characteristic) and independent (control factors) variables and allows the dependent variable to be expressed with independent variables [26]. The coefficient of determination (determination coefficient, R^2) obtained as a result of the equation gives the expressibility rate of independent variables with dependent variables. The closer the R^2 value to 1, the more accurate results can be obtained from the regression model. Regression analysis is a well-known statistical tool which is widely used by scientists as well.

Karaca examined the effect of drilling parameters such as cutting speed, feed rate and drill bit angle on the deformation factor formed during the drilling process of glass fiber reinforced plastic composites. He tried to identify the most appropriate drilling parameters using multiple regression analysis [27]. Bayraktar and Turgut have investigated the drilling process of fiber reinforced polymer matrix composite materials by considering factors such as surface damage at the entrance and exit of the hole, cutting tool, cutting parameters and cutting tool geometry. It was attempted to interpret the obtained data using methods such as taguchi, variance analysis, artificial neural networks and regression analysis. As a result of the studies, they emphasized that high cutting speed and low feed rates should be used [28].

Meral et al. modeled the feed forces and surface roughness obtained in the drilling of AISI 1050 material with linear regression, quadratic regression and exponential regression methods depending on the experimental parameters (drill type, drill diameter, feed rate and cutting speed) [10]. Yılmaz et al. drilled holes on the X10CrAlSi24 sheet material with 0.5mm diameter and 20mm length by electrical discharge machining method. In the experiments, they analyzed the values of workpiece machining speed and electrode wear rate for three different discharge currents, three different electrode speeds and two different electrode types. Then they obtained mathematical models with the help of multiple regression analysis by using experimental results [29]. Başak and Baday modeled the effects of cutting parameters on cutting forces and surface roughness by regression analysis in the machining of a spheroidized medium carbon steel. Significance testing was performed by ANOVA to determine the relationship between dependent variables and independent variables [30].

2.5. Taguchi Method

With the Taguchi method, in contrast to the traditional experiment design; the data obtained from the experiments are converted to Signal/Noise (S/N) ratio with the objective function suitable for the desired result in order to determine the effects of control factors on the quality characteristic. The S/N ratio is defined as the desired signal ratio for the undesired random noise value and shows the quality characteristics of the experimental data [31]. There are three basic functions for calculating the S/N ratio. These are "the smallest the best, the biggest the best and the nominal the best" purpose functions. The goal of all three functions is to maximize the S/N ratio [32, 33]. The Taguchi method is a method that allows the results to be obtained economically and in a shorter time by reducing the number of experiments, in contrast to the full factorial experiment design. For these reasons, the method is often preferred by scientists in different fields of study. Ghani et al. applied the Taguchi method

to optimize milling parameters when machining AISI H13 tool steel with end mill. They chose cutting speed, feed rate and depth of cut as control factors, and cutting forces and surface roughness as quality characteristics. L27 orthogonal array was chosen for the experimental design. The experiments were carried out on AISI H13 tool steel workpiece material with TiN coated carbide tools. Low cutting forces and low surface roughness values were obtained in experiments with high cutting speed, low feed rate and low cutting depth [34].

Günay has optimized cutting tool tip radius and cutting parameters for the cutting forces and workpiece surface roughness values in the processing of AISI 316L austenitic stainless steel. For this purpose, Taguchi used the L9 vertical index and applied ANOVA analysis to determine their significance levels. It was found that the most important control factor affecting cutting force and surface roughness is the feed rate [35]. Farmer et al. optimized the cutting tool and cutting parameters with Taguchi L16 experimental design in machining of molybdenum alloys [33]. Canel et al. examined the impact of cutting parameters on surface roughness in laser cutting of Al 6082-T6 alloy with Taguchi method. [36]. Terzioğlu analyzed the impact factors on thermoelectric generator again using the Taguchi method [37]. Pinar et al. used the Taguchi method whilst examining the performance of the Ranque – Hilsch vortex tube [38]. Maiyar et al. optimized cutting parameters for milling of Inconel 718 super alloy with Taguchi-based gray relational analysis [39]. Gökçe et al. evaluated the milling process of commercial pure molybdenum in terms of cutting parameters using the Taguchi L16 experimental design [40].

In order to determine the appropriate levels of control factors, the situation with the smallest quality characteristic values should

be determined (cutting forces and cutting tool temperatures are intended to be low). These goals were used to calculate the Signal/Noise (S/N) ratio, using the "the smallest the best" objective function given in Equation 1. Here; Y_i is the measured value (quality variable) of the quality characteristic and n : the total number of experiments (observations). In order to determine the effect of control factors on the quality characteristic values, ANOVA analysis was applied to the experiment results in 95% confidence interval. Taguchi method and ANOVA analysis were performed by Minitab17 program.

$$S/N = -10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i^2 \right) \quad (1)$$

Regression analysis is a model that includes dependent (quality characteristic) and independent (control factors) variables and allows the dependent variable to be expressed with independent variables [26].

3. Results and Discussion

Cutting forces and cutting tool temperatures measured in the through-hole (15mm) drilling experiments carried out using 4 different cutting speeds, 4 different feed rates, 4 different drill bit angles and 2 different coating states (uncoated and coated) on the CuZn15 brass alloy are given in Table 3. In addition, the S/N ratios and statistical calculations obtained with "the smallest the best" goal function given in Equation 1 in Table 3 are also shown in the coding used.

Table 3. Cutting forces, tool temperatures measured in experiments and calculated S/N ratios.

Test	Code	Vc (m/min)	Code	F (mm/rev)	Code	β (°)	Code	CS	Fc (N)	T (°C)	Fc S/N (dB)	T S/N (dB)
1	A1	10	B1	0.025	C1	90	D1	Uncoated	197.02*	37.10*	-45.8902	-31.3875
2	A1	10	B2	0.050	C2	105	D1	Uncoated	247.56	50.30	-47.8736	-34.0314
3	A1	10	B3	0.075	C3	118	D2	Coated	281.58	55.00	-48.9920	-34.8073
4	A1	10	B4	0.100	C4	140	D2	Coated	331.40	60.30	-50.4071	-35.6063
5	A2	20	B1	0.025	C2	105	D2	Coated	212.92	47.70	-46.5643	-33.5704
6	A2	20	B2	0.050	C1	90	D2	Coated	228.69	41.00	-47.1849	-32.2557
7	A2	20	B3	0.075	C4	140	D1	Uncoated	333.47	72.20	-50.4611	-37.1707
8	A2	20	B4	0.100	C3	118	D1	Uncoated	349.91	59.50	-50.8791	-35.4903
9	A3	30	B1	0.025	C3	118	D1	Uncoated	271.18	68.50	-48.6652	-36.7138
10	A3	30	B2	0.050	C4	140	D1	Uncoated	321.21	70.20	-50.1358	-36.9267
11	A3	30	B3	0.075	C1	90	D2	Coated	273.73	46.60	-48.7464	-33.3677
12	A3	30	B4	0.100	C2	105	D2	Coated	323.82	55.70	-50.2061	-34.9171
13	A4	40	B1	0.025	C4	140	D2	Coated	242.49	74.10	-47.6939	-37.3964
14	A4	40	B2	0.050	C3	118	D2	Coated	292.83	69.40	-49.3323	-36.8272
15	A4	40	B3	0.075	C2	105	D1	Uncoated	332.98	77.80**	-50.4484	-37.8196
16	A4	40	B4	0.100	C1	90	D1	Uncoated	351.03**	73.60	-50.9069	-37.3376
Average									286.99	59.9		

* Minimum Value, ** Maximum Value

The average cutting force obtained as a result of drilling the test material with the determined control factors was calculated as 286.99 N and the average cutting tool temperature value was calculated as 59.9°C. When Table 3 is examined, it is seen that the highest values of control factors are 351.03 N for cutting force, 77.80°C for cutting tool temperature value, and the lowest values of control factors are 197.02 N for cutting tool temperature value and 37.10°C for cutting tool temperature value. These differences between the maximum and minimum results of the quality

characteristics are an indication that the determined control factors significantly affect the drilling performance of the brass material.

3.1. Multiple Linear Regression Analysis Results

In order to calculate cutting forces and cutting tool temperatures, multiple linear regression equations are given in Equation 2 and Equation 3 respectively. In the equations, the

values represented are A: Cutting speed, B: Feed rate, C: Drill bit angle and D: Coating state (Table 2 and Table 3).

$$F_c = 166 + 13.8 A + 35.7 B + 15.3 C - 27.1 D \quad (2)$$

$$T = 31.1 + 7.43 A + 2.14 B + 6.41 C - 7.42 D \quad (3)$$

In the regression equations, the increasing values of the control factors in the negative factor state will have a negative effect on the quality characteristic results, while the increasing values of the control factors in the positive factor state will have a positive effect. Coating state (D) was coded as 1 (uncoated) and 2 (coated) to achieve the regression equation.

The Table of coefficients found after obtaining the regression equation is given in Table 4. In this Table; Coef: indicates

coefficients of values, SE Coef: standard error in coefficients, T: the result of test statistics, P: whether regression analysis is significant or not. P values less than 0.05 is a proof that the control factor is statistically significant.

In terms of cutting force, the feed rate has the highest coefficient, and it is an expected situation for cutting forces to rise at increasing values of the feed rate [41, 42]. Although the effect of coating state is seen as negative, the coated cutting tool will have the effect to decrease the cutting force since its code is 2 (negative coefficient). It is stated that coated cutting tools reduce cutting forces compared to uncoated tools [43]. It is also seen in Equation 3 and Table 4 that cutting speed is the cutting factor which the cutting tool temperature is affected the most.

Table 4. Coefficient table of regression equations.

Predictive Element	Cutting Force				Cutting Tool Temperature			
	Coef	SE Coef	T	P	Coef	SE Coef	T	P
Coefficient	165.66	11.27	14.70	0.000	31.113	5.714	5.45	0.000
Cutting Speed	13.756	2.016	6.82	0.000	7.430	1.022	7.27	0.000
Feed Rate	35.728	2.016	17.72	0.000	2.145	1.022	2.10	0.060
Drill Bit Angle	15.313	2.016	7.59	0.000	6.410	1.022	6.27	0.000
Coating State	-27.112	4.509	-6.01	0.000	-7.425	2.285	-3.25	0.008
R-Sq (R ²)	%97.6				%90.7			
R-Sq (adj) (R ² adj)	%96.8				%87.3			

Table 5. Variance analysis of regression equations.

Cutting Force					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	36944.7	9236.2	113.58	0.000
Measurement Error	11	894.5	81.3		
Total	15	37839.2			
Cutting Tool Temperature					
Source	DF	SS	MS	F	P
Regression	4	2238.40	559.60	26.79	0.000
Measurement Error	11	229.81	20.89		
Total	15	2468.22			

When the values in Table 4 are examined, it can be concluded that almost all control factors are not statistically significant in drilling the brass material (P> 0.05). When the cutting force and cutting tool temperature R² and adjusted R² values are examined, we see that the regression equations can explain the experiments at a rate of 97.6% for cutting force and 90.7% for cutting tool temperature. In other words, a strong relationship can be mentioned between the variables.

Our adjusted R² value is 96.8% for cutting force and 87.3% for cutting tool temperature, and this value is not too far from R². Therefore, it can be said that the regression equation is applicable. In addition, variance analysis of the multiple linear regression equation we obtained in is given Table 5. Here, the P value is less than 0.05 so we have a statistically significant regression equation.

3.2. Optimization Results with Taguchi Method

According to the S/N ratios calculated for the cutting force and cutting tool temperature values, the main impact graphs are shown in Figure 2 and Figure 3. In addition, Table 6 gives the distribution of S/N ratios according to control factors and their order of importance.

When the main impact graphs in Figure 2 and the highest and lowest points of S/N ratios in Table 6 are examined, it is seen that the most important control factor affecting the cutting force is the feed rate. It is also seen in Table 6 that the order of importance for control factors affecting the cutting force is the feed rate, drill bit angle, the cutting speed and the coating state, respectively.

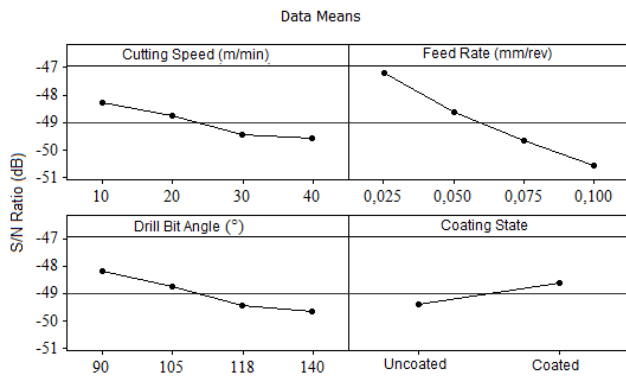
Similarly, when Figure 3 and Table 6 are reviewed, it is seen that the most important control factor affecting the cutting tool temperature is the cutting speed. In addition, the order of importance for control factors affecting the cutting tool temperature is the cutting speed, drill bit angle, feed rate and coating state, respectively (Table 6).

The interaction of feed rate and the change in the drill bit angle on cutting forces are shown on the graph in Figure 4. Fluctuations on the graph show that cutting forces are also affected by other control factors (cutting speed and coating state), and these results prove the accuracy of statistical results as well.

Figure 5 shows the effect of changes in cutting speed and drill bit angle on the cutting tool temperature. The curvature of color changes on the graph is an indication that other control factors (feed rate and coating state) also affect the cutting tool temperature values. With the variance analysis (ANOVA), the

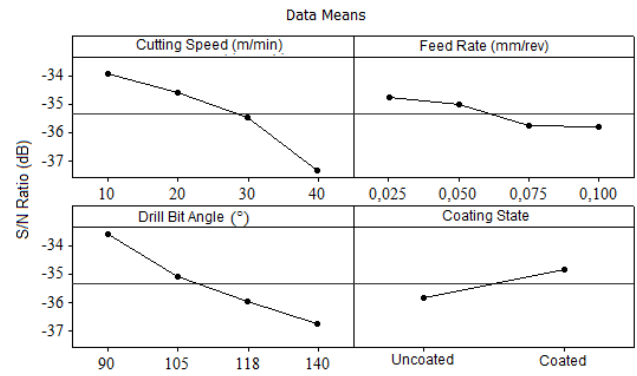
influence rates of cutting forces and cutting tool temperature values from control factors were determined, and the results were given in Table 7. In the schedule, SD: indicates Degree of

freedom, KT: Sum of squares, KO: Average of squares, F: Test statistics, P: Level of significance, % contribution: Impact rate and R²: Determination coefficient.



S/N: The Smallest the best

Figure 2. Main effect plots for the S/N ratios of the cutting force values.



S/N: The Smallest the best

Figure 3. Main effect plots for the S/N ratios of the cutting tool temperature values.

Table 6. The order of importance of control factors for average S/N ratios of cutting force and cutting tool temperature values.

Level		Cutting Speed (dB)	Feed Rate (dB)	Drill Bit Angle (dB)	Coating State (dB)
Cutting Force	1	-48.29	-47.20	-48.18	-49.41
	2	-48.77	-48.63	-48.77	-48.64
	3	-49.44	-49.66	-49.47	
	4	-49.60	-50.60	-49.67	
	Difference	1.30	3.40	1.49	0.77
	Order	3	1	2	4
Cutting Tool Temperature	1	-33.96	-34.77	-33.59	-35.86
	2	-34.62	-35.01	-35.08	-34.84
	3	-35.48	-35.79	-35.96	
	4	-37.35	-35.84	-36.78	
	Difference	3.39	1.07	3.19	1.02
	Order	1	3	2	4

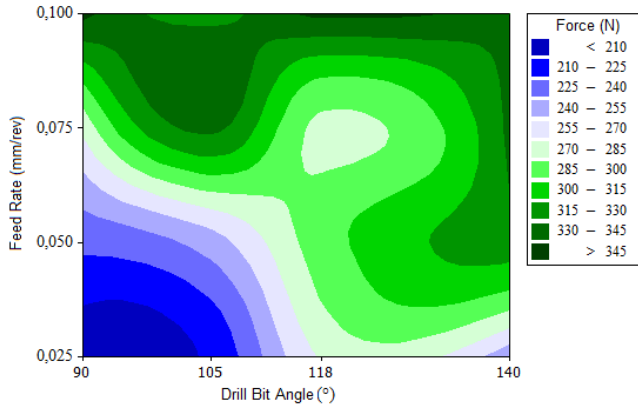


Figure 4. Interaction of change in feed rate and bit angle on the cutting force.

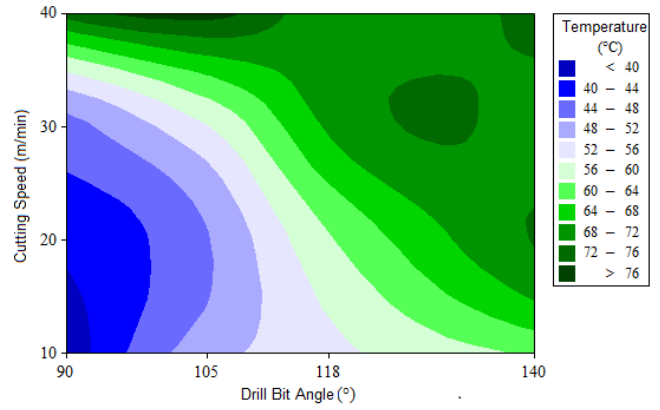


Figure 5. Interaction of change in cutting speed and bit angle on cutting tool temperature.

According to ANOVA results, as in regression analysis; the P value of less than 0.05 indicates that the effect of control factors on quality characteristics is statistically significant. When Table 7 is examined, the significance level for each control factor is less than 0.05 (P value < 0.05). Accordingly, all control factors are statistically effective on quality characteristics. Moreover, when the F rates in Schedule 7 are compared to value of the relevant F

test table ($\alpha = 0.05$ F distribution table), it is seen that the F rates are considerably larger than the $\alpha = 0.05$ F distribution table value (F rates > 6.61). These results also support the accuracy of variance analysis. The fact that the determination coefficients (R^2) is 98.43% for cutting force and 95.72% for cutting tool temperature is an indication that there is a strong relationship between quality characteristics and control factors.

Table 7. ANOVA for cutting force and cutting tool temperature values S/N ratios.

Control Factors		SD	KT	KO	F Ratio	P value	% Contribution
Cutting Force	Cutting Speed	3	3888.9	1296.3	10.88	0.012	10.28
	Feed Rate	3	25613.1	8537.7	71.64	0.000	67.69
	Drill Bit Angle	3	4800.9	1600.3	13.43	0.008	12.69
	Coating State	1	2940.4	2940.4	24.67	0.004	7.77
	Residual Error	5	595.9	119.2			1.57
	Total	15	37839.2				100.00
	R^2	%98.43					
Cutting Tool Temperature	Cutting Speed	3	1197.55	399.18	18.87	0.004	48.52
	Feed Rate	3	114.67	38.22	1.81	0.263	4.65
	Drill Bit Angle	3	829.72	276.57	13.08	0.008	33.62
	Coating State	1	220.52	220.52	10.43	0.023	8.93
	Residual Error	5	105.75	21.15			4,28
	Total	15	2468.22				100.00
	R^2	%95.72					

It can be observed from the related table (Table 7) that the rates of cutting force values affected by the control factors are 67.69% for the feed rate, 12.69% for drill bit angle, 10.28% for the cutting speed and 7.77% for the coating condition. In addition, it is given in Table 7 that the rates of cutting tool temperature values affected by control factors are 48.52% for cutting speed, 33.62% for tip angle, 8.93% for coating state and 4.65% for feed rate, respectively.

By optimization with Taguchi method, the optimum levels of control factors were identified on the determined quality characteristics. According to this optimization, the optimum levels of control factors in terms of cutting forces were found as A1-B1-C1-D2 (10 m/min cutting speed-0.025 mm/rev feed rate-90° drill bit angle-coated drill) and in terms of cutting tool temperature values as A1-B1-C1-D2 (10 m/min cutting speed-0.025 mm/rev feed rate-90° drill bit angle-coated drill) (Figure 2

and Figure 3). The next step is to check the validity of optimization. For this purpose, verification experiments and predictive calculations should be made for the optimum levels of control factors. The results of the verification experiment, predictive calculations and comparisons are given in Table 8.

Equation 4 was used to calculate the predictive value ($F_{c\ tah}$) of the cutting force, and Equation 5 was used to calculate the predictive value ($T_{\ tah}$) of the cutting tool. The levels of control factors at which optimum cutting force and cutting tool temperature can be achieved are the same (A1-B1-C1-D2). In Equality 4; $F_{c\ tah}$: Arithmetic mean of Fc value for the optimum conditions of A1-B1-C1-D2 control factors and $\overline{F_{c\ tah}}$: arithmetic mean of Fc values obtained as a result of experiments. In Equality 5; $T_{\ tah}$: Arithmetic mean of T value for the optimum conditions of A1-B1-C1-D2 control factors and $\overline{T_{\ tah}}$: arithmetic mean of T values obtained as a result of experiments.

$$F_{c\ tah} = \overline{F_{c\ tah}} + (\overline{A_1} - \overline{F_{c\ tah}}) + (\overline{B_1} - \overline{F_{c\ tah}}) + (\overline{C_1} - \overline{F_{c\ tah}}) + (\overline{D_2} - \overline{F_{c\ tah}}) \quad (4)$$

$$T_{\ tah} = \overline{T_{\ tah}} + (\overline{A_1} - \overline{T_{\ tah}}) + (\overline{B_1} - \overline{T_{\ tah}}) + (\overline{C_1} - \overline{T_{\ tah}}) + (\overline{D_2} - \overline{T_{\ tah}}) \quad (5)$$

The results of verification experiment carried out with the levels of optimum control factors were evaluated by considering the confidence interval (CI) value calculated by means of Equation 6.

$$CI = \sqrt{F_{0,05,(1,f_e)} Ve (1/\eta_{eff} + 1/r)} \quad (6)$$

$$\eta_{eff} = N/1 + U_T \quad (7)$$

In Equation 6 and Equation 7; the symbols are represented as $F_{0,05,(1,f_e)}$: The degree of error freedom from the test table F0.05, Ve : Error variance, η_{eff} : actual number of repetitions, r : Number of repetitions for verification experiment, N : total number of experiments and U_T : sum of degrees of freedom for the control factors. Accordingly, the values for cutting force: $F_{0,05,(1,f_e)}$ (from F test table) and $Ve = 119.2$, and for cutting tool temperature: $F_{0,05,(1,f_e)}$ (from F test table) and $Ve = 21.15$ (Table 7) were obtained from the relevant tables.

After substituting the sum of degrees of freedom for the control factors which have a significant effect on calculating the number of repetitions of experiment, total number of experiments and cutting force in Equation 7, the actual number of repetitions (η_{eff}) was calculated as 1.45 and the number of repetitions for verification experiment (r) was applied as 1.

When the relevant values were substituted in Equation 6, the Confidence Range (CI) was found as ± 32.91 . If the same calculations are repeated for the cutting tool temperature; the values to be obtained are $F_{0,05,(1,f_e)} = 6.61$, $Ve = 21.15$, $\eta_{eff} = 1.45$, $r = 1$ and $CI = \pm 13.86$.

The Fc value ($F_{c\ den} = 180.52$ N) obtained as a result of the verification experiment was determined, and the S/N ratio ($F_{c\ S/N_{den}} = -45.1305$ dB) of this value was calculated with Equation 1. In addition, the predictive Fc $_{tah}$ value ($F_{c\ tah} = 170.38$ N) and S/N ratio ($F_{c\ S/N_{tah}} = -45.2445$ dB) calculated with Equation 4 were found by means of Equation 1. If the same operations are repeated for the cutting tool temperature, the results are found as $T_{den} = 35.07$ °C, $T_{S/N_{den}} = -30.8987$ dB, $T_{tah} = 33.51$ °C and $T_{S/N_{tah}} = -31.1009$ dB (Table 8).

Table 8. Comparison of the results of the verification experiment and predictive calculations.

Quality Characteristics	Verification Experiments		Predictive Calculations		Differences	
Cutting Force	$F_{C_{den}}$ (N)	$F_{C_{S/N_{den}}}$ (dB)	$F_{C_{tah}}$ (N)	$F_{C_{S/N_{tah}}}$ (dB)	$F_{C_{den}} - F_{C_{tah}}$ (N)	$F_{C_{S/N_{den}}} - F_{C_{S/N_{tah}}}$ (dB)
	180.52	-45.1305	170.38	-45.2445	10.14	0.1140
Cutting Tool Temperature	T_{den} (°C)	$T_{S/N_{den}}$ (dB)	T_{tah} (°C)	$T_{S/N_{tah}}$ (dB)	$T_{den} - T_{tah}$ (°C)	$T_{S/N_{den}} - T_{S/N_{tah}}$ (dB)
	35.07	-30.8987	33.51	-31.1009	1.56	0.2022

According to these results: the absolute difference between the ratio $F_{C_{S/N_{den}}}$ (-45.1305 dB) and the ratio $F_{C_{S/N_{tah}}}$ (-45.2445 dB) for cutting force resulted as 0.1140 dB, and the absolute difference between the ratio $T_{S/N_{den}}$ (-30.8987 dB) and the ratio $T_{S/N_{tah}}$ (-31.1009 dB) for the cutting tool temperature as 0.2022 dB. For both quality characteristics, these differences are seen to be smaller than the confidence interval (CI) values calculated with Equation 6 ($0.1140 < 32.91$) and ($0.2022 < 13.86$). That is to say; for cutting force,

$$F_{C_{S/N_{tah}}} - CI < F_{C_{S/N_{den}}} < F_{C_{S/N_{tah}}} + CI$$

$$-45.2445 - 32.91 < -45.1305 < -45.2445 + 32.91 \rightarrow -78.1545 < -45.1305 < -12.3345$$

Also, for cutting tool temperature:

$$T_{S/N_{tah}} - CI < T_{S/N_{den}} < T_{S/N_{tah}} + CI$$

$$-31.1009 - 13.86 < -30.8987 < -31.1009 + 13.86 \rightarrow -44.9609 < -30.8987 < -17.2409 \text{ can be calculated.}$$

4. Conclusion

In this study, drilling of the CuZn15 brass alloy with HSS cutting tools using 4 control factors as cutting speed, feed rate, drill bit angle and coating state was evaluated in terms of cutting force and cutting tool temperature quality characteristics. Results of the study were evaluated with the regression analysis and the Taguchi method statistical methods, and validity of the optimization performed with the validation experiments was tested. As a result of the study, the following conclusions were obtained.

- The order of importance for the control factors affecting cutting force was the feed rate, drill bit angle, cutting speed and coating state, respectively.

- The order of importance of the control factors affecting the cutting tool temperature was found to be cutting speed, drill bit angle, feed rate and coating state, respectively.
- It was calculated that the feed rate was effective on results at a rate of 67.69% in terms of cutting force while the cutting speed at 48.52% in terms of cutting tool temperature.
- Other control factors determined on the cutting force and tool temperature are also statistically significant.
- With increasing feed rate for each drill bit angle, cutting forces tend to rise. The lowest cutting forces were measured with drills with a low bit angle.
- Increased cutting speed resulted in more intense heat generation in the cutting zone. Increasing the drill bit angle also adversely affected the heat passing to the cutting tool.

The optimization made at the level of 0.05 significance in terms of cutting force and cutting tool temperature was found to be appropriate.

References

- [1] Şentürk, B.S., "Pirinç alaşımlarının ekstrüzyonunda meydana gelen üretim hatalarının tespiti, nedenleri ve çözüm yolları" İTÜ Institute of Science, Master's Thesis, 2007.
- [2] Brady, G.S., "An encyclopedia for purchasing managers, engineers, executives and foremen" McGraw-Hill Company Materials Handbook, New York, 1991.

- [3] Gokce, H., "Optimization of cutting tool and cutting parameters in face milling of custom 450 through the taguchi method" Advances in Materials Science and Engineering, 2019.
- [4] Ersümer, A., "Bakır ve alaşımlarının dökümü ve ısı işlemleri" İTÜ Bookstore, İstanbul, 1976.
- [5] Kurt, M., Kaynak, Y., Bakır, B., Köklü, U., Atakök, G., Kutlu, L. "Experimental investigation and taguchi optimization for the effect of cutting parameters on the drilling of Al2024-T4 alloy with diamond like carbon coated drills" International Advanced Technologies Symposium, Karabük, Turkey, 2009.
- [6] Colligan, K. "New tool drills both titanium and carbon composites" American Machinist, 138(10): 56-58, 1994.
- [7] Kim, D., Ramulu, M. "Cutting and drilling characteristics of hybrid titanium composite laminate" In Proceedings of Materials and Processing Technologies for Revolutionary Applications Fall Technical Conference, Seattle, Washington, 1-8, 2005.
- [8] Lambert, B.K. "Prediction of force, torque and burr length in drilling titanium composite materials" SME Technical Paper MR79: 363, 1979.
- [9] Bayraktar, Ş., Siyambaş, Y., Turgut, Y. "Delik delme prosesi: bir araştırma" Sakarya University Institute of Science, Master's Thesis, 21(2): 120-130, 2017.
- [10] Meral, G., Dilipak, H., Sarıkaya, M., "AISI 1050 malzemenin delinmesinde delme parametrelerinin delik kalitesi üzerindeki etkisinin çoklu regresyon metoduyla modellenmesi" Electronic Journal of Machine Technologies, 8(1): 37-46, 2011.
- [11] Dhar, N.R., Ahmed, N.T., Islam, S., "An experimental investigation on effect of minimum quantity lubrication in machining AISI 1040 steel" International Journal of Machine Tools & Manufacture, 47(1): 748-753, 2007.
- [12] Çakır, A., Bahtiyar, O., Şeker, U., "Farklı soğutma şartları ile farklı kesme parametrelerinin AA7075 ve AA2024 alüminyum alaşımlarında delik delme işlemlerine etkisinin deneysel olarak incelenmesi" 16rd International Machine Design and Manufacturing Congress, İzmir, Turkey, 2014.
- [13] Bahçe, E., Kılıçkap, E., Özel, C. "AL5005'in delinmesinde delme parametrelerinin çapak oluşumuna etkisinin araştırılması" 2rd National Design Machining and Analysis Congress, Balıkesir, Turkey 2010.
- [14] Timata, M., Saikaew, C. "Influences of spindle speed and feed rate on exit burr height and workpiece diameter in drilling forging brass" Solid State Phenomena - Metallurgy Technology and Materials VI, 279(1): 67-71, 2018.
- [15] Iwata, K., Moriwaki, T., Hoshi, T. "Basic study of high-speed micro deep drilling" CIRP Annals, 30(1): 27-30, 1981.
- [16] Iwata, K., Moriwaki, T., Hoshikawa, T. "Fundamental study of high-speed micro deep drilling" Journal of the Japan Society of Precision Engineering, 49(2): 240-246, 1983.
- [17] Vergara, J., Damm, S., Villanueva, J., Godoy, J.M., Tikal, F. "Bush making by thermal flow drilling in copper and brass" The International Journal for Manufacturing Science & Production, 4(2): 103-111, 2001.
- [18] Kato, H., Nakata, S., Ikenaga, N., Sugita, H. "Improvement of chip evacuation in drilling of lead-free brass using micro drill" International Journal of Automation Technology, 8(6): 874-879, 2014.
- [19] Boopathia, M., Shankara, S., Manikandakumara, S., Rameshb, R. "Experimental investigation of friction drilling on brass, aluminium and stainless steel" Procedia Engineering, 64(1): 1219-1226, 2013.
- [20] Rahman, A.A., Mamat, A., Wagiman, A. "Effect of machining parameters on hole quality of micro drilling for brass" Modern Applied Science, 3(5): 221-230, 2009.
- [21] Imai, H., Li, S., Kondoh, K., Kosaka, Y., Kojima, A., Atsumi, H., Umeda, J. "Effect of chromium precipitation on machinability of sintered brass alloys dispersed with graphite particles" Materials Transactions, 52(7): 1426, 2011.
- [22] Balout, B., Songmene, V., Masounave, J. "An experimental study of dust generation during dry drilling of pre-cooled and pre-heated workpiece materials" Journal of Manufacturing Processes, 9(1): 23-34, 2007.
- [23] Gaitondea, V.N., Karnik, S.R., Davimc, J.P. "Selection of optimal MQL and cutting conditions for enhancing machinability in turning of brass" Journal of Materials Processing Technology, 204(3): 459-464, 2008.
- [24] Online <http://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx>
- [25] Gökçe, H., Yavuz, M., Karayel, M. "İmalat süreçlerinde kesme kuvvetlerinin belirlenmesi amaçlı dinometre tasarımı ve imalatı" Gazi Journal of Engineering Sciences, 3(2): 27-32, 2017.
- [26] Başar, G., Kahraman, F. "Delik işleme prosesinde kesme parametrelerinin Taguchi metodu ve regresyon analizi kullanılarak modellenmesi ve optimizasyonu" 2rd International Mediterranean Science and Engineering Congress, Antalya, Turkey, 2017.
- [27] Karaca, F., "Cam elyaf takviyeli plastik kompozitlerde delme parametrelerinin deformasyon faktörüne etkisinin araştırılması" Science and Engineering Journal of Fırat University, 28(2): 23-27, 2016.
- [28] Bayraktar, Ş., Turgut, Y. "Elyaf takviyeli polimer kompozit malzemelerin delinmesi üzerine bir araştırma" 3rd National Symposium on Machining Manufacturing, Ankara, Turkey, 2012.
- [29] Yılmaz, V., Yılmaz, C.Y., Sarıkaya, M., Özdemir, M. "Modelling of performance output in the hole drilling process with different electrodes to X10CrAlSi24 sheet material" 3rd International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science, Valencia, Spain, 1032-1041, 2015.
- [30] Başak H, "In processing of a spheroidized medium carbon steel, modelling with regression analysis of cutting forces and surface roughness affected by cutting parameters" Pamukkale University Journal of Engineering Sciences, 22(4): 253-258, 2016.
- [31] Aydemir, M.E. "Bazı optimizasyon yöntemlerinin yama anten problemlerindeki performansı" Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 29(3): 579-588, 2014.
- [32] M., Saat, "Kalite denetiminde taguchi yaklaşımı" Gazi University Journal of Faculty of Economics and Administrative Sciences, 3(1): 97-108, 2000.

- [33] Çiftçi, İ., Gökçe, H., “*Optimisation of cutting tool and cutting parameters in machining of molybdenum alloys through the taguchi method*” Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 34(1): 201-213, 2019.
- [34] Ghani J.A., Choudhury I.A., Hassan H.H. “*Application of taguchi method in the optimization of end milling parameters*” Journal of Materials Processing Technology, 145(1): 84-92, 2004.
- [35] Günay M., “*Optimization with taguchi method of cutting parameters and tool nose radius in machining of AISI 316L steel*” Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University, 28(3): 437-444, 2013.
- [36] Canel, T., Zeren, M. and Sınmazçelik, T. “*Laser parameters optimization of surface treating of Al6082-T6 with taguchi method*” Optic & Laser Technology, 120(1): 1-15, 2019.
- [37] Terzioğlu, H. “*Analysis of effect factors on thermoelectric generator using taguchi method*” Measurement, 149, 106992, 2020.
- [38] Pinar, A.M., Uluer, O., Kirmaci, V. “*Optimization of counter flow ranque-hilsch vortex tube performance using taguchi method*” International Journal of Refrigeration, 32(6): 1487-1494, 2009.
- [39] Maiyar, L.M., Ramanujam, R., Venkatesan, K. and Jerald, J. “*Optimization of machining parameters for end-milling of inconel 718 super alloy using taguchi based grey relational analysis*” Procedia Engineering, 64(1): 1276-1282, 2013.
- [40] Gökçe, H., Çiftçi, İ. and Demir, H. “*Cutting parameter optimization in shoulder milling of commercially pure molybdenum*” Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering, 40(360): 1-11, 2018.
- [41] Korkmaz, M.E., Çakıroğlu, R., Yaşar, N., Özmen, R., Günay, M. “*Al2014 alüminyum alaşımının delinmesinde itme kuvvetinin sonlu elemanlar yöntemi ile analizi*” El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 6(1): 193-199, 2019.
- [42] Çaydaş, U., Çelik, M. “*AA7075T6 alaşımının delinmesinde kesme parametrelerinin yüzey pürüzlülüğü, takım sıcaklığı ve ilerleme kuvvetine etkilerinin araştırılması*” Journal of Polytechnic, 20(2): 419-425, 2017.
- [43] Bayraktar, Ş. “*Investigating of effects on thrust force and burr height of cutting parameters in dry drilling of AL5083 alloy*” 16rd International Materials Symposium, Denizli, Turkey, 2016.



Yazılım Çaba Tahmininde Yapay Sinir Ağları İçin Optimum Yapının Belirlenmesi

Mehmet Kayakuş^{1*}

^{1*} Akdeniz Üniversitesi, Manavgat Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Antalya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0394-5862)

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.847712)

ATIF/REFERENCE: Kayakuş, M. (2021). Yazılım Çaba Tahmininde Yapay Sinir Ağları İçin Optimum Yapının Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 43-48.

Öz

Bir yazılım projesinin çabasını tahmin etmek projenin yönetimi ve başarısı için önem teşkil etmektedir. Bu çalışmada, yazılım çaba tahminini gerçekleştirmek için yapay zekâ tekniklerinden yapay sinir ağları yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada veri seti olarak iyi bilinen ve bu çalışmalarda sıklıkla kullanılan NASA proje veri seti kullanılmaktadır. Veri sayısının az olmasından dolayı 10 katmanlı çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Veri seti rastgele 10 farklı gruba ayrılmış; gruplardan biri eğitim amaçlı kullanılırken geri kalanı test amaçlı kullanılmıştır. Her grup için modelde bu işlem tekrarlanarak tüm veri hem eğitilmiş hem de test edilmiştir. Böylece modelin doğruluğu artırılmıştır. Yapay sinir ağ modelinde, geliştirme satırı ve metodoloji olmak üzere iki giriş değişkeni; çıkış değişkeni olarak yazılım çabası kullanılmıştır. Yapay sinir ağ tasarımında gizli katman sayısını ve nöron sayısı modelin başarısını etkilemektedir. Bu çalışmada 20 farklı YSA modeli geliştirilerek en başarılı model belirlenmiştir. Çalışma sonucunda R2 0,926, RMSE 0,078, MSE 0,006 ve MAE 0,058 olan 2 gizli katman ve 2 nöronlu oluşan model en başarılı model olmuştur. Modeller arasında en başarılı sonucu veren model ile en başarısız modelin R2 değerleri arasında %55 fark bulunmaktadır. Bu sonuçlar yazılım çaba tahmini için parametre seçiminin önemini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Yazılım çabası tahmini, Yazılım mimarileri, Yapay sinir ağları, Çapraz doğrulama, Gizli katman.

The Determination of Optimum Structure for Artificial Neural Networks in Software Effort Estimation

Abstract

Estimating the efforts of a software project possesses a great importance for the management and success of the project. In this study, artificial neural networks method, one of the artificial intelligence techniques, was used to fulfil software effort estimation. The NASA project data set, which is well known as the data set and is frequently used in these studies, is utilized in the study. Due to the low number of data, a 10-layer cross-validation method was used. The data set was randomly divided into 10 different groups. While one of the groups is used for training; others are used for testing. This process is repeated for each group in the model, and all data are both trained and tested. Thus, the accuracy of the model is increased. In the artificial neural network model, development line and methodology as input variables and software effort as output variables are used. In artificial neural network design, the number of hidden layers and neurons affect the success of the model. In this study, 20 different ANN models were developed, and the most successful model was determined. As a result of the study, the model consisting of 2 hidden layers and 2 neurons, R2 0.926, RMSE 0.078, MSE 0.006 and MAE 0.058, became the most successful model. There is a 55% difference between the R2 values of the most successful model and the least successful model. These results show the importance of parameter selection for software effort estimation.

Keywords: Software effort estimation, Software architectures, Artificial neural networks, Cross-validation, Hidden layer.

* Sorumlu Yazar: mehmetkayakus@akdeniz.edu.tr

1. Giriş

Yazılım, özellikle büyük ve karmaşık sistemler için sistem ediniminde, mühendisliğinde ve geliştirmede giderek daha önemli bir rol oynamaktadır. Bu tür sistemler için, yazılım maliyetlerinin doğru tahmin edilmesi etkili program yönetiminin kritik bir parçasıdır (Borade & Khalkar, 2013). Müşteri ve yönetim baskısı, uzman kararına dayanan eski yazılım değerlendirme yöntemleri hakkında sınırlı ve yanlış bilgi, aşırı iyimser tahminler yazılım maliyetlerinin yanlış tahmin edilmesi yönünde risk oluşturmaktadır. Bu etkenler proje sonuçlarının belirli bir zaman diliminde, bütçede ve kabul edilebilir kalitede teslim edilmesini ciddi şekilde olumsuz etkileyebilmektedir (Alami, 2016; Mieritz, 2012; Spalek, 2005; Tan, 2011).

Proje kaynaklarının tahmin edilmesi, yazılım projesi geliştirme dahil, proje yönetiminde kritik bir adımdır (Jorgensen & Shepperd, 2006). Bir yazılım projesinin maliyetini veya çabasını tahmin etme yeteneği, herhangi bir projeyi kabul etme veya reddetme yönündeki yönetim kararında doğrudan bir etkiye sahiptir. Örneğin, yazılım maliyetlerinin olduğundan yüksek tahmin edilmesi kaynak israfına ve yetersiz teslimat süresine yol açarken, eksik tahmin proje ekibinin eksik çalışmasına, bütçeleme giderlerinin fazla olmasına ve teslimat süresinin gecikmesine neden olabilmektedir (Azzeh, Nassif, & Banitaan, 2017; Heemstra, 1992).

Yazılım çaba tahmini için çeşitli tahmin yöntemleri geliştirilmiştir. COCOMO, onun güncel versiyonu COCOMO II, fonksiyon noktası (function point) ve makine öğrenimi yöntemlerine dayalı modeller bu yöntemlerden bazılarıdır. Makine öğrenmesi yöntemlerini kullanarak yazılım çabasını tahmin eden birçok çalışma bulunmaktadır. Srinivasan ve arkadaşları 15 projeden oluşan bir veritabanı üzerinde yazılım çaba tahmini tahmin etmek için yapay zekâ tekniklerinden geri yayımlı yapay sinir ağları ve Classification and Regression Trees (CART) yöntemini kullanmışlardır (Srinivasan & Fisher, 1995). Przemyslaw ve arkadaşları ISBSG veri seti üzerinde çapraz doğrulama ve üç makine öğrenmesi yöntemini (Destek vektör makineleri, yapay sinir ağları ve lineer model) kullanarak yazılım çaba ve süre tahmini gerçekleştirmek için modeller geliştirmişlerdir (Pospieszny, Czarnacka-Chrobot, & Kobylinski, 2018). Braga ve arkadaşları yazılım proje geliştirme çabasının tahmini için kullandıkları regresyon yöntemlerinin performansını iyileştirmek için bagging yöntemini kullanmışlardır. Çalışmalarında kullandıkları regresyon ağacı, destek vektör makineleri ve çok katmanlı algılayıcıları yöntemlerinin başarısını arttırmak, tahminle ilişkili varyansı azaltmak ve tahmin sürecini iyileştirmek için bagging yöntemini çalışmalarına ilave etmişlerdir (Braga, Oliveira, Ribeiro, & Meira, 2007). Nassif ve arkadaşları yazılım çabasını tahmin etmek için yeni bir yapay sinir ağı modelini önermişlerdir. Bu modelin girdileri yazılım boyutu, üretkenlik ve karmaşıklık iken çıktı tahmin edilen yazılım çabasıdır (Nassif, Capretz, & Ho, 2012). Attarzadeh ve arkadaşları yazılım geliştirmenin erken aşamalarında daha doğru yazılım tahminleri sağlamak için Constructive Cost Model (COCOMO), ANN-COCOMO II içeren yeni bir yapay sinir ağı tahmin modeli önermişlerdir. Bu model, COCOMO modelinin özelliklerini korurken, öğrenme yeteneği ve iyi yorumlanabilirlik gibi yapay sinir ağlarının avantajlarını kullanmaktadır. Elde edilen sonuçların analizi yapıldığında, orijinal COCOMO II'ye göre ANN-COCOMO II modeli tahmin doğruluğunda %8,36'lık bir iyileşme gerçekleştirmiştir (Attarzadeh, Mehranzadeh, & Barati, 2012).

Dan çalışmasında yazılım çaba tahmininde doğruluğu iyileştirmek için parçacık sürüsü optimizasyonuna dayalı yapay sinir ağı modelini kullanmıştır. Modifiye model yapay sinir ağının yakınsama hızını artırmakta ve ağın ilk ağırlıklarına yüksek bağımlılığı olan yapay sinir ağının öğrenme yeteneği sorununu çözmektedir. Modifiye modeli doğrulamak için iki veri seti (COCOMO I ve NASA93) üzerinde testler yapılmış; bu testler sonucunda PSO-ANN-COCOMO II'nin orijinal yapay sinir ağına göre yazılım çaba tahminlerini %3,27'lik bir artışla tahmin ettiği görülmüştür (Dan, 2013). Tronto ve arkadaşları yazılım çaba tahmini için akıllı yapay sinir ağları ve regresyon olmak üzere iki model incelemişlerdir. Her iki yöntemin performansını karşılaştırdıklarında yapay sinir ağlarının çaba tahmininde daha etkili olduğunu sonucuna ulaşmışlardır (de Barcelos Tronto, da Silva, & Sant'Anna, 2007). Heiat çalışmasında yazılım geliştirme çabasını tahmin etmek için yapay sinir ağı ve regresyon modelleri geliştirmiş ve karşılaştırmasını yapmıştır. Çok katmanlı algılayıcı ve radyal tabanlı işlevli sinir ağlarının ortalama mutlak yüzde hatası açısından geleneksel regresyon analizine göre gelişmiş performans ürettiğini sonucuna ulaşmıştır (Heiat, 2002). Shan ve arkadaşları genetik programlama kullanarak yazılım projesi çaba tahmini gerçekleştirmişlerdir. Genetik programlama tekniği kullandıkları çalışmaları basit doğrusal regresyon ile elde edilen sonuçlara göre önemli ölçüde daha iyi olduğu görülmüştür (Shan, McKay, Lokan, & Essam, 2002). Baskales ve arkadaşları yazılım geliştirme tahmini için dört farklı makine öğrenmesi yöntemlerini kullanmışlardır: Geri yayımlı çok katmanlı sinir ağları, regresyon ağaçları, radyal temel fonksiyonu (RBF) ve destek vektör regresyon (SVR) sonuçlarını karşılaştırmalı analiz etmişlerdir (Baskales, Turhan, & Bener, 2007). Huang ve arkadaşları genetik algoritmayı gri ilişkisel analize entegre ederek yazılım çaba tahmin modeli geliştirmişlerdir.

Bu çalışmada NASA veri seti kullanılarak yazılım çaba tahmini gerçekleştirilmiştir. Veri setindeki verinin azlığından dolayı başarıyı arttırmak için çapraz doğrulama yöntemi kullanılmıştır. Tahmin yöntemi olarak yapay sinir ağları modeli kullanılmış; en başarılı modeli tespit etmek için 20 farklı model oluşturulmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Seti

Bu çalışmada Tablo 1'de görülen halka açık ve iyi bilinen NASA yazılım projesi verileri kullanılmıştır. Bu veri kümesi geliştirme satırı ve metodoloji olmak üzere iki bağımsız değişkenden ve çabadan oluşan bir bağımsız değişkenden oluşmaktadır. Geliştirme satırı 1000 satır kod (KLOC-Kilo lines of code), çaba kişi-ay değeri ile ifade edilmektedir.

Tablo 1. Veri seti

Geliştirme satırı	Metodoloji	Çaba
90,2	30	115,8
46,2	20	96
46,5	19	79
54,5	20	90,8
31,1	35	39,6
67,5	29	98,4
12,8	26	18,9
10,5	34	10,3
21,5	31	28,5
3,1	26	7
4,2	19	9
7,8	31	7,3
2,1	28	5
5	29	8,4
78,6	35	98,7
9,7	27	15,6
12,5	27	23,9
100,8	34	138,3

Geliştirme satırı programın kaynak kod satır sayısını gösteren bir program ölçüsüdür. Geliştirme satırı hem yeni kaynak kodu satırlarını hem de yeniden kullanılan kodu dikkate alan bir ölçüdür. Yorumlarla birlikte geliştirilen kaynak kod satırlarının sayısı (yorum içeren yeni satırlar) artı yeniden kullanılan satırların %20'si ile verilir (Bailey & Basili, 1981). Geliştirme satırı kaynak kod satırları ile ölçülmektedir. Kaynak kod satırları (SLOC) programın kaynak kodunun metnindeki satır sayısını sayarak yazılım programının boyutunu ölçmek için kullanılan yazılım ölçüsüdür. Bu metrik boş satırları, yorum satırlarını ve kitaplığı saymaz. SLOC ölçüleri programlama diline bağlıdır.

Metodoloji değişkeni, her yazılım projesinde kullanılan geliştirme metodolojileri dikkate alınarak hesaplanmaktadır. Metodoloji test plan kabulü, belgelendirme gibi geliştirme yöntemleri kullanılarak hesaplanan bir değişkendir.

Çaba bir kişinin belirli bir projeyi geliştirmek için ihtiyaç duyacağı ay sayısıdır ve kişi-ay birimlerinde ifade edilmektedir. Projenin başlangıcından bitimine kadar ay olarak ne kadar süre geçtiği ve projede kaç kişinin çalıştığını gösteren bir birimdir. Yazılımın maliyetine doğrudan etki eden bir faktördür. Yazılım çabasının doğru tahmin edilmesi projede beklenmeyen aksaklıkların önüne geçilmesi sağlayacaktır.

2.2. Çapraz Doğrulama

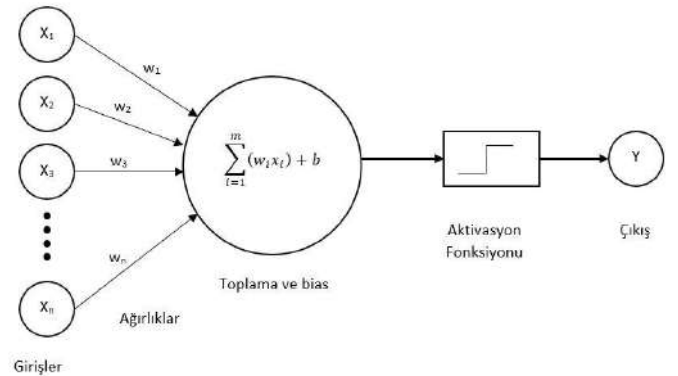
Çapraz doğrulama, sınırlı bir veri kümesinde makine öğrenimi modellerini değerlendirmek için kullanılan yeniden örnekleme tekniğidir. Modelin eğitimi sırasında kullanılmayan veriler üzerinde öngörülerde bulunmak için kullanıldığında modelin genel olarak nasıl performans göstermesi beklendiğini tahmin etmek için sınırlı bir örnek kullanmasıdır. K katmanlı ve birini dışarıda bırak çapraz doğrulama yöntemleri olmak üzere yaygın olarak iki kullanımı bulunmaktadır.

K katmanlı çapraz doğrulamada (k-fold cross validation) veri kümesi rastgele k tane gruba ayrılır. Gruplardan biri test için kullanılırken diğerleri eğitim seti olarak kullanılmaktadır. Her bir grup bu şekilde k defa tekrarlanarak modellenir. Böylece veri setindeki tüm veriler eğitilmiş olacaktır. 10-katmanlı çapraz doğrulamada veri kümesi 10 gruba ayrılmakta; tasarlanan model 10 kez eğitilip test edilmektedir. Böylece her grup test edilmiş olacaktır.

Birini dışarıda bırak yönteminde k değeri veri setindeki veri sayısına eşittir. Bu yöntemde sadece 1 gözlem verisi test verisi olarak ayrılır. Geriye kalan veriler ile model eğitilerek test verisi üzerinden değerlendirme yapılmaktadır (Şahinarslan, 2019).

2.3. Yapay Sinir Ağları

Yapay Sinir Ağları (YSA), biyolojik beyin mimarisini taklit etmeyi amaçlayan bir yapay zekâ dalıdır. Nöron adı verilen, birbiriyle bağlantılı doğrusal olmayan birçok işlem ögesinden oluşan paralel dağıtılmış bir sistemdir (Hecht-Nielsen, 1988; Lippmann, 1987; Viotti, Liuti, & Di Genova, 2002). Girişler olarak adlandırılan ve ayarlanabilir bağlantı ağırlıkları ile çarpılan sinyaller önce toplanır ve ardından çıktı üretmek üzere bir transfer fonksiyonundan geçirilir. Aktivasyon fonksiyonu, nöronun girişlerinin ağırlıklı toplamıdır ve en yaygın kullanılan transfer fonksiyonu da sigmoid fonksiyonudur (Agatonovic-Kustrin & Beresford, 2000). Temel bir YSA modeli Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. YSA Modeli

Geri bildirim, bir katmanın çıktısının önceki katmanın girişine veya aynı katmana geri döndüğü bir bağlantı türüdür. Bir ağdaki geri bildirim bağlantısının yokluğuna veya varlığına göre iki tür mimari tanımlanabilir. İleri beslemeli ağ mimarisi çıkıştan giriş nöronlarına bir bağlantı yoktur ve bu nedenle önceki çıkış değerlerinin kaydını tutmaz (Agatonovic-Kustrin & Beresford, 2000). Gizli nöronların sayısı değişebilmekte ve ideal sayı deneme yanılma yoluyla belirlenebilir; böylece hata en aza indirilebilir (Nassif et al., 2012).

Geri yayılım, hataların geriye doğru yayılması prensibine göre çalışan denetimli bir yapay sinir ağı algoritmasıdır. Geri yayılım algoritmasında çıktıdan giriş nöronlarına bağlantıları vardır. Ağa sunulan girdi ile ağı ürettiği çıktı karşılaştırılır ve aradaki fark hata olarak kabul edilir. Bu hatayı düşürmek için ağdaki ağırlıkların her biri güncellenmesi gerekmektedir. Bunu sağlamak için Gradient Descent optimizasyon algoritması kullanılmaktadır. Bu algorithmada yerel minimuma yakınsamak için birinci dereceden türevleri kullanılmaktadır.

2.4. Değerlendirme Yöntemleri

Tasarlanan yapay sinir ağları modellerinin başarısını ve hata varyansını ölçmek için düzeltilmiş belirleme katsayısı (R2), hata kareler ortalamasının karekökü (RMSE), ortalama kare hata (MSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) kriterleri kullanılmıştır. Bu kriterlere ait denklemler aşağıda verilmiştir.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum((y_i - x_i))^2}{\sum(Y_i - Y_{ort})^2}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}$$

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2$$

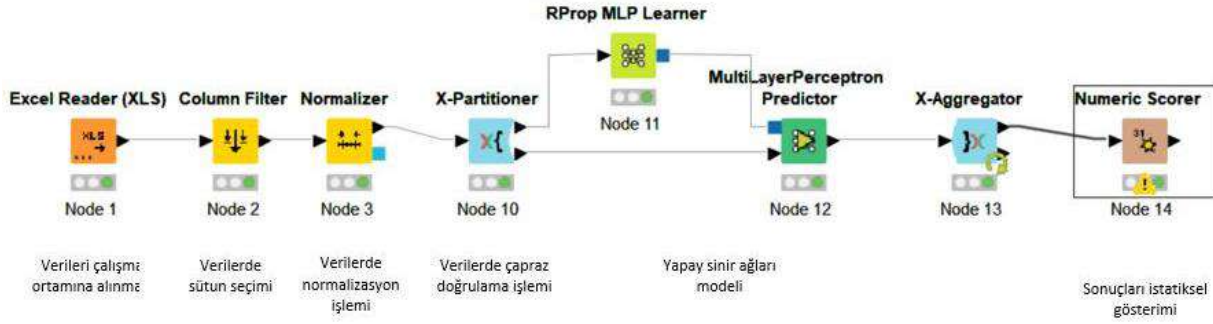
$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|}{n}$$

4

Burada i veri sayısını, y gerçek değeri, x tahmin değerini göstermektedir. Bu kriterlere göre yüksek R2 ve en düşük RMSE, MSE ve MAE değerleri en başarılı modeli belirlemektedir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Çalışmada NASA veri seti kullanılarak yazılım çaba tahminini gerçekleştiren en başarılı yapay sinir ağları parametrelerinin belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Bunun için knime programının güçlü simülasyon özelliğinden faydalanılmıştır. Modellerin başarısını değerlendirmek için R2, RMSE, MSE ve MAE istatistiksel bilgileri kullanılmıştır. Çalışmada tasarlanan Knime arayüzü Şekil 2'de görülmektedir.



Şekil 2. Knime'da yapay sinir ağları tasarımı

Çalışmada makine öğrenmesi yöntemlerinin performansını iyileştirmek ve doğruluk oranını arttırmak için normalizasyon yöntemi kullanılmıştır. Normalizasyon yöntemi olarak min-max, z-score, medyan ve sigmoid gibi yöntemler bulunmaktadır. Bu çalışmada min-max normalleştirme yöntemi kullanılarak orijinal veriler 0-1 aralığında doğrusal dönüşüm ile normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Denklem 5'te min-max normalleştirme formülü verilmiştir.

$$x' = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}}$$

5

x' normalize edilmiş veriyi, xi girdi değerini, xmin girdi seti içerisinde yer alan en küçük sayıyı, xmax girdi seti içerisinde yer alan en büyük sayıyı göstermektedir.

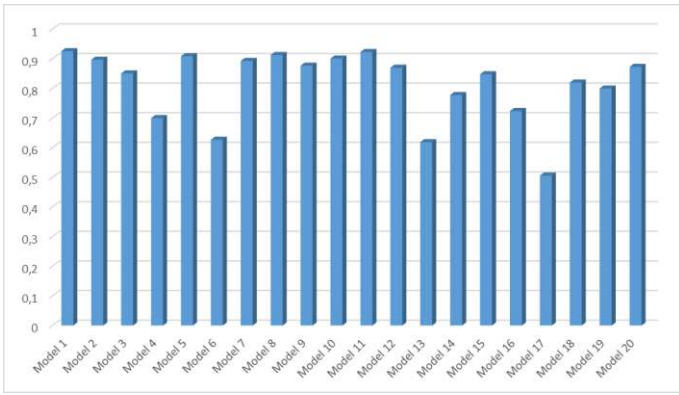
Farklı sayıda gizli katman ve nörondan oluşan toplam 20 tane yapay sinir ağı modeli tasarlanmıştır. Modellerde geri yayılım algoritması kullanılmış ve iterasyon sayısı 15000 olarak belirlenmiştir. Tablo 2'de yapay sinir ağı modellerinin başarı ve hata analizleri görülmektedir.

Tablo 2. Yapay sinir ağlarının başarı ve hata analizleri

Yapay Sinir Ağları Modeli			Başarı ve Hata Analizleri			
Model No	Gizli Katman Sayısı	Nöron Sayısı	R2	RMSE	MSE	MAE
Model 1	2	2	0,926	0,078	0,006	0,058
Model 2	2	3	0,897	0,107	0,011	0,073
Model 3	2	4	0,851	0,129	0,017	0,087
Model 4	2	5	0,700	0,183	0,033	0,124
Model 5	3	2	0,909	0,101	0,010	0,079
Model 6	3	3	0,627	0,204	0,041	0,143
Model 7	3	4	0,893	0,109	0,012	0,083
Model 8	3	5	0,913	0,099	0,010	0,077
Model 9	4	2	0,877	0,117	0,014	0,081
Model 10	4	3	0,901	0,105	0,011	0,082

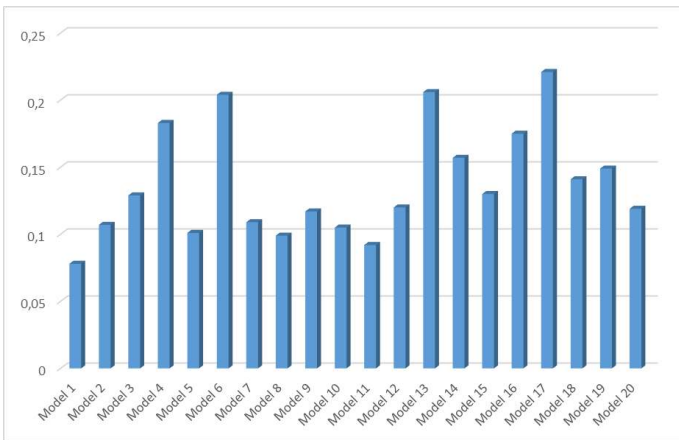
Model 11	4	4	0,923	0,092	0,009	0,072
Model 12	4	5	0,870	0,120	0,014	0,087
Model 13	5	2	0,619	0,206	0,042	0,143
Model 14	5	3	0,778	0,157	0,025	0,099
Model 15	5	4	0,848	0,130	0,017	0,091
Model 16	5	5	0,724	0,175	0,031	0,103
Model 17	6	2	0,506	0,221	0,049	0,157
Model 18	6	3	0,820	0,141	0,020	0,117
Model 19	6	4	0,800	0,149	0,022	0,106
Model 20	6	5	0,873	0,119	0,014	0,093

Modellerin R2 değerinin grafiksel gösterimini Şekil 3'te, RMSE gösterimi Şekil 4'te, MSE gösterimi Şekil 5'te, MAE gösterimi Şekil 6'da görülmektedir.



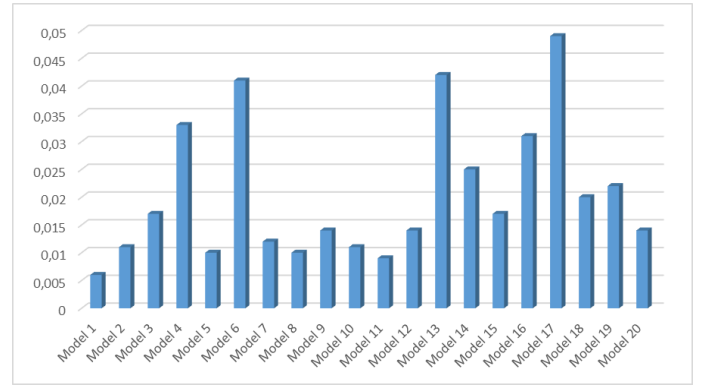
Şekil 3. R2 değerinin grafiksel gösterimi

Tablo 2 ve Şekil 3'te görüldüğü gibi R2 değerleri 0,506 ile 0,926 arasında değişmektedir. Ortalama RMSE değeri 0,813 olmuştur. En başarılı model 2 gizli katman ve 2 nörondan oluşan model 1 olmuştur. Verilerin doğrusal bir eğriye ne kadar iyi uyduğunu gösteren R2 değerinin 1 olması, test verilerinin doğrusal bir eğri sağlandığını göstermektedir. Model 1 değerinin istenen değerlere çok yaklaştığı ve doğrusal bir eğri sağlamaya yakın olduğu görülmektedir.



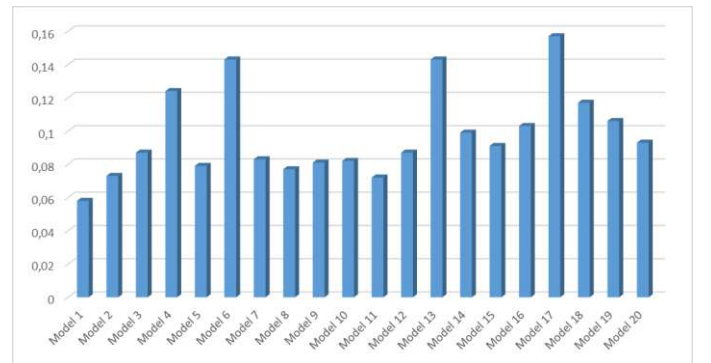
Şekil 4. RMSE değerinin grafiksel gösterimi

Şekil 4'te görüldüğü gibi RMSE değeri en düşük 0,078, en yüksek 0,221, ortalama 0,137 olduğu görülmektedir. Tahmin ettiği değerler ile gerçek değerleri arasındaki uzaklığın bulunmasında kullanılan RMSE değerinin sıfır olması modelin hiç hata yapmadığı anlamına gelir. Bu yüzden RMSE değerinin sıfır değerine yakın olması istenmektedir. Modellerin RMSE değerine bakıldığında en başarılı modelin 2 gizli katman ve 2 nörondan oluşan model 1 görülmektedir.



Şekil 5. MSE değerinin grafiksel gösterimi

Şekil 5'te MSE değerinin değişimi görülmektedir. Burada MSE değeri en düşük 0,006, en yüksek 0,049, ortalama 0,020 olmuştur. MSE değeri bir regresyon eğrisinin bir dizi noktaya ne kadar yakın olduğunu göstermek için kullanılmaktadır. Sıfırı yakın tahmin modellerinin daha başarılı söylenebilir. Modellerin MSE değerlerine bakıldığında 0,006 ile en başarılı modelin 2 gizli katman ve 2 nörondan oluşan model 1 olduğu söylenebilir.



Şekil 6. MAE değerinin grafiksel gösterimi

Şekil 6'da modellerin MAE değerleri görülmektedir. Grafikte MAE için en düşük düşük değerin 0,058, en yüksek 0,157 ve ortalama değerin 0,098 olduğu görülmektedir. MAE iki sürekli değişken arasındaki farkı gösteren bir büyüklüktür. Bir

başka deyişle gerçek değer ile veriye en iyi uyan çizgi arasındaki ortalama dikey mesafeyi göstermektedir. MAE değerinin düşük olması tahmin modelinin başarılı olduğunu göstermektedir. Bu

4. Sonuç

Bir yazılım projesinin başarılı yönetimi ve kontrolü için yazılım projesi çabasının doğru tahmini çok önemlidir. Bu çaba tahmini için çeşitli yöntemlerin geliştirilmesine yol açmıştır. COCOMO, onun güncel versiyonu COCOMO II, fonksiyon noktası (function point) ve makine öğrenimi yöntemlerine dayalı modeller bu yöntemlerden bazılarıdır.

Bu çalışmada makine öğrenmesi yöntemlerinden yapay sinir ağları kullanılarak yazılım çaba tahmini gerçekleştirilmiştir. Yazılım çaba tahmini probleminde, yazılımın boyutu ve metodoloji girdi değişkenleri olarak kullanarak bir regresyon modeli oluşturulmuştur. Çıktı hem programlama hem de yönetim faaliyetlerini göz önünde bulundurarak kişi-ay cinsinden toplam çabadır. Veri seti sayısının azlığından ve başarı doğruluğunu arttırmak için çapraz doğrulama yöntemlerinden 10 katmanlı çapraz doğrulama kullanılmıştır. Yapay sinir ağları giriş, gizli katman, gizli katmandaki nöronlardan ve çıkış katmanından oluşmaktadır. Gizli katman ve gizli katmandaki nöron sayısı modelin başarısına doğrudan etki etmektedir. Bu çalışmada en başarılı modeli tespit etmek için bir dizi test çalışması yapılmıştır. Farklı sayıda gizli katman ve nörondan oluşan toplam yirmi model üzerinde yapılan testler sonucunda R2, RMSE, MSE ve MAE değerlerine göre en başarılı model 2 gizli katman ve 2 nörondan oluşan model olmuştur. En başarılı model ile en başarısız model arasındaki farka baktığımızda %54 fark olduğu görülmektedir. Bu da model seçiminin ne kadar önemli olduğunu bir göstermektedir.

Kaynakça

Agatonovic-Kustrin, S., & Beresford, R. (2000). Basic concepts of artificial neural network (ANN) modeling and its application in pharmaceutical research. *Journal of pharmaceutical and biomedical analysis*, 22(5), 717-727.

Alami, A. (2016). Why do information technology projects fail. *Procedia Computer Science*, 100(2016), 62-71.

Attarzadeh, I., Mehranzadeh, A., & Barati, A. (2012). Proposing an enhanced artificial neural network prediction model to improve the accuracy in software effort estimation. Paper presented at the 2012 Fourth International Conference on Computational Intelligence, Communication Systems and Networks.

Azzeh, M., Nassif, A. B., & Banitaan, S. (2017). Comparative analysis of soft computing techniques for predicting software effort based use case points. *IET Software*, 12(1), 19-29.

Bailey, J. W., & Basili, V. R. (1981). A meta-model for software development resource expenditures. Paper presented at the ICSE.

Baskes, B., Turhan, B., & Bener, A. (2007). Software effort estimation using machine learning methods. Paper presented at the 2007 22nd international symposium on computer and information sciences.

Borade, J. G., & Khalkar, V. R. (2013). Software project effort and cost estimation techniques. *International Journal of*

çalışmada 0,058 ile en düşük MAE değerini 2 gizli katman ve 2 nörondan oluşan model 1 sağlamaktadır.

Advanced Research in Computer Science and Software Engineering, 3(8).

Braga, P. L., Oliveira, A. L., Ribeiro, G. H., & Meira, S. R. (2007). Bagging predictors for estimation of software project effort. Paper presented at the 2007 International Joint Conference on Neural Networks.

Dan, Z. (2013). Improving the accuracy in software effort estimation: Using artificial neural network model based on particle swarm optimization. Paper presented at the Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics.

De Barcelos Tronto, I. F., da Silva, J. D. S., & Sant'Anna, N. (2007). Comparison of artificial neural network and regression models in software effort estimation. Paper presented at the 2007 International Joint Conference on Neural Networks.

Hecht-Nielsen, R. (1988). Neurocomputing: picking the human brain. *IEEE spectrum*, 25(3), 36-41.

Heemstra, F. J. (1992). Software cost estimation. *Information and software technology*, 34(10), 627-639.

Heiat, A. (2002). Comparison of artificial neural network and regression models for estimating software development effort. *Information and software technology*, 44(15), 911-922.

Jorgensen, M., & Shepperd, M. (2006). A systematic review of software development cost estimation studies. *IEEE Transactions on software engineering*, 33(1), 33-53.

Lippmann, R. (1987). An introduction to computing with neural nets. *IEEE Assp magazine*, 4(2), 4-22.

Mieritz, L. (2012). Survey shows why projects fail. Gartner report. Retrieved from Gartner Database.

Nassif, A. B., Capretz, L. F., & Ho, D. (2012). Estimating software effort using an ANN model based on use case points. Paper presented at the 2012 11th International Conference on Machine Learning and Applications.

Pospieszny, P., Czarnacka-Chrobot, B., & Kobylinski, A. (2018). An effective approach for software project effort and duration estimation with machine learning algorithms. *Journal of Systems and Software*, 137, 184-196.

Shan, Y., McKay, R. I., Lokan, C. J., & Essam, D. L. (2002). Software project effort estimation using genetic programming. Paper presented at the IEEE 2002 International Conference on Communications, Circuits and Systems and West Sino Expositions.

Spalek, S. (2005). Critical Success Factors in Project Management: To Fail Or Not to Fail, that is the Question!

Srinivasan, K., & Fisher, D. (1995). Machine learning approaches to estimating software development effort. *IEEE Transactions on software engineering*, 21(2), 126-137.

Şahinarslan, F. V. (2019). Makine Öğrenmesi Algoritmaları İle Nüfus Tahmini: Türkiye Örneği. Sosyal Bilimler Enstitüsü,

Tan, S. (2011). How to increase your IT project success rate. Gartner Research.

Viotti, P., Liuti, G., & Di Genova, P. (2002). Atmospheric urban pollution: applications of an artificial neural network (ANN) to the city of Perugia. *Ecological Modelling*, 148(1), 27-46.



Combustion Characteristics and Soot Formation of Shale Gases

Mehmet Salih Celtek

Bingöl Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5802-0715), msceltek@bingol.edu.tr

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.839848)

ATIF/REFERENCE: Celtek, M.S. (2021). Combustion Characteristics and Soot Formation of Shale Gases. *European Journal of Science and Technology*, (22), 49-59.

Abstract

In this study, non-premixed combustion characteristics and soot formation of methane and various shale gaseous have been investigated in a combustion chamber under lean combustion conditions. After validation of the soot model with published experimental data, the flame characteristics considering flame lengths and diameters, intermediate species, temperatures, and pollutants of shale gaseous have been compared. The findings of this study show that the Moss-Brookes soot model predicts more accurate than the One-Step and Method of Moments models. Since the Methods of Moment method estimates higher soot formation than the experimental method, while the One-Step method estimates lower. The flame characteristics show that although the flame temperatures are close to each other, they differ relatively. In addition, flame lengths, flame reaction zones, and intermediate product concentrations differ similarly, and these differences also emerge as a factor in soot formation. Furthermore, the highest amount of soot is released during the combustion of Barnett shale gas. It is minimal for methane despite emitting intermediate species as much as shale gases. Since more unburned C elements released during the combustion of shale gases. Therefore, when the C/H ratio in hydrocarbon fuels increases, the amount of soot emitted from the flame also increases.

Keywords: Shale gas, Soot, Soot formation, Moss-Brookes.

Kaya Gazlarının Yanma Karakteristikleri ve İs Oluşumu

Öz

Bu çalışmada, fakir karışım koşullarında bir yanma odasında metan ve farklı bileşenlere sahip çeşitli kaya gazlarının difüzyon alevleri ve kurum oluşumları incelenmiştir. Kurum modelinin yayınlanmış deneysel verilerle doğrulanmasından sonra, kaya gazlarının alev uzunlukları ve çapları, ara ürünleri, sıcaklıklar ve kirleticiler dikkate alınarak alev karakteristikleri karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın bulgularına göre, Moss-Brookes kurum modelinin One-Step ve Method of Moments modellerine göre daha doğru tahminlerde bulunduğu görülmektedir. Çünkü Methods of Moment yöntemi deneysel yöntemle göre yüksek kurum tahmini yapmakta, One-Step yöntemi ise daha düşük tahminde bulunmaktadır. Alev karakteristikleri göstermektedir ki alev sıcaklıkları birbirine yakın olmasına rağmen, göreceli de olsa farklılık göstermektedir. Ayrıca alev uzunlukları, alev reaksiyon bölgeleri ve ara ürün konsantrasyonları da benzer şekilde farklılıklar göstermekte, bu farklılıklar da is oluşumu üzerinde birer etken olarak ortaya çıkmaktadır. Dahası Barnett kaya gazı yanma sırasında en yüksek miktarda kurum yaymaktayken, kaya gazları kadar ara ürün yaymasına rağmen metan gazı en az kurum yaymaktadır. Çünkü kaya gazlarının yanması sırasında daha fazla yanmamış C elementi açığa çıkmaktadır. Bu nedenle, hidrokarbon yakıtlarda C/H oranı arttığında, alevden yayılan kurum miktarı da artar.

Anahtar Kelimeler: Kaya gazı, is, is oluşumu, Moss-Brookes.

1. Introduction

Shale gas is a type of natural gas captured within shale formations. Since the beginning of the 2000s, it has gained importance in the USA and its importance has increased in proportion to the amount extracted in the following years. Less than 1% of the natural gas production was obtained with shale gas in 2000. Then, it rose over 20% by 2010 and it will reach 46% of US natural gas by 2035 according to point of view of the US government's Energy Information Administration (Stevens, P., 2012). Because the cost of extraction is higher than traditional natural gas, a few countries follow the United States as China, India, Poland, South Africa, Australia, UK, and Ukraine (Ozturk, 2019). Nevertheless, due to the increase in demand for energy resources, these countries are expected to increase their interest in shale gas in the coming years.

According to the research published by U.S. Energy Information Administration (EIA, 2015), Turkey has two prospective basins of shale gas specifically SE Anotolia and Thrace basins. In addition to these, they stated that there may be two different basins such as Salt Lake and Sivas basins, which are not finalized due to limited reservoir data for these two lightly explored basins. They also told that the shale gas located in the average 2743-2895 m and 388-1761 m dept, 83148.54 -16836.93 km² basin/gross area for the SE Anotolia and Thrace basins, respectively. The total capacity of shale gas in Turkey for two basins is declared in the same report as 163 Tcf (\cong 4.6 trillion m³) risked GIB, or 24 Tcf (\cong 679 billion m³) risked recoverable. According to the Ilbas, 2017; the potential of the production of shale gas in Turkey need such a long time about ten years. It does not seem possible in the near production to Turkey. However, despite everything, R&D studies, examination, research and drilling studies, technical equipment and infrastructure studies should be continued. Although shale gas potential is not high, it should be taken into consideration that it is much higher than natural gas reserves. In another study conducted by Karsli, 2015; some difficulties related to environmental, geographic, technological, and pipeline system must be overcome in order to extract and use shale gas in Turkey. Karsli also state that a minimum period of 10 years is needed to benefit from shale gas.

The calorific values of shale gases, qualities, gas components, and the percentage of components differ from region to region. In terms of shale gas Barnett, Haynesville, and Fayetteville are popular areas in the South, New Albany, Marcellus and Antrim are in the East and Midwest in the US (Bullin, 2008).

On the other hand, the study of soot formation is of particular interest due to various factors. Black soot (industrial carbon) is a commercial product, with an annual world production of 107 tons a year, and utilized as a filler for elastomers and in copy machines and laser printers (Mansurov, 2005). Additionally, the existence of soot in a furnace and boiler raises radiation and hence the efficiency of heat transfer from the flame (Haynes and Wagner, 1981). On the other hand, it also causes some problems that have worried researchers for a long time. Smoke emissions cause to increase particulate loading of the atmosphere imply that adverse health effects, including premature death, heart attacks, and strokes, as well as acute bronchitis and aggravated asthma (Environmental Defence Fund (EDF), t.y.). Furthermore, particles deposited on the surface of leaves inhibits light penetration, increases surface temperature due to absorption of heat and clogging of stomata. These reduce gaseous exchange,

photosynthesis, and plant growth (Gheorghe and Ion, 2011). As a result, in addition to greenhouse gases, which have significant effects on climate change (Gurbuz and Sandalci, 2019; Gurbuz, 2020), soot formation also has environmental hazards.

Emissions arise from shale gas results from the energy used in the drilling of the well bore, and in the pumping of water and other material during hydraulic fracturing. The fracturing phase and drilling operation requires significantly intense energy and normally provided by large, diesel-fired internal combustion engines that emit pollutants including CO₂ during the combustion. The quantity of fuel consumed, and pollutants will depend upon the length of the well bore (AEA, 2012).

In general, soot emission in the flue gas reveals poor combustion conditions and a loss of efficiency. Besides, the deposition of the soot in the combustion systems requires maintenance for the high efficiency of the devices. Under these circumstances, it is significant to be able to oxidize the particles before leaving the furnace. The time typically available for the formation of soot is of the order of a few milliseconds. During this time, some of the fuel is transformed to give rise to the solid soot particles (Haynes and Wagner, 1981). The resulting soot aerosol can be characterized by the total amount of the condensed phase, often expressed as the soot volume fraction q_v (cm³ soot/cm³); the number of soot particles, N (cm⁻³); and the size of the particles, d (Haynes and Wagner, 1981). In short, due to the reasons stated above, we need to pay attention to soot and soot formation issues.

Although there are many studies focused on combustion of various fuels in the literature, a few ones are related to shale gas. In the numerical and experimental study of Vargas et al, 2016, the combustion characteristics of several typical shale gas mixtures including laminar burning velocities, the thickness of flame fronts, lower and higher heat values, Wobbe indices, flammability limits, dew points, and adiabatic flame temperatures investigated. On the other hand, experimental and numerical studies focused on soot formation are shown in the table below. In addition, Ozturk (2019) investigated the effects of equivalence ratio, wall temperature, fuel and oxide inlet temperatures on combustion of shales gases namely Fayetteville, New Albany, and Haynesville. He found that the NO mass fraction reached maximum value about stoichiometric equivalence ratio. Increasing in wall temperature raises both NO and CO mass fractions.

The turbulent, non-adiabatic, and non-premixed combustion of shale gas and air in a cylindrical combustor is computationally investigated under the effects of equivalence ratio, wall temperature, fuel and oxide inlet temperatures. As a result of the investigations in the literature, no studies were found on the formation of soot during the combustion of shale gases. Therefore, in this study, combustion flames and soot formation of methane and various shale gaseous originated from Barnett, New Albany, and Haynesville have been investigated under the lean condition at 8.6 kW in a combustion chamber. The effects of gaseous species and radicals on the flames and soot formation were also discussed.

Table 1. A brief literature survey on soot formation investigation for various fuels and flames

Authors	Method	Fuel-Oxidizer	Flame Type	Soot Model
Lu et al., 2016	Exp.	Ethylene-Air	Diffusion Flame	-
Cuoci et al., 2008	CFD	Ethylene-Air Methane-air	Diffusion Flame	One-step reaction
Razak et al., 2019	Exp. CFD	N-dodecane-air	Spray Flame	Moss-Brookes
Hernandez et al., 2013	CFD	Ethylene-Air	Counterflow Diffusion flames	Leung et al. Semi-Empirical
Watanabe et al., 2006.	CFD	N-decane-Air	Counterflow Spray flame	A kinetically based soot model
Manin et al., 2014.	Exp.	Liqued Fuels (G15, G33, G50, G50A, MD and C12) +air	Diffusion Flame	-
Lautenberger et al., 2005	CFD	Ethylene, Propylene, Propane	Diffusion Flame	A new model developed
Palazzo et al., 2019	Exp.	Diesel-air	Diffusion Flame	-
Ito et al., 2003	Exp.	Diesel-air DBE-air DGB-air DGE-air	Diffusion Flame	-
Roditcheva and Bai., 2001	CFD	Methane-air	Diffusion Flame	Semi-empirical soot model developed by Moss et al.(1988)
Xu et al., 2020.	Exp.	Coal+air	Diffusion Flame	-
Kazem et al., 2007	Exp. CFD	Kerosene+air	Diffusion Flame	Moss
Chong et al., 2019	Exp. CFD	Ethylene+air	Diffusion Flame	Semi empirical, HMOM, CQMOM

2. Material and Method

2.1. Numerical Model

Numerical combustion flame investigation of methane and shale gaseous has been carried out in a cylindrical combustion chamber based on the study published by Brookes and Mass, 1999. The fuel and air coaxially enter the combustion chamber for the same thermal load of 8.6 kW. The fuels and air temperatures are the same as 290K. The combustion is performed under the lean condition with the equivalence ratio (θ) of 0.25. Non-premix combustion with Steady Diffusion Flamelet model has used for the chemical reactions. DO radiation model has used for the radiation heat transfer. Realizable $k - \epsilon$ turbulence model has used for the turbulent predictions. Coupled and PRESTO! have been used for the pressure-velocity coupling scheme and pressure spatial discretization, respectively. ANSYS FLUENT 18.2 (Ansys Inc, 2018).software has been used for the numerical calculations.

To study the numerical approximations of partial differential equations, the computational fluid dynamic (CFD) technique is used. In this technique, there is a wide range of numerical methodologies, algorithms, schemes, simulation strategies as well as software programs for the solution (Afshari et al., 2018). Reynolds-Averaged Navier-Stokes (RANS) equations (momentum, mass conservation (continuity), energy) which are nonlinear describes the motion of viscous, heat-conducting fluid in nature are resolved with ANSYS Fluent18.2 (Ansys Inc, 2018). The transport of the average flow quantities is governed by the RANS equations, with the whole range of turbulence scale being modeled with Spalart-Allmaras, $k-\epsilon$ and its variants, $k-\omega$ and its variants, and the RSM. These models are widely adopted for

engineering applications, especially as they greatly reduce the required computational effort and resources (Ansys, Inc. 2009). Realizable $k - \epsilon$ is used for the turbulence predictions.

For 2D axisymmetric geometries, the continuity equation is given by (Ansys, Inc., 2009)

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(\rho v_x) + \frac{\partial}{\partial r}(\rho v_r) + \frac{\rho v_r}{r} = S_m \quad (1)$$

For 2D axisymmetric geometries, the axial and radial momentum conservation and energy equations are given by

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho v_x) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x}(r \rho v_x v_x) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r \rho v_r v_x) = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x} \left[r \mu \left(2 \frac{\partial v_x}{\partial x} - \frac{2}{3} (\nabla \cdot \vec{v}) \right) \right] + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r \mu \left(\frac{\partial v_x}{\partial r} + \frac{\partial v_r}{\partial x} \right) \right] + F_x \quad (2)$$

$$\begin{aligned} & \frac{\partial}{\partial t}(\rho v_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x}(r \rho v_x v_r) + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}(r \rho v_r v_r) \\ & = -\frac{\partial p}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial x} \left[r \mu \left(\frac{\partial v_r}{\partial x} + \frac{\partial v_x}{\partial r} \right) \right] \\ & + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left[r \mu \left(2 \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{2}{3} (\nabla \cdot \vec{v}) \right) \right] \\ & - 2\mu \frac{v_r}{r^2} + \frac{2}{3} \mu (\nabla \cdot \vec{v}) + \rho \frac{v_r^2}{r} + F_r \end{aligned} \quad (3)$$

$$\nabla \cdot \vec{v} = \frac{\partial v_x}{\partial x} + \frac{\partial v_r}{\partial r} + \frac{v_r}{r} \quad (4)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho E) + \nabla \cdot (\vec{v}(\rho E + p)) = \nabla \cdot \left(k_{eff} \nabla T - \sum_j h_j \vec{J}_j + (\bar{\tau}_{eff} \cdot \vec{v}) \right) + S_h \quad (5)$$

where x and r are the axial and radial coordinates. Besides v_x , v_r , and v_z are the axial, radial, and swirl velocities, respectively. k_{eff} is the effective conductivity ($k + k_t$), \vec{J}_j is the diffusion flux of species j , the first three terms on the right-hand side of Equation 5 represent energy transfer due to conduction, species diffusion, and viscous dissipation, respectively. The last term S_h , includes the heat of chemical reactions and any other volumetric heat sources (Ansys, Inc. 2009).

2.1.1. Soot Formation Models

Moss-Brookes Soot Model

Transport equations for normalized radical nuclei concentration b_{nuc}^* and soot mass fraction Y_{soot} is calculated by Moss-Brookes model (Ansys, Inc., 2009).

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho Y_{soot}) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} Y_{soot}) = \nabla \cdot \left(\frac{\mu_t}{\sigma_{soot}} \nabla Y_{soot} \right) + \frac{dM}{dt} \quad (6)$$

$$\frac{\partial}{\partial t}(\rho b_{nuc}^*) + \nabla \cdot (\rho \vec{v} b_{nuc}^*) = \nabla \cdot \left(\frac{\mu_t}{\sigma_{nuc}} \nabla b_{nuc}^* \right) + \frac{1}{N_{norm}} \frac{dN}{dt} \quad (7)$$

where Y_{soot} is the soot mass fraction, M is the soot mass concentration (kg/m^3), b_{nuc}^* is normalized radical nuclei concentration ($\text{particles} \times 10^{-15}/\text{kg} = \frac{N}{\rho N_{norm}}$, N is the soot particle number density ($\text{particles}/\text{m}^3$), N_{norm} corresponds 10^{15} particles. The production rate of soot particles in the free molecular regime is given by (Ansys, Inc., 2009).

$$\frac{dN}{dt} = C_\alpha N_A \left(\frac{X_{prec} P}{RT} \right)^l \exp\left(-\frac{T_\alpha}{T}\right) - C_\beta \left(\frac{24RT}{\rho_{soot} N_A} \right)^{\frac{1}{2}} d_p^{\frac{1}{2}} N^2 \quad (8)$$

where C_α , C_β , l are model constants. N_A is the Avogadro number, X_{prec} is the mole fraction of soot precursor namely acetylene for studied fuels. Density of soot, ρ_{soot} , equals to $1800 \text{ kg}/\text{m}^3$ and d_p is the mean diameter of a soot particle. The first term of the right side equation corresponds nucleation and the second refers coagulation (Ansys, Inc., 2009).

$$\begin{aligned} \frac{dM}{dt} = & M_p C_\alpha \left(\frac{X_{prec} P}{RT} \right)^l \exp\left(-\frac{T_\alpha}{T}\right) \\ & - C_\gamma \left(\frac{X_{sgs} P}{RT} \right)^m \exp\left(-\frac{T_\gamma}{T}\right) \left[(\pi N)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{6M}{\rho_{soot}} \right)^{\frac{2}{3}} \right]^n \\ & - C_{oxid} C_w \eta_{coll} \left(\frac{X_{OH} P}{RT} \right) \sqrt{T} (\pi N)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{6M}{\rho_{soot}} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (9) \end{aligned}$$

where the first term of the right side equation corresponds to nucleation, the second term of the equations corresponds to the surface growth, and the last term of the right side equation refers to oxidation. The constant M_p is the mass of incipient soot particles. X_{sgs} is the mole fraction of the participating surface growth species. Assuming a collision efficiency (η_{coll}) of 0.004. The constant values for the C_α , T_α , C_β , C_γ , T_γ , C_w , C_{oxid} are 54 s^{-1} , 21000 K , 1.0 , $11700 \text{ kg.m.kmol}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$, 121000 K , $105.8125 \text{ kg.m.kmol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1/2} \cdot \text{s}^{-1}$, and 0.015 , respectively (Ansys, Inc., 2009).

One-Step and Method of Moments Soot Models

In the One-step (Khan and Greeves, 1974) model, a single transport equation is solved for the soot mass fraction. The rate of soot combustion is the minimum of two rate expressions $R_{soot,comb} = \min [R_1, R_2]$ (Ansys, Inc., 2009).

$$R_1 = A \rho Y_{soot} \frac{\varepsilon}{k} \quad (10)$$

$$R_2 = A \rho \left(\frac{Y_{ox}}{v_{soot}} \right) \left(\frac{Y_{soot} v_{soot}}{Y_{soot} v_{soot} + Y_{fuel} v_{fuel}} \right) \frac{\varepsilon}{k} \quad (11)$$

Where A is the Magnussen model, Y_{ox} , Y_{fuel} are mass fractions of oxidizer and fuel, v_{soot} and v_{fuel} are mass stoichiometries for soot and fuel combustion. The one-step model constants are valid for numerous hydrocarbon fuels (Ansys, Inc., 2009).

The other soot formation model namely, Method of Moments was proposed by Frenklach et al., 1987, and it depends on the transport of the moments of the NDF function. Principally, the distribution function can be reconstructed if all integer moments are available. But, in practical cases, the first few moments give enough information to obtain the sought properties of the distribution (Frenklach, 2002 and Bodor, 2019).

2.1.2. Fuel Components and Properties

In the present study, in addition to methane, various shale gaseous namely Barnett Shale Gas, New Albany, and Haynesville having different contents have simulated in the same combustion chamber. The mentioned shale gases, their components, H/C ratios as well as mass flow inlet of the simulations are presented in Table 1.

Table 1. Simulated shale gaseous (Bullin and Krouskop, 2008) with operating conditions

Components	Barnett	New Albany	Haynesville
CH_4	0.812	0.89875	0.95
C_2H_6	0.118	0.01125	0.001
C_3H_8	0.052	0.01125	-
CO_2	0.003	0.07875	0.048
N_2	0.015	-	0.001
H/C	3.633	3.940	3.998
MW. [kg/kgmol]	19.42	18.71	17.41
Hu[Mj/kg]	47.72	40.63	43.88
Pressure	1 atm	1 atm	1 atm
T_{air} and T_{fuel}	290 K	290 K	290 K
\dot{m}_a [kg/s]	0.011713	0.011759	0.011769
\dot{m}_f [kg/s]	0.000180	0.000211	0.000195

3. Results and Discussion

3.1. Verification and Validation of the Numerical Model

At the beginning of this study, combustion of methane have been analyzed with four different mesh numbers to reveal the verification of the numerical model. Thus, the results of the simulations have compared to ensure the mesh independence study. Taking into account the upper flame temperature, CO and CO_2 emissions, it has determined that 122710 cells are adequate for obtaining acceptable numerical results. Structured boundary layer grids have utilized for mesh generation as shown in Fig. 1. Therefore, enhanced wall function is utilized for the near wall modeling (Cellek, 2020).

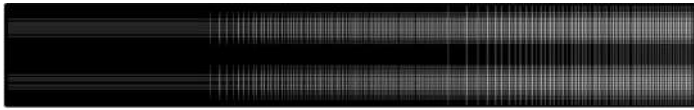
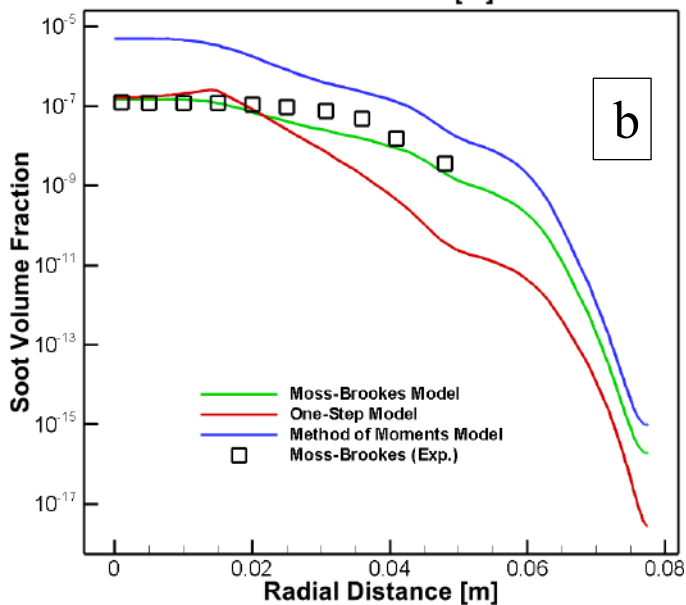
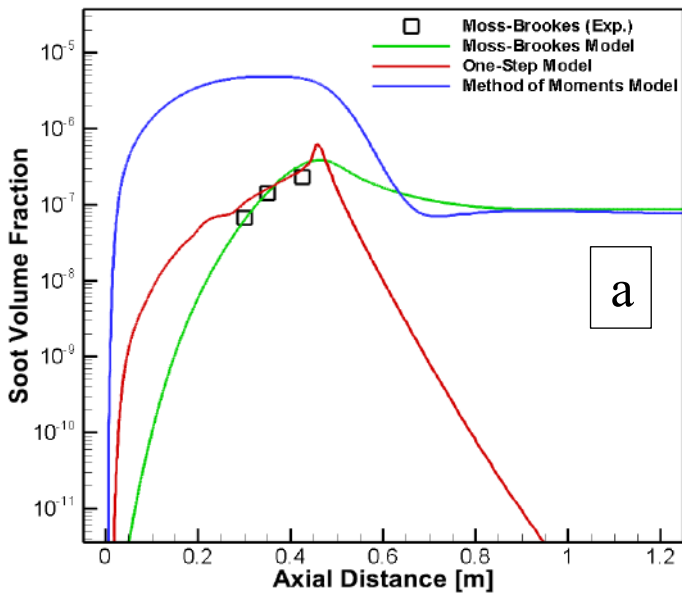


Fig.1 Mesh generation for the computational domain

Table 2. Mesh independence study of the numerical model

Mesh Number	Tmax [K]	CO [ppm]	CO ₂ [%]
42144	1794.61	0	2.66
122710	1786.58	0.68	2.69
300616	1784.34	0.69	2.68
1067680	1784.21	0.69	2.69

On the other hands, thanks to the experimental data published by Brookes and Moss, 1999, the soot formation during the methane combustion has been validated with different numerical models, namely One-step, Method of Moments, and Moss-Brookes models. Thus, soot prediction capabilities of numerical models have compared as shown in Fig. 2a-b.



-continue

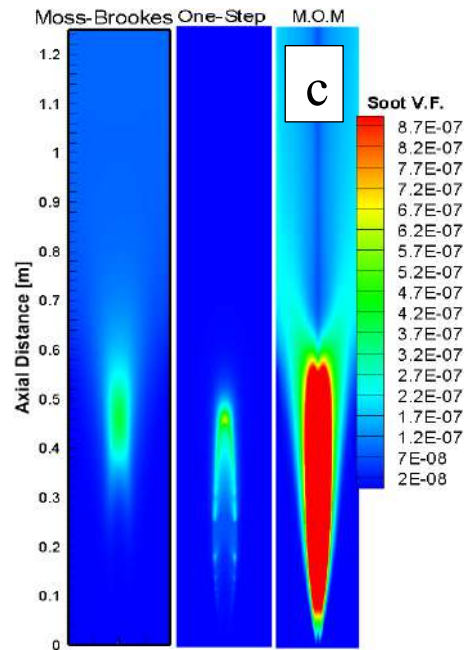


Fig. 2. Comparison of experimental and numerical results of soot volume fractions emitted from methane combustion

The obtaining soot volume fraction results on axial and radial lines show that the Moss-Brookes model predicts better than both the One-Step and Method of Moments models. Additionally, the soot volume fraction distribution on the center plane of the chamber is located in Fig. 2c. When the distribution of soot in the combustion chamber is examined, it is seen that there is excess soot in the chamber predicted with the Moments method, however, it occurs at a more reasonable level with the other two methods. In these two methods, the soot is formed gradually from the entrance and reaches its peak value at an axial distance of 0.45 m. In the One-Step method, there is a sharp decrease in the soot amount after the peak value. However, it decreases at a low speed towards the exit after the peak value using the Moss-Brookes method.

3.2. Combustion Flames of Simulated Fuels

The mass fraction distribution of CH₄ species, one of the shale gas components, along the axis of the combustion chamber is shown in Fig. 3a. In the examination, the mass fraction drops sharply from the entrance of the chamber for all gases. All of the CH₄ is consumed up to a distance of 0.65 m from the combustion chamber. On the other hand, the variation of the O₂ as a reactant species along the combustion chamber axis is also shown in Fig. 3a. The amount of oxygen in the reaction zone is minimal, while it begins to increase towards the end of the reaction zones and remains constant towards the end of the combustion chamber. Thanks to the reaction heat released during the combustion of fuels, the temperature in the combustion chamber, especially in the reaction zone, rises significantly around 0.5 m, and then a gradual decrease occurs towards the end of the reaction zone. The change of the temperature in the combustion chamber on the axis line is shown in Fig. 3b. The upper level of the flame temperatures of each fuel are close to each other and vary between 1786 -1796 K. It is approximately 860 K at the exit of each combustion chamber. While the highest flame temperature is obtained in the combustion of methane, the lowest value is obtained in New Albany shale gas combustion.

The mass fraction of OH, CH, CN, and HCN intermediates released during the combustion of shale gases are shown in Figs. 4a-d. In the investigations, these intermediate species usually occur in a certain region of the combustion chamber, especially in the reaction zone. Furthermore, they join the reaction chain and sharply decrease or turn into other types of species at the end of the reaction zone. It is seen from the distribution graphs that the released OH species levels are approximately close to each other and are effective between 0.25-0.85 m on the axis of the combustion chamber. CH intermediates species appear between 0.20-0.75 m. Besides, in terms of concentration levels in the combustion chamber, CH reaches the highest level in CH₄ and the lowest in New Albany shale gas. CN intermediates, on the other hand, occur in the same reaction zone as the CH intermediate, but in higher amounts in terms of concentration. While the CN intermediate level is high in methane and Barnett shale gas, it is relatively lower in New Albany shale gas. Finally, when the HCN intermediate concentration variation is examined, unlike other intermediates, it is formed due to the destruction of hydrocarbon fuels from the entrance of the combustion chamber, it reaches the peak level at an axial distance of 0.25 m, and then gradually decreases at the end of the reaction zone (0.75 m). During the combustion of methane and Barnett shale gas, the highest amount of HCN intermediates releases, while the lowest intermediate concentration is emitted during the combustion of New Albany shale gas.

The changes of C₂H₄ and C₂H₆ species along the axis line in the combustion chamber are shown in Fig. 5a-b. Barnett shale gas, which is one of the higher energy content due to its higher heating value (LHV) compared to other fuels, also contains higher hydrocarbon components such as C₂H₄ and C₂H₆ compared to other shale gases. The mean mixture fraction of fuel and CO species distribution are presented in Fig. 6a-b. Unburned fuel species ratio of shale gases are higher than methane. As a result of unburned fuel species, CO species of shale gases dominated in the combustion chamber.

The levels of soot released during the combustion of shale gases and methane are shown in the Fig. 7. When the results are examined, it is seen that methane has the lowest soot formation rate, on the other hand Barnett shale gas has the highest. The soot formation develops slightly at the beginning of the reaction zone and then increases sharply due to releasing effective intermediates and insufficient O₂ concentration. With the end of the reaction zone, where soot formation reaches the peak value, the soot formation rate decreases sharply. Then the amount of the soot remains constant in the rest of chamber. The soot level in Barnett gas combustion drops slightly towards the combustion chamber exit, below the New Albany emission level. With the increase in the H/C ratio, the formation of soot in the combustion chamber decreases. In other words, as the C/H ratio in hydrocarbon fuels increases, the amount of soot increases. The levels of releasing soot inside chamber are related to unburned C species, which effects can be shown in Fig 6.

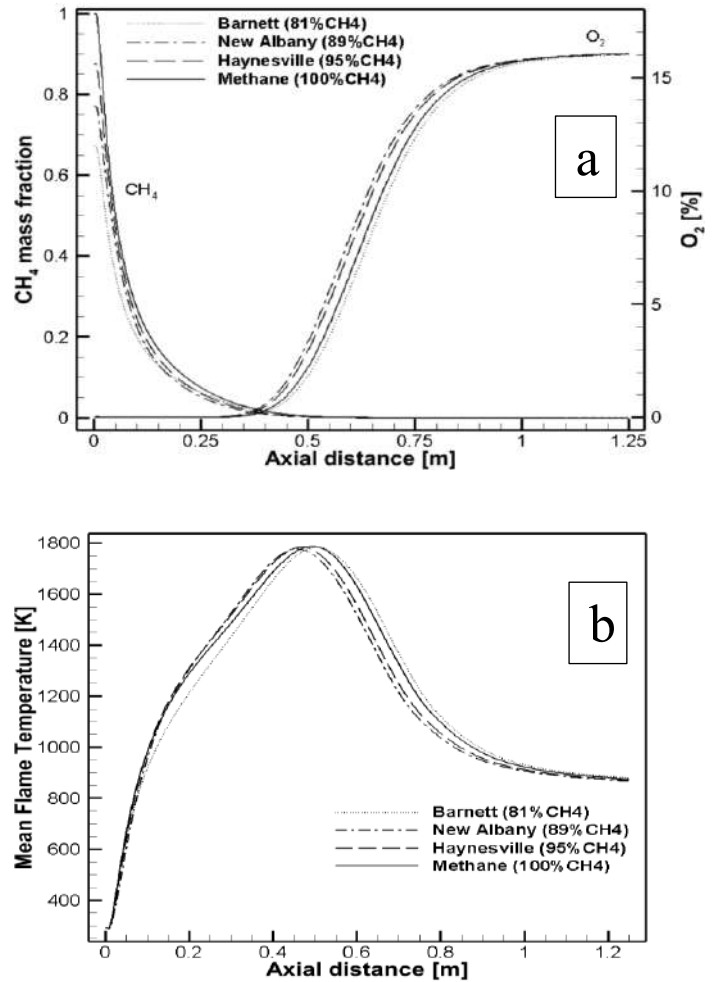


Fig. 3. Mass fraction of reactants (a) and flame temperature (b) distribution on the axial line of the chamber

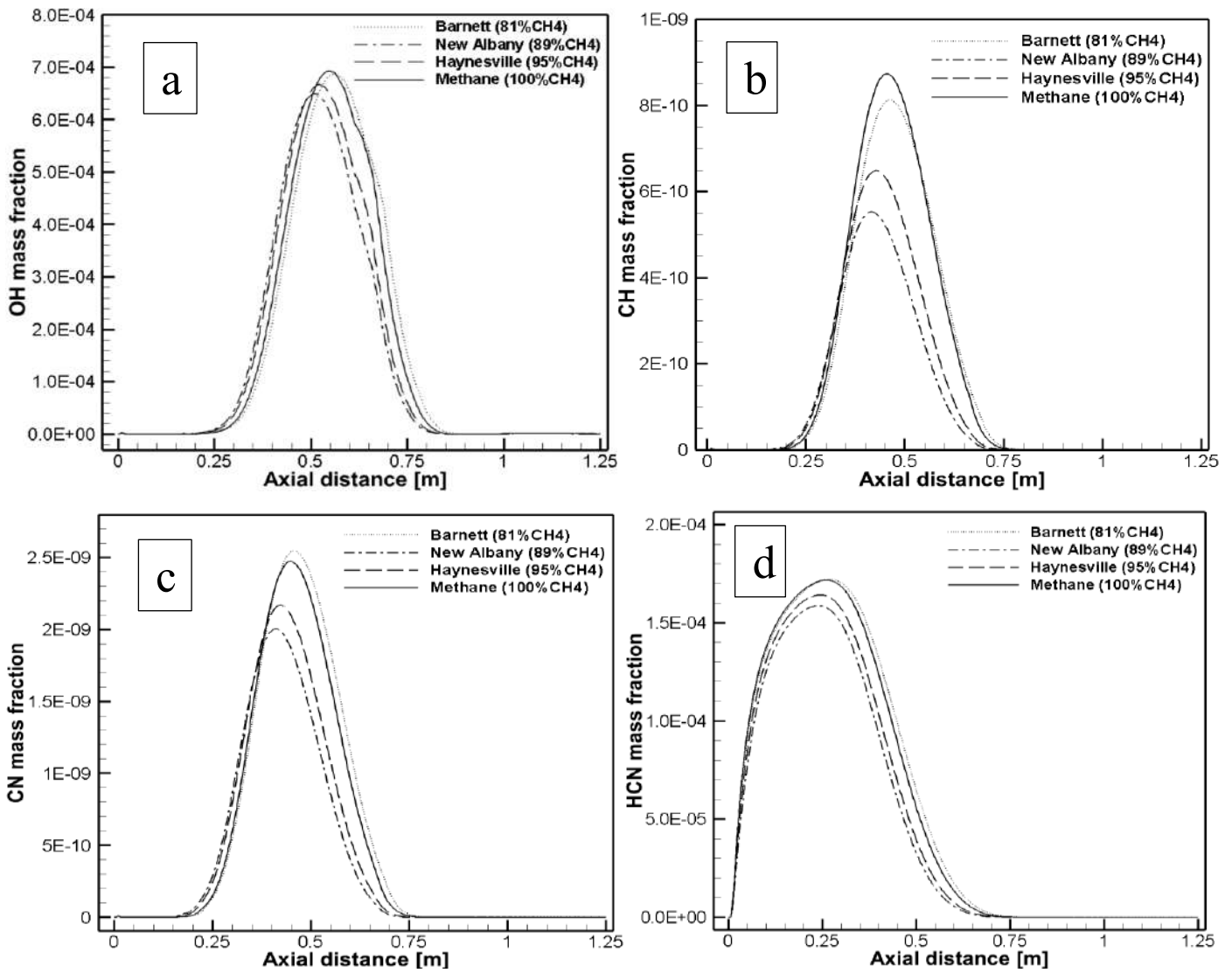


Fig. 4. The distribution of OH, CH, CN and HCN intermediate species on the axial line

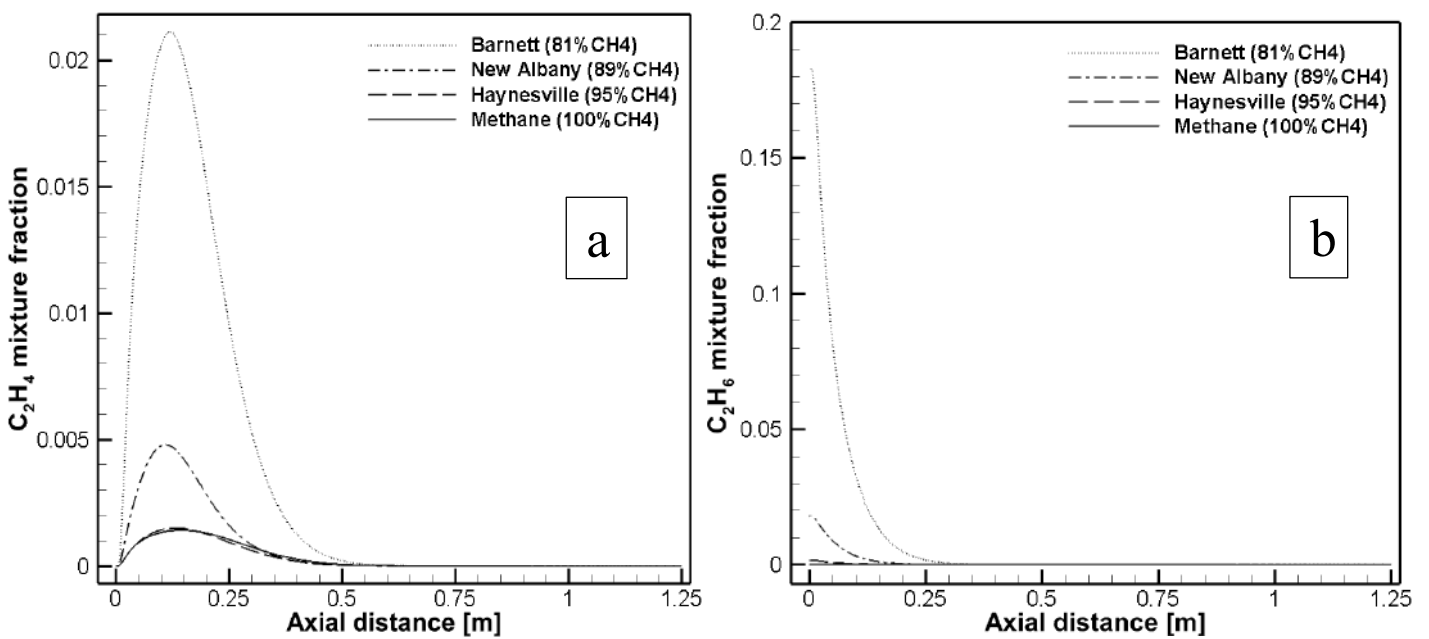


Fig. 5. The distribution of C₂H₄, C₂H₆ species on the axial line

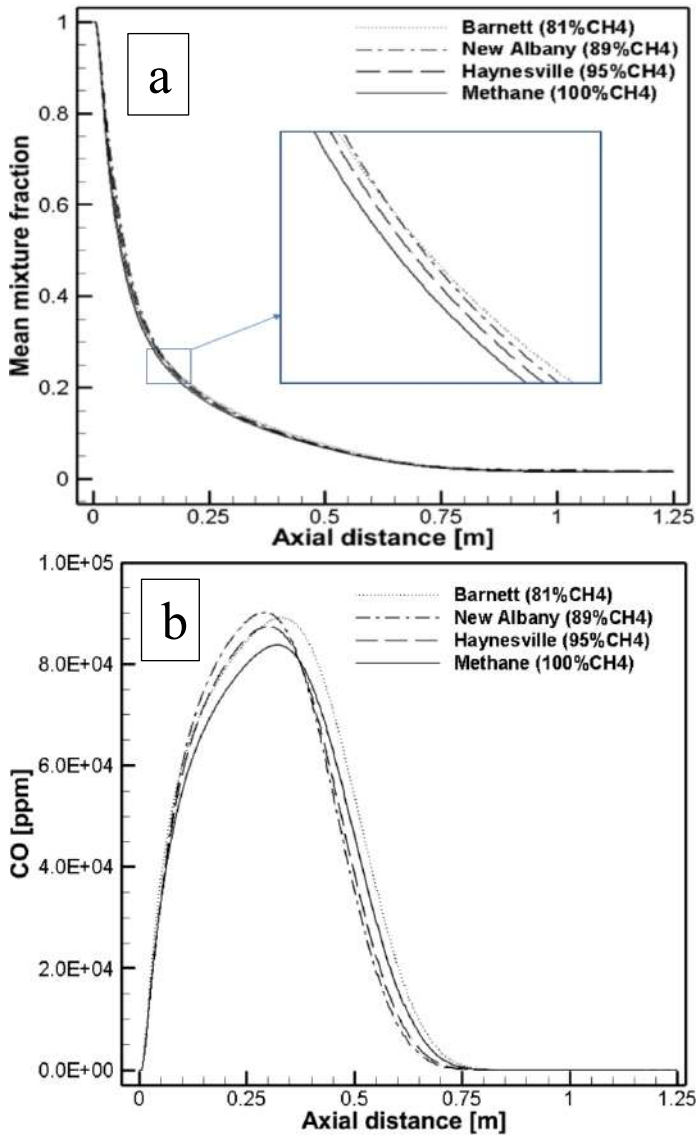


Fig. 6. Distribution of (a) mean mixture fraction and (b) CO on the axis line of the combustion chamber

The distributions of intermediate species such as CN, CH, and C_2H_2 released during the combustion of fuels in the combustion chamber on the axis plane are shown in Fig. 8a-c. Distributions of CN and CH intermediate species in the combustion chamber are similar and it is seen that these radicals have released much more during Barnett shale gas and methane. Whereas, they are found to be less released in New Albany shale gas. The change of the C_2H_2 component in the combustion chamber during the combustion of the considered fuels is shown in Fig. 8c. In terms of C_2H_2 concentration, the highest amount is observed in Barnett shale gas, while the lowest concentration is observed during combustion of New Albany.

The distributions of flames, which result from the chemical reactions between gases and air in the combustion chamber, are shown in Fig. 9a. The flames of Barnett shale gas and methane gases are slightly longer, while the flames of New Albany and Haynesville gases are relatively short. Other properties such as flame diameters, flame temperatures, and reaction zones are approximately similar. When oxygen distributions are examined in Fig. 9b, a large amount of oxygen is seen from the entrance, and the oxygen concentration decreases towards the exit of the combustion chamber. On the other hand, the concentration is minimal in the reaction zone.

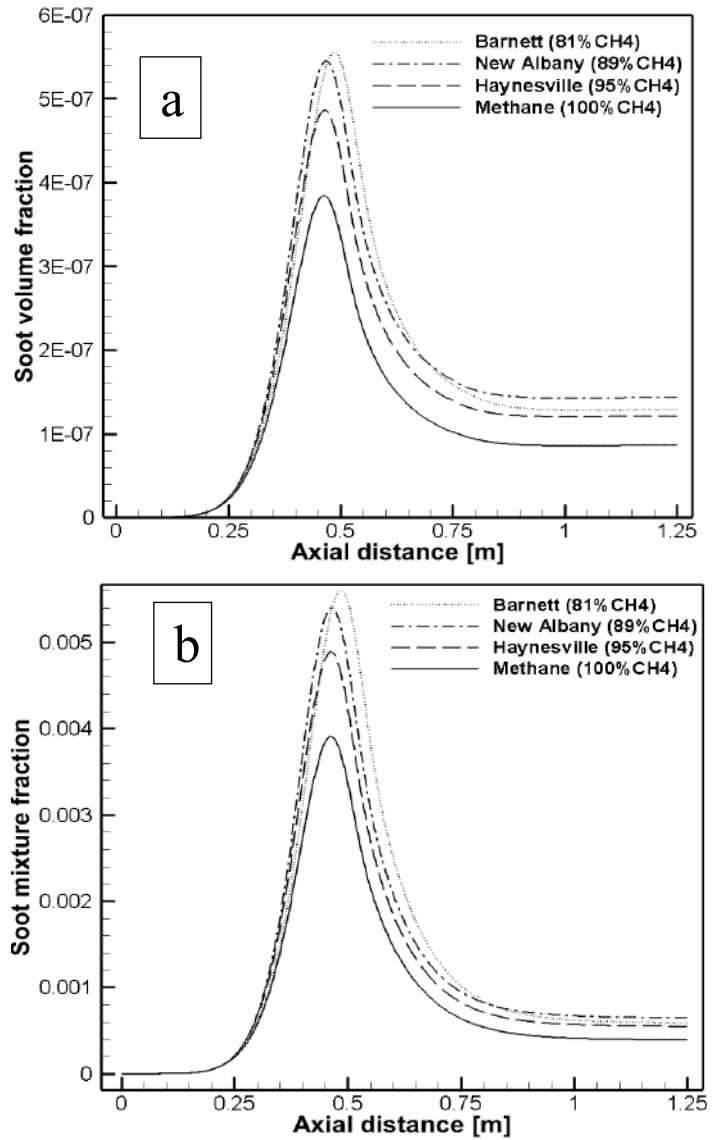


Fig. 7. The soot volume fraction distribution of shale gases on the axial line

The distributions of the pollutant soot formed on the axis plane of the combustion chamber according to the fuels used are shown in Fig. 9c. In the investigations, it has been determined that the highest amount of soot is formed during the combustion of Barnett shale gas, however, the highest soot is seen in New Albany fuel at the end of the combustion chamber. The amount of soot formed during methane combustion of methane is minimal. Moreover, it has been determined that the location where the flame temperature is maximum (0.4-0.6m) is also the region where soot is maximum. Furthermore, it has determined that the axial region (0.4-0.6 m) where OH, CN, and CH intermediates species peak is also the region where the soot is maximum. On the other hand, it has been determined that the formation of soot is minimal in the entrance area of the combustion chamber where the reaction is developing gradually.

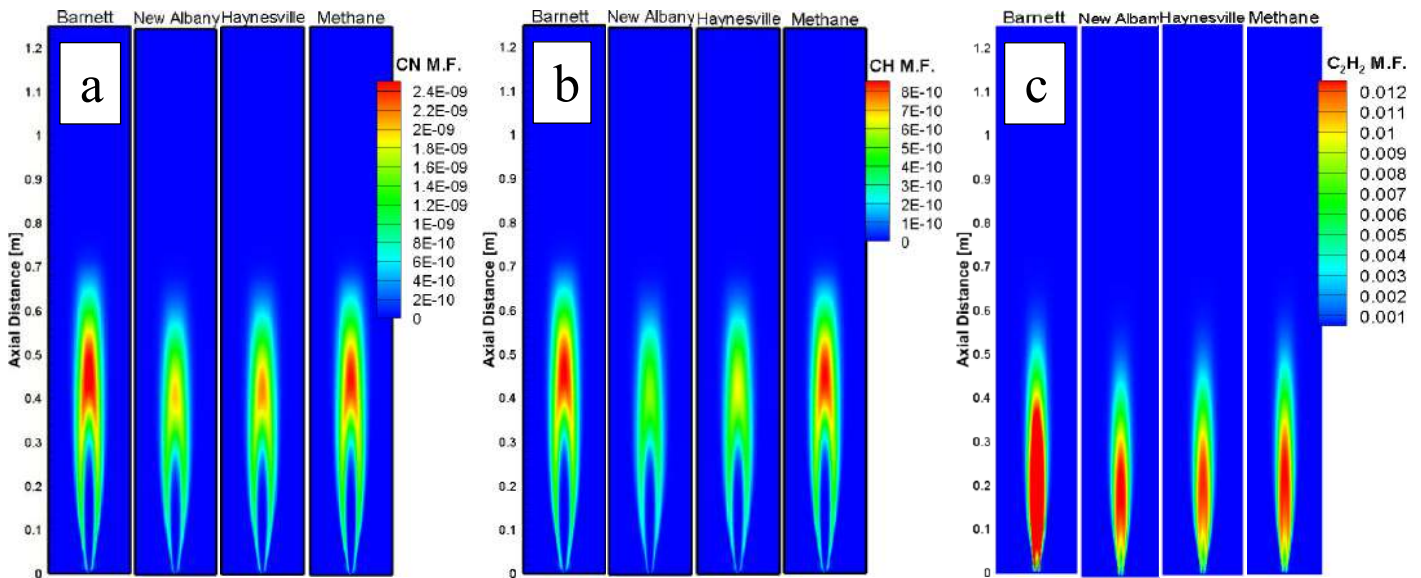


Fig. 8. Mass fraction distribution of intermediates species such as (a) CN, (b) CH, and (c) C₂H₂

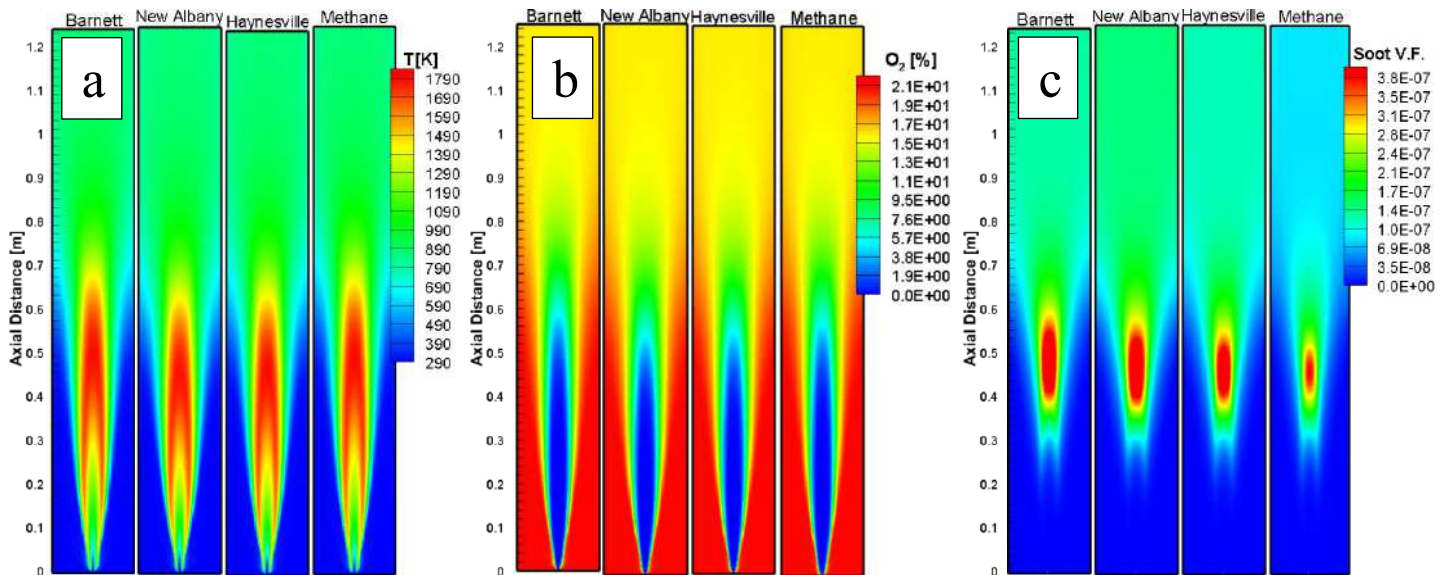


Fig. 9. (a) Flame temperatures (b), mass fraction of O₂, and (c) soot volume fraction distribution

4. Conclusions and Recommendations

In this numerical study focusing on shale gases, which have been used in the last decade and whose production amount has gradually increased, the competence of soot models have been compared with experimental data published in the literature based on methane combustion. Subsequently, the combustion and soot formation behavior of shale and methane gases have been investigated. The highlights of the study are summarized below:

- Moss-Brookes soot model predicts more accurate soot estimation than both One-Step and Method of Moments models considering the methane combustion while compared to experimental results. Moreover, One-Step estimates lower, while the Method of Moments predicts higher.
- It has been determined that the highest amount of soot is released during the combustion of Barnett shale gas whereas, it is minimal for methane.
- Although methane emits as much intermediate species as shale gases, it emits less soot than others. The reason for this situation is due to the fact that there are more unburned C

elements during the combustion of shale gases. This situation is clearly understood from the graphs of CO and mean mixture fraction distribution.

- When the H/C ratio in hydrocarbon fuels increases, the formation of soot decreases or vice versa.
- In regions where the flame temperatures are maximum (0.4-0.6m) and OH, CN, and CH intermediate species reach their peak, the amount of soot for each fuel reaches its maximum levels.
- Although the flame shape of each gas is similar, it is seen that the Barnett shale gas and methane flames are longer, while the New Albany and Haynesville are relatively shorter.

5. Acknowledge

The author is grateful for the use of the computing resources provided by the National Center for High Performance Computing of Turkey (UHEM, UYBHM) under grant number 1008202020.

References

- Stevens, P. (2012). The 'Shale Gas Revolution': Developments and Changes. Chatham House, 11.11.2020.
- Ozturk, S. (2019). The Effect of Temperature on the Emissions of Shale Gas Combustion in USA, *European Journal of Science and Technology*, 16, 186-193.
- EIA U.S. Energy Information Administration, (2015). Technically Recoverable Shale Oil and Shale Gas Resources: Turkey, 19.12.2020.
- İlbas, M. (2017). Türkiyen'in "Kaya Gazı" Potansiyeli, <https://www.tespaam.org/turkiyennin-kaya-gazi-potansiyeli/>, 19.12.2020.
- Karsli, S. (2015). Son Gelişmeler Işığında Türkiye'de Kaya Gazı, *İğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / İğdır Univ. J. Inst. Sci. & Tech.* 5(3): 25-31.
- Bullin K.A. and Krouskop P.E., (2008). Composition variety complicates processing plans for US shale gas, E-book, Based on: Annual Forum, Gas Processors Association, Houston Chapter, Houston, Oct. 7.
- Mansurov, Z. A. (2005). Soot Formation in Combustion Processes (Review), *Combustion. Explosion and Shock Waves*, 41(6),727-744.
- Haynes, B.S. and Wagner, H. GG., (1981). Soot Formation, *Prog. Energy Combust. Sci.*, 7, 229-273.
- Environmental Defence Fund (EDF), (t.y). Health impacts of air pollution, <https://www.edf.org/health/health-impacts-air-pollution>, 11.11.2020.
- Gheorghe, I. F., and Ion B. (2011). The Effects of Air Pollutants on Vegetation and the Role of Vegetation in Reducing Atmospheric Pollution, *The Impact of Air Pollution on Health, Economy, Environment and Agricultural Sources*, Dr. Mohamed Khallaf (Ed.), ISBN: 978-953-307-528-0, InTech.
- Gurbuz, H. and Sandalci T. (2019). Investigation of Effects of Fumigation on Performance and Emission in Dual Fuel Engines Injection-Controlled With Electronic Card, 5(3), 24-31.
- Gurbuz, H. (2020). Analysis of the effects of multiple injection strategies with hydrogen on engine performance and emissions in diesel engine, 45, 27969-27978.
- AEA (Compiled by Daniel Forster and Jonathan Perks), (2012). Climate impact of potential shale gas production in the EU Final Report, Report for European Commission DG CLIMA, Ref: ED57412- Issue 1, AEA/R/ED57412.
- Vargas, A.C. Arrieta, A.A. and Arrieta, C.E. (2016). Combustion characteristics of several typical shale gas mixtures, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 33, 296-304.
- Lu, J., Ren, X., and Cao, L., (2016). Studies on Characteristics and Formation of Soot Nanoparticles in an Ethylene/Air Inverse Diffusion Flame *Journal of Energy Engineering*, 142(3), 04015041-1:8.
- Cuoci, A., Frassoldati, A., Faravelli, T., and Ranzi, E., (2008). Kinetic Modeling of Soot Formation in Turbulent Nonpremixed Flames, *Environmental Engineering Science*, 25, 1407-1422.
- Razak, M.F.A., Salehi, F., and Chishty, M.A., (2019). An Analysis of Turbulent Mixing Effects on the Soot Formation in High Pressure n-dodecane Sprays, *Flow, Turbulence and Combustion*, 103, 605-624.
- Hernandez, I., Lecocq, G., Poitou, D., Riber, E., and Cuenot, B., (2013). Computations of soot formation in ethylene/air counterflow diffusion flames and its interaction with radiation, *Comptes Rendus Mécanique*, 341(1-2), 238-246.
- Watanabe, H., Kurose, R., Komori, S., Pitsch, H., (2006). A numerical simulation of soot formation in spray flames, *Center for Turbulence Research Proceedings of the Summer Program*, 325-336.
- Manin, J, Skeen, S, Pickett, L, Kurtz, E. et al., (2014). Effects of Oxygenated Fuels on Combustion and Soot Formation/Oxidation Processes, *SAE Int. J. Fuels Lubr.* 7(3):704-717.
- Lautenberger C.W., de Ris, J.L., Dembsey, N.A., Barnett, J.R., and Baum, H.R., (2005). A simplified model for soot formation and oxidation in CFD simulation of non-premixed hydrocarbon flames, *Fire Safety Journal* 40, 141-176.
- Palazzo, N., Kögl, M., Bauer, P., Mannazhi, M.N., Zigan, L., Huber, F.J.T., and Will, S., (2019). Investigation of Soot Formation in a Novel Diesel Fuel Burner, *Energies*, 12 (3), 1993. <https://doi.org/10.3390/en12101993>.
- Ito, T., Kitamura, T., Ueda, M., Matsumoto, T., Senda, J., and Fujimoto, H., (2003). Effects of Flame Lift-Off and Flame Temperature on Soot Formation in Oxygenated Fuel Sprays, *Sae Technical Paper Series*, 2003-01-0073.
- Roditcheva, O.V., Bai, X.S., (2001). Pressure effect on soot formation in turbulent diffusion flames, *Chemosphere* 42, 811-821.
- Xu, K., Zhang, H., Shen, W., Zhang, Y., and Wu, Y., and Lyu J, (2020). Soot Formation and Distribution in Coal Jet Flames over a Broad Range of Coal Concentration, *Energy Fuels*, 34, 7545-7553.
- Kazem B., Mohammad, M., and Iman, Z., (2007). Studies on Soot Formation and Combustion in Turbulent Spray Flames: Modeling and Experimental Measurement, 26(3), 45-54.
- Chong S.T., Raman V, Mueller M.E., Selvaraj P, Im H.G., (2019). Effect of soot model, moment method, and chemical kinetics on soot formation in a model aircraft combustor, *Proceedings of the Combustion Institute*, 37(1), 1065-10774.
- Brookes, S. J., and Moss J.B., (1999). Measurements of Soot Production and Thermal Radiation From Confined Turbulent Jet Diffusion Flames of Methane, *Combustion and Flame*, 116, 49-61.
- Ansys Inc, (2018). Ansys® Academic Research, Release 18.2.
- Afshari, F., Zavaragh, H.G., Sahin, B., Grifoni, R.C., Corvaro, F., Marchetti, B., Polonara, F., (2018). On numerical methods; optimization of CFD solution to evaluate fluid flow around a sample object at low Re numbers, *Mathematics and Computers in Simulation*, 152, 51-68.
- Ansys Inc., ANSYS FLUENT 12.0/12.1 Documentation, (2009). Reynolds-Averaged Approach vs. LES, <https://www.afs.enea.it/project/neptunius/docs/fluent/html/th/node45.htm>, 11.11.2020.
- Khan I.M., Greeves G., A method for Calculating the Formation and Combustion of Soot in Diesel Engines, *Heat transfer in Flames*, Chapter 25. Scripta, Washington DC, 1974.
- Frenklach M., and Harris, S. J. (1987). Aerosol dynamics modeling using the method of moments," *Journal of Colloid And Interface Science*, 118(1) 252-261.
- Frenklach, M., (2002). Method of moments with interpolative closure," *Chemical Engineering Science*, 57, 2229-2239.
- Bodor A.L. (2019) Numerical modelling of soot formation and evolution in laminar flames with detailed kinetics, *Chemical and Process Engineering*, Université Paris-Saclay; Politecnico di Milano. English. NNT : 2019SACL050.
- Bullin K.A. and Krouskop P.E., (2008). Composition variety complicates processing plans for US shale gas, E-book,

Based on: Annual Forum, Gas Processors Association,
Houston Chapter, Houston, Oct. 7.

Cellek, M.S. (2020). Turbulent flames investigation of methane and syngas fuels with the perspective of near-wall treatment models, *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(60), 35223-35234.



Determination of Heavy Metal Distribution of Yenikapı (Istanbul) Sea Sediments Using Libs Method

Melike Önce^{1*}, İpek Balnan², Nursel Sezgin³

^{1*} Tekirdağ Namık Kemal University, Çorlu Faculty of Engineering, Department of Environmental Engineering, Çorlu, Tekirdağ, (ORCID: 0000-0001-9621-3630), melike21once@gmail.com

² Yıldız Technical University, Faculty of Science and Letters, Department of Physics, Istanbul, (ORCID: 0000-0003-1150-651X), balnanipek@gmail.com

³ Yuzuncu Yıl University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Chemistry Van, TURKEY, (ORCID: 0000-0001-6046-1990), nursellkam@gmail.com

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.849768)

ATIF/REFERENCE: Önce, M., Balnan, İ. & Sezgin, N. (2021). Determination of Heavy Metal Distribution of Yenikapı (Istanbul) Sea Sediments Using Libs Method. *European Journal of Science and Technology*, (22), 60-64.

Abstract

In this study, the toxic element concentrations of the marine sediments of the Yenikapı (Istanbul) coast were determined by LIBS (Laser Induced Plasma Spectroscopy) technique. Six samples of core sediment were taken from the region for analysis. The samples were brought to the laboratory and made ready for analysis. The area is open to pollution from boat waste, fishing waste and domestic waste water. The LIBS method has advantages such as faster results than all other conventional methods, being portable, low analysis costs, not being damaged of sediments, reused after analysis, and short preparation process, and it is an important and practical technique for determining elements of natural and anthropogenic origin. The method is used in many fields such as environment, geology, forensic medicine, food, health and it has been found to give accurate and fast results. The analysis results obtained with the LIBS method give the probability of the elements in that sample as a% value. Analysis does not provide the amount of elements in the sample. Although this is seen as a disadvantage, this method gives very useful results for practical and preliminary research. In this study, ECCO®2 branded LIBS machine was used. The heavy metal distribution of six sediment samples taken from the Yenikapı region is shown by graphs. According to LIBS analysis results, it was seen that the distribution of elements such as Fe, K, Li, Sr, Zn and Mg was higher in percentage. All elemental data obtained were examined by the basic component analysis (PCA) method in the literature. Thanks to this analysis, the contribution of each variable to the content of the sediment has been tried to be revealed. Analyzes showed 83.39% discrimination for six samples taken from the region. It has been determined that Fe, Al, Mn, Ca, K, Na and Zn elements contribute more in the composition of sediment samples. The contents of six samples taken from the region were found to be similar. Elemental compositions of marine sediments were revealed in the study area. As a result of the analysis, it was seen that LIBS method can be used on sediment samples.

Keywords: LIBS, Sediment, Marmara Sea, Yenikapı, PCA.

Yenikapı (İstanbul) Deniz Sedimalarının Ağır Metal Dağılımının Libs Yöntemi İle Belirlenmesi

Öz

Bu çalışmada, Marmara Denizi Yenikapı (İstanbul) kıyısındaki denizel sedimanların toksik element konsantrasyonları LIBS (Laser Induced Plasma Spectroscopy) tekniği ile belirlenmiştir. Analiz için bölgeden altı adet yüzeysel sediman numunesi alınmıştır. Numuneler laboratuvar ortamına getirilerek analiz için hazır hale getirilmiştir. Bölge tekne atıklarından, balıkçılardan ve evsel atık sularından kirlenmeye açıktır. LIBS yöntemi, diğer tüm geleneksel yöntemlerden daha hızlı sonuç alma, taşınabilir olması, düşük analiz maliyetleri, numunenin analiz sırasında hasar görmemesi ve tekrar kullanılması ve kısa hazırlık süreci gibi avantajlara sahiptir. Doğal jeolojik yapının ve antropojenik kaynakların bileşiminin belirlenmesi için önemli ve pratik bir tekniktir. Yöntem çevre, jeoloji, adli tıp, gıda, sağlık vb. birçok alanda kullanılmaktadır ve doğru ve hızlı sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. LIBS yöntemi ile elde edilen analiz sonuçları o numunedeki elementlerin olasılığını % değer olarak verir. Analiz, numunedeki elementlerin miktarını sağlamaz. Bu bir dezavantaj olarak görülse de bu yöntem pratik ve ön araştırmalar için oldukça faydalı sonuçlar vermektedir. Bu çalışmada ECCO®2 markalı LIBS cihazı kullanılmıştır. Yenikapı bölgesinden alınan altı sediman örneğinin ağır metal dağılımı grafiklerle gösterilmiştir. LIBS analiz sonuçlarına göre Fe, K, Li, Sr, Zn ve Mg gibi elementlerin dağılımının yüzde olarak daha yüksek olduğu görülmüştür. Elde edilen tüm veriler, temel bileşen analizi (PCA) yöntemi ile incelenmiştir. Bu analiz sayesinde her değişkenin sedimanın içeriğine katkısı ortaya çıkarılmaya çalışılmıştır. Analizler, bölgeden alınan altı numune için % 83.39 ayırım göstermiştir.

* Corresponding Author: melike21once@gmail.com

Sediman numunelerinin bileşiminde Fe, Al, Mn, Ca, K, Na ve Zn elementlerinin katkısının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Bölgeden alınan altı numunenin içeriği birbirine benzer bulunmuştur. Çalışma alanında denizel sedimanların elementel kompozisyonları ortaya konmuştur. Analiz sonucunda, LIBS yönteminin sediman örneklerinde kullanılabileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: LIBS, Sediman, Marmara Denizi, Yenikapı, PCA.

1. Introduction

Investigation of marine sediments in marine pollution studies has been one of the most important issues in recent years. Marine sediments form a habitat for living creatures that live in the sea connected to sediments and at the bottom. Therefore, it is very important to identify and monitor the pollution in the sediment. Heavy metals are one of the most important pollutant parameters in marine sediments. Heavy metals accumulate in the environment in which they are found because they cannot be physically, chemically and biologically degraded in nature. Surface waters, industrial wastewater, solid waste seepage waters, atmospheric transport, ship traffic and Natural Resources (geological structure, thermal waters, mineral deposits, etc.) heavy metal is mixed into the marine environment. Heavy metals that cannot be broken down either form new compounds with different elements or ionize. While these processes continue, the water column circulates between the sediment and the living body and accumulates in the area where it collapses [1, 2, 3, 4]. Traditional methods (ICP-OES, ICP-MS, XRF, etc.) has been used in many studies for many years in the determination of heavy metals [5, 6, 7, 8, 9].

Although these methods have many advantages, disadvantages such as long preliminary processes, damage to the sample, inability to be portable, practical methods have been investigated. The LIBS method has been a preferred method in many areas in recent years, as it is portable and does not require pre-processing. LIBS method is used in many different fields such as environment, geology, food, medicine, forensic medicine [10, 11, 12, 13, 14, 15, 16]. Although the LIBS method is used in many areas, its use in marine sediment analysis is quite new. In this study, the elemental analysis of the marine sediment samples taken from the Yenikapı (Istanbul) coast was done by LIBS method and the distribution of heavy metals was investigated. Thanks to this distribution, the pollution potential of the region has been investigated. In addition, the LIBS method for determining toxic elements in the field of study was used for the first time in this study. And LIBS analysis has been shown to be usable in toxic element analysis. By applying PCA analysis to the results of LIBS analysis, the interpretation of the results has been made easier. PCA accepts the original data as a set of linear variables and tries to reveal the contribution of each variable to the basic component.

2. Material and Method

2.1. Sample Collection

In this work, six core sediments samples have been examined. Samples were taken from Yenikapı (Istanbul) coast. Samples were collected by core box method. The soil samples were selected on the basis of their representativity of

investigation area. The coordinates of the samples are given in Table 1 and the location map are shown in Figure 1.



Figure 1. Investigation location map

2.2. LIBS Analysis

Laser Induced Plasma Spectroscopy (LIBS) is a method of optical emission spectroscopy used for multiple analysis of elements. This method is able to make elemental analysis of all conductive and nonconductive substances [17, 18, 19]. In the analysis, the laser beam emanating from a high energy laser source is focused on the sample surface with various optics. The high-energy laser beam creates a spark where it is focused and evaporates the parts in the sample, causing it to decompose into neutral, ions and atoms and form plasma. The plasma formed on the surface is transmitted to the spectrometer by a collector lens. Atomic lines in the spectrum are analyzed by correlating with elements, and the intensity of atomic lines is correlated with elemental concentration. Approximately 0.1 microseconds after plasma formation, first ionic diffusion and then atomic diffusion can be detected from the elements. Calibration curves are usually drawn when determining the concentration of any element in the sample. The slope of this curve gives information about the sensitivity of the method [20, 21, 22]. The optimum instrumental parameters for soil analysis have been obtained when repetition rate, t_d , and t_w equaled 10 Hz, 1 μ s, and 10 μ s, respectively. Standard reference material (SRM-2586) has been used to prepare pellets for the parameter analysis [23, 24].

Sample preparation and Measurement: For elemental analysis, 25 g of samples were taken from each core from sediment samples. The sediment samples taken were placed in a specially made pellet container with 20-25 gr and compressed in the press machine under a pressure of about 100 bar for 5 seconds. This shape of the samples is called "pellet". Standard reference material (SRM-2586) was used to prepare pellets for the parameter analysis. The pelleted samples were placed in sealed bags and sent for LIBS analysis [16].

3. Results and Discussion

3.1. Evaluation of LIBS Analysis Results

Analysis of sediment samples was carried out by LIBS technique. There are approximately 18 elements determined by LIBS technique in sediment samples. Looking at the results of the LIBS analysis, the distribution of elements such as Fe, K, Li, Sr and Mg was found to be higher in percentage terms. When the comparison is made, the observed differences are due to random and systematic errors in the measurements made, and since these differences are very small, it can be said that the results are in harmony.

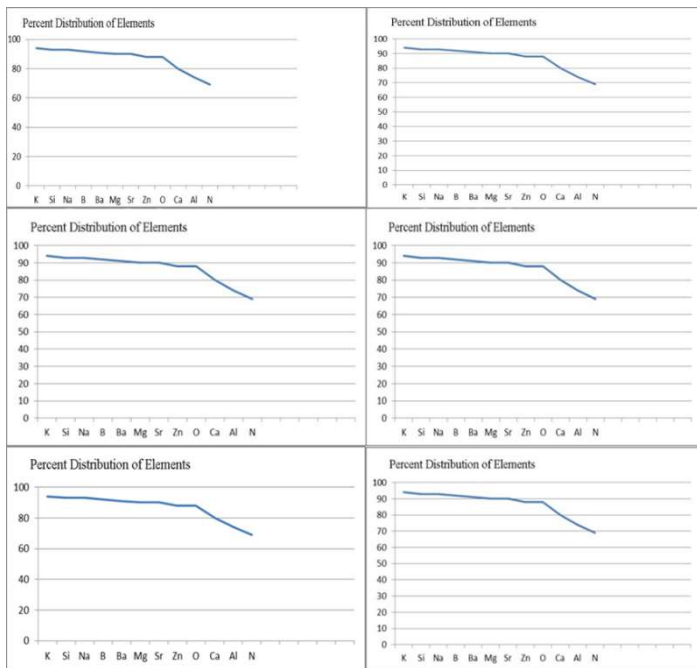


Figure 2. Percentage distributions of the elements of the first, second, third, fourth, fifth and sixth samples

The results obtained in this study show that the LIBS technique applied in determining the heavy metal in sediments is successful. Elemental distributions of LIBS analysis results of six samples are shown in Figures 2, 3 and 4.

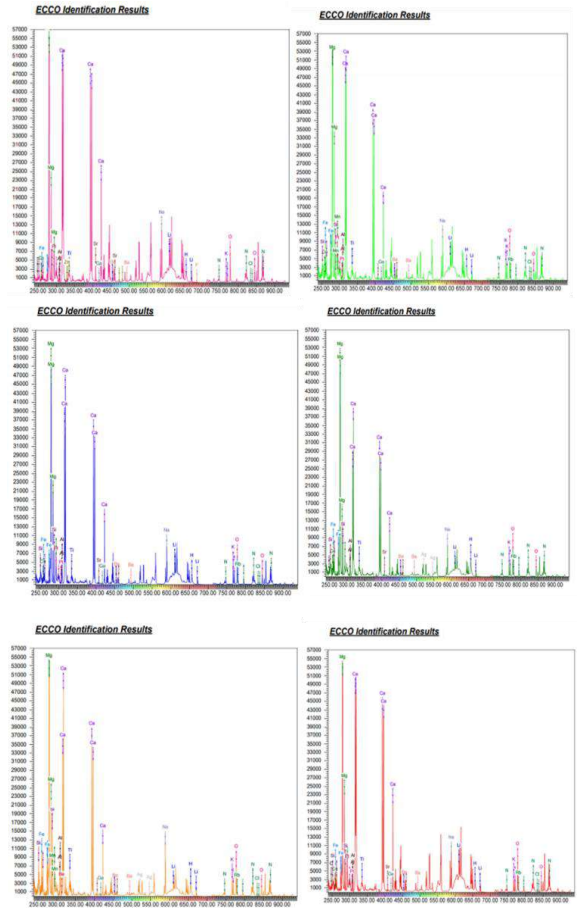


Figure 3. Spectra of the first, second, third, fourth, fifth and sixth samples

According to LIBS analysis results, the distribution of elements such as Fe, K, Li, Sr and Mg was found to be higher in percentage. The differences observed in comparison are due to random and systematic errors in the measurements made, and since these differences are very small, we can say that the results are in harmony.

Table 1. Comparison of the elements obtained in LIBS analysis

Rate	Sample 1	Sample 2	Sample 3
Mg (279.55) / Ca (317.93)	1.114	1.044	1.12
Mg (285.21) / Si (263.13)	13.194	6.003	6.736
Mg (285.21) / Fe (259.94)	6.986	3.729	3.947
Ca (534.95) / Pb (405.78)	6.026	2.65	5.483
Fe (438.35) / Mn (403.31)	7.177	5.392	5.632
Si (413.09) / Sr (407.77)	.02	.348	.155
Na (589) / Ca (558.88)	.793	1.005	1.093
Na (589) / Li (610.37)	2.318	2.493	2.907
Li (670.79) / F (685.6)	71.019	126.34	124.568
K (766.49) / N (862.92)	2.446	5.763	4.573
N (821.63) / O (777.42)	.38	.39	.389
Rate	Sample 4	Sample 5	Sample 6
Mg (279.55) / Ca (317.93)	1.399	1.078	1.115
Mg (285.21) / Si (263.13)	3.127	3.574	6.814
Mg (285.21) / Fe (259.94)	1.873	2.242	3.751
Ca (534.95) / Pb (405.78)	2.97	2.73	5.426
Fe (438.35) / Mn (403.31)	9.799	8.437	5.013
Si (413.09) / Sr (407.77)	.361	.556	.142
Na (589) / Ca (558.88)	1.504	2.239	.613
Na (589) / Li (610.37)	4.102	6.785	1.797
Li (670.79) / F (685.6)	57.987	77.268	72.722
K (766.49) / N (862.92)	4.629	5.451	4.359
N (821.63) / O (777.42)	.387	.383	.378

Table 3. Relationships between element data detected in samples obtained from the study area

Element	1. Sample	2. Sample	3. Sample
Fe	0,748772	1,26141	0,9895
K	1,013045	1,1926	0,93084
Li	0,748772	1,055	0,75484
Sr	1,079113	0,77978	0,87217
O	0,616636	0,71097	0,57884
Si	0,682704	0,57337	0,63751
Mg	0,616636	0,29815	0,57884
Ca	-0,11011	0,22935	0,34417
Ba	0,418431	-0,11467	0,28551
Na	0,4845	-0,25228	-0,3598
Al	-0,969	-0,5275	-0,4185
N	-0,969	-0,5963	-0,2425
Cl	-0,90293	-1,21554	-2,2958
H	-2,15823	-2,10999	-1,7678
Ti	-1,29934	-1,28434	-0,8878
Element	4. Sample	5. Sample	6. Sample
Fe	0,82752	0,87319	0,8849
K	0,78709	0,83174	0,8849
Li	0,70622	0,74884	0,76275
Sr	0,58493	0,66595	0,59988
O	0,50406	0,5416	0,6406
Si	0,46363	0,6245	0,6406
Mg	0,62536	0,3758	0,47774
Ca	0,26146	0,29291	0,11129
Ba	0,4232	-0,2045	0,11129
Na	-0,02156	-0,0801	-0,0109
Al	-0,18329	-0,1216	-0,133
N	-0,30459	-0,2874	-0,2144
Cl	-3,01358	-3,0645	-0,7437
H	-1,11325	-1,0335	-1,0695
Ti	-0,54719	-0,163	-2,9424

3.2. PCA Analysis and Results

Basic Component Analysis (PCA); It is one of the multivariate data analysis techniques used to reduce the size of data. In this technique, the total variation in the data set is explained through new 'principal components' that allow the original variables to be restated in several linear combinations and have no correlation between them. The best result is obtained with PCA when the variables that make up the data set have the highest negative or positive correlation with each other [25].

Table 2: PCA analysis results

PC	Eigen value	%Variance
1	5.00339	83.39
2	0.698365	11.639
3	0.206004	3.4334
4	0.0644832	1.0747
5	0.0218634	0.36439
6	0.005896	0.098267

In this study, basic Component Analysis (PCA) was used as a separation layer in order to reduce the number of variables and separate samples into groups. When the PCA analysis is performed, the contribution of the matching values of the elements that should be selected as components is 0%, that is, if it is not detected on the sample, it weakens the discrimination power of the PCA analysis. This is because the role of selected components in PCA analysis is quite large. Analysis results were carried out with PCA analysis techniques and the discrimination power of 83.39% was achieved.

The chart of the Eigen values is given in Figure 8. Using Eigen values, there are factors to be interpreted in PCA analysis. This factors greater than 1 are considered significant, and factors less than 1 are not considered.

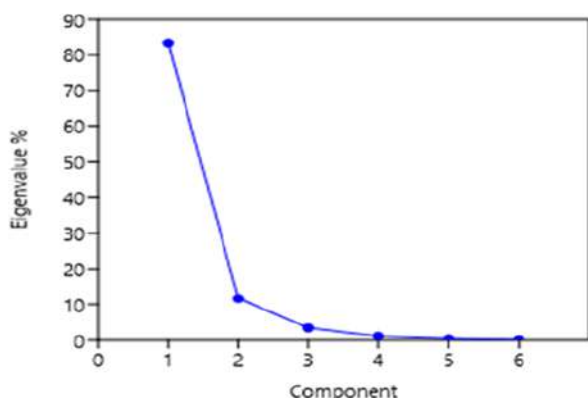


Figure 4. Scree Plot Chart

The total variance associated with each factor is shown in the Scree Plot chart. Break occurred after the 2nd point in the graph. And a certain decrease has been observed. Hence, the factor number was determined as one. No significant downward trend is seen after three and other factors. In other words, the contributions of the three and the following factors to the variance are close to each other.

According to the PCA results, the fact that these elements are in the same factor (F1) indicates that they enter the system from the same source. As is known, the high correlations observed between specific heavy metals are an indication that they are being discharged into the system from the same sources [26, 27, 28].

4. Conclusions and Recommendations

In the study, emission lines of Al, Ca, Fe, K, Mg, Mn, Na, Zn and Si were determined in all samples. Principal component analysis (PCA) was applied to LIBS spectra of the samples. Thanks to the principal component analysis, data that do not affect the composition are reduced. All variances for all items are included in the analysis. According to analysis result most of the examples showed a similar emission pattern. Looking at the analysis of sediments, the impact of external factors on the ecosystem is the possible cause of the observed anomalies. The combination of LIBS with multivariate data analysis has been suitable for the rapid detection of abnormal metal compositions in marine sediments.

5. Acknowledge

The authors thank to the Yıldız Technical Universty for the geochemical analysis and Formkar Metal Co. Ltd., which finances the removal of the core samples.

References

- [1] E. Kam & M. Önce, "Pollution Potential Of Heavy Metals In The Current Sea Sediments Between Bandırma (Balıkesir) And Lapseki (Çanakkale) In The Marmara Sea", *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*, 3,141-148, 2016.
- [2] J. H. Duffus, "Heavy Metals A Meaningless Term, (IUPAC Technical Repoer)", *Pure Applied Chemistry*, 74 (5), 793-807, 2002.
- [3] Ö. Kahvecioğlu, G. Kartal, A. Güven, & S. Timur, "Environmental Effects of Metals" , *Journal of Metallurgy*, 136, 47-53, 2004.
- [4] Ş. Şener, "Geology for the environment, Environmental effects of heavy metals", *SDU Department of Geological Engineering*, 2000.
- [5] Z.U. Yümün & E. Kam, "Ecological analysis of heavy metal and radioactivity potential of Holocene sediments in İznik Lake", *Nükleonika*, 64(3), 103-109, 2019.
- [6] Z.U. Yümün, "The effect of heavy metal pollution on foraminifera in the western Marmara Sea (Turkey)", *Journal of African Earth Science*, 129, 346-365, 2017.
- [7] Z.U. Yümün & M. Önce, "Monitoring heavy metal pollution in foraminifera from the Gulf of Edremit (Northeastern Aegean Sea) between İzmir, Balıkesir and Çanakkale (Turkey)", *Journal of African Earth Science*, 130, 110-124, 2017.
- [8] M. Dell'Aglio, R. Gaudioso, G.S. Senesi, A. De Giacomo, C. Zaccone, T.M. Miano, & De Pascale, "Monitoring of Cr, Cu, Pb, v and Zn in polluted soils by laser induced breakdown spectroscopy (LIBS)", *J. Environmental Monitoring*, 13, 1422-1426, 2011.
- [9] J. Harte, C. Holdren, R. Schneider, & C. Shirley, "Toxics A to Z, A Guide To Every Day Pollution Hazards", *University of California Pres, Oxford, England*, 478, 1991.
- [10] F. Capitelli, F. Colao, M.R. Provenzano, R. Fantoni, G. Brunetti, & N. Senesi, "Geoderma Determination of heavy metals in soils by Laser Induced Breakdown Spectroscopy" 106, 45-62, 2002.
- [11] J.M. Anzano, M.A. Villoria, A. Ruiz-Medina, & R.J. Lasheras, "Laser-induced breakdown spectroscopy for quantitative spectrochemical analysis of geological materials: Effects of the matrix and simultaneous determination", *Analytical Chimica Acta*, 575 (2), 230-235, 2006.
- [12] S. Pandhija, N.K. Rai, A.K. Rai, & S.N. Thankur, "Contaminant Concentration in Enviromental Samples Using LIBS and CF-LIBS", *Applied Physics B*, 98, 231-241, 2010.
- [13] G. Kim, J. Kwak, K. R., Kim, H. Lee, K. W. Kim, H. Yang, & K. Park, "Rapid detection of soils contaminated with heavy metals and oi ls by laser induced breakdown spectroscopy (LIBS)", *Journal of Hazardous Materials*, 263, 754-760, 2013.
- [14] M. H. Velioglu, B. Sezer, G. Bilge, S.E. Baytur, & I.H. Boyacı, "Identification of Offal Adulteration in Beef by Laser Induced Breakdown Spectroscopy", *Meat Science*, 138, 28-33, 2018.
- [15] Z. U. Yümün, E. Kam, & M. Once, "Analysis of Toxic Element with Icp-Oes and Libs Methods in Marine Sediments Around the Sea of Marmara in Kapıdağ Peninsula", *Journal of Engineering Technology and Applied Sciences*, 4 (1), 43-50, 2019.
- [16] Z. Ü. Yümün, & E. Kam, "Analysis and Correlation of Element Concentrations of Marine Sediments between Silivri (İstanbul) and Çanakkale Strait with ICP-OES and LIBS Methods", *European Journal of Science and Technology*, 17, 951-958, 2019.
- [17] F.Y. Yueh, R.C. Sharma, J.P. Singh, H.S Zhang, & S. William, "Evaluation of the potential of laser-induced breakdown spectroscopy for detection of trace element in liquid", *Journal of the Air & Waste Management Association*, 52 (11), 1307-1315, 2002.
- [18] M.E. Hawley, T.J. Jackson, R.H. McCuen, "Surface soil moisture variation on small agricultural watersheds", *J. Hydrol*, 62, 179-200, 1983.
- [19] R. Harmon, R. Russo, R. Hark, "Applications of laser-induced breakdown spectroscopy for geochemical and environmental analysis" *Spectrochimica Acta Part B*, 64, 16-26, 2013.
- [20] M.Z. Martin, & M.D. Cheng, "Detection of chromium aerosol using time-resolved laser-induced plasma spectroscopy", *Applied Spectroscopy*, 54, 1279-1285, 2000.
- [21] B.C. Castle, K. Talabardon, B.W. Smith & J.D. Winefordner, "Variables influencing the precision of laser-induced breakdown spectroscopy measurements", *Applied Spectroscopy*, 52 (5), 649-657, 1998.
- [22] E. Benjamin Naes, "Elemental Analysis of Glass and Ink by Laser Ablation Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (LA-ICP-MS) and Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS)", *FIU Electronic Theses and Dissertations*, 207, 2009.
- [23] N. Yang, "Elemental Analysis of Soil Using Laser-Induced Breakdown Spectroscopy", *University of Tennessee, Master Theses*, 2009.
- [24] D. A. Rusak, B.C. Castle, B.W. Smith, & J.D. Winefordner, "Fundamentals and Applications of Laser Induced Breakdown Spec troscopy", *Crit. Rev. Anal. Chem*, 27, 257-290, 1997.
- [25] V. Cañeque, C. Perez, S. Velasco, M.T. Diaz, S. Lauzurica, I. Alvarez, F. Ruiz de Huidobro, E. Onega, J. De la Fuente, "Carcass and Meat Quality of Light Lambs Principal Component Analysis", *Meat Science*, 67, 595-605, 2004.
- [26] L. Hakanson, M. Jansson, "Principles of Lake Sedimentology", *Springer Verlag*, 1983.
- [27] F.Y. Li, Z.P. Fan, P.F. Xiao, K. Oh, X.P. Ma, W. Hou, "Contamination, Chemical Speciation and Vertical Distribution of Heavy Metals in Soils of an Old and Large Industrial Zone in Northeast China", *Environmental Geology*, 54, 1815-1823, 2009.
- [28] A. M. Imam, M. S. Aziz, K. Chaudhary, Z. Rizvi, & J. Ali, "Libs-PCA based discrimination of Malaysian coins", *Journal of Physics, Conference Series PAPER*, 2018.



Doğu Akdeniz'de Yayılış Gösteren *Microtus subterraneus* Kısakulaklı Farenin (Rodentia: Cricetidae)'nin Ekolojik Tercihleri

Mustafa Yavuz

Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Antalya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2104-741X), myavuz.akd@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.846971)

ATIF/REFERENCE: Yavuz, M., (2021). Doğu Akdeniz'de Yayılış Gösteren *Microtus subterraneus* Kısakulaklı Farenin (Rodentia: Cricetidae)'nin Ekolojik Tercihleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 65-70.

Öz

Bu çalışmada 2009-2010 yıllarında Doğu Akdeniz Bölgesi'nde yaşayan *M. subterraneus* popülasyonlarının tercih ettiği habitatın karakteristik ve ekolojik özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada, 13 farklı lokaliteden bu türe ait 171 (70 ♀♀ + 101 ♂♂)'i ölü ve 119 (48 ♀♀+71 ♂♂) canlı olmak üzere toplam 290 örnek yakalanmıştır. Analizler neticesinde örneklerin ölü ve canlı olarak yakalanma frekansları bakımından eşeyler arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulunmuştur ($\chi^2_{ölü} = 17.79$, $df= 1$, $p=0.001$ ve $\chi^2_{canlı} = 15.83$, $df= 1$, $p=0.001$). Erkek örnekler dişi bireylere oranla daha çok yakalanmışlardır. Tür mesik karakterli habitatları tercih etmesine rağmen bu tip formasyonlara komşu karışık habitatlarda da buldukları görülmüştür. Yakalanan ölü örneklerin 142 (% 83.04) 'si, canlı örneklerin ise 85 (% 71.43)'i 31-60°'lik eğimli alanlardan yakalanmıştır. Bu eğim aralığında popülasyon yoğunlukları da en yüksek seviyede bulunmuştur. Ayrıca türün yakın akraba türler gibi yuvalarını çoğunlukla güneş alan bakılara yaptığı, güneş alan yönlerin daha fazla oranda tercih edildiği görülmüştür. Ölü olarak yakalanan örneklerin 129 (% 75.44)'unun ve canlı yakalanan örneklerin 111 (% 93.28)'inin, popülasyon yoğunluğunun ise 508 (% 83.83)'inin güney, güneydoğu ve güneybatı yönünde olduğu görülmüştür. Bu çalışma bu bölge için bu kapsamdaki ilk kayıtları oluşturmaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Microtus subterraneus*, Rodentia, Doğu Akdeniz, eğim, baki, sıcaklık

Ecological Preferences of the European Pine Vole *Microtus subterraneus* (Rodentia: Cricetidae), Distribute in the Eastern Mediterranean Region

Abstract

In this study, were investigated the characteristic and ecological features of the habitat preferred by *M. subterraneus* populations living in the Eastern Mediterranean Region between 2009-2010. In the study, a total of 290 specimens, 171 (♀♀101) of this species were caught dead and 119 (♀♀48 + ♂♂71) alive from 13 different localities at the region. As a result of the analysis, statistically significant differences were found between the sexes in terms of the frequency of catching dead and alive samples ($\chi^2_{dead} = 17.79$, $df= 1$, $p=0.001$ ve $\chi^2_{alive} = 15.83$, $df= 1$, $p=0.001$). Male specimens were caught more than females. Although the species prefers habitats with mesic character, it has been observed that they are also found in mixed habitats adjacent to this type of formations. 142 (83.04%) of the dead specimens and 85 (71.43%) of the alive specimens were caught from the areas with slopes of 31-60°. Population densities were also at the highest level in this slope range. In addition, it has been observed that the species, like closely related species, make their nests mostly in the sun-exposed areas, and the sunny directions are more preferred. It was observed that, 129 (75.44%) of the samples which was caught dead and 111 (93.28%) of the samples caught alive, and the population density of 508 (83.83%) were in the south, southeast and southwest direction. This study constitutes the first records in this scope for this region.

Keywords: *Microtus subterraneus*, Rodentia, Eastern Mediterranean, slope, direction, temperature

1. Giriş

Hayvanların ekolojik istek ve tercihlerinin bilinmesi onların nişlerinin daha iyi anlaşılmasının yanında, ilişkili türlerin durumlarının daha iyi anlaşılmasında önemli rol oynar. Akdeniz Bölgesi dikkate alındığında; *Microtus subterraneus* (Selys-Longchamps, 1836) türünün çayırarda, bahçelik alanlarda ve tarım alanlarına yakın yerlerde yayılış gösterdiği bilinmektedir (Kryštufek ve Vohralik, 2005). Yeraltında görece sığ yuvalarda (30-40 cm derinliklerde) kazdıkları tünellerde koloniler halinde yaşamaları, böylece kış şartlarına ve kuraklık gibi ekstrem durumlara dayanıklı olmaları nedeniyle Cricetidae ailesi içerisinde dikkat çekmektedirler. Tarım alanlarına yakın yaşamaları ve herbivor beslenme tercihleri nedeniyle potansiyel olarak tarım zararlısı olabilirler. Tarım ürünleri üzerinde etkili olmaları nedeniyle ekonomiye etkileri de söz konusudur. Ülkemiz gibi tarımın önemli bir ekonomik kaynak olduğu yerlerde etkili tarım politikalarının ve stratejilerinin geliştirilmesinde bu türlerin ekolojik tercihlerinin bilinmesi hayati önem taşımaktadır. Günümüzde; zararlılarla mücadelede verilen zararın bilinmesinden çok, zararlıların yaşam alanlarının, yaşam döngülerinin, ekolojik ve etholojik özelliklerinin bilinmesinin daha önemli olduğu anlaşılmıştır.

Bu kapsamda türün yakın akrabalarından *Microtus guentheri*, *Microtus levis* ve *Microtus anatolicus* gibi türlerin ekolojik tercihleriyle ilgili çalışmalar (Yavuz ve ark., 2010, 2011a ve b, Yavuz ve Tunç, 2016) bulunmasına rağmen, *M. subterraneus* ile ilgili çalışmalar (Çolak ve ark. 1998) oldukça sınırlıdır. Bu çalışmalar incelendiğinde; türün ekolojisiyle ilgili detaylı verilere rastlanılmamaktadır. Özellikle türün habitat eğimi, yuvaların yapıldığı habitatların yönleri (bakı), sıcaklık ilişkileri vb. ekolojik değişkenlerle ilgili veriler yer almamaktadır.

Bu çalışma ile türün ekolojik tercihlerinin, bölgede yaşadığı habitatların genel özelliklerinin, tercih ettiği eğim derecelerinin ve seçtiği yönlerin neler olduğu araştırılmıştır. Bu veriler çalışılan lokaliteler ve kapsamı itibariyle ilk kayıt olma niteliğindedir.

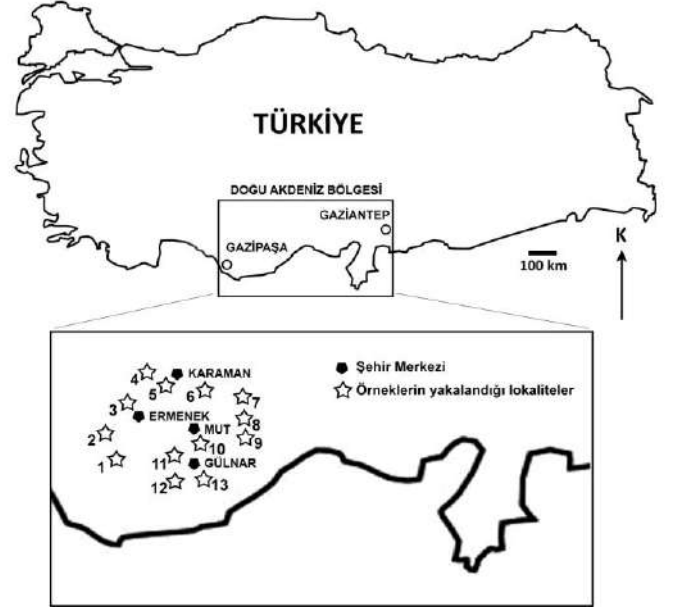
2. Materyal ve Metot

2.1. Arazi Çalışmaları ve Uygulama Düzeni

Bu çalışma Doğu Akdeniz Bölgesi'nde (Gazipaşa ilçe sınırı-Gaziantep il sınırı arasında kalan kısım) yayılış gösteren *Microtus subterraneus* türüne ait populasyonların yaşadığı habitatların bazı ekolojik ve biyotaksonomik özelliklerini araştırmak amacıyla, 2009-2010 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada incelenen 52 lokaliteden, sadece 13 farklı lokalitede *M. subterraneus* türüne ait 171 (70 ♀♀ + 101 ♂♂)'i ölü ve 119 (48 ♀♀+71 ♂♂)'u canlı olmak üzere toplam 290 örnek yakalanmıştır (Şekil 1).

Örneklerin yakalanması amacıyla sahada yapılan çalışmalarda her periyotta 100 adet yaylı ve 50 adet shermann tipi canlı örnek yakalama kapanları kullanılmıştır. Bu kapanlar arazinin eğimi (iki grup olarak ele alınmıştır: 0-45 ve 46-90°) ve bakı durumları (Güney= Güney, Güneydoğu, Güneybatı ve Kuzey= Kuzey, Kuzeydoğu ve Kuzeybatı) dikkate alınarak her 10 m² ye 1 kapan gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Buna göre; yaylı kapanlardan 50 tanesi sahaya ulaşılan günün akşamı (güneş

batmadan iki saat önce), diğer 50'si ertesi günün sabahı yerleştirilmiş ve akşam güneş batmadan 2 saat önce (yarım gün sonra) kontrol edilmiştir. Shermann tipi kapanlar ise çalışma günün sabahı araziye yerleştirilip, ertesi günün sabahı (bir gün sonra) kontrol edilmişlerdir. Örnekleri kapanlara çekmek amacıyla kavrulmuş yer fıstığıyla çığnenerek hamur haline getirilmiş bir miktar buğday ekmeği kullanılmıştır (Yavuz ve ark., 2011a).



Şekil 1. Doğu Akdeniz Bölgesi'nde örneklerin yakalandığı lokaliteler

Çalışmada canlı yakalan örnekler populasyon yoğunluğu hesaplanmasında kullanılmışlardır. Bunun için, yakalanan örneklerin "Mark-Recapture Population Sampling Method of Lincoln-Peterson (Lincoln-Peterson'un işaretli-tekrar yakala populasyon örnekleme) metoduna göre sırt kılları boyanıp, yaklaşık 0,5 cm çapında bir daire şeklinde işaretlenerek serbest bırakılmışlardır. Bu uygulamada rastgele olarak yakalanan örneklerin tümünün sırt kılları boyanarak serbest bırakılmaktadır". Sonraki periyotta yine rasgele örnekleme uygun bir şekilde yakalanan tüm örneklerin kaç tanesinin işaretli olduğu tespit edilmektedir. En son olarak araştırılan her değişken için (bu çalışma için eğim ve bakı değişkeni olarak alınmıştır) ayrı ayrı belirlenen bu değerler aşağıdaki matematiksel eşitlikte yerlerine konulmakta ve istatistiksel analizlerde kullanılacak populasyon yoğunluğu verisi hesaplanmaktadır (Krebs, 1999; Pollock ve ark., 1990).

$$N = \frac{M \cdot C}{R}$$

Burada,

N= Hesaplanan populasyon büyüklüğü

M= İlk uygulama sırasında işaretlenen birey sayısı

C= İkinci uygulama sırasında yakalanan toplam birey sayısı

R= İkinci uygulama sırasında yakalanan işaretli birey sayısını ifade etmektedir.

2.2. İstatistiksel analiz

Veriler SPSS 20.0, IBM paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Gruplar yazım kolaylığı sağlanması ve karmaşıklığı azaltması amacıyla metin içerisinde ölü (yaylı kapanla yakalanan örnekler için), canlı (sherman tuzaklarına

yakalanan örnekler için) ve PY (populasyon yoğunluğu) olmak üzere adlandırılmışlardır. Populasyon dinamikleri, eğim, bakı ve sıcaklık değişimleri arasındaki ilişkilerin irdelenebilmesi için kolaylık sağlaması açısından; eğim değerleri 0-45 ve 46-90° olmak üzere, bakı durumları ise Güney= Güney, Güneydoğu, Güneybatı ve Kuzey= Kuzey, Kuzeydoğu ve Kuzeybatı olmak üzere iki gruba ayrılmıştır. Her bir grup için veri dağılımlarının normal olup olmadığı Shapiro-Wilk Normal Dağılıma Uygunluk testi ile kontrol edilmiştir (Yavuz ve ark., 2010).

Sıcaklık verilerinin diğer değişkenlerle (eğim ve bakı) olan ilişkisini araştırmak amacıyla farklı eğimlerdeki sahalarda yer alan rastgele seçilen galerilerin giriş ve/veya çıkış deliklerinin içerisine yaklaşık 15 cm derinliğe doğrudan dijital termometreler yerleştirilmiştir. Yerleştirilen bu dijital termometreler ile aynı gün öğle 12⁰⁰-13⁰⁰ ile gece 23⁰⁰-24⁰⁰ saatleri arasında sıcaklık ölçümleri yapılmış ve kaydedilmiştir. Bunun yanında yuva deliklerine rastlanılmayan (81-90° lik eğimli yerler) sahalarda ise, toprak içine 15 cm derinliğe sokulan termometrelerle ölçüm yapılmıştır. Böylece elde edilen sıcaklık verileri üç ayrı grupta; gündüz, gece ve gündüz-gece farkı irdelenebilmiştir.

Türün ekolojisinin daha iyi anlaşılması ve varsa habitat tercihlerinin ortaya konulması, bu tercihlerin eğim değişkeniyle ilişkisinin araştırılmasında Pearson Korelasyonundan yararlanılmıştır. Ayrıca, her istatistiksel grup için ortalama yakalanma frekansları ve populasyon yoğunlukları bazında gruplar arasında fark olup olmadığı Student-t testinden yararlanılarak değerlendirilmiştir. Son olarak, bağımsız bir değişken olan sıcaklık verilerinin gruplar arasındaki farklılığının değerlendirilmesinde ise Tek Faktörlü Varyans Analizi (Oneway ANOVA) kullanılmıştır. Tüm istatistiksel analizlerde ve testlerde kabul edilebilir en yüksek yanılma payı p=0.05 olarak alınmıştır. Ayrıca her test için geçerli olası güvenirlilik düzeyi verilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Eşey Dağılımı ve Populasyon Yoğunluğu

Yapılan istatistiksel analizler sonucunda; eşeylerine göre örneklerin ölü ve canlı olarak yakalanma frekansları bakımından eşeyler arasında istatistiksel farklılık bulunmuştur (sırasıyla; $\chi^2_{ölü} = 17.79$, $df= 1$, $p=0.001$ ve $\chi^2_{canlı} = 15.83$, $df= 1$, $p=0.001$). Ölü örneklerin 123 (% 71.93)'ü ergin, 48 (% 28.07)'i genç bireylerden oluşurken, erginlerin 48 (%39.02)'i dişi ve 75 (%60.98)'i erkek, gençlerin ise 22 (% 45.83)'si dişi ve 26 (% 54.17)'si erkektir. Yani erkek bireyler dişi bireylere oranla daha çok yakalanmışlardır.

Canlı yakalanan 119 örneğin sırt kılları boyanıp işaretlenmiş ve sonra serbest bırakılmışlardır. Bırakılan bu 119 örnekten sonra, 56 (%47.06) örnek ise sonraki periyotta yakalanmıştır. Sonradan yakalanan örneklerin 11 tanesinin işaretli olduğu görülmüş olup, buna göre tür için PY (=populasyon büyüklüğü) yaklaşık 606 birey olarak hesaplanmıştır.

3.2. Ekolojik Tercihleri

3.2.1. Habitatın Genel Özellikleri

Çamlık Tarla Faresi öncelikli olarak mesik (verimsiz, kurak yada yarı kurak) karakterli habitatları tercih etmesine rağmen bu tip formasyonlara komşu karışık habitatlarda da bulunabilirler.

Yayılış alanları içinde *Alnus* sp., *Platanus* sp. ve yoğunlukla *Quercus* sp. türlerinden oluşan formasyonları görmek mümkündür. Daha yüksek rakımlar ve dağ eteklerinde çoğunlukla *Pinus* sp. *Quercus* sp. formasyonlarının olduğu habitatların kenarlarını tercih ederler. Yüksek ovalarda *Rubus* sp. gibi kurakçıl formlar ve konifer ormanlarının kenarlarında geniş yayılışları vardır (Kryštufek ve Vohralik, 2005). Türün yayılış alanında bulunan formasyonların sıklığı arttıkça PY düşmektedir.

Diğer taraftan, türün en yoğun olduğu alanların bu formasyon tiplerinin tarım alanlarıyla ve silvikültürel sahalarla kesiştiği dar zonlar olduğu görülmüştür. Yakalanan ölü örneklerin 124 (%72.51)'ü bu zonlardan yakalanmıştır. Buralarda yuvalanan populasyonun galerileri yakın formasyonların içine kadar uzanır. Oysa çayır-mera, yoğun taşlık-kayalık, yol kenarı vb habitat tiplerinde türün bireylerine rastlanmamıştır. Buldukları habitatlarda formasyon sık değil ise; özellikle eğimli alanlarda yayılış gösterirken, formasyon sık ve ışık geçirgenliği çok değilse, az da olsa düzlüklerde de rastlanmışlardır.

M. subterraneus türünün tercih ettiği habitatın genel görünümü aşağıda Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. *M. subterraneus* türünün tercih ettiği habitatın genel görünümü.

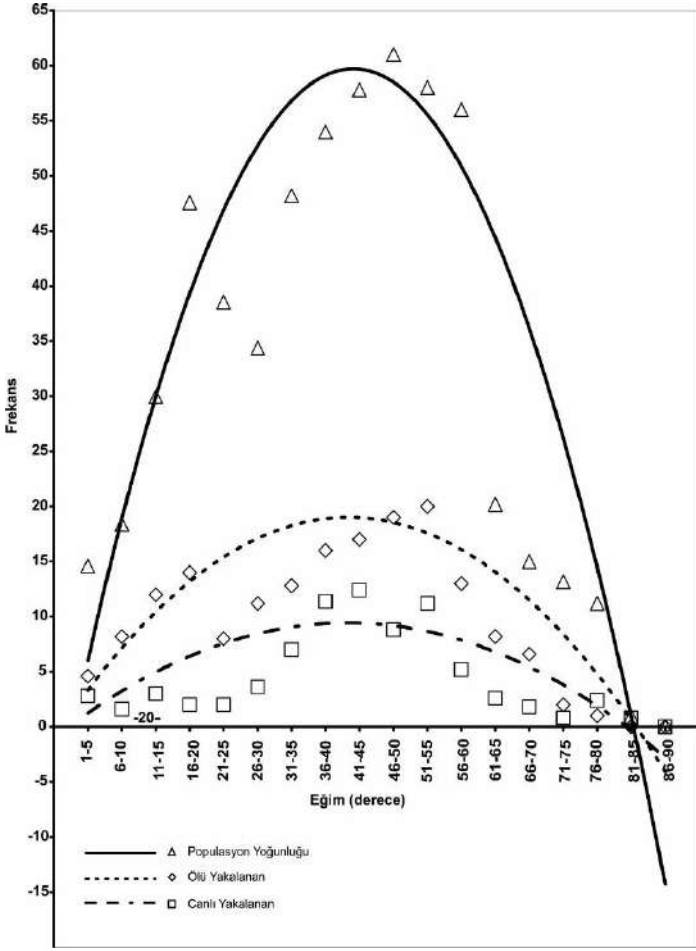
3.2.2. Habitatın Eğimi

Yakalanan ölü örneklerin 142 (% 83.04) 'si, canlı örneklerin ise 85 (% 71.43)'i 31-60° lik eğimli alanlardan yakalanmıştır. Bu eğim aralığında PY en yüksek bulunmuştur (Şekil 3).

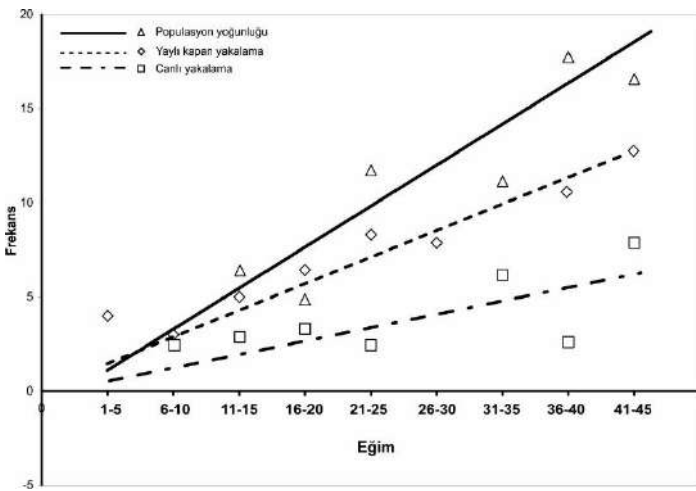
M. subterraneus populasyonları tarafından yuva yapımı için tercih edilen araziye ait eğim dereceleri ile PY, ölü ve canlı yakalanma frekanslarının ilişkileri Şekil 3-5'te verilmiştir. Buna göre; 0-45°lik eğime sahip alanlarda ölü ve canlı örneklerin yakalanma frekansları, PY ve eğim arasında pozitif korelasyonlar olduğu saptanmıştır (sırasıyla, $r_{ölü}=0.843$; $n=9$; $p<0.001$, $r_{canlı}=0.631$; $n=9$; $p<0.001$, $r_{py}=0.880$; $n=9$; $p<0.0001$). Diğer taraftan 46-90°lik eğimli alanlarda ise bu faktörler bakımından negatif korelasyon olduğu (sırasıyla, $r_{ölü}=-0.812$; $n=9$; $p<0.0001$, $r_{canlı}=-0.714$; $n=9$; $p<0.002$, $r_{py}=-0.955$; $n=9$; $p<0.0001$) bulunmuştur. Yani eğim 0-45° arasında arttıkça habitatın tercih edilme oranının arttığı, eğim 46-90° arasında arttıkça habitatın tercih edilme oranının düştüğü gözlenmiştir.

Diğer taraftan, iki eğim grubu arasında ölü ve canlı yakalanma frekansları ortalamaları (sırasıyla, $X_{ölü(0-45)}= 7.66\pm 0.615$, 5.68 ± 3.64 ; $X_{canlı(46-90)}= 6.61\pm 2.123$, 4.37 ± 2.300)

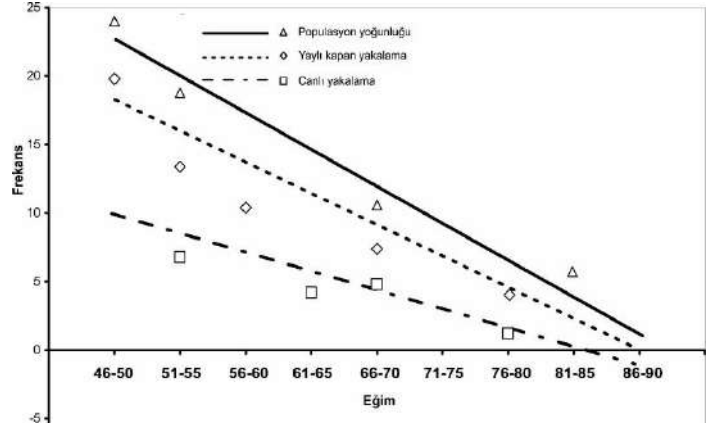
bakımından istatistiksel önemde bir farklılık bulunmamıştır ($t_{ölü}=0.25$; $df=15$; $p>0.793$, $t_{canlı}=0.118$; $df=18$; $p>0.944$).



Şekil 3. *M. subterraneus* tarafından kullanılan habitatlar için 0-90°'lik eğim grubu ile PY, ölü ve canlı yakalanma frekansları arasındaki ilişki



Şekil 4. *M. subterraneus* tarafından kullanılan habitatlar için 0-45°'lik eğim grubu ile PY, ölü ve canlı yakalanma frekansları arasındaki ilişki



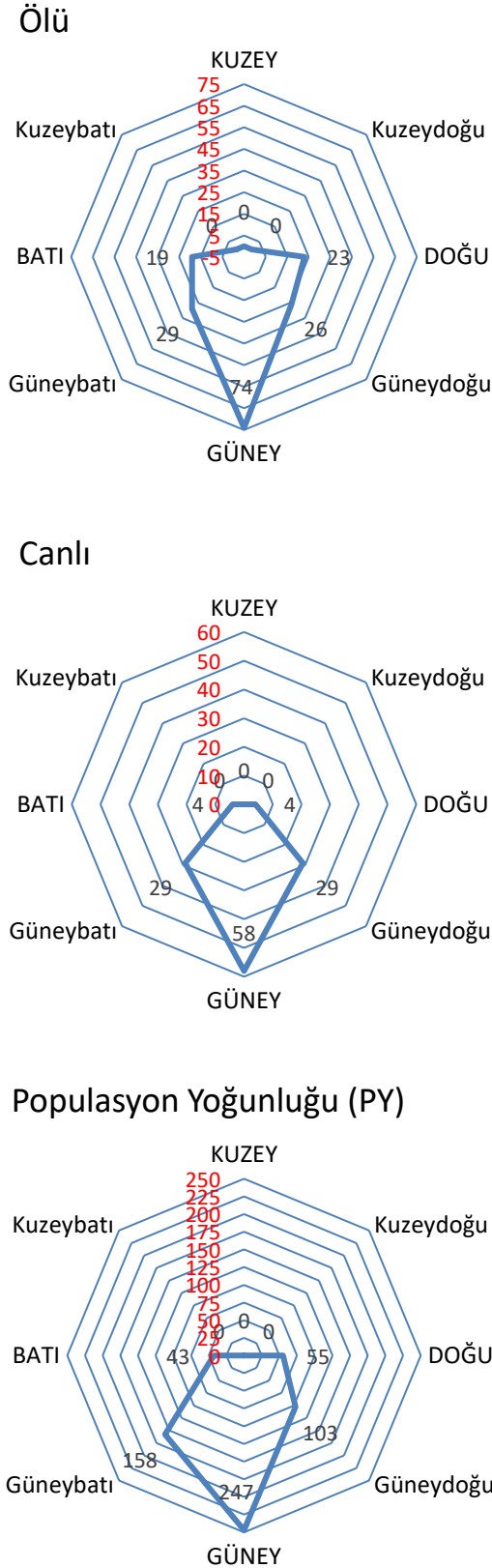
Şekil 5. *M. subterraneus* tarafından kullanılan habitatlar için 46-90°'lik eğim grubu ile PY, ölü ve canlı yakalanma frekansları arasındaki ilişki

3.2.3. Bakı Tercih ve Sıcaklık İlişkileri

Sahalarda yapılan çalışmalarda türün yuvalarını çoğunlukla güneş alan bakılara yaptığı, güneş alan yönlerin daha fazla oranda tercih edildiği görülmüştür. *M. subterraneus* yuvaların bakıları incelendiğinde; ölü olarak yakalanan örneklerin 129 (% 75.44)'unun ve canlı yakalanan örneklerin 111 (% 93.28)'inin, PY'nun ise 508 (% 83.83)'inin güney, güneydoğu ve güneybatı yönünde olduğu görülmüştür (Şekil 6). Ayrıca örneklerin yaylı kapana ölü olarak yakalanma frekansları ortalamaları ve PY ortalamaları bakımından kuzey ve güney bakıları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır (sırasıyla, $t_{ölü}=4.42$; $df=8$; $p<0.001$ ve $t_{py}=3.65$; $df=8$; $p<0.001$). Yine canlı yakalama frekansı bakımından kuzey bakılarından hiçbir örnek yakalanmamıştır.

Bakılara göre sıcaklık ilişkileri irdelendiğinde ise; Güney bakılar için 0-45°'lik eğim gurubunda eğim ile ortalama gündüz ve gece sıcaklıkları arasında çok güçlü pozitif bir korelasyon vardır (sırasıyla, $r_{gündüz}=0.921$; $p<0.001$, $r_{gece}=0.925$; $p<0.0001$). Oysa aynı grupta eğim ile ortalama gündüz-gece farkı arasında çok güçlü negatif bir korelasyon bulunmuştur ($r_{fark}= -0.912$; $p<0.001$). Diğer taraftan, 46-90°'lik eğim grubu için, eğim ile ortalama gündüz ve gece sıcaklıkları arasında çok güçlü negatif bir korelasyon vardır (sırasıyla, $r_{gündüz}=-0.888$; $p<0.001$, $r_{gece}=-0.896$; $p<0.01$). Oysa aynı grupta eğim ile ortalama gündüz-gece farkı arasında güçlü pozitif bir korelasyon bulunmuştur ($r_{fark}=0.845$; $p<0.01$).

Yine güney bakılar için; her iki eğim grubundan gündüz ve gece ölçülen ortalama sıcaklıklar ile gündüz-gece farkı ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuştur ($F_{gündüz}=46.511$; $df_1=8$; $df_2=710$; $p<0.0001$, $F_{gece}=75.001$; $df_1=8$; $df_2=710$; $p<0.0001$, $F_{fark}=148.202$; $df_1=8$; $df_2=710$; $p<0.0001$). Aynı zamanda gündüz ve gece 0-45°'lik eğim grubundan ölçülen değerler ile 46-90°'lik eğim grubundan ölçülen değerler arasındaki fark anlamlıdır ($t_{gündüz}=12.223$; $df=405$; $p<0.001$, $t_{gece}=9.116$; $df=405$; $p<0.001$, $t_{fark}=10.508$; $df=405$; $p<0.001$).



Şekil 6. *M. subterraneus* bireylerinin yaşadığı habitatların bakıları (yönleri) ile ölü ve canlı yakalanma frekansları yanında PY arasındaki ilişki

Kuzey bakılar için ise; 0-45°'lik eğim grubunda eğim ile ortalama gündüz ve gece sıcaklıkları arasında güçlü negatif bir korelasyon vardır ($r_{\text{gündüz}} = -0.664$; $p < 0.001$, $r_{\text{gece}} = -0.701$; $p < 0.001$). Oysa aynı grupta eğim ile ortalama gündüz-gece farkı arasında zayıf negatif bir korelasyon bulunmuştur ($r_{\text{fark}} = -0.203$; $p < 0.001$). Diğer taraftan, 46-90°'lik eğim grubu için, eğim ile ortalama gündüz sıcaklıkları arasında kısmen zayıf negatif bir korelasyon vardır ($r_{\text{gündüz}} = -0.288$; $p < 0.001$). Oysa aynı grupta eğim ile ortalama gece sıcaklıkları arasında zayıf bir ilişki bulunmuşken ($r_{\text{gece}} = -0.369$; $p < 0.001$), ortalama gündüz-gece farkı arasında güçlü negatif bir korelasyon bulunmuştur ($r_{\text{fark}} = -0.634$; $p < 0.001$).

Kuzey bakılar için; her eğim grubundan gündüz ve gece ölçülen ortalama sıcaklıklar ile gündüz-gece farkı ortalamaları arasındaki çeşitlilik önemli bulunmuştur ($F_{\text{gündüz}} = 33.217$; $df_1 = 8$; $df = 710$; $p < 0.0001$, $F_{\text{gece}} = 48.180$; $df_1 = 8$; $df = 710$; $p < 0.0001$, $F_{\text{fark}} = 25.633$; $df_1 = 8$; $df = 710$; $p < 0.0001$). Aynı zamanda gündüz ve gece 0-45°'lik eğim grubundan ölçülen değerler ile 46-90°'lik eğim grubundan ölçülen değerler arasındaki fark anlamlı bulunmuştur ($t_{\text{gündüz}} = 19.665$; $df = 405$; $p < 0.0001$, $t_{\text{gece}} = 18.001$; $df = 405$; $p < 0.0001$, $t_{\text{fark}} = 16.722$; $df = 405$; $p < 0.0001$).

Son olarak, güney ve kuzey bakılarından gündüz ve gece ölçülen ortalama sıcaklıklar ile gündüz-gece farkı ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır ($t_{\text{gündüz}} = 33.112$; $df = 405$; $p < 0.0001$, $t_{\text{gece}} = 38.415$; $df = 405$; $p < 0.0001$, $t_{\text{fark}} = 30.588$; $df = 405$; $p < 0.0001$). Yani kuzey bakılardaki sıcaklık değişimleri, güney yönlü bakılardakine oranla çok daha yüksektir. Ayrıca, kuzey bakılar, güney bakılara oranla çok daha soğuktur.

Türün habitlarındaki davranışları değerlendirildiğinde; eşeylere göre bireylerin ölü ve canlı olarak yakalanma frekansları bakımından cinsiyetler arasında istatistiksel farklılık bulunmuştur. Ancak bu durumdan kesinlikle populasyondaki erkek bireylerin daha yoğun oldukları anlamı çıkarılmamalıdır. Buradan elde edilecek sonuç erkek bireyler dişi bireylere oranla daha çok hareketli olup ve daha sık dışarıya çıkmaktadırlar. Bu nedenle erkekler dişilere oranlar daha çok risk altındadırlar. Buna benzer bulgular Yavuz ve ark., (2011a) tarafından yapılan çalışmada *M. levis* türü için tespit edilmiş olup, erkek bireylerin hareketlilik ve risk oranları yüksektir. Oysa Yavuz ve ark., (2010, 2011b) ve Yavuz ve Tunç (2016) tarafından yapılan diğer çalışmalarda; *M. guentheri* ve *M. anatolicus* türleri için eşeyler arasında bir farklılık bulunmamıştır. Dolayısıyla *M. subterraneus*'tan farklı olarak bu populasyonlardaki eşeyler arasındaki hareketlilik ve risk oranı benzer görülmektedir.

Habitat yapısı olarak ele alındığında *Microtus* cinsinin en yakın akrabalarından olan *Chionomys* cinsi üyelerinin daha çok kayalık alanlardaki açık alanlarda yaşamayı tercih etmekte olduğu (Ognev, 1964; Sidlovskij, 1976; Kratochvil, 1981 ve 1983; Krapp, 1982; Kryštufek ve Kovačić, 1989), nadiren de olsa orman içinde nemli biyotoplarda yaşadıkları söylenebilir. Genellikle verimsiz ve kurakçıl alanları tercih etmektedirler. *M. subterraneus* türü de büyük çoğunlukla bu tip biyotopları tercih etmektedir. Dolayısıyla bu tip biyotoplarda sympatrik olarak bulunma olasılıkları daha yüksektir. Diğer taraftan, doğrudan orman içinde ve orman sınırındaki biyotoplarda yaşadıkları görülmemiştir.

Türün tercih ettiği habitatların eğimi incelendiğinde; ölü ve canlı yakalanma frekanslarının 31-60°'lik eğimli alanlarda yüksek olduğu, hatta bu eğim aralığında populasyon yoğunluklarının da yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum

Yavuz ve ark., (2010, 2011a) ve Yavuz ve Tunç (2016)'un *M. guentheri* ve *M. levis* için yaptıkları çalışmada elde ettikleri bulgularla örtüşmektedir.

Bunun yanında türün güneş alan bakıldaki habitat ve biyotoplarda yuva yapmayı tercih etmesinin nedeni türün bir memeli hayvan olmasına ve memelilerinde homoitermal canlılar olmalarına bağlanabilir. Vücut sıcaklıklarını sabit tutmak zorunda olan homoitermal hayvanların güneş alan ve eğimli yuva alanlarının çok çabuk ısınıp, geç soğumasından kaynaklı olarak enerjetik bir avantajları ortaya çıkmakla birlikte, bu tip alanların tercihinde en önemli etmen olduğu söylenebilir (Yavuz ve ark., 2010). "Eğimli alanlarda toprak gün içinde güneşli peryot süresince güneş ışınlarını ve enerjiyi absorbe eder" (Porter ve ark., 2002). "Bu nedenle eğimli alanlar düz alanlara göre daha hızlı ısınır ve geç soğurlar. Toprak gece boyunca absorbe ettiği ısıyı yavaş yavaş bırakır. Sonuçta, eğimli alanlarda ortalama gündüz-gece sıcaklık farkı çok yüksek değildir" (Yavuz ve ark., 2010). "Bu durumda güney bakılı eğimli alanların yuva alanı olarak seçilmesi, vücut sıcaklığını sabit tutmak zorunda olan bir canlı için beklenen bir durumdur" (Yavuz ve ark., 2011a). Bu savlar bu türün tercihleri içinde geçerli görünmektedir.

5. Teşekkür

"Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi (BAP) tarafından 2009.01.0105.005 proje numarası ile desteklenmiştir" (Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu İzin, 08.01.2009 Tarih, Toplantı No:1, Karar No:06).

Kaynakça

- Çolak, E., Yiğit, N., Sözen, M., Özkurt, S., (1998). A study on taxonomic status of *Microtus subterraneus* (de Selys Longchamps, 1836) and *Microtus majori* Thomas, 1906 (Mammalia: Rodentia) in Turkey. *Turk. J. Zool.* 22, 119-129.
- Krapp, F., (1982). *Microtus nivalis* (Martins, 1842) Schneemaus. In: Niethammer, J. & Krapp, F. (eds.) Handbuch der Säugetiere Europas. Bd. 2/I. Rodentia II (Cricetidae, Arvicolidae, Zapodidae, Spalacidae, Hystricidae, Capromyidae). Akademische Verlagsgesellschaft, Wiesbaden, 261-283.
- Kratochvil, J., (1981). *Chionomys nivalis* (Arvicolidae, Rodentia). Acta Sc. Nat. Brno. 15(11): 1-62.
- Kratochvil, J., (1983). *Microtus arvalis* und *M. epiroticus* in der Bulgarischen Volksrepublik. Folia Zoologica 32: 193-202.
- Krebs, C. J. (1999). Ecological Methodology, 2nd ed., Addison-Welsey Educational Publishers, Inc., Menlo Park, CA. 620 pp.
- Kryštufek B, Kovačić D., (1989) Vertical distribution of the snow vole *Microtus nivalis* (Martins, 1842) in northwestern Yugoslavia. Z. Säugetierkunde 54: 153-156.
- Kryštufek B., Vohralik V., (2005) Mammals of Turkey and Cyprus. Rodentia I: Sciuridae, Dipodidae, Gliridae, Arvicolinae. Koper, 1-292.
- Ognev, S.I., (1964). Mammals of the U.S.S.R. and adjacent countries. Mammals of Eastern Europe and northern Asia. Vol. VII, Rodents. Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem, 4:1-425.
- Pollock, K.H., Nichols JD, Brownie C, Hines JE. (1990). Statistical inference for capture-recapture experiments. *Wildlife Monographs*, 107: 1-97.

Tüm bu bulgular birlikte değerlendirildiğinde, *M. subterraneus* türü 31-60°'lik eğimli, verimsiz-kurakçıl alanlar ve bu alanlara komşu karışık ve açık, güneş alan bakılarda yer alan habitatları tercih etmektedir.

4. Sonuç

Türün genel olarak bilinen habitatlarının (kurak ve verimsiz habitatlar) yakınındaki komşu alanlarda da bulunabilmesi bu tip alanlarda yapılan tarım ve silvikültürel faaliyetleri doğrudan etkileyebilecek bir potansiyeli içermektedir. Özellikle bu türün toprak altına yuvalar kazarak herbivor beslendiği, bitkilerin kök ve filizlerine zarar verebileceği düşünüldüğünde durumun önemi daha da ortaya çıkmaktadır. Bu durumda ileride yaşanabilecek olası problemlerde bu çalışmayla elde edilmiş ekolojik verilerin sorunların çözümünde önemli bir rol oynayabileceği düşünülebilir. İleride ortaya çıkabilecek sorunlarda özellikle 31-60°'lik eğimli alanların risk oranını arttırabileceği unutulmamalıdır.

Porter, W.P., Sabo, J.L., Tracy, C.R., Reichman, O.J. and Ramankutty, N., (2002). Physiology on a Landscape Scale: Plant-Animal Interactions, Integ. and Comp. Biol., 42: 431-453.

Šidlovskij, M.V., (1976). [Key to the rodents of Transcaucasia] Opredelitel' gryzunov Zakavkaz'ja / Akademija nauk Gruzinsko SSR Institut zoologii, Tbilisi (in Russian), 1-255.

Yavuz, M., Öz, M., Albayrak, I., (2011a). Ecological Preferences of the East European Vole *Microtus levis* (Rodentia: Cricetidae) in the West Mediterranean Region at Eleven New Localities. *Ekoloji*, vol.20, 30-36.

Yavuz, M., Öz, M., Albayrak I., (2011b). Ecological Preferences of the Anatolian Vole *Microtus anatolicus* (Rodentia: Cricetidae), an endemic species of the Anatolia. *Ekoloji*, vol.20, 59-65.

Yavuz, M., Öz, M., Albayrak, İ., (2010). Levant vole *Microtus guentheri* (Danford and Alston 1880) prefers southerly-facing slopes in agricultural sites at Antalya, Turkey. *North-Western Journal Of Zoology*, vol.6, 36-46.

Yavuz, M., Tunç, M.R., (2016). Levant Voles (*Microtus guentheri* (Danford And Alston 1880)) Prefer Southerlyfacing Slopes In Agricultural Sites At Hatay, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, vol.25, 2531-2538.



Multi Criteria Decision Making Approach to the Evaluation of Humanitarian Relief Warehouses Integrating Fuzzy Logic: A Case Study in Syria

Jamil Hallak¹, Pınar Miç^{2*}

¹ Atmosfer Consulting, Gaziantep, Turkey, (ORCID: 0000-0001-5975-4075), hallak.jamil@gmail.com

^{2*} Tarsus University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Management Information Systems, Mersin, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9655-0319), pinarmic@tarsus.edu.tr

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.850693)

ATIF/REFERENCE: Hallak, J. & Miç, P. (2021). Multi Criteria Decision Making Approach to the Evaluation of Humanitarian Relief Warehouses Integrating Fuzzy Logic: A Case Study in Syria. *European Journal of Science and Technology*, (22), 71-80.

Abstract

A new disaster to humanity, called Coronavirus Disease (COVID-19), arose in and spread to worldwide at late December 2019. The most developed countries are affected from this pandemic more. However, the situation is more complex in some countries that are witnessed/witnessing a conflict, as in Syria. In Syria, the conflict continues more than 9 years and within the country there are more than 6 million internally displaced people (IDPs). This situation signifies millions of people living in hard conditions and seeking healthcare service, sheltering, food, safety and other related vital needs. In this context, since during a pandemic supplies and aid kits need to be stockpiled in a humanitarian relief warehouse to be protected and then distributed effectively to the most pandemic-affected people, we focused on the location research of relief warehouses in this study. We evaluated the locations of the relief warehouses to determine the most appropriate location based on a scientific humanitarian aid-based hybrid methodology. This novel methodology is implemented to a real case study in north of Aleppo/Syria. For this aim, firstly, data is collected directly from the target area; then humanitarian and economic criteria are selected by three experts to be included in the study. Criteria weights are computed by the Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP). Finally, MULTIMOORA technique as a Multi Criteria Decision Making (MCDM) method is applied to assess the candidate warehouses and rank them. The proposed methodology showed its efficiency and effectiveness in evaluating relief warehouses and it can be utilized to facilitate the decision-making process. As a result, the suffering of the disaster-affected people can be reduced and high efficiency from donations in the target area can be achieved.

Keywords: COVID-19, Pandemic, Warehouse Location, Multi Criteria Decision Making (MCDM), Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP), MULTIMOORA.

İnsani Yardım Depolarının Değerlendirilmesi için Bulanık Mantığın Entegre Edildiği Çok Kriterli Karar Verme Yaklaşımı: Suriye’de Bir Uygulama Çalışması

Öz

2019 yılının sonunda, Koronavirüs Hastalığı (COVID-19) olarak adlandırılan yeni bir afet insanlığa karşı ortaya çıkmış ve tüm dünyaya yayılmıştır. En gelişmiş ülkeler, bu pandemiden daha fazla etkilenmiştir. Fakat, Suriye’de olduğu gibi bir çatışmanın yaşandığı/yaşanmakta olduğu ülkeler için durum daha karmaşıktır. Suriye’de çatışma 9 yıldan fazla bir süredir devam etmektedir ve ülke dâhilinde 6 milyondan fazla ülke içinde yerlerinden edilmiş insan vardır. Bu durum, milyonlarca insanın zor koşullarda yaşadığını ve sağlık hizmeti, barınma, yiyecek, güvenlik ve ilgili diğer yaşamsal ihtiyaçların arayışında olduklarını göstermektedir. Bu bağlamda, bir pandemi boyunca malzemelerin ve yardım setlerinin korunmak ve daha sonra pandemiden en çok etkilenmiş insanlara etkili bir şekilde dağıtımını yapmak için bir insani yardım deposunda saklanmaları gerektiğinden ötürü, bu çalışmada, yardım

* Corresponding Author: pinarmic@tarsus.edu.tr

depolarının yerleşiminin araştırmasına odaklanılmıştır. En uygun yeri belirlemek için yardım depolarının lokasyonları bilimsel insani yardıma dayalı hibrid bir metodoloji ile değerlendirilmiştir. Bu yeni metodoloji Suriye/Halep'in kuzeyinde gerçek bir vaka çalışmasına uygulanmıştır. Bu amaçla, öncelikle, veri, doğrudan hedef bölgeden toplanmıştır; akabinde çalışmaya dâhil edilecek insani ve ekonomik kriterler üç uzman tarafından seçilmiştir. Kriter ağırlıkları Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (B-AHP) ile hesaplanmıştır. Son olarak, aday depoları değerlendirmek ve sıralamak için bir Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemi olan MULTIMOORA tekniği uygulanmıştır. Önerilen metodoloji yardım depolarını değerlendirmede etkinliğini ve etkililiğini göstermiştir ve karar verme sürecini hızlandırmak için kullanılabilir. Bunun neticesinde, afetten etkilenen insanların acıları azaltılabilir ve hedef bölgedeki bağışların yüksek etkinliği başarılabilir.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, Pandemi, Depo Yerleşimi, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (B-AHP), MULTIMOORA.

1. Introduction

Nowadays, every day a new disaster occurs in somewhere in the world and many people are affected by these disasters. Most of these disasters are natural disasters and these include floods, drought, landslides, earthquakes, pandemics, wildfires, etc.

Between 2000 and 2019, there have been 7,344 natural disasters worldwide and the number of disasters for each year is demonstrated in Figure 1 below.

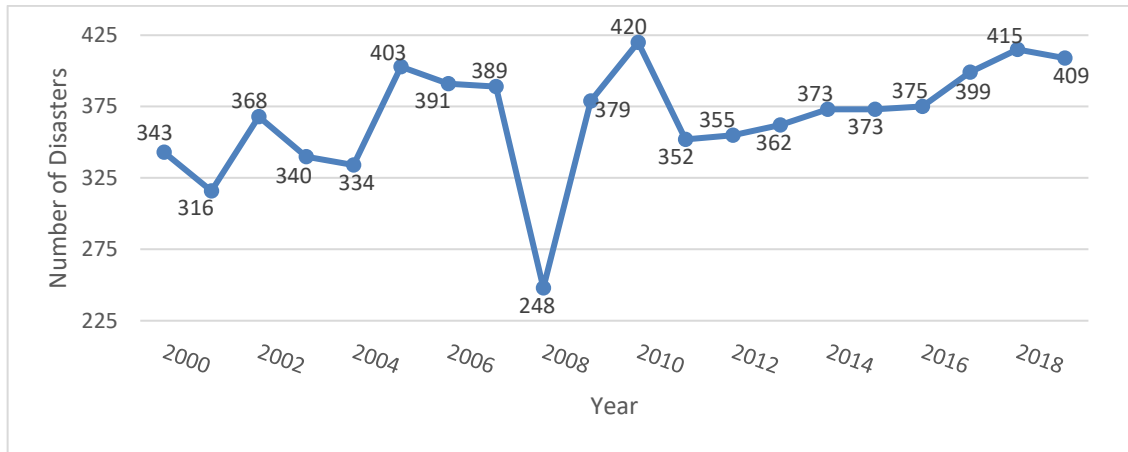


Figure 1. The Distribution of Natural Disasters Between 2000-2019 in the World (data taken from www.statista.com)

As seen from Figure 1, except the year of 2008, every year at least 316 natural disasters took place worldwide. Due to these thousands of disasters, there have been fatalities, as well. The number of global deaths by virtue of natural disasters between 2000 and 2019 are given in Figure 2.

In 2019, there have been 11,719 deaths of which majority of these occurred in Asia continent (approximately %45). However, at the end of 2019, a new threat and disaster to humanity arose from the Wuhan city in China in late December: Coronavirus Disease 2019 (COVID-19). It is caused by severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) and spread worldwide from the beginning. The disease is stated as a Public Health Emergency of International Concern by World Health Organization (WHO) on 30 January 2020 (Yen et al., 2020).

Nonetheless, the outbreak has become a humanitarian emergency and finally stated as a pandemic by WHO on 11 March 2020. Although there has been one year since the beginning of the disease, the number of infections and deaths are still increasing rapidly day by day. The total number of COVID-19 cases worldwide is more than 86 million and the deaths are more than 1,8 million. Though more than 61 million COVID-19 patients have been recovered, there are still more than 20 million active cases (<https://www.worldometers.info/coronavirus/>).

Affecting USA, India, Brazil, Russia and France most, COVID-19 is an unprecedented pandemic (Di Gennaro et al., 2020). However, the situation is more complicated in some countries such as the ones where there is an ongoing conflict, as in Syria.

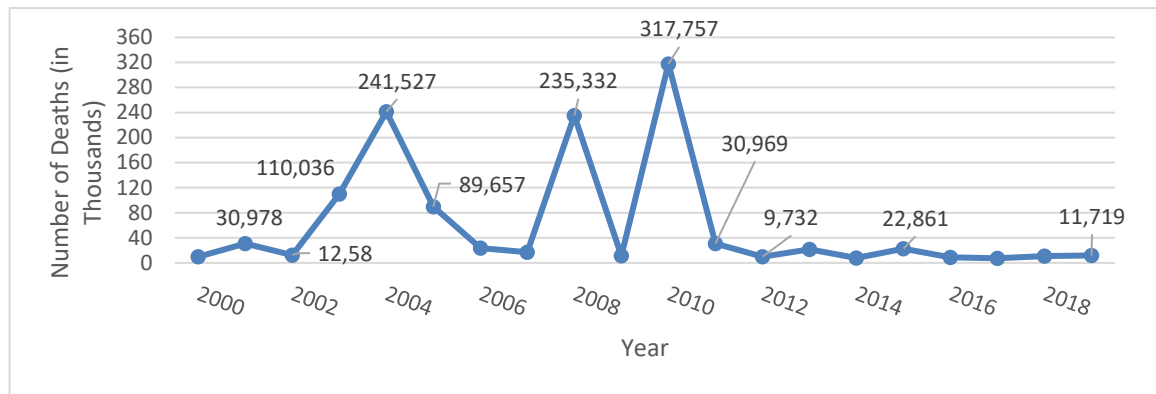


Figure 2. The Distribution of Global Deaths Due to Natural Disasters Between 2000-2019 Years (data taken from www.ourworldindata.org)

The conflict continues more than 9 year in Syria and there are more than 6 million internally displaced people (IDPs) within the country. This means that millions of people are living in hard conditions and seek for healthcare service, sheltering, food, safety and other related vital needs (Miç et al., 2019). Along with the continuous conflict in the country, the observation and control of COVID-19 is more problematic in Syria. As of 9 December, there are 8,580 total confirmed cases; 4,059 recoveries and 458 deaths in the country (OCHA, 2020). Still, validating the actual number of cases worldwide is troublesome, because testing across Syria is limited and due to the utilized testing strategy, a significant number of asymptomatic and mild cases are not being detected. Hence, together with COVID-19's strong infectivity and long incubation period; there is a pressing need for scientific and technological support to suppress and mitigate the spread of pandemic. At the moment, some key priorities in Syria can be summarized as developing observation capacity and increasing national and sub-national laboratory capacity to test for punctual determination, preserving health care workers via training and additional Personal Protective Equipments (PPE), acquiring COVID-19 supplies (such as diagnostic or biomedical equipment) and improving awareness within society (OCHA, 2020). These priorities have led us to the topic of humanitarian relief warehouses since PPE and supplies (biomedical equipments, pills, etc.) need to be stockpiled in a humanitarian relief warehouse to be protected and then distributed.

Many past global disasters proved the significance of humanitarian relief logistics and warehouses. This is because when a disaster outbreaks, supplying adequate amount of emergency supplies when and where they are needed is both crucial and challenged (Roh et al., 2018). Besides, its noteworthy to point out that humanitarian relief logistics struggles to decrease the negative impacts of disasters. Throughout a disaster, logisticians initially endeavor to acquire related supplies from local resources. If the relief organization possess a centralized warehouse, the logistician then investigates useable supplies in those warehouses.

Especially after outbreak of COVID-19 around the world, civil society organizations worked on delivering aids and COVID-19 hygiene kits to those affected people by the crisis in Syria. Therefore; they collect relief material, hygiene kits and donations according to the needs of the affected areas, then store it, arrange it in kits and prepare it to be sent to the neediest groups in a timely manner. Due to the lack of

resources and capabilities inside Syria, relief warehouses are sometimes chosen based on personal opinions that lack a real and scientific deep study of the variables and requirements in the region. This result in many problems in terms of increasing the time period for the delivery of aid to the affected people or increasing additional costs that were rather avoided. These issues reflect negatively on the effectiveness of the relief operations and thus cause loss of money and sometimes they have an impact on the life of vulnerable people.

These points are the motivation of this paper and in this study, we evaluate the locations of the warehouses, choose the best one based on a scientific humanitarian-based hybrid methodology that makes it easier for decision-makers to increase the effectiveness of the relief process. Thus, we aim reducing the suffering of the pandemic-affected people and achieving high efficiency from donations that deliver to them.

Furthermore, warehouse location problem contains a large number of conflicting criteria and in this paper this situation is overcome by adopting an integrated fuzzy multi criteria decision making approach.

As a matter of fact, there are many studies handling warehouse location problem in literature. In a general perspective, while Ballou (1986) addressed dynamic warehouse location analysis, Lee (1993) dealt with the multiproduct warehouse location problem and applied a decomposition algorithm. Kudláčková and Chocholáč (2017) focused on warehouse location problem in the delivery time shortening context and Yuan (2019) discussed the existence of environmental justice problem in warehouse locations utilizing data for four metro areas in California. Zhang and Swaminathan (2020) studied the optimal warehouse location strategies of retailers in both centralized and decentralized supply chains. Other topics in which warehouse location problems are handled can be summarized as strategic capacity planning and robust optimization under uncertainty (Aghezzaf, 2005), multi objective mixed integer linear programming (Chen et al., 2007), Geographic Information System (GIS) integrated remote sensing (Huifeng and Aigong, 2008), nonlinear programming (Huang et al., 2015; Monthatipkul, 2016), genetic algorithm (Wang et al., 2017) and the radiation therapy method (Danchuk et al., 2018).

Naturally, as constituting a multi criteria decision problem, warehouse location problems are addressed in Multi Criteria Decision Making (MCDM) framework, as well.

Chatterjee and Kar (2013) employed a fuzzy-Rasch-Viekriterijumsko KOMPromisno Rangiranje (VIKOR) method under supply chain risks. Dey et al. (2015) applied Technique for Order Preference by Similarity to the Ideal Solution (TOPSIS), Simple Additive Weight (SAW) and Multi-Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MULTIMOORA) methods and integrated the fuzzy set theory to the problem. Malmir et al. (2015) proposed a new MCDM method by virtue of balancing and ranking methods. Emeç and Akkaya (2019) adopted Stochastic Analytic Hierarchy Process (SAHP) to weight the criteria and fuzzy MOORA to assess and rank the alternatives. Khaengkhan et al. (2019) utilized SAW, AHP and TOPSIS based on seven main criteria for the warehouse locations of agricultural products. Çalık (2020) utilized Analytic Hierarchy Process (AHP) and TOPSIS via interval type-2 fuzzy sets.

From the humanitarian perspective, it is observed that the papers addressing humanitarian warehouse location problems are limited. Trivedi and Singh (2014) assessed the potential warehouse locations in humanitarian logistics via Interpretive Structural Modelling (ISM), fuzzy set theory, TOPSIS and AHP; and presented a numerical example. Roh et al. (2015) integrated AHP and Fuzzy TOPSIS for the pre-positioning of warehouses for a humanitarian relief organization and applied two case studies with macro- and micro- perspectives. Ofluğlu et al. (2017) employed SAW, TOPSIS and VIKOR for the ranking of alternative humanitarian warehouses and utilized Borda Count method to acquire a final ranking of alternatives. The suggested method is applied for a case study in Trabzon, Turkey which is a natural disaster region. Roh et al. (2018) adopted fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS and implemented a numerical example for humanitarian warehouse locations. Hakim and Kusumastuti (2018) adopted AHP to specify relief warehouse locations in the flood affected East Jakarta area, Indonesia.

However, despite the work described above, insufficient attention has been paid to the humanitarian warehouse location problem in a conflict area. With respect to such a goal, this paper aims to fill this gap in literature and this is accomplished through integrating fuzzy AHP and MULTIMOORA techniques. Within the study, the weights of each criteria are specified by fuzzy AHP and then the alternative warehouses are ranked by different MOORA versions: MOORA-Ratio, MOORA-Significance Coefficient, MOORA-Reference Point and MOORA-Full Multiplication. The final ranking of MULTIMOORA is obtained by ordinal dominance theory. The proposed method is applied for a real case study in Syria and the results are analyzed.

The remainder of this paper is organized as follows. In Section 2, the material utilized in the study is given and employed MCDM method is summarized briefly. The case study and its results are given in Section 3 along with tables supporting results. Conclusions including final remarks and some recommendations for future works are presented in Section 4.

2. Material and Method

2.1. Material

In order to choose a relief material warehouse, organizations usually announce publicly warehouse specifications in the advertisement to invite vendors to apply

their technical and financial quotations. Then, companies and warehouse owners submit their offers to the organizations which contain the specifications of each warehouse and its financial value. Later, a field visit to each warehouse is made to set its specifications accurately by a committee, as this survey is made on all the warehouse alternatives presented to the organization, which will be the essential inputs for our study.

In this study, a specialized committee of three experts in the field of supply chain (an expert from the local community, a technical person from the organization, an expert from the donor) determined the criteria on the basis of which the warehouse will be selected. After obtaining the warehouse information, their proposed locations are placed on a map in the target area, in order to know its exact location in relation to the ongoing clashes in the conflict area, position to main roads, and its proximity to the places of camps in need of aid. The process obtaining all these information, uploading them to maps, and obtaining values for each criterion took place from the date range of 10/8/2020 to 19/11/2020.

2.2. Method

Along with the study, a new methodology is suggested to evaluate the relief warehouses in crisis areas based on five steps. This methodology is shown in Figure 3 and the steps are explained below:

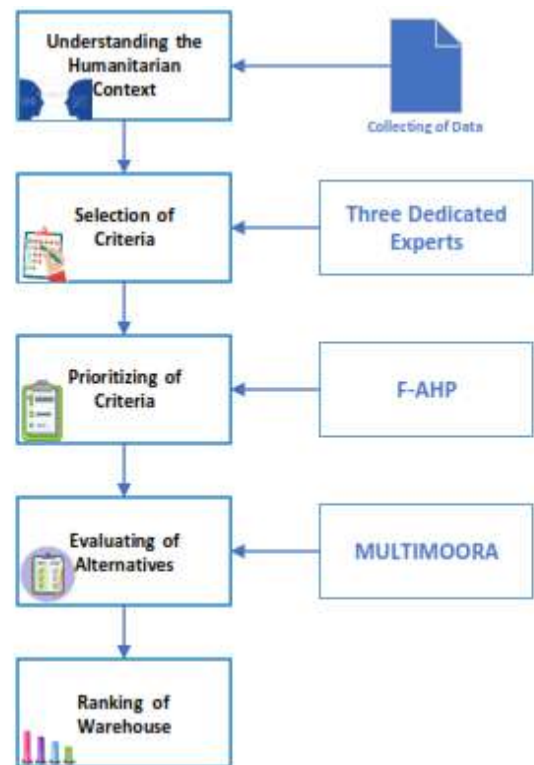


Figure 3. The Proposed Methodology for the Relief Warehouse Evaluation in This Study

- i. First step is understanding the situation inside the affected area by collecting data from directly affected people throughout meetings and surveys with the representative in the communities. The main aim of this step to identify the issues according to direct beneficiaries and local councils and sharing the process with them.

ii. Second step is selection of related criteria to be utilized in the study. For this stage, three specialized experts in the Syrian crisis are consulted to define the criteria; one from the local councils, another from the implementing partner (the organization that will manage the warehouse) and the third one is working as donor representative.

iii. Third step of the methodology is prioritizing of criteria. We utilized Fuzzy Analytic Hierarchy Process (F-AHP) to define the importance of each criterion based on the fuzzy pairwise comparison and according to the three experts' opinions.

iv. Fourth step is evaluating of relief warehouse alternatives in the crisis area by MULTIMOORA technique.

v. Final and fifth step is ranking of relief warehouses. After implementing MULTIMOORA to evaluate each

alternative, we ranked them accordingly to facilitate the selection process for decision makers.

2.2.1 Prioritizing Risks Using F-AHP

In this study; employing F-AHP, the goals and criteria are arranged in a hierarchical arrangement and evaluated by experts. The relative importance of each criterion is specified by linguistic variables, which are symbolized as triangular fuzzy numbers, as shown in Figure 4. The center of gravity defuzzification method is utilized to transform the fuzzy assessments into their corresponding crisp values (Buckley, 1985).

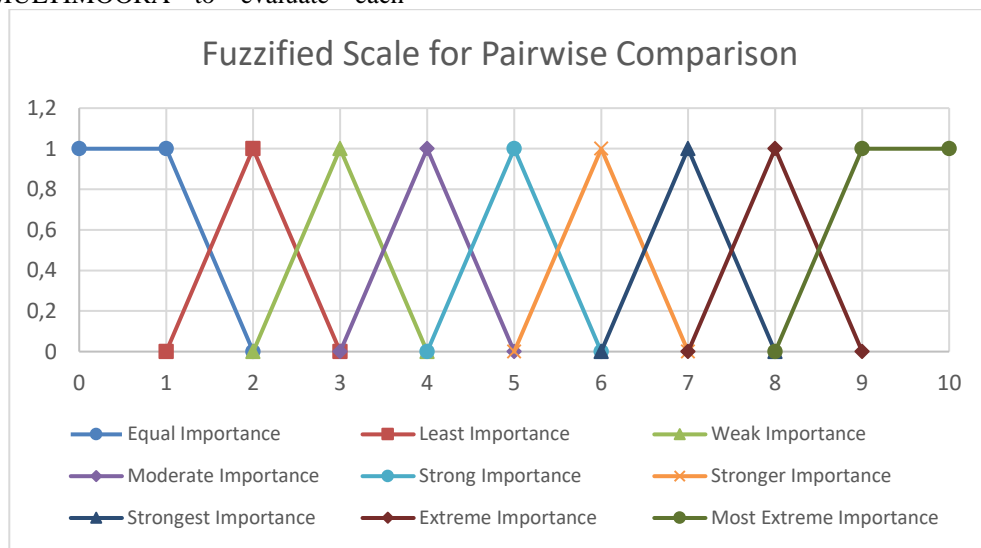


Figure 4. Membership Function for Linguistic Values by Fuzzified Scale

A 9-point scale is utilized to identify the relative importance of each criterion with respect to the other (Tsaour et al., 2002), as summarized in Table 1. The weights of different

criteria are computed are computed via the geometric mean method (Buckley, 1985).

Table 1. Saaty's Crisp Scale and Developed Fuzzified Scale for Pairwise Comparison (Tsaour et al., 2002)

Saaty's Crisp Scale	Judgment Explanation	Triangular Fuzzy Scale	Triangular Fuzzy Reciprocal Scale
1	Equal Importance	(1,1,2)	(1/2,1,1)
2	Least Importance	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
3	Weak Importance	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
4	Moderate Importance	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
5	Strong Importance	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
6	Stronger Importance	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
7	Strongest Importance	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6))
8	Extreme Importance	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
9	Most Extreme Importance	(8,9,9)	(1/9,1/9,1/8)

Fuzzy comparison matrix \tilde{F} representing the fuzzy relative importance of each pair elements is defined by the equations below (Buckley, 1985):

$$\tilde{F} = \begin{bmatrix} 1 & \tilde{r}_{12} & \dots & \tilde{r}_{1n} \\ \tilde{r}_{21} & 1 & \dots & \tilde{r}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{r}_{n1} & \tilde{r}_{n2} & \dots & 1 \end{bmatrix} = \tag{1}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & \tilde{r}_{12} & \dots & \tilde{r}_{1n} \\ 1/\tilde{r}_{12} & 1 & \dots & \tilde{r}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/\tilde{r}_{1n} & 1/\tilde{r}_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

$$1/\tilde{f}_{12} = (l, m, u)^{-1} = \left(\frac{1}{u}, \frac{1}{m}, \frac{1}{l}\right) \quad (2)$$

The geometric mean method is utilized to get the fuzzy geometric mean \tilde{r}_i with Equation 3 is given below:

$$\tilde{r}_i = (\tilde{f}_{i2} \times \tilde{f}_{i3} \times \dots \times \tilde{f}_{in})^{\frac{1}{n}} \quad (3)$$

The fuzzy weight $\tilde{f}w_i$ of the i th criterion is calculated with Equation 4 given below;

$$\tilde{f}w_i = \tilde{r}_i \times (\tilde{r}_1 + \tilde{r}_2 + \dots + \tilde{r}_n)^{-1} \quad (4)$$

2.2.2 Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MULTIMOORA)

In practice and literature, Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis (MULTIMOORA) technique is commonly applied by means of its simple application procedure, appropriateness to different situations and advancements by virtue of experimental surveillance. As its name signifies, it is a multi-objective optimization method and it was suggested by Brauers and Zavadskas in 2006. In comparison with other MCDM methods, it is a relatively novel method for the solution of MCDM problems (Brauers and Zavadskas, 2006).

The technique is based to scoring various prospects and the results procured from this method demonstrate measurable results for each alternative.

There are various versions method such as MOORA-Ratio, MOORA-Significance Coefficient, MOORA-Reference Point, MOORA-Full Multiplication and MULTIMOORA. In this paper, all these versions are applied. To obtain the most accurate results; all effected factors, all relationships between alternatives and criterion are taken into consideration. After generating initial decision matrix and normalizing the decision matrix, we applied the aforementioned MOORA methods. The detailed information about the procedures of these methods applied in this paper can be found in Brauers and Zavadskas (2006, 2010, 2012, 2013).

The final ranking of the results of the MOORA-Ratio, MOORA-Significance Coefficient, MOORA-Reference Point and MOORA-Full Multiplication approaches are achieved with ordinal dominance theory. Thus, MULTIMOORA solution demonstrated the rankings of relief warehouses.

3. Case Study and Results

The novel methodology is applied for a case study of a conflict area in the north of Aleppo/Syria where has an approximate area of 6,580 km²; population of approximately 727,000 and three cross border gates to the neighbor country “Turkey”. A map of the target area and the locations of candidate warehouses is demonstrated in Figure 5. Approximately half of the population are internally displaced persons (IDPs) in the area and 75% of them are in need of assistance. Therefore, selecting the optimum relief warehouse location will reflect positively on increasing the value of donated money, aid and in-kind materials. On the other hand, it will facilitate the process of delivering aids to vulnerable people in the target area and accelerate the decision process made by the local councils and implementing organizations.

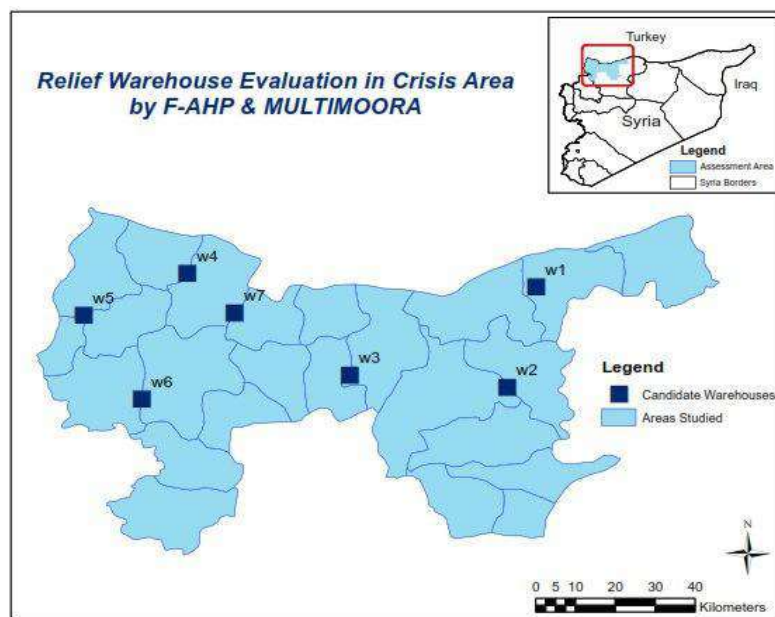


Figure 5. Map of the Studied Area and Locations of Candidate Warehouses

Criteria to be utilized in the study are prepared and discussed by three experts as shown in Table 2 where nine criteria are identified to be included in the next step “F-AHP” under three categories of economic, operating and infrastructure.

Table 2. Detailed Information About the Criteria Utilized in the Study

Criteria Category	Criterion	Clarification	Criterion Type
Economic	C_1 Warehouse Expenses	C_1 : Expenses of one unit per warehouse including the rent of warehouse and other expenses.	Minimize
	C_2 Labor Cost	C_2 : Expenses paid to labor for loading and unloading one unit.	Minimize
	C_3 Availability of Labor	C_3 : The labors' availability in warehouses' area; 1 corresponds to rare availability, 2 to moderate, 3 to good enough.	Maximize
Operating	C_4 Proximity to Demand Camps	C_4 : Distance in km to come across the demand camps.	Minimize
	C_5 Proximity to Main Roads	C_5 : Distance in km to the main roads	Minimize
	C_6 Away from Clash Lines	C_6 : Distance in km to areas containing clashes.	Maximize
Infrastructure	C_7 Availability of Water, Electricity	C_7 : If both are available 2 value; if one is available 1 value; if both are not available 0 value.	Maximize
	C_8 Availability of Safety Equipments	C_8 : If all equipment is working 2 value, if they need maintenance 1 value, if there is no safety equipment's 0 value.	Maximize
	C_9 Capacity of the Warehouse	C_9 : Number of kits that can be stored in the warehouse.	Maximize

The data related to each criterion are presented in Table 3 below. The experts defined the importance of each criterion compared with the others to establish the pairwise comparison and calculated the fuzzy weight of each criterion. Equations

described before (Eq (1) to Eq (4)) are utilized to calculate the fuzzy weights and calculated fuzzy weights and the rankings according to these values are presented in Table 4.

Table 3. Alternative Warehouses' Values for Each Criterion

Warehouse	C_1	C_2	C_3	C_4	C_5	C_6	C_7	C_8	C_9
W_1	0.10	0.034	1	60	4.3	18	0	0	13132.8
W_2	0.09	0.047	1	72	3.2	40	1	0	9398
W_3	0.08	0.046	2	57	1.2	48	0	1	9583
W_4	0.07	0.048	1	50	2.5	30	2	0	9296
W_5	0.10	0.041	3	35	1.5	47	2	0	10727
W_6	0.09	0.047	3	69	2.6	49	2	2	9379
W_7	0.07	0.050	1	64	0.5	36	1	1	8936

Table 4. Criterion Fuzzy Weights and Their Rankings

Criterion No	Fuzzy Weights	Criterion Weight (CW)	Normalized Weight (NW)	Criterion Ranking (from 1 to 9)
C_1	(0.074, 0.148, 0.293)	0.172	0.149	3
C_2	(0.014, 0.026, 0.053)	0.031	0.027	9
C_3	(0.021, 0.039, 0.085)	0.048	0.042	7
C_4	(0.112, 0.216, 0.411)	0.246	0.214	2
C_5	(0.032, 0.062, 0.133)	0.076	0.066	5
C_6	(0.169, 0.311, 0.548)	0.343	0.298	1
C_7	(0.019, 0.039, 0.085)	0.048	0.041	8
C_8	(0.046, 0.096, 0.194)	0.112	0.098	4

Following Table 5, Table 6, Table 7 and Table 8 presents the calculations of MOORA-Ratio; MOORA-Significance Co-

efficient; MOORA-Reference Point and MOORA-Full Multiplication, and warehouses' rankings, respectively.

Table 5. MOORA-Ratio Calculations and Warehouses' Rankings

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	Total Max -Total Min	Ranking
	Min	Min	Max	Min	Min	Max	Max	Max	Max		
W ₁	0.44	0.29	0.20	0.38	0.64	0.17	0.00	0.00	0.49	-0.88	7
W ₂	0.39	0.39	0.20	0.46	0.47	0.38	0.27	0.00	0.35	-0.53	6
W ₃	0.35	0.39	0.39	0.36	0.18	0.46	0.00	0.41	0.36	0.34	3
W ₄	0.31	0.40	0.20	0.32	0.37	0.29	0.53	0.00	0.35	-0.04	5
W ₅	0.44	0.34	0.59	0.22	0.22	0.45	0.53	0.00	0.40	0.74	2
W ₆	0.39	0.39	0.59	0.44	0.38	0.47	0.53	0.82	0.35	1.14	1
W ₇	0.31	0.42	0.20	0.41	0.07	0.34	0.27	0.41	0.33	0.34	4

Table 6. MOORA-Significance Coefficient Calculations and Warehouses' Rankings

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	Total Max -Total Min	Ranking
	Min	Min	Max	Min	Min	Max	Max	Max	Max		
W ₁	0.13	0.00	0.39	0.16	0.56	0.30	0.53	0.82	0.00	-0.11	7
W ₂	0.09	0.11	0.39	0.24	0.40	0.09	0.27	0.82	0.14	-0.04	6
W ₃	0.04	0.10	0.20	0.14	0.10	0.01	0.53	0.41	0.13	0.06	3
W ₄	0.00	0.12	0.39	0.10	0.30	0.18	0.00	0.82	0.14	-0.01	5
W ₅	0.13	0.06	0.00	0.00	0.15	0.02	0.00	0.82	0.09	0.07	2
W ₆	0.09	0.11	0.00	0.22	0.31	0.00	0.00	0.00	0.14	0.10	1
W ₇	0.00	0.13	0.39	0.18	0.00	0.12	0.27	0.41	0.16	0.03	4

Table 7. MOORA-Reference Point Calculations and Warehouses' Rankings

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	Max - Min	Ranking
	Min	Min	Max	Min	Min	Max	Max	Max	Max		
W ₁	0.13	0.00	0.39	0.08	0.00	0.30	0.53	0.82	0.00	0.82	5
W ₂	0.09	0.11	0.39	0.00	0.16	0.09	0.27	0.82	0.14	0.73	4
W ₃	0.04	0.10	0.20	0.10	0.46	0.01	0.53	0.41	0.13	0.53	3
W ₄	0.00	0.12	0.39	0.14	0.27	0.18	0.00	0.82	0.14	0.82	5
W ₅	0.13	0.06	0.00	0.24	0.41	0.02	0.00	0.82	0.09	0.82	5
W ₆	0.09	0.11	0.00	0.02	0.25	0.00	0.00	0.00	0.14	0.31	1
W ₇	0.00	0.13	0.39	0.05	0.56	0.12	0.27	0.41	0.16	0.41	2

Table 8. MOORA-Full Multiplication Calculations and Warehouses' Rankings

	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	Max Min	Ranking
	Min	Min	Max	Min	Min	Max	Max	Max	Max		
W ₁	0.10	0.03	1.00	60.00	4.30	18.00	0.00	0.00	13132.80	0.00	3
W ₂	0.09	0.05	1.00	72.00	3.20	40.00	1.00	0.00	9398.00	0.00	3
W ₃	0.08	0.05	2.00	57.00	1.20	48.00	0.00	1.00	9583.00	0.00	3
W ₄	0.07	0.05	1.00	50.00	2.50	30.00	2.00	0.00	9296.00	0.00	3
W ₅	0.10	0.04	3.00	35.00	1.50	47.00	2.00	0.00	10727.00	0.00	3
W ₆	0.09	0.05	3.00	69.00	2.60	49.00	2.00	2.00	9379.00	7x10 ⁹	1

W_7	0.07	0.05	1.00	64.00	0.50	36.00	1.00	1.00	8936.00	2×10^9	2
-------	------	------	------	-------	------	-------	------	------	---------	-----------------	---

Eventually, the dominance comparisons and final MULTIMOORA rankings are presented in Table 9.

Table 9. Dominance Comparisons for MOORA Method and MULTIMOORA Rankings

	Ratio	Significance Coefficient	Reference Point	Full Multiplication	MULTIMOORA
W_1	7	7	5	3	7
W_2	6	6	4	3	6
W_3	3	3	3	3	3
W_4	5	5	5	3	5
W_5	2	2	5	3	2
W_6	1	1	1	1	1
W_7	4	4	2	2	4

According to Table 9, the ranking of alternative warehouses is: $W_6 > W_5 > W_3 > W_7 > W_4 > W_2 > W_1$. Thus, we can conclude that the warehouse represented by W_6 is the best alternative to locate the humanitarian relief warehouse in the case study region.

4. Conclusions and Recommendations

Every year, the number of natural or human made disasters are increasing. In addition to these, this year a new burden has imposed worldwide as a devastating pandemic: COVID-19. Thus, humanitarian relief logistics that aim to store and distribute required relief supplies become more and more important topic, both in implementation and literature. Location of humanitarian relief warehouses in right places is crucial to carry out the operations in this area effectively. In the literature, there are many studies addressing warehouse location problems in different aspects (Ballou, 1986; Lee, 1993; Aghezzaf, 2005; Chen et al., 2007; Huifeng and Aigong, 2008; Huang et al., 2015; Monthatipkul, 2016; Wang et al., 2017; Kudláčková and Chocholáč, 2017; Danchuk et al., 2018; Yuan, 2019; Zhang and Swaminathan, 2020). Although there are studies in which MCDM methods are used in this area, it is observed that the papers addressing humanitarian warehouse location problems are limited. As a matter of fact, humanitarian warehouse location problem in a conflict area has taken quite insufficient attention.

Thus, within this study, we handled the problem from the MCDM perspective: criteria to be utilized for MCDM are identified by three experts; fuzzy logic is applied to determine the criteria weights and MOORA technique is employed to obtain the rankings of alternative humanitarian relief warehouses. The MULTIMOORA final rankings after different versions of MOORA is acquired by employing dominance comparisons. In other words, the content of this study is enriched by integrating fuzzy logic and MOORA methods together to solve the problem of choosing the location of a humanitarian relief warehouse. Within the study, the proposed methodology is applied for a real case study in Syria.

In further studies; other MCDM methods and hybrid MCDM methods can be utilized and compared, different

fuzzy sets can be included, the case study area can be extended to increase the comprehension of the study or another region can be selected for case study.

References

- Aghezzaf, E. (2005). Capacity planning and warehouse location in supply chains with uncertain demands. *Journal of the Operational Research Society*, 56(4), 453-462. <https://doi.org/10.1057/palgrave.jors.2601834>
- Ballou, R. H. (1968). Dynamic warehouse location analysis. *Journal of Marketing Research*, 5(3), 271-276. <https://doi.org/10.1177/002224376800500304>
- Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2006). The MOORA method and its application to privatization in a transition economy. *Control and Cybernetics*, 35, 445-469.
- Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2010). Project management by MULTIMOORA as an instrument for transition economies. *Technological and Economic Development of Economy*, 16(1), 5-24. <https://doi.org/10.3846/tede.2010.01>
- Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2012). Robustness of MULTIMOORA: a method for multi-objective optimization. *Informatica*, 23(1), 1-25. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2012.346>
- Brauers, W. K. M., & Zavadskas, E. K. (2013). Multi-objective decision making with a large number of objectives: An application for Europe. *International Journal of Operations Research*, 10(2), 67-79. <https://doi.org/10.15388/Informatica.2012.346>
- Buckley, J. J. (1985). Ranking alternatives using fuzzy numbers. *Fuzzy Sets and Systems*, 15(1), 21-31. [https://doi.org/10.1016/0165-0114\(85\)90013-2](https://doi.org/10.1016/0165-0114(85)90013-2)
- Chatterjee, K., & Kar, S. (2013, December). An Induced Fuzzy Rasch-VIKOR model for Warehouse Location evaluation under Risky Supply chain. In *International Conference on Pattern Recognition and Machine Intelligence* (pp. 714-719). Springer, Berlin, Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-45062-4_101
- Chen, C. L., Yuan, T. W., & Lee, W. C. (2007). Multi-criteria fuzzy optimization for locating warehouses and distribution centers in a supply chain network. *Journal of*

- the Chinese Institute of Chemical Engineers, 38(5-6), 393-407. <https://doi.org/10.1016/j.jcice.2007.08.001>
- ÇALIK, A. (2020). Depo Yeri Seçimi için Aralık Tip-2 Bulanık ÇKKV Tabanlı Hibrit Bir Yaklaşım. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 101-114.
- Danchuk, V., Bakulich, O., & Svatko, V. (2018). Identifying warehouse location using the radiation therapy method in logistic distribution system. *Transport Problems*, 13(4), 144-155. <https://doi.org/10.20858/tp.2018.13.4.13>
- Dey, B., Bairagi, B., Sarkar, B., & Sanyal, S. K. (2015). Warehouse location selection by fuzzy multi-criteria decision making methodologies based on subjective and objective criteria. *International Journal of Management Science and Engineering Management*, 11(4), 262-278. <https://doi.org/10.1080/17509653.2015.1086964>
- Di Gennaro, F., Pizzol, D., Marotta, C., Antunes, M., Racialbuto, V., Veronese, N., & Smith, L. (2020). Coronavirus diseases (COVID-19) current status and future perspectives: a narrative review. *International journal of environmental research and public health*, 17(8), 2690.
- Emeç, Ş., & Akkaya, G. (2019). A stochastic multi-criteria decision-making analysis for a warehouse location selection problem: a case study. *International Journal of Research-Granthaalayah*, 7(12), 133-143. <https://doi.org/10.29121/granthaalayah.v7.i12.2019.307>
- Hakim, R. T., & Kusumastuti, R. D. (2018). A model to determine relief warehouse location in east jakarta using the analytic hierarchy process. *International Journal of Technology*, 9(7), 1405-1414. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v9i7.1596>
- Huang, S., Wang, Q., Batta, R., & Nagi, R. (2015). An integrated model for site selection and space determination of warehouses. *Computers & Operations Research*, 62, 169-176. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2014.10.015>
- Huifeng, J., & Aigong, X. (2008). The method of warehouse location selection based on GIS and remote sensing images. *Proceedings of the International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVII. Part B, 2(3), 545-548.
- Khaengkhan, M., Hotrawisaya, C., Kiranantawat, B., & Shaharudin, M. R. (2019). Comparative analysis of multiple criteria decision making (MCDM) approach in warehouse location selection of agricultural products in Thailand. *International Journal of Supply Chain Management*, 8(5), 168-175.
- Kudláčková, N., & Chocholáč, J. (2017). Warehouse location problem in context of delivery time shortening. In *MATEC Web of Conferences*, Vol. 134, 18th International Scientific Conference-LOGI 2017. EDP Sciences.
- Lee, C. Y. (1993). The multiproduct warehouse location problem: Applying a decomposition algorithm. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, 23(6), 3-13. <https://doi.org/10.1108/09600039310044858>
- Malmir, B., Aghighi, A., Bisheh, M. N., Ala, A., Avilaq, B. A., & Dehghani, S. (2015). Application of a new multi criteria decision making method for warehouse location problem. *International Journal of Value Chain Management*, 7(3), 255-270. <https://doi.org/10.1504/IJVC.2016.079211>
- Miç, P., Koyuncu, M., & Hallak, J. (2019). Primary health care center (PHCC) location-allocation with multi-objective modelling: a case study in Idleb, Syria. *International journal of environmental research and public health*, 16(5), 811.
- Monthatipkul, C. (2016). A non-linear program to find an approximate location of a second warehouse: A case study. *Kasetsart Journal of Social Sciences*, 37(3), 190-201. <https://doi.org/10.1016/j.kjss.2016.08.007>
- OCHA (2020). United Nations Office for the Coordination of Humanitarian Affairs, Syrian Arab Republic COVID-19 Response Update No.13. https://reliefweb.int/sites/reliefweb.int/files/resources/covid_response_update_no._13%20%281%29.pdf (Accessed date: 19.12.2020)
- Ofluoglu, A., Baki, B., & Ar, I. (2017). Multi-criteria decision analysis model for warehouse location in disaster logistics. *Journal of Management Marketing and Logistics*, 4(2), 89-106. <https://doi.org/10.17261/Pressacademia.2017.454>
- Roh, S., Pettit, S., Harris, I., & Beresford, A. (2015). The pre-positioning of warehouses at regional and local levels for a humanitarian relief organisation. *International Journal of Production Economics*, 170, 616-628. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.01.015>
- Roh, S. Y., Shin, Y. R., & Seo, Y. J. (2018). The Pre-positioned warehouse location selection for international humanitarian relief logistics. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 34(4), 297-307.
- Trivedi, A., & Singh, A. (2014). Multi criteria selection of potential warehouse locations in humanitarian relief logistics, 14. *Global Conference on Flexible Systems Management*, Singapore.
- Tsaur, S. H., Chiu, Y. C., & Huang, C. H. (2002). Determinants of guest loyalty to international tourist hotels- a neural network approach. *Tourism Management*, 23(4), 397-405. [https://doi.org/10.1016/S0261-5177\(01\)00097-8](https://doi.org/10.1016/S0261-5177(01)00097-8)
- Wang, W., Gao, J., Gao, T., & Zhao, H. (2017, June). Optimization of Automated Warehouse Location Based on Genetic Algorithm. In *2017 2nd International Conference on Control, Automation and Artificial Intelligence (CAAI 2017)*. Atlantis Press. <https://doi.org/10.2991/caai-17.2017.70>
- www.worldometers.info/coronavirus/ Access Date: 05/01/2021
- www.statista.com Access Date: 27/12/2020
- www.ourworldindata.org Access Date: 27/12/2020
- Yen, M. Y., Schwartz, J., King, C. C., Lee, C. M., Hsueh, P. R., & Society of Taiwan Long-term Care Infection Prevention and Control (2020). Recommendations for protecting against and mitigating the COVID-19 pandemic in long-term care facilities. *Journal of Microbiology, Immunology and Infection*, 53(3), 447-453. <https://doi.org/10.1016/j.jmii.2020.04.003>
- Yuan, Q. (2019). Does context matter in environmental justice patterns? Evidence on warehousing location from four metro areas in California. *Land Use Policy*, 82, 328-338. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.12.011>
- Zhang, Y., & Swaminathan, J. M. (2020). Warehouse Location in An Emerging Country: A Win-Win Proposition? *Production and Operations Management* 29(6), 1487-1505. <https://doi.org/10.1111/poms.13169>



Dinamit Destekli Terör Faaliyetlerinin Önlenmesi İçin Derin Öğrenme Temelli Güvenlik Destek Sistemi

Volkan Kaya^{1*}, Ahmet Baran¹, Servet Tuncer²

¹ Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erzincan, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6940-3260), vkaya@erzincan.edu.tr

¹ Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erzincan, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2017-799X), baran@erzincan.edu.tr

² Fırat Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7435-0906), stuncer@firat.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.845467)

ATIF/REFERENCE: Kaya, V., Baran, A. & Tuncer, S. (2021). Dinamit Destekli Terör Faaliyetlerinin Önlenmesi İçin Derin Öğrenme Temelli Güvenlik Destek Sistemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 81-85.

Öz

Günümüz toplumunda, insanları tehdit eden en önemli etmenlerden birisi terörizmdir. Terörizm bir toplumda, insanların düzen durumlarını bozarak, yaşam kalitesini etkilemektedir. Devletler ise terörle mücadele etmek için sürekli farklı yöntemler geliştirmektedir. Bu yöntemlerden birisi de terörle mücadele için makine öğrenmesinin bir alt alanı olan derin öğrenmenin kullanılmasıdır. Derin öğrenme, makine öğrenmesi alanında son yıllarda oldukça popülerlik kazanmıştır. Bu çalışmada, terör faaliyetlerini fark etmek ve önlemek için derin öğrenmeye dayalı VGG-16 mimarisi temel alınarak yeni bir model önerilmektedir. Önerilen model ile güvenlik kontrollerinde kullanılan kamera görüntülerinden alınan görüntülerde, insan ya da tren rayları üzerinde dinamit tespit edildiğinde, durumu hızla belirlemek ve uygun önlemleri almak için güvenlik görevlilerini uyaran bir sistem gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti, internet ortamından indirilen dinamit resimleri düzenlenerek oluşturulmuştur. Önerilen modelin performansını değerlendirmek için, insan ya da tren rayları üzerinde bulunan dinamit resimleri test edilerek, %98,4'lük başarı doğruluğu ve 0,024 kayıp oranıyla dinamit görüntüleri tespit edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Dinamit tespit, Derin öğrenme, Evrimsel sinir ağı

Deep Learning Based Security Support System For The Prevention Of Dynamite-Backed Terrorist Activities

Abstract

In today's society, one of the most important factors that threaten people is terrorism. In a society, terrorism affects the quality of life by disrupting the order of people. On the other hand, states are constantly developing different methods to fight terrorism. One of these methods is the use of deep learning, a subfield of machine learning, to fight terrorism. Deep learning has gained considerable popularity in the field of machine learning in recent years. In this study, a new model was proposed the basically VGG-16 architecture based on deep learning to recognize and prevent terrorist activities. With the proposed model, when dynamite was detected on human or train tracks in the images taken from the camera images used in security controls, a system that alerts the security guards in order to quickly identify the situation and take the appropriate measures. The data set used in the study was created by editing images of dynamite downloaded from the internet environment. In order to evaluate the performance of the proposed model, dynamite images found on human or train tracks were tested and dynamite images were determined with a success accuracy of 98.4% and a loss rate of 0.024.

Keywords: Dynamite detection, Deep learning, Convolutional neural network

* Sorumlu Yazar: Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Erzincan, Türkiye, ORCID: 0000-0001-6940-3260, vkaya@erzincan.edu.tr

1. Giriş

Suç oranlarının giderek arttığı günümüz şartlarında, güvenlik için alınan tedbirler önemli bir ihtiyaç haline gelmektedir. Günümüz toplumuna yönelik tehditlerin başında terör olayları gelmektedir. Terör olaylarının insanlar için önemli bir tehdit olduğu bilinmekte ve engellemek için çeşitli çabalar sarf edilmektedir[1-3]. Bu sorunu çözmek için terör olaylarını anlamak veya nasıl gerçekleştirileceğini tahmin etmek üzerine [4-5] çeşitli disiplinlerde çalışılmaktadır [6-9]. Bilişim alanında ise son yıllarda terör olaylarını engellemek için makine öğrenmesi algoritmaları kullanılmaktadır [10-12]. Bu kapsamda özellikle makine öğrenmesinin bir alt alanı olan derin öğrenme yöntemleri kullanılarak büyük ilerlemeler sağlanmıştır [13]. Derin öğrenme, büyük miktarda etiketli veri kullanarak nesne algılama ve sınıflandırma alanlarında popülerlik kazanmıştır [13,14]. Böylece derin öğrenme modelleri, bir terör eyleminin olup olmayacağını ve terörist faaliyetlerine yol açan farklı unsurların tahminlerini yapmak için de kullanılabilir. Bununla birlikte belirli bir terör olayının meydana geleceğini tahmin etmek zor bir görevdir [15]. Terörle mücadele için bu tahminlerin anlaşılması oldukça önemlidir. Derin öğrenme, bu tahminleri verimli bir şekilde yapabilmekte ve bireylerin hayatlarını korumak için yeni yöntemlerin geliştirilmesine yardımcı olmaktadır. Bu yöntemler yardımıyla, bir terör eylemi fiilen gerçekleşmeden önce güvenlik güçlerinin terör olayları ile başa çıkmasını sağlanabilmektedir [16].

Bu çalışmada, derin öğrenme yöntemleri kullanılarak, dinamit destekli terör faaliyetlerini engelleyebilmek ve güvenlik güçlerinin patlama gerçekleşmeden önce önlem almasına yardımcı olmak için yeni bir model önerilmiştir. Önerilen model için hazır veri seti olmadığından, internet üzerinden dinamit resimleri indirilerek yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Bu model insan ya da tren yolu üzerinde dinamit tespit eden ve tanıyan yeni bir yaklaşım sunmaktadır.

Çalışmanın geri kalan kısmı aşağıdaki şekilde düzenlenmiştir: Alandaki son araştırma çalışmalarını vurgulamak için konu ile ilgili çalışmalar bölüm 2’de sunulmuştur. Önerilen materyal ve yöntemler bölüm 3’te açıklanmaktadır. Son olarak, sonuçlar ve öneriler bölüm 4’te verilmektedir.

2. İlgili Çalışmalar

Derin sinir ağlarını kullanarak terör faaliyetlerinin tahminini yapmaya çalışan bir çalışmada, terör faaliyetinin davranışını anlamak için saldırının türünün intihar olup olmadığı, saldırının başarılı olup olmadığı, ne tür bir silah kullanılabileceği, hangi bölgenin hedef alınabileceği ve ne tür bir teröristin kullanılacağına dayalı beş farklı faktör belirlenmektedir [16]. Çalışmada tek katmalı sinir ağı ve derin sinir ağı tabanlı modeller geliştirilerek, derin sinir ağına dayalı modelin başarı oranının daha yüksek olduğu görülmüştür [16].

Terör olaylarını tahmin etmek için gerçek zamanlı büyük veri analizi içeren bir çalışmada [17], gerçek zamanlı terör olay verileri kullanılarak, terör risk seviyelerini hesaplamak ve tahmin etmek için yeni bir model önerilmektedir. Önerilen modelin risk değerlerinin önceden tanımlanan risk aralığı içinde olduğu görülmektedir. Başka bir çalışmada ise, terörist saldırılarını

tahmin etmek için saldırı türü, saldırı bölgesi ve saldırı türünü sınıflandıran silah türü tahminleri olmak üzere üç öngörülse saldırı modeli sunulmaktadır. Bu modeller, destek vektör makinesi (SVM), Yapay Sinir ağı (YSA), Naïve Bayes (NB), Random Forest (RF), REP Ağacı ve J48 gibi makine öğrenme algoritmaları kullanılmış ve bulgulara göre, RF'nin diğerlerine kıyasla daha iyi performans gösterdiği ortaya konulmuştur [18].

Evrışimli sinir ağının derin öğrenme ile tehlikeli nesne tespitine yönelik bir çalışmada, tehlikeli madde tespiti için derin öğrenme temelli evrışimli sinir ağına sahip bir algoritma önerilmiştir. Önerilen algoritmada nesne tespiti için evrışimli bir sinir ağı, pozitif ve negatif örneklerle eğitilerek, tehlikeli nesne olup olmadığını belirlemek için farklı ölçeklerde sürgülü pencere kullanılmaktadır [19].

Evrışim sinir ağı kullanılarak x-ışını görüntülerinden tehlikeli nesnelerin tespiti yapan bir çalışmada, x-ışını görüntü veri seti kullanılarak makas bıçak ve şişe tespit edilmektedir [20]. Başka bir çalışmada ise, benzin istasyonların da tehlikeli davranışları tespit etmek için derin öğrenme teknolojisine dayalı nesne tespit sistemi gerçekleştirilmiştir. Sistem, görüntüdeki tehlikeli nesneleri (sigara vb.) doğru ve hızlı bir şekilde tespit edilebildiği kanıtlanmıştır [21].

Tehlikeli nesne algılama için özellik çıkarma ve sınıflandırma algoritmalarının bir analizi yapılan bir çalışmada ise, bir görüntüde bıçak gibi tehlikeli nesneleri doğru bir şekilde tanımlamak için bag of words, HOG-SVM, CNN ve önceden eğitilmiş Alexnet algoritmaları kullanılmıştır. Çalışmada, SVM ile birlikte önceden eğitilmiş Alexnet kullanılarak en iyi sonuç alındığı görülmüştür [22].

3. Materyal ve Yöntem

3.1 Sistem Yapılandırması

Derin öğrenme modeli, ağırlıklı olarak işlem birleşik cihaz mimarisi (Compute Unified Device Architecture (CUDA)) çekirdeği etkinleştirilmiş Grafik İşleme Birimine (GPU) dayanmaktadır. Çalışma, CUDA etkinleştirilmiş (896 CUDA çekirdeği), 4GB GPU GTX 1650 ve 8 GB Rasgele Erişim Belleği (RAM) ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca çalışma için önerilen model Python programlama dili kullanılarak yazılmıştır.

3.2. Veri Seti

Geliştirilen model için internet ortamından, 491 adet dinamit resmi ve 150 adet insan resimlerine ait el ve yüz görüntüleri indirilerek veri seti haline getirilmiştir [23, 24]. Veri seti içerisinde bulunan tüm resimler üç kanallı Kırmızı Yeşil Mavi (Red Green Blue (RGB)) formatında 48x48 piksel boyuna getirildikten sonra dinamit ve dinamit olmayan olarak etiketlenmiştir. Veri setine ait örnek resimler Şekil 1’de verilmiştir.



(a)

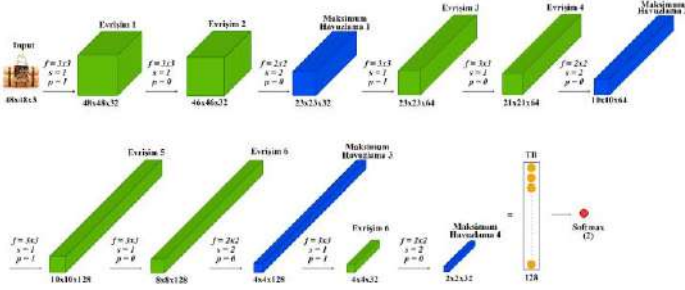


(b)

Şekil 1. Örnek veri seti (a) Dinamit (b) Dinamit olmayan.

3.3. Evrişimsel Sinir Ağı Modeli

Çalışmada insan ya da tren rayları üzerinde dinamit tespit etmek için Şekil 2’de sunulmuş yeni bir evrişimsel sinir ağı modeli önerilmektedir. Önerilen model için Tablo 1’de gösterilen katman türleri kullanılarak, 324.162 parametre elde edilmiştir.



Şekil 2. Evrişimsel sinir ağı modeli
(f: filtre boyutu, s: adım, p: dolgu, TB: tam bağlı)

Tablo 1. Model katman türleri ve sayıları

Katman Türü	Katman Sayısı
Evrişim	7
Havuzlama	4
Unutma	4
Tam bağlı	1
Sınıflandırma	1
ReLU	7
Toplam	24

Şekil 2’de verilmiş modelin evrişim katmanlarında Doğrultulmuş Doğrusal Birim (Rectified Linear Unit (ReLU)) aktivasyon fonksiyonu ve modelin eğitimi sırasında ağın aşırı öğrenmesini (ezberlemesini) engellemek için havuzlama katmanlarından sonra % 25’lik unutma katmanı kullanılmıştır. Ayrıca modelde Adamax optimizasyon algoritması ve 50 eğitim tur sayısı (Epoch) kullanılmaktadır.

4. Deneysel Sonuçlar

Çalışmada önerilen model açık kaynaklı bir makine öğrenimi çerçevesi sunan Tensorflow aracılığıyla, Python programlama dili kullanılarak yazılmış ve geliştirilmiştir. Çalışmada kullanılan veri seti, Tablo 2’de görülebileceği gibi eğitim, test ve doğrulama olmak üzere üç veri kümesine ayrılmıştır. Modelin eğitim sırasında eğitim ve test veri kümesi, test sırasında ise doğrulama veri kümesi kullanılmıştır.

Tablo 2. Veri kümesi

Veri Seti	Eğitim (%60)	Test (%20)	Doğrulama (%20)	Toplam
	384	129	128	641

Modelin eğitim işlemi sonucunda ölçülen precision (kesinlik), recall (duyarlılık), f1-skoru ve accuracy (doğruluk) performans ölçütlerinin matematiksel ifadeleri denklem (1-4)’de, performans sonuçları Tablo 3’de ve modelin doğruluk ve kayıp grafiği Şekil 3’de görülmektedir.

$$Precision(Kesinlik) = \frac{TP}{TP+FP} \quad (1)$$

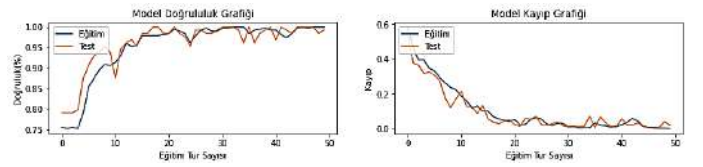
$$Recall(Duyarlılık) = \frac{TP}{TP+FN} \quad (2)$$

$$f1 - skoru = 2 \times \frac{Kesinlik \times Duyarlılık}{Kesinlik + Duyarlılık} \quad (3)$$

$$Accuracy(Doğruluk) = \frac{TP+TN}{TP+FP+FN+TN} \quad (4)$$

Tablo 3. Modelin performans sonuçları

	Kesinlik	Duyarlılık	F1-skoru
Dinamit	0.99	0.99	0.99
İnsan	0.96	0.96	0.96
Doğruluk			0.98
Makro ortalama	0.98	0.98	0.98
Ağırlıklı ortalama	0.98	0.98	0.98



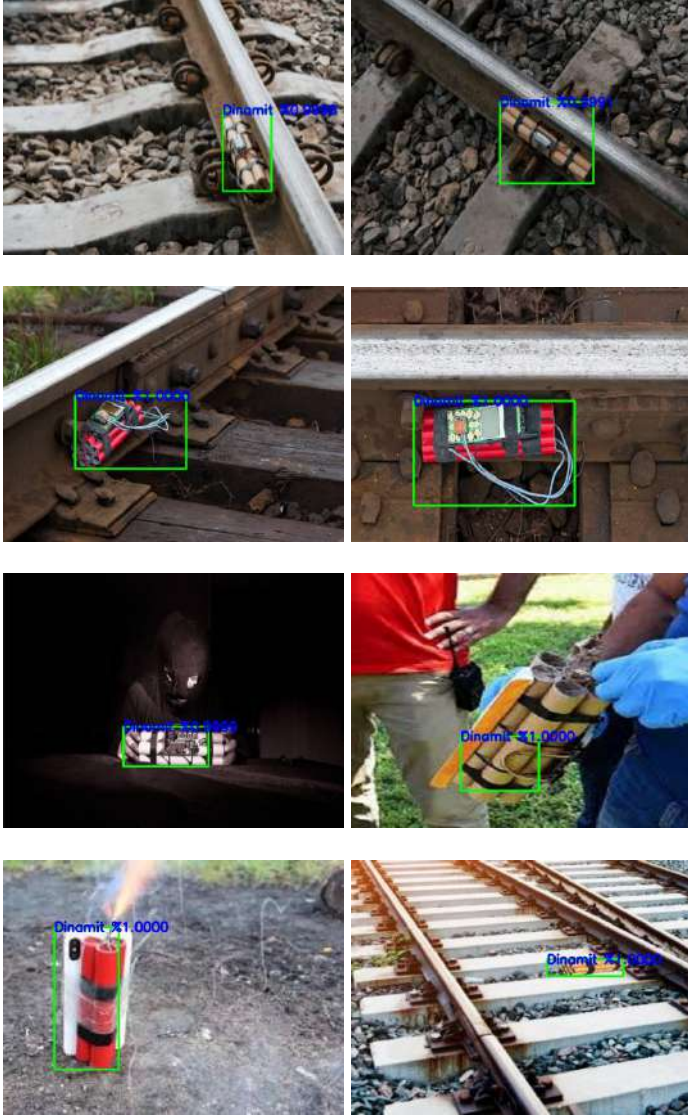
Şekil 3. Modelin doğruluk ve kayıp grafiği

Modelin doğruluğunu test etmek için ağın eğitim sırasında görmediği doğrulama veri seti kullanılarak test edilmiş ve %98,4 başarı doğruluğu ile 0,024 kayıp oranı elde edilmiştir. Ayrıca doğrulama veri kümesi kullanılarak Şekil 4’de gösterilen karışıklık matrisi elde edilmiştir.



Şekil 4. Karışıklık matrisi

Tablo 3, Şekil 3 ve Şekil 4’de verilen sonuçlara göre modelin başarılı bir şekilde sınıflandırma yaptığı görülmektedir. Ayrıca modelin performans sonuçları, insan ya da tren rayları üzerinde bulunan dinamit görüntüleri kullanılarak test edilmiş ve Şekil 5’de sunulmuştur. Elde edilen test sonuçlarına göre önerilen modelin üstün bir başarı gösterdiği görülmektedir.



Şekil 5. Farklı görüntülere sahip örnek test sonuçları

5. Sonuçlar ve Öneriler

Bu çalışmada, derin öğrenme mimarilerinden evrimsel sinir ağı kullanılarak, dinamit destekli terörist faaliyetleri engellemeye çalışmak ve güvenlik güçlerinin bir olay gerçekleşmeden önce önlemesine yardımcı olmak için dinamit tespit sistemi önerilmiştir. Önerilen model için hazır veri seti olmadığından, internet ortamından dinamit resimleri indirilerek yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Geliştirilen model eğitim ve test veri kümesi ile eğitildikten sonra ağı hiç görmediği doğrulama veri kümesi ile test edilerek %98,4 oranında başarı elde edilmiştir. Önerilen model insan ya da tren rayları üzerinde bulunan dinamit görüntüleri ile test edildiğinde, üstün bir performans sergilemiştir. Çalışmanın doğrudan güvenlik alanlarında uygulanabilir olması çalışmanın özgün değerini artırarak, gelecekteki çalışmalara katkı sağlayacağı beklenilmektedir.

Kaynakça

1. Yuan, J., & Guo, C. (2018, June). A deep learning method for detection of dangerous equipment. In 2018 Eighth International Conference on Information Science and Technology (ICIST) (pp. 159-164). IEEE.
2. Ionescu, B., Ghenescu, M., Răstoceanu, F., Roman, R., & Buric, M. (2020). Artificial Intelligence Fights Crime and Terrorism at a New Level. *IEEE MultiMedia*, 27(2), 55-61.
3. Makarenko, T. (2004). The crime-terror continuum: tracing the interplay between transnational organised crime and terrorism. *Global crime*, 6(1), 129-145.
4. Krieger, T., & Meierrieks, D. (2011). What causes terrorism?. *Public Choice*, 147(1-2), 3-27.
5. Ouassini, N., & Verma, A. (2018). Socio-economic inequality or demographic conditions: a micro-level analysis of terrorism in Jharkhand. *Journal of Victimology and Victim Justice*, 1(1), 63-84.
6. Mnih, V., Kavukcuoglu, K., Silver, D., Rusu, A. A., Veness, J., Bellemare, M. G., ... & Petersen, S. (2015). Human-level control through deep reinforcement learning. *nature*, 518(7540), 529-533.
7. Lake, B. M., Salakhutdinov, R., & Tenenbaum, J. B. (2015). Human-level learning through probabilistic program induction. *Science*, 350(6266), 1332-1338.
8. Karatas, G., Demir, O., & Sahingoz, O. K. (2018, December). Deep learning in intrusion detection systems. In 2018 International Congress on Big Data, Deep Learning and Fighting Cyber Terrorism (IBIGDELFT) (pp. 113-116). IEEE.
9. Igin, F. Y. (2020). Energy-based spectrum sensing with copulas for cognitive radios. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences. Technical Sciences*, 68(4).
10. Alhamdani, R., Abdullah, M., & Sattar, I. (2018). Recommender system for global terrorist database based on deep learning. *International Journal of Machine Learning and Computing*, 8(6).
11. Saeed, Y., Ahmed, K., Zareei, M., Zeb, A., Vargas-Rosales, C., & Awan, K. M. (2019). In-vehicle cognitive route decision using fuzzy modeling and artificial neural network. *IEEE Access*, 7, 20262-20272.
12. Huamani, E. L., Alicia, A. M., & Roman-Gonzalez, A. (2020). Machine Learning Techniques to Visualize and Predict Terrorist Attacks Worldwide using the Global Terrorism Database. *Machine Learning*, 11(4).
13. Ali Shah, S. A., Uddin, I., Aziz, F., Ahmad, S., Al-Khasawneh, M. A., & Sharaf, M. (2020). An enhanced deep neural network for predicting workplace absenteeism. *Complexity*, 2020.
14. Sai, B. K., & Sasikala, T. (2019, November). Object Detection and Count of Objects in Image using Tensor Flow Object Detection API. In 2019 International Conference on Smart Systems and Inventive Technology (ICSSIT) (pp. 542-546). IEEE.
15. Bakker, R., Hill Jr, D. W., & Moore, W. H. (2014). Modeling terror attacks: A cross-national, out-of-sample study. *Understanding Terrorism (Contributions to Conflict Management, Peace Economics and Development, Volume 22)* Emerald Group Publishing Limited, 22, 51-68.
16. Uddin, M. I., Zada, N., Aziz, F., Saeed, Y., Zeb, A., Ali Shah, S. A., ... & Mahmoud, M. (2020). Prediction of Future Terrorist Activities Using Deep Neural Networks. *Complexity*, 2020.

17. Toure, I., & Gangopadhyay, A. (2016, May). Real time big data analytics for predicting terrorist incidents. In 2016 IEEE Symposium on Technologies for Homeland Security (HST) (pp. 1-6). IEEE.
18. Verma, C., Malhotra, S., & Verma, V. (2018). Predictive modeling of terrorist attacks using machine learning. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*, 119, 06.
19. Yang, S., Sun, J., Duan, Y., Li, X., & Zhang, B. (2020, January). Dangerous object detection by deep learning of convolutional neural network. In *Second Target Recognition and Artificial Intelligence Summit Forum* (Vol. 11427, p. 1142722). International Society for Optics and Photonics.
20. Zou, L., Yusuke, T., & Hitoshi, I. (2018, December). Dangerous objects detection of X-ray images using convolution neural network. In *International Conference on Security with Intelligent Computing and Big-data Services* (pp. 714-728). Springer, Cham.
21. Chang, Y., Du, Z., & Sun, J. (2019, August). Dangerous behaviors detection based on deep learning. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Artificial Intelligence and Pattern Recognition* (pp. 24-27).
22. Kibria, S. B., & Hasan, M. S. (2017, December). An analysis of feature extraction and classification algorithms for dangerous object detection. In *2017 2nd International Conference on Electrical & Electronic Engineering (ICEEE)* (pp. 1-4). IEEE.
23. Istock, <https://www.istockphoto.com>, Erişim Tarihi Eylül, 20, 2020.
24. Liu, Z., Luo, P., Wang, X., & Tang, X. (2015). Deep learning face attributes in the wild. In *Proceedings of the IEEE international conference on computer vision* (pp. 3730-3738).



Preparation and Characterization of PbO.ZrO₂.TiO₂ and SrO.ZrO₂.TiO₂ Nanofibers by Electrospinning Method

Mürivet Kaşıkçı Özen^{1*}, Ozan Ceylan², Atilla Evcin³ and Nalan Çiçek Bezir⁴

^{1*}Nigde Omer Halisdemir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Nigde-TURKEY (ORCID: 0000-0003-2416-3018) murivet.k.o@gmail.com

²Akdeniz Üniversitesi, Elmalı Meslek Yüksekokulu, Antalya, TURKEY (ORCID: 0000-0002-7341-4218) ozanceylan@akdeniz.edu.tr

³Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Afyon-TURKEY (ORCID: 0000-0002-0163-5097) evcin@aku.edu.tr

⁴Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Isparta-TURKEY (ORCID: 0000-0002-5708-1521) cicekn@gmail.com

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.836535)

ATIF/REFERENCE: Kaşıkçı Özen, M., Ceylan, O., Evcin, A. & Çiçek Bezir, N. (2021). Preparation and Characterization of PbO.ZrO₂.TiO₂ and SrO.ZrO₂.TiO₂ Nanofibers by Electrospinning Method. *European Journal of Science and Technology*, (22), 86-92.

Abstract

Lead zirconate titanate (PZT)-based ferroelectric ceramic materials are piezoelectric materials of commercial importance. Strontium zirconate titanate (SZT) perovskite materials also have a wide application area. PZ and SZT starting solutions can be prepared using a variety of suitable methods. Among these methods, the sol-gel process has attracted special attention due to the low temperature requirement, homogeneity and the ability to obtain the appropriate particle size. The electrospinning method is the most effective and widely used method in nanofiber production. Electro-spinning is a method that enables the production of solid and hollow nanofibers in long lengths, homogeneous diameters and various compositions. When the electro-spinning technology is combined with the sol-gel method, continuous nanofibers, nanotubes and filled nanofibers are produced from polymer or ceramic solution under a certain electric field.

In this study, lead zirconate titanate (PZT) and strontium zirconate titanate (SZT) solutions containing Sr and Pb were prepared by sol-gel method. Solutions were prepared using metal salts and alkoxides as the precursor materials. The solutions obtained were fed at flow rates of 1.6, 1.8, 2.0 mL / hour and PZT and SZT nanofibers were formed by electrospinning method at 20 kV voltage rating. Different parameters of the electrospinning device were examined and the SZT and PZT nanofibers were produced with optimum properties. Crystal structure, characterization of morphological surface and chemical properties of the produced nanofibers were done with XRD, SEM and EDX, respectively. XRD results showed that the perovskite structure of PZT and SZT was not damaged during Sol-gel and electrospinning processes. A small amount of beady structure was observed in SEM analysis of PZT and SZT nanofibers. According to EDX analysis of nanofibers, it was observed that the PZT and SZT structure was also formed.

Keywords: PZT, SZT, Sol-Gel Method, Electrospinning Device.

PbO.ZrO₂.TiO₂ ve SrO.ZrO₂.TiO₂ Nanofiberlerin Elektrospinning Yöntemi ile Hazırlanması ve Karakterizasyonu

Öz

Kurşun zirkonat titanat (PZT) bazlı ferroelektrik seramik malzemeler ticari öneme sahip piezoelektrik malzemelerdir. Stronsiyum zirkonat titanat (SZT) perovskit malzemeleri de geniş bir uygulama alanına sahiptir. PZT ve SZT başlangıç çözeltileri uygun olan çeşitli yöntemler kullanılarak hazırlanabilir. Bu yöntemler arasında sol-jel işlemi, düşük sıcaklık gereksinimi, homojenlik ve uygun partikül boyutunun elde edilebilmesi nedeniyle özel ilgi görmüştür. Elektroçirme yöntemi nanofiber üretiminde etkin ve en yaygın kullanılan yöntemdir. Elektroçirme, katı ve boşluklu içyapılı, uzun boylarda, homojen çapta ve çeşitli bileşimlerde nanofiber üretimi sağlayan bir yöntemdir. Elektroçirme teknolojisi sol-jel yöntemi ile birleştirildiğinde, polimer veya seramik çözeltiden belirli bir elektrik alan altında sürekli nanofiber, nanotüp ve dolgulu nanofiber üretimi gerçekleştirilmektedir.

* Corresponding Author: murivet.k.o@gmail.com

Bu çalışmada, Sr ve Pb içeren kurşun zirkonat titanat (PZT) ve stronsiyum zirkonat titanat (SZT) çözeltileri sol-jel yöntemi ile hazırlanmıştır. Çözeltiler, öncü malzemeler olarak metal tuzları ve alkoksitler kullanılarak hazırlanmıştır. Elde edilmiş olan Çözeltiler, 1.6, 1.8, 2.0 mL / saat akış hızlarında beslenmiştir ve 20 kV voltaj değerinde PZT ve SZT nanofiberleri elektrospinning yöntemi ile oluşturulmuştur. Elektroğirme cihazının farklı parametreleri incelenmiş ve SZT ve PZT nanofiberleri optimum özelliklerde üretilmiştir. Üretilen nanofiberlerin kristal yapısı, morfolojik yüzey karakterizasyonu ve kimyasal özellikleri sırasıyla XRD, SEM ve EDX ile yapılmıştır. XRD sonuçları Sol-jel ve elektrospinning işlemleri sırasında PZT ve SZT'nin perovskit yapısının bozulmadığını göstermiştir. PZT ve SZT nanofiberlerin SEM analizlerinde az miktarda boncuksu yapı gözlemlenmiştir. Nanofiberlerin EDX analizine göre PZT ve SZT yapısının da oluştuğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: PZT, SZT, Sol-Jel Metodu, Elektroğirme Cihazı

1. Introduction

Development and production of energy generators operating with high efficiency have been needed due to the increasing need for energy in recent years. For this purpose, scientists have carried out many studies on the development of materials with piezoelectric, ferroelectric and pyroelectric properties due to their many application areas [1-3].

When pressure is applied on materials with piezoelectric crystal properties, electricity can be easily obtained by the applied pressure effect. This effect is directly related to the change in polarization density inside the material. If the piezoelectric material is not short-circuited, the applied pressure creates a voltage in the material. Because of this reason, piezoelectric ceramics are enormous materials that can convert mechanical energy into electrical energy. Piezoelectric ceramics are used in the computer industry (inkjet printers, disc drives), automotive industry (alarms, airbag sensors, fuel jets, air flow sensors, parking sensors, seat belt alerts), medical and military systems. It also forms the basis of many scientific techniques (such as STM, AFM, MTA, SNOM, which are scanning probe microscopes) in terms of atomic dissolution [4-6].

While describing the electrical behavior of the material, it is necessary to mention the characteristics of Pyroelectric materials. Pyroelectric materials have the ability to generate a potential difference between their ends when heated or cooled. Even a small temperature change at hundreds of degrees can be detected with pyroelectric materials. For this reason, pyroelectric crystals are commonly used in under-red detectors [7-9].

Ferroelectric materials have permanent polarization by themselves without being exposed to an external electric field. This polarization can be directed by the electric field effect. Ferroelectric materials are used in the production of capacitors with adjustable load storage capacity. These capacitors consist of a ferroelectric layer placed between a pair of electrodes. Ferroelectric materials must be symmetrical in order to show piezoelectric and pyroelectric properties. The combination of piezoelectric, pyroelectric and memory features makes ferroelectric capacitors very useful for sensor applications [10-12].

Lead Zirconate Titanate ($\text{Pb}(\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}_x)\text{O}_3$ or PZT) is an excellent ferroelectric ceramic material that has perovskite structure,. On the other hand PZT and Strontium zirconate titanate ($\text{Sz}(\text{Zr}_{1-x}\text{Ti}_x)\text{O}_3$ or SZT) nanofibers have recently been widely developed by scientists, especially because of their ferroelectric, piezoelectric and pyroelectric properties, efficiency of energy conversion, large remnant polarization and because

they have many application areas [13-17]. The most widely used of these are sensors, actuators, ferroelectric memory devices, nano-generators, micro-electromechanical systems (MEMS) and converters [18-20]. On the other hand SZT ceramics have become a research subject in integrated microelectronics, microwave devices and electronic ceramics industry because of its high dielectric permeability, adjustability, low microwave loss, high breaking strength and low leakage current density [21, 22].

The electrospinning method is a simple, cost-effective and versatile process for the production of advanced fiber with varying diameters in micrometer and nanometer sizes in various fields [23-26]. Nanofibers are formed from solution or molten polymeric fluid using a high voltage electrical field.

For the polymer to be transported as fiber, it must be in liquid form or in the form of a polymer solution. The experimental setup required for the electrospinning method basically consists of three important parts as shown in Figure 1.1.

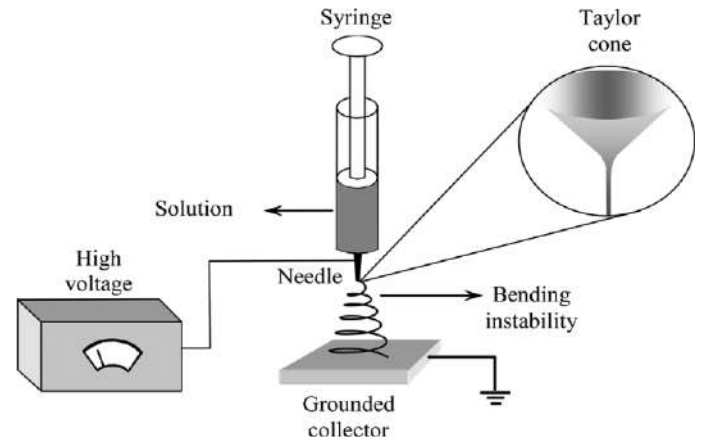


Fig. 1.1 Electrospinning experimental set-up [27].

1. High voltage power supply,
2. Feeding unit (syringe, metal needle, etc.),
3. Grounded collector (conductor plate, rotating cylinder, etc.).

The polymer and solvent are mixed at room temperature and a homogeneous polymer solution is prepared by sol-gel method. Then this solution is injected into the syringe. It is sent from the syringe to the metal needle at a constant speed using a pump. The high voltage source is turned on when the droplet takes the form of a cone at the tip of the metal needle. The polymer droplet is electrified and the induced droplet is evenly distributed

over the collector substrate surface. Many scientists used this method for the production of nanofibers.

In this study, PZT and SZT nanofibers containing Pb and Sr were prepared by sol-gel method using the electrospinning method. Solutions were prepared using metal salts and alkoxides as the precursor materials. Different parameters of the electrospinning device were examined and the SZT and PZT nanofibers were produced with optimum properties. Crystal structure, characterization of morphological surface and chemical properties of the produced nanofibers were done with XRD, SEM and EDX, respectively.

2. Material and Method

Lead zirconate titanate (PZT) and strontium zirconate titanate (SZT) nanofibers are obtained by electrospinning of sol-gel based solutions. PZT solution was prepared from lead Acetate, zirconium Oxychloride, titanium isopropoxide, and SZT solution was prepared from strontium nitrate, zirconium Oxychloride, titanium isopropoxide.

To prepare the solutions of nanofiber (SrO.ZrO₂.TiO₂) and nanofiber (PbO.ZrO₂.TiO₂), strontium nitrate, zirconium oxychloride, titanium isopropoxide, and lead acetate were chosen as precursors. Chemicals used in the experimental study are shown in Table 2.1.

Table 2.1. Chemicals Used in Experimental Study

Compound Name	Formulas	Properties
Lead acetate	Pb (CH ₃ COO) ₂ .3H ₂ O	Sigma, 99,9 % Mw= 379.34 g/mol
Strontium nitrate	Sr(NO ₃) ₂	Sigma, 99,995%, Mw=211.6 g/mol
Zirconium oxychloride octahydrate	ZrOCl ₂ .8H ₂ O	Sigma, 99.5%, Mw= 322,28 g/mol
Titanium isopropoxide	Ti{OCH(CH ₃) ₂ } ₄	Sigma, 99.5%, Mw=284.22 g/mol
Polyvinylpyrrolidone	(C ₆ H ₉ NO) _n	Sigma, M _w ~1,300,000
Absolute ethanol	CH ₃ CH ₂ OH	Sigma, 99.8%, Mw=46 g/mol

2.1. Preparation of Nanofiber Solutions (PbO.ZrO₂.TiO₂ and SrO.ZrO₂.TiO₂)

For the first step in the production of solutions of PZT nanofibers by sol-gel method, 1% of the molecular weight of lead, zirconium and titanium were taken. 5 grams of pure water was added to the Lead Acetate solution, and 3 grams of pure water to each of Zirconium Oxychloride and Titanium Alcohol solutions.

P: 379.34 g/mol —————> **1% 3.79 g/mol + 5 g pure water**
Z: 322.28 g/mol —————> **1% 1.67 g/mol + 3 g pure water**
T: 284.25 g/mol —————> **1% 1.36 g/mol + 3 g pure water**

And then, production of solutions of SZT nanofibers by sol-gel method, 1% of the molecular weight of strontium, zirconium and titanium were taken. 5 grams of pure water was added to the Strontium nitrate solution, and 3 grams of pure water to each of Zirconium Oxychloride and Titanium Alcohol solutions.

S: 211.63 g/mol —————> **1% 2.11 g/mol + 5 g pure water**
Z: 322.28 g/mol —————> **1% 1.67 g/mol + 3 g pure water**
T: 284.25 g/mol —————> **1% 1.36 g/mol + 3 g pure water**

The mixture was obtained by adding the two solutions into Titanium Alcohol solution. This prepared mixture solution was mixed in a magnetic stirrer at 250 rpm for 4 hours. After this process, 2g of PVP / 10ml of Ethanol were added slowly onto this solution and stirring was continued for 1 more hour. After the mixing process, the top of the beaker was covered with a watch glass and left to age for 1 day. PZT nanofibers were produced by the electrospinning method. The aged solution was drawn into a 10 ml 22 gauge plastic syringe and placed in the syringe pump. The solution was fed at 1.6, 1.8, 2.0 mL / hr flow rates and fibers were formed on aluminum foil at 20 kV voltage. PZT and SZT nanofibers formed on aluminum foil were heat treated at 1100 °C for 1 hour. One of the biggest problems encountered in nanofiber production is the loss of fibers after heat treatment. Three samples, A1, A2 and A3, were separated from the PZT solution. The same experimental steps were repeated to obtain SZT nanofibers. Thus B1, B2 and B3 samples were obtained. Table 2.2 showed that voltage and magnification values of PZT and SZT nanofibers.

Table 2.2. Voltage and magnification values of PZT and SZT nanofibers

Samples	Fibers	Voltage (kV)	Magnification (Kx)
A1	PZT	20	5.00
A2	PZT	20	10.00
A3	PZT	20	10.00
B1	SZT	20	5.00
B2	SZT	20	10.00
B3	SZT	20	10.00

Then the surface morphologies and chemical properties of group A and group B nanofibers have been analyzed in AKU Technology Application and Research Center by scanning electron microscope (SEM) and electron X-ray (EDX) measurements, respectively. The experimental steps are shown in Fig 2.1 and 2.2.

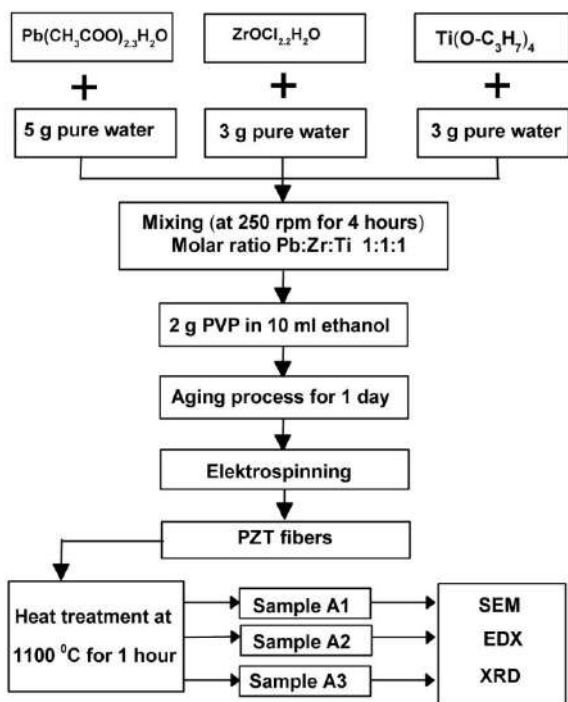


Figure 2.1 Experimental flow chart of PZT nanofibers

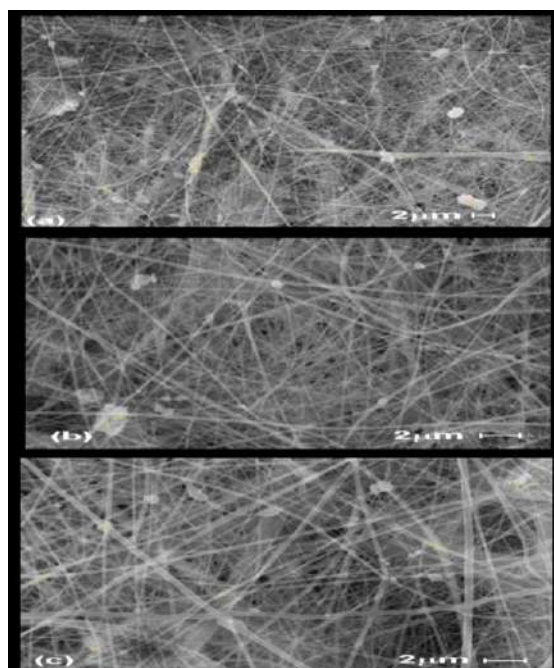


Figure 3.2. SEM Analysis of PZT Nanofibers (a)A1, (b)A2 and (c)A3.

3.2. SEM Analysis of SZT Nanofibers

SEM Analysis of SZT Nanofibers is given in Figure 3.2. A small amount of beady structure was observed in the SEM analysis of SZT nanofibers.

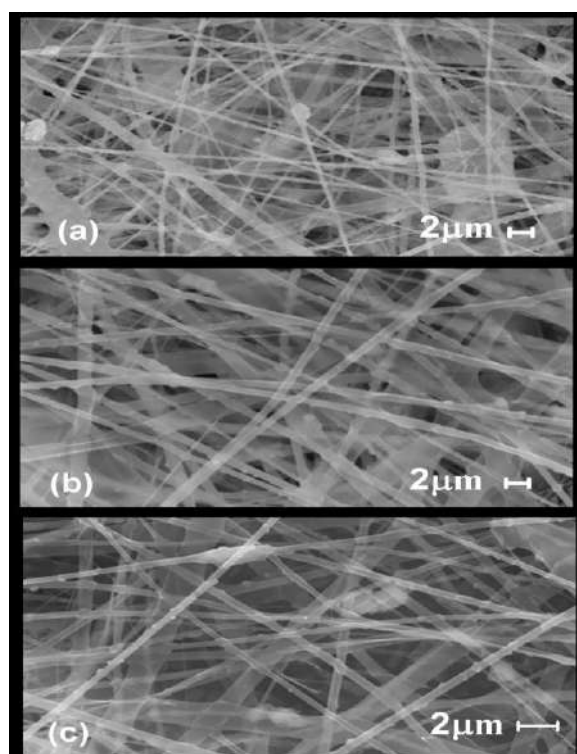


Figure 3.2. SEM Analysis of SZT Nanofibers (a)B1, (b)B2 and (c)B3.

3.3. EDX Analysis of PZT Nanofibers

Figure 3.3 shows the EDX analysis of sample A2. Results of EDX analysis of PZT nanofibers were showed that PZT

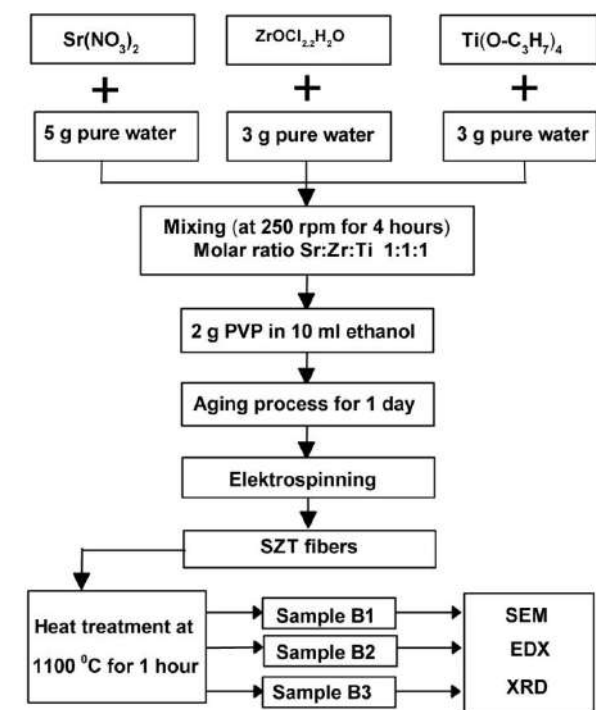


Figure 2.2 Experimental flow chart of SZT nanofibers

3. Results and Discussion

3.1. SEM Analysis of PZT Nanofibers

Figure 3.1 shows the SEM micrographs of PZT nanofibers (a)A1, (b)A2 and (c)A3. A small amount of beady structure was observed in the SEM analysis of PZT nanofibers.

structure consisting of 9.62% titanium, 1.32% zirconium, 89.06% lead was obtained.

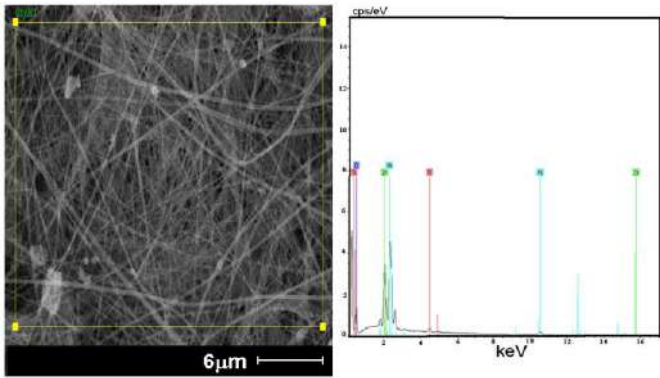


Figure 3.3. EDX Analysis of Sample A2.

3.4. EDX Analysis of SZT Nanofibers

Figure 3.4 shows the EDX analysis of sample B2. According to the EDX analysis of SZT nanofibers, it was observed that the SZT structure was also formed.

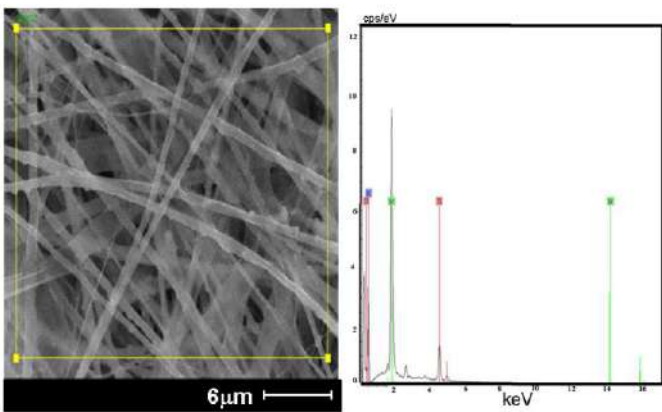


Figure 3.4. EDX Analysis of Sample B2.

3.5. Diameter Analysis of PZT Nanofibers

SEM and diameter analysis of PZT nanofibers are given in Fig. 3.5 (a)A1, (b)A2 and (c)A3 respectively. As a result of the removal of all impurities from the fiber structure after heat treatment, some decrease in the diameter of the fibers was observed.

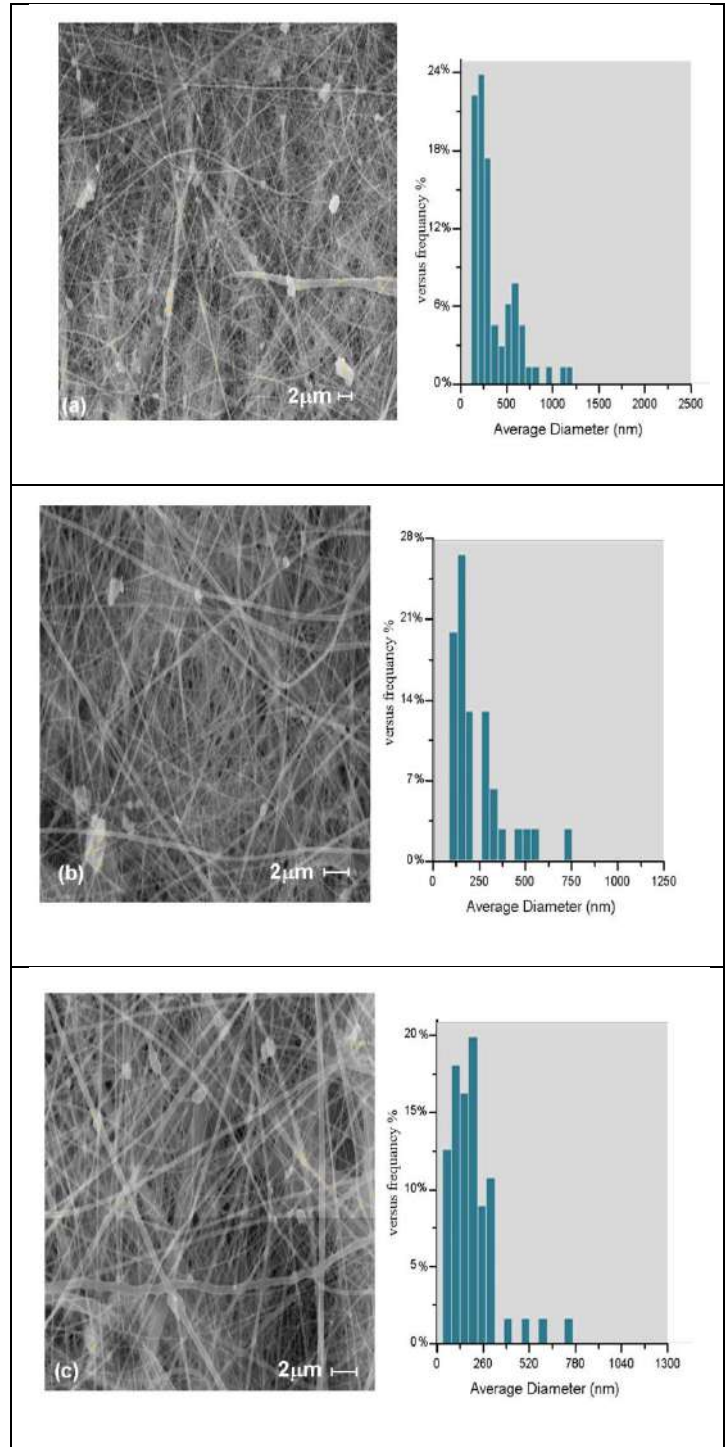


Figure 3.5. Diameter Analysis of PZT Nanofibers (a)A1, (b)A2 and (c)A3.

3.6. Diameter Analysis of SZT Nanofibers

SEM and diameter analysis of SZT nanofibers are given in Fig. 3.6 (a)B1, (b)B2 and (c)B3 respectively. As seen in Morphology and average diameters, all SZT nanofiber samples are in the form of uniform fibers, but their diameters differ. As a result of the removal of all impurities from the fiber structure after heat treatment, some decrease in the diameter of the fibers was observed.

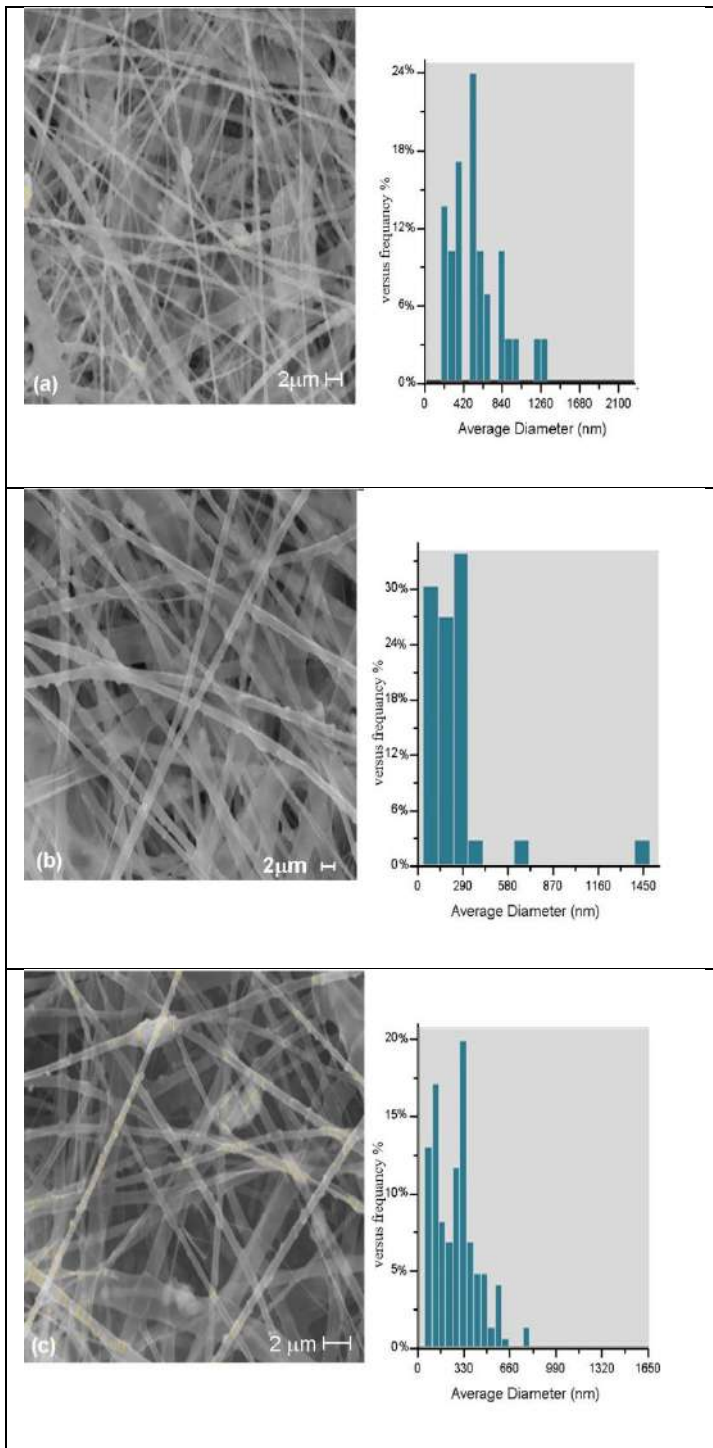


Figure 3.6. Diameter Analysis of SZT Nanofibers (a)B1, (b)B2 and (c)B3.

3.6. XRD Analysis of PZT and SZT Nanofibers

XRD patterns of the A2 and B2 electrospun fibers sintered at 1100 °C for 1 hour are seen in Fig. 3.7. As seen from Fig 3.7, XRD patterns showed that well-defined peaks, indicating crystallinity and phase formation of synthesized compounds. Perovskite structure of PZT and SZT is undisturbed during of sol-gel and electrospinning process.

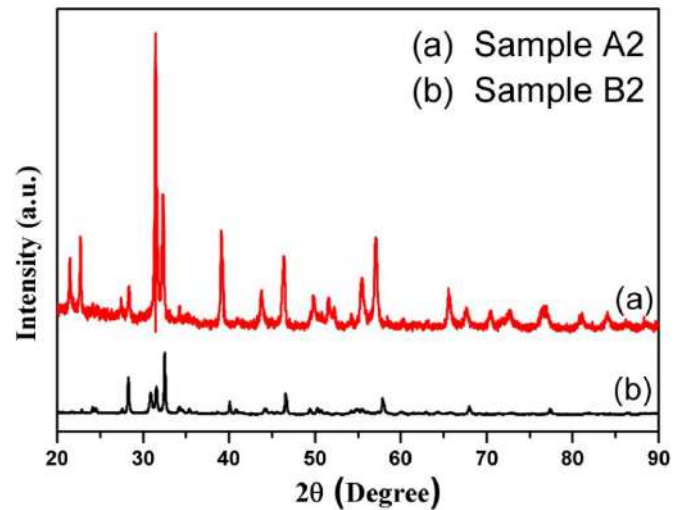


Figure 3.7. XRD patterns of nanofibers of (a) Sample A2 (b) Sample B2.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, PZT and SZT nanofibers have been successfully obtained via by electrospinning method and positive results were obtained. The produced PZT and SZT nanofibers were calcined at 1100 °C for 1 hour. A small amount of beady structure was observed in the SEM analysis of PZT and SZT nanofibers. As a result of the removal of all impurities from the fiber structure after heat treatment, some decrease in the diameter of the fibers was observed.

Results of EDX analysis of PZT nanofibers were showed that PZT structure consisting of 9.62% titanium, 1.32% zirconium, 89.06% lead was obtained. According to the EDX analysis of SZT nanofibers, it was observed that the SZT structure was also formed. As a result of the EDX analysis, SZT structure consisting of 9.62% Titanium, 1.32% Zirconium and 89.06% Strontium was obtained. According to XRD patterns, a complete formation of PZT and SZT perovskite structure was obtained at sintering temperature of 1100 °C for 1 hour.

Acknowledgement

This study was supported by AKU-BAP under Project number 16.KARIYER.17.

References

- [1] Chamankar, N., Khajavi, R., Yousefi, A. A., saeid Rashidi, A., & Golestanifard, F. (2019). Comparing the piezo, pyro and dielectric properties of PZT particles synthesized by sol-gel and electrospinning methods. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 30(9), 8721-8735.
- [2] Berlincourt, D. (1976). Current developments in piezoelectric applications of ferroelectrics. *Ferroelectrics*, 10(1), 111-119.
- [3] Khajelakzay, M., & Taheri-Nassaj, E. (2012). Synthesis and characterization of PB (ZR0. 52, TI0. 48) O3 nanofibers by

- electrospinning, and dielectric properties of PZT-Resin composite. *Materials Letters*, 75, 61-64.
- [4] Qiao, X., Geng, W., Sun, Y., Yu, J., Chen, X., Yang, Y., ... & Chou, X. (2020). Preparation of high piezoelectric and flexible polyvinylidene fluoride nanofibers via lead zirconium titanate doping. *Ceramics International*, 46(18), 28735-28741.
- [5] Ramsay, M. J., & Clark, W. W. (2001, June). Piezoelectric energy harvesting for bio-MEMS applications. In *Smart Structures and Materials 2001: Industrial and Commercial Applications of Smart Structures Technologies* (Vol. 4332, pp. 429-438). International Society for Optics and Photonics.
- [6] Kornmann, X., & Huber, C. (2004). Microstructure and mechanical properties of PZT fibres. *Journal of the European Ceramic Society*, 24(7), 1987-1991.
- [7] Whatmore, R. W. (1991). Pyroelectric ceramics and devices for thermal infra-red detection and imaging. *Ferroelectrics*, 118(1), 241-259.
- [8] Whatmore, R. W. (2004). Pyroelectric arrays: ceramics and thin films. *Journal of electroceramics*, 13(1-3), 139-147.
- [9] Guggilla, P., Batra, A. K., Currie, J. R., Aggarwal, M. D., Alim, M. A., & Lal, R. B. (2006). Pyroelectric ceramics for infrared detection applications. *Materials Letters*, 60(16), 1937-1942.
- [10] Izyumskaya, N., Alivov, Y. I., Cho, S. J., Morkoç, H., Lee, H., & Kang, Y. S. (2007). Processing, structure, properties, and applications of PZT thin films. *Critical reviews in solid state and materials sciences*, 32(3-4), 111-202.
- [11] Watton, R. (1989). Ferroelectric materials and devices in infrared detection and imaging. *Ferroelectrics*, 91(1), 87-108.
- [12] Lynch, C. S., Yang, W., Collier, L., Suo, Z., & McMeeking, R. M. (1995). Electric field induced cracking in ferroelectric ceramics. *Ferroelectrics*, 166(1), 11-30.
- [13] McKnight, R. E., Kennedy, B. J., Zhou, Q., & Carpenter, M. A. (2008). Elastic anomalies associated with transformation sequences in perovskites: II. The strontium zirconate-titanate Sr (Zr, Ti) O₃ solid solution series. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 21(1), 015902.
- [14] Chen, X., Li, A., Yao, N., & Shi, Y. (2011). Adjustable stiffness of individual piezoelectric nanofibers by electron beam polarization. *Applied Physics Letters*, 99(19), 193102.
- [15] Yu, Y., & Singh, R. N. (2000). Effect of composition and temperature on field-induced properties in the lead strontium zirconate titanate system. *Journal of Applied Physics*, 88(12), 7249-7257.
- [16] Yu, Y., Tu, J., & Singh, R. N. (2001). Phase stability and ferroelectric properties of lead strontium zirconate titanate ceramics. *Journal of the American Ceramic Society*, 84(2), 333-40.
- [17] Shende, R. V., Krueger, D. S., Rossetti, G. A., & Lombardo, S. J. (2001). Strontium zirconate and strontium titanate ceramics for high-voltage applications: synthesis, processing, and dielectric properties. *Journal of the American Ceramic Society*, 84(7), 1648-1650.
- [18] Chen, X., Xu, S., Yao, N., & Shi, Y. (2010). 1.6 V nanogenerator for mechanical energy harvesting using PZT nanofibers. *Nano letters*, 10(6), 2133-2137.
- [19] Dong, Z., Kennedy, S. J., & Wu, Y. (2011). Electrospinning materials for energy-related applications and devices. *Journal of Power Sources*, 196(11), 4886-4904.
- [20] Hsu, Y. C., Wu, C. C., Lee, C. C., Cao, G. Z., & Shen, I. Y. (2004). Demonstration and characterization of PZT thin-film sensors and actuators for meso-and micro-structures. *Sensors and Actuators A: Physical*, 116(3), 369-377.
- [21] Zhao, J., Wu, X., Li, L., & Li, X. (2004). Preparation and electrical properties of SrTiO₃ ceramics doped with M₂O₃-PbO-CuO. *Solid-state electronics*, 48(12), 2287-2291.
- [22] Parida, S., & Rout, S. K. (2017). Effect of zirconia on the structural and optical properties of strontium titanate ceramic. *Ferroelectrics*, 517(1), 81-89.
- [23] Yun, J. S., Park, C. K., Jeong, Y. H., Cho, J. H., Paik, J. H., Yoon, S. H., & Hwang, K. R. (2016). The fabrication and characterization of piezoelectric PZT/PVDF electrospun nanofiber composites. *Nanomaterials and Nanotechnology*, 6, 20.
- [24] Gevorkyan, A., Shter, G. E., Shmueli, Y., Buk, A., Meir, R., & Grader, G. S. (2014). Branching effect and morphology control in electrospun PbZr_{0.52}Ti_{0.48}O₃ nanofibers. *Journal of Materials Research*, 29(16), 1721.
- [25] Abd Razak, S. I., Wahab, I. F., Fadil, F., Dahli, F. N., Md Khudzari, A. Z., & Adeli, H. (2015). A review of electrospun conductive polyaniline based nanofiber composites and blends: processing features, applications, and future directions. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2015.
- [26] Ponhan, W., & Maensiri, S. (2009). Fabrication and magnetic properties of electrospun copper ferrite (CuFe₂O₄) nanofibers. *Solid State Sciences*, 11(2), 479-484.
- [27] Evcin, A., Bezir, N. Ç., Kayalı, R., Arı, M., & Kepekçi, D. B. (2014). Indium phosphide nanofibers prepared by electrospinning method: Synthesis and characterization. *Crystal Research and Technology*, 49(5), 303-308.



Ülkemizde Alternatif Yağ Bitkilerinin Durumu

Abdurrahim Yılmaz^{1*}, Hilal Yılmaz², Yusuf Arslan³, Vahdettin Çiftçi⁴, Faheem Shahzad Baloch⁵

^{1*} Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye, (*ORCID: 0000-0001-9991-1792;), ayilmaz88@hotmail.com

² Kocaeli Üniversitesi, İzmit MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Programı, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9138-3382), hilal.yilmaz@kocaeli.edu.tr

³ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8496-6037), yarslantarm@gmail.com

⁴ Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0440-5959), vahdet2565@yahoo.com

⁵ Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknoloji Fakültesi, Sivas, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7470-0080), balochfaheem13@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.843220)

ATIF/REFERENCE: Yılmaz, A., Yılmaz, H., Arslan, Y., Çiftçi, V. & Baloch, F. S. (2021). Ülkemizde Alternatif Yağ Bitkilerinin Durumu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 93-100.

Öz

Yağlı tohumlu bitkiler, içerdikleri primer ve sekonder metabolitler (yağ, protein, karbonhidrat, vitamin, mineral, fenolik ve antioksidan) bakımından zengin olan, insan ve hayvan beslenmesinin yanı sıra sanayi sektörü için de çok yönlü kullanım olanağına sahip olan önemli hammadde kaynaklarıdır. Ülkemizde yağlı tohumlu bitkiler arasında ekim alanı, üretim ve yağ tüketimi bakımından ilk sırayı ayçiçeği bitkisi almaktadır. Ayçiçeği bitkisinden sonra pamuk, soya, yer fıstığı, kolza ve aspir gibi bitkiler bu parametrelerde ön sırada yer alan yağ bitkilerindendir. Ancak nüfusun artmasıyla birlikte yağ tüketimi de artmakta, ülkemizde üretilen bitkisel yağ miktarı talebi karşılayamamakta ve bu nedenle yağ açığı oluşmaktadır. Gereksinim duyulan yağ ihtiyacının karşılanması için her yıl bitkisel yağ ithal edilmekte ve döviz kaybına uğranmaktadır. Ülkemizde kişi başına düşen bitkisel yağ tüketiminin gelişmiş ülkelere göre düşük olması da ayrıca dikkat edilmesi gereken hususlardandır. Yağ açığının giderilmesi adına alternatif yağ bitkilerinin araştırılması ve yaygınlaştırılması gerekmektedir. Bu derlemede alternatif yağ bitkileri potansiyeline sahip olan aspir, kolza, susam, ketencik, pelemir, crambe ve keten bitkilerinin dünya ve ülkemiz açısından önemi hakkında bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Alternatif Yağ Bitkileri, Aspir, Kolza, Susam, Ketencik

Status of Alternative Oilseed Crops in our Country

Abstract

Oilseed crops rich in primary and secondary metabolites (fat, protein, carbohydrates, vitamins, minerals, phenolics, and antioxidants) constitute an essential source of raw material for human and animal nutrition well as for the industrial sector. The sunflower plant takes the first place in terms of harvested area, production, and oil consumption among the oilseed crops in our country. After the sunflower plant, plants such as cotton, soybean, peanut, rapeseed, and safflower are among the oilseed crops at the forefront of these parameters. With the increase of population and plant oil consumption, the amount of plant oil produced in our country can not satisfy the demand, and plant oil deficits occur. To meet the required oil demand, plant oil is imported every year, and foreign currency is lost. The fact that vegetable oil consumption per capita in our country is low compared to developed countries is also among the matters to be considered. To eliminate the vegetable oil deficit, alternative oilseed crops should be researched and expanded. In this review, information about the importance to the world and our country of safflower, rapeseed, sesame, camelina, cephalaria, crambe, and flax plants which have the potential of alternative oilseed crops is given.

Keywords: Alternative Oilseed Crops, Safflower, Rapeseed, Sesame, Camelina

* Sorumlu Yazar: ayilmaz88@hotmail.com

1. Giriş

Hayvansal kökenli yağların maliyeti pahalı ve üretimi yeterli değildir. Bu nedenle insan beslenmesi için gereksinim duyulan yağların büyük bir kısmı, bitkisel kökenli yağlardan karşılanmaktadır (Kolsarıcı ve ark., 2015). Yağlı tohumlu bitkiler içerdikleri yağ, protein, karbonhidrat, mineral maddeler ve vitaminler sayesinde insan ve hayvan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir. 1 gram yağın vücuda sağladığı enerjinin 9 kcal. olduğu, aynı miktar proteinin 4 kcal. ve karbonhidratın 4.5 kcal. enerji verdiği belirtilmektedir (Bahar, 1999). Sağlıklı yetişkin bir insanın günlük aktivitesi için 2500-3000 kaloriye gereksinimi olduğu ve bu kalorisinin %30-35'inin yağlardan karşılanması gerektiği tavsiye edilmektedir. Bu durumda kişi başına yılda yaklaşık 23 kg yağ tüketilmesi gerekmektedir. Ülkemizde ise yılda kişi başı yaklaşık 21 kg yağ tüketilmektedir. Gelişmiş ülkelerde sağlıklı bir beslenme için kişi başı asgari yağ miktarının 24 kg olması gerektiği bildirilmektedir. Bu değer dikkate alındığında ülkemizde yağ tüketimi bakımından sağlıklı beslenmenin yeterli düzeyde olmadığı söylenebilir (Kolsarıcı ve ark., 2015).

Ülkemiz iklim ve toprak özellikleri dikkate alındığında, yağlı tohumlu bitkilerin üretimi için büyük bir potansiyele sahiptir. Yağlı tohumlu bitkiler arasında ekim alanı, üretim ve yağ tüketimi bakımından ortalama %70'lik pay ile ilk sırayı ayçiçeği bitkisi almaktadır (Taşkaya ve Uçurum, 2012). Ancak nüfusun artmasıyla birlikte yağ tüketimi artmakta, ülkemizde üretilen bitkisel yağ miktarı oluşan talebi karşılayamamakta ve bu nedenle yağ açığı oluşmaktadır.

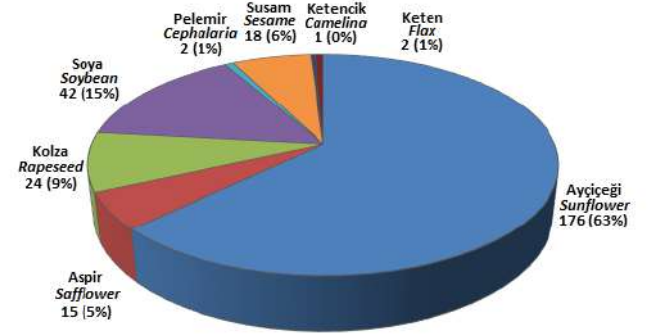
2019/20 sezonu USDA raporu verilerine göre; dünyada toplam yağlı tohum üretimi yaklaşık 577,15 milyon metrik tondur. Soya fasulyesi 337,14 milyon metrik tonluk üretimi ile birinci sırada, kolza (kanola) 68.20 milyon metrik tonluk üretim değeri ile ikinci sıradadır. Ayçiçeği ise 55,04 milyon metrik tonluk üretim değeri ile üçüncü sırada yer almaktadır. Bu değerleri 46,11 milyon metrik ton ile yer fıstığı, 44,95 milyon metrik ton ile pamuk tohumu ve 19.85 milyon metrik tonluk üretim ile de palm çekirdeği izlemektedir. Dünya ticaretinde önemli bir yeri olan yağlı tohumların toplam ithalat/ihracat miktarı 180,73 milyon metrik tondur. Yaklaşık 160 milyon metrik ton ile dünya yağlı tohumlar ticaretinde ilk sırayı soya fasulyesi, ikinci sırayı 15 milyon metrik ton ile kanola, bunları da sırayla 4 milyon metrik ton ile yer fıstığı, 3 milyon metrik ton ile ayçiçeği ve 0,7 milyon metrik ton ile pamuk tohumu takip etmektedir (USDA, 2020).

Türkiye'de 2019 yılı yağlı tohumlar üretiminde birinci sırada yer alan ayçiçeği üretimi yaklaşık 1,9 milyon ton, pamuk (çiğit) üretimi 1,320 milyon ton, kolza üretimi 180 bin ton, soya üretimi 150 bin ton, aspir üretimi 21,9 bin ton ve susam üretimi 16,9 bin tondur. En çok ekim alanına 675,9 bin ha ile ayçiçeği, daha sonra sırasıyla 477,9 bin ha ile pamuk, 52,5 bin ha ile kolza, 35,3 bin ha ile soya, 24,9 bin ha ile susam ve 15,9 bin ha ile aspir bitkisi sahiptir. Bu verilere göre ülkemizde 2019 yılında yaklaşık olarak 1,28 milyon ha alanda 3,6 ton yağlı tohumlu bitki üretilmiştir. Ayçiçeğinin yurt içi toplam kullanım değeri 4,7 milyon ton olup, 2,8 milyon tonu ithalat ile sağlanmaktadır. Soya bitkisinin yurt içi tüketim değeri 2,6 milyon ton olup, bunun 2,4 milyon tonluk gibi büyük bir bölümü ise ithalat ile temin edilmektedir (TÜİK, 2020).

Ekolojik olarak çok farklı iklim ve toprak özelliklerine sahip olan ülkemizde yağlı tohumlu bitki yetiştiriciliğinde yoğun

olarak ayçiçeği tarımı yapılmaktadır. Yapılan üretim, tüketim miktarımızı karşılayamamaktadır. Hem yağ açığını kapatmak hem de gelecekte dış pazarlarda yer alabilmek için mutlaka ürün çeşitliliğinin ve üretimin artırılması gerekmektedir.

Tarım bakanlığı tarafından yağlı tohum tarımını teşvik edici sistemler uygulanarak alternatif yağ bitkilerinin yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması, yöreye uygun ürün deseni oluşturularak alternatif yağ bitkilerinin ekim nöbetine girmesi, nadas alanlarının bu bitkiler ile değerlendirilmesi, araştırma projelerinin desteklenmesi ile planlı ve programlı bir çalışma yapılarak tohumluk ihtiyacının karşılanması; bitkisel yağ üretiminde kendine yetebilecek ve üretim fazlasını ihraç edebilecek düzeye gelebilen bir ülke olmanın önünü açabilecektir (Kolsarıcı ve ark., 2005). Bunun yanı sıra ıslah programlarıyla alternatif yağ bitkileri tarımında karşılaşılan sorunların yeni çeşitler geliştirilerek giderilmesi, var olan çeşitlerinin çiftçiye tanıtılarak kullanılması sağlanmalıdır. Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan alternatif yağ bitkileri; Kolza (kanola), Aspir, Ketencik, Susam ve Pelemir'dir. Bu bitkilerin tescilli çeşit sayıları yoğun olarak tarımı yapılan ayçiçeği ve nispeten tarımı yapılan soya, kolza ve susam bitkileri ile karşılaştırıldığında oldukça yetersiz kalmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Türkiye'de yağ bitkileri tescilli çeşit sayısı

Ülkemizde tarımı yapılan bazı yağ bitkilerinin devlet (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı) tarafından desteklemeleri sağlanmaktadır (Çizelge 1). Ayçiçeği, pamuk, soya, kanola ve aspir bitkisine yapılan desteklerin yanı sıra susam, keten, ketencik, pelemir ve crambe gibi diğer alternatif yağ bitkilerine de gerekli desteklemelerin yapılması beklenmektedir.

Tablo 1. Yağlı Tohum Destekleme (tl/ton)

Bitki-Yıl	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ayçiçeği	240	300	300	400	400	400	400	400
Pamuk	500	550	650	750	800	800	800	800
Soya	500	500	500	600	600	600	600	600
Kanola	400	400	400	500	500	500	500	500
Aspir	450	450	450	550	550	550	550	550

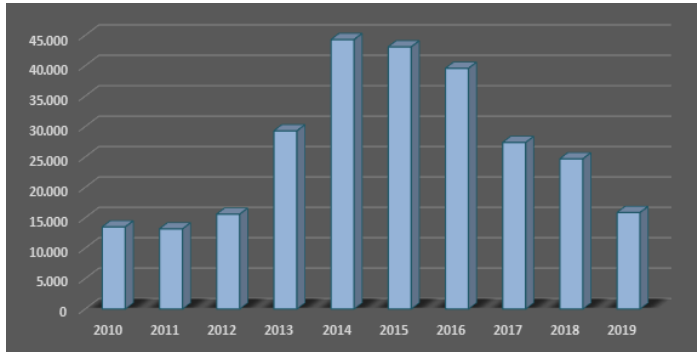
Ülkemizde geleneksel yağ bitkilerinden ayçiçeği ve soya fasulyesi yetiştiriciliğinde en önemli etken sulamadır. Sulama suyu yağışın yeterli düzeyde olduğu bölgelerde daha ekonomik olarak sağlanabildiğinden bu bölgelerde bu bitkilerin tarımı daha çok yapılabilmektedir. Ülkemizde bu özelliğe sahip üretim alanları az olduğundan ve bitkilerdeki verim artışı ile mevcut yağ açığını kapatmak mümkün olmadığından alternatif yağ bitkilerinin yaygınlaştırılması gerekmektedir.

2. Alternatif Yağ Bitkileri

2.1. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)

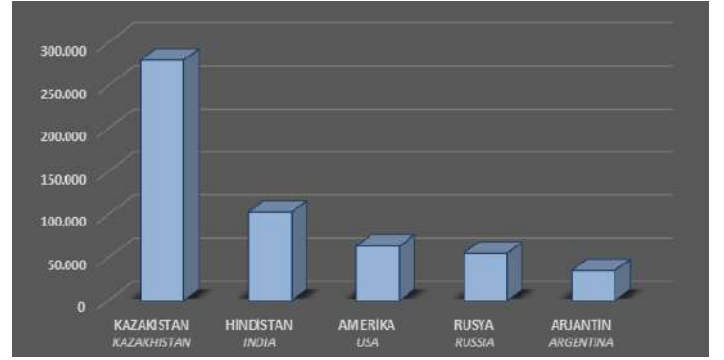
Aspir tohumlarından elde edilen yağ, insan beslenmesinde çok önemli olan yüksek oranda E vitamini ve doymamış yağ asitleri (%78 linoleik asit) içermektedir (Arslan ve ark., 1999; Öztürk ve ark., 2007). Aspir bitkisi yemeklik yağ üretimi haricinde sabun, boya, vernik ve cila yapımından yemeklerde tatlandırıcı ve renklendirici olarak çok farklı alanlarda (biodizel, boya maddesi, hayvan küspesi vs) değerlendirilen, kullanım alanları oldukça geniş olan önemli bir ticari bitkidir (Corleto ve ark., 1997; Zhang ve ark., 1997; Esendal, 1988; Esendal, 2001). Aspir, kuraklığa dayanıklı ve yağmur sularını verimli kullanan, ayrıca içerdiği yağ oranı ve yağ kalitesi ile üretim desenimiz içerisinde yer alması gereken önemli bir alternatif yağ bitkisidir (Bayramin, 2006).

Aspir, adaptasyon sınırlarının geniş olması nedeniyle farklı ekolojilerde yetişebilen, derine inen kök kısmı ile kurağa ve sıcağa toleransı yüksek, özellikle kuru tarım yapılan alanlarda ekim nöbetinde yer alması gereken önemli bir yağ bitkisidir (Dajue ve Mundel, 1996; Machado, 2004). 2020 TÜİK verilerine göre ülkemizde aspir bitkisinin ortalama verimi dünya ortalamasının (90 kg/da) üzerinde olup 141,7 kg/da'dır. Ekim alanına göre aspir yetiştiriciliği yapan ilk beş şehir sırasıyla Ankara, Aksaray, Muş, Konya ve Nevşehir'dir. Ülkemizde aspir bitkisi ekim alanlarının yıllara göre dağılımı verilen teşvik ve desteklemelere rağmen düzenli bir yükseliş grafiği yakalayamamıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Türkiye’de Aspir Bitkisi Ekim Alanlarının Yıllara Göre Dağılımı (ha)

Aspir bitkisi, iklim isteklerinin geniş olması, yazlık/kışlık formlarının bulunması ve buğday tarımında kullanılan mekanizasyona uygunluğu ile ülkemizde geniş alanlarda ekilebilecek potansiyel bir yağ bitkisidir (Uysal ve ark., 2006). Tahıllar ile ekim nöbetine katılması, hem hastalık ve zararlıların azaltılması hem de kök derinliği sayesinde nemden yararlanılmasını sağlamaktadır. Ayçiçeği işleyen fabrikada cihazlarda hiçbir değişiklik yapılmadan aspir bitkisi işlenebilmektedir. Yağ açığının kapatılmasında aspir bitkisinin ürün desenine koyulması oldukça önemlidir (Coşkun, 2014). Dünya’da önemi hızla artmasına rağmen ülkemizde yeterince tanınmadığı ve önemi yeterince kavranmadığı için bugüne kadar tarımında önemli bir gelişme yaşanmamıştır (Uysal ve ark., 2006).

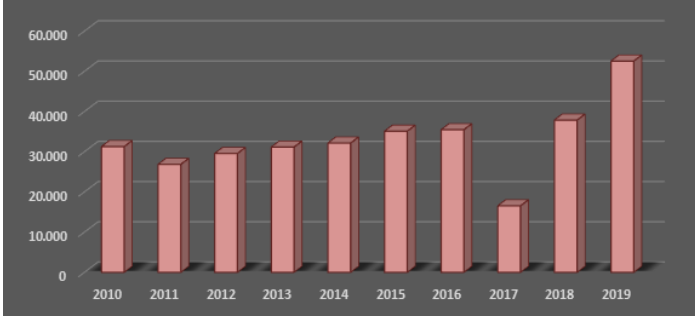


Şekil 3. Dünya’da En Yüksek Aspir Ekim Alanına sahip ilk 5 ülke 2018 (ha)

2018 yılı dünya aspir ekim alanı 694,8 bin hektardır. Kazakistan tek başına tüm aspir ekim alanının %40,3’üne sahip iken, toplam aspir tohumu üretiminin %34,2’sini karşılamaktadır. Amerika ise aspir ekim alanlarının %9,1’ini ve toplam aspir tohumu üretiminin %17’sini karşılamaktadır (Şekil 3). Ülkemiz şartlarına uyum sağlayabilen yüksek verimli yağlı tohumu olan aspir bitkisinin üretimi teşvik edilmeli ve ekim alanları hızlı bir şekilde artırılmalıdır.

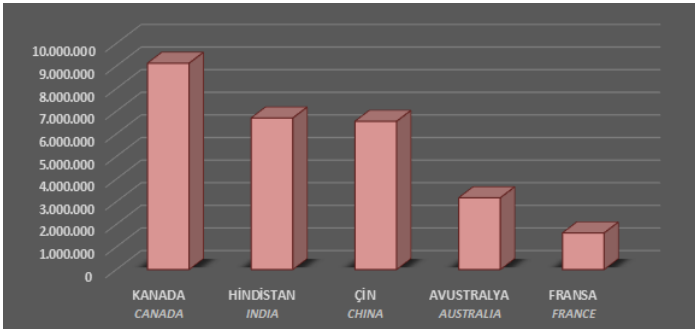
2.2. Kolza/Kanola (*Brassica napus* L.)

Dünya yağ üretiminde soya bitkisinden sonra en fazla tarımı yapılan bitki kolzadır. Yağında bulunan yüksek erusik asit ve glukosinolat, insan ve hayvan sağlığına zararlı olmasından dolayı bitki ıslahçıları tarafından geliştirilerek erusik asit (%2’den az) ve glukosinolat (30µmol/gramın altında) düşük olan ‘Kanola’ ismi ile adlandırılan çeşitler geliştirilmiştir (Raymer, 2002). Kolza tohumları %40-45 yağ ve kolza küspesi %37 protein içermektedir. Yağının oleik asitçe zengin olması, omega-3 ve omega-6 içermesi, E vitamini içeriğinin yüksek olması, kaynama noktasının yüksek oluşu (238°C), küspesinin soya küspesine çok yakın protein (%37) içermesi, kolza bitkisini dünyada en fazla tarımı yapılan 2. yağlı tohum bitkisi konumuna getiren nedenlerdendir. Bu nedenlerden dolayı kolza bitkisinin en iyi yağ bitkilerinden olduğu söylenebilir (Bayramin, 2006; Gizlenci ve ark., 2007). Dünyada kolza bitkisi, yemeklik yağ olarak kullanımının haricinde fosil yakıtların azalması, petrol fiyatlarındaki dalgalanmalar ve ekonomik krizler nedeniyle petrole alternatif araç yakıtı olarak (Biyodizel) kullanılabilir. Bu vesile ile gelecekte kolza bitkisinin daha önemli bir stratejik konuma sahip olacağı tahmin edilmektedir (Gizlenci ve ark., 2007). Dünya’da şu an itibariyle biyodizel üretiminin %86’sı kolza bitkisinden sağlanmaktadır (Gizlenci ve ark., 2012). Türkiye’de kolza, buğdayın yetiştirilebildiği alanlarda gerekli teknikler uygulandığında rahatlıkla üretilebilmektedir. Ancak TÜİK 2019 verileri incelendiğinde kolza tarımı ülkemizde istenen düzeylere ulaşamamıştır. Ülkemizde son on yıl içerisinde kolza bitkisi ekim alanlarının inişli-çıkışlı bir seyir izlediği dikkati çekmekle birlikte son yıllardaki artış eğilimi de bu bitkinin ülkemizdeki üretiminin giderek artacağına dair beklentileri karşılamaktadır (Şekil 4).



Şekil 4. Türkiye’de Kolza Bitkisi Ekim Alanlarının Yıllara Göre Dağılımı (ha)

Dünya kolza verim ortalaması 200 kg da⁻¹’dır. TÜİK 2020 verileri incelendiğinde ise ülkemizde kolza bitkisinin ortalama veriminin 343 kg/da olduğu görülmektedir. Ortalama verim bölgelere ve yetiştirme tekniğine göre değişmekte olup Ankara’da 400 kg/da olan kolza verimi Çorum’da 188 kg/da olarak kaydedilmiştir (TÜİK, 2020). İllerin verim değerlerindeki bu farklılık, bölge ekolojisine göre uygun kolza çeşidi seçiminin önemli olduğunu ve üretimi yapılacak çeşit seçiminin de bölgedeki verim denemeleri sonuçlarına göre yapılması gerektiğini göstermektedir (Arslan ve ark., 2007). Ekim alanlarında ise yetiştiriciliği yapan ilk beş şehir sırasıyla; Tekirdağ, Konya, İstanbul, Edirne ve Kırklareli’dir. Dünya kolza ekim alanları incelendiğinde 2018 yılında en fazla ekim alanları 9,12 milyon ha ile Kanada, 6,7 milyon ha ile Hindistan, 6,6 milyon ha ile Çin, 3,2 milyon ha ile Avustralya ve 1,6 milyon ha ile Fransa’dır (Şekil 5). Ülkemizde ise kolza tarımına ayrılan alan 2017 yılında 16,5 bin hektara gerilerken 2019 yılında 52,5 bin ha alanda ekimi yapılmıştır. Dünya ülkeleri ile kıyaslandığında ve yetiştiricilik için elverişli potansiyelimiz değerlendirildiğinde ülkemizdeki üretim durumunun oldukça yetersiz kaldığı görülmektedir.



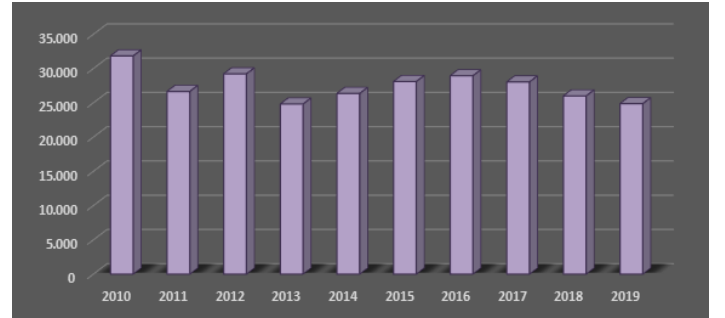
Şekil 5. Dünya’da En Yüksek Kolza Ekim Alanına sahip ilk 5 ülke (ha)

2019/2020 USDA raporuna göre dünya yağlı tohum üretiminin yaklaşık %12’si kolza bitkisinden karşılanmaktadır. Ülkemizde ise yağlı tohum üretiminin %5’i kolza tarımından karşılanmaktadır. Yüksek verimli ve daha fazla üretim potansiyeli olan bu bitkinin de üretimi teşvik edilmeli ve ülkemizdeki ekim alanları hızlı bir şekilde artırılmalıdır.

2.3. Susam (*Sesamum indicum L.*)

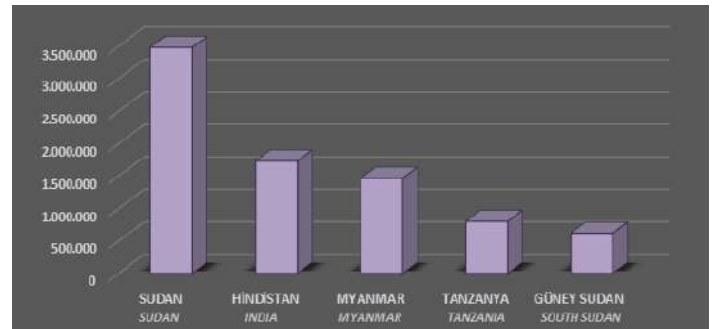
Dünya’da kültüre alınan ilk yağlı tohum bitkisi olan ve 5000 yılı aşkın süredir insanlığı tarafından kullanılan, köklü bir geçmişe ve zengin bir kullanım alanına sahip olan bu bitki Türk kültüründe tahin, tahin helvası ve simit gibi çok sevilen

besinlerde kullanılan önemli bir yağ bitkisidir. Susam tohumlarında %50-60 oranında yağ bulunmakta ve bu yağın yaklaşık %35-45’ini değişen oranda linoleik ve oleik asitler oluşturmaktadır (Liu ve ark., 1992; Baydar, 2005). Yağda çözünebilir en güçlü doğal antioksidanlar olan tokoferollerce (294-528 mg/kg) zengindir (Yoshida ve Takagi, 1997). Ayrıca sesamolin (%0,3-0,5) ve sesamin (%0,5-1,5) gibi sekonder metabolitler sayesinde susam yağının oksitlenmeye karşı son derece dirençli olduğu bilinmektedir. (Baydar, 2005; Salunkhe ve ark., 1991). Bu kadar üstün kaliteli özelliklere sahip olmasına rağmen susam bitkisinin düşük tohum verimi, kapsül çatlaması nedeniyle hasat ve harmanının zorluğu, makinalı hasada uygunsuzluğu gibi nedenlerden dolayı tarımı gelişmemiştir (Baydar, 2005). Son yıllarda ülkemiz susam ekim alanı yıllara göre dalgalı bir seyir izlemiş ve üretim miktarı artmamıştır (Şekil 6).



Şekil 6. Türkiye Susam Bitkisi Ekim Alanının Yıllara Göre Dağılımı (ha)

Dünya susam verim ortalaması 51,2 kg/da’dır. TÜİK 2019 verileri incelendiğinde ülkemizde susam bitkisinin ortalama veriminin 68 kg/da olduğu görülmektedir. En fazla ekim alanına sahip şehirler sırasıyla Manisa (64 bin da), Antalya (50,8 bin da), Uşak (32,5 bin da), Muğla (28 bin da) ve Adana (15,5 bin da)’dır. Ülkemizde susam tarımının yaygınlaştırılması ve bitkisel yağ olarak üretime katılması için yüksek verim ve kalitede tohum üreten, adaptasyon alanı geniş, makinalı hasada uygun olan çeşitlerin ıslah edilmesi gerekmektedir. 2018/FAO verilerine göre en fazla susam tarımı yapan ülke Sudan (3,5 milyon ha)’dır. Ekim alanı olarak bu ülkeyi sırasıyla Hindistan, Myanmar, Tanzanya ve Güney Sudan ülkeleri takip etmektedir (Şekil 7).



Şekil 7. Dünya’da En Yüksek Susam Ekim Alanına sahip ilk 5 ülke (ha)

Susam bitkisi, yetişme periyodunun kısa olmasından dolayı uygun ekolojik şartlar sağlayan bölgelerde ekim nöbetine sokulabilecek ideal bir yağlı tohum bitkisidir. Ülkemizde yaygın olarak tahıl (buğday, arpa, mısır, çeltik) hasadını takiben ikinci ürün olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır (Şahin, 2014). Ülkemizde susam yetiştiriciliğinde gübreleme, bakım gibi

işlemlerin uygulanmaması, üretimi yapılan bölgeye göre adaptasyonu yüksek olan tescilli çeşitlerin yaygınlaştırılmaması, hasat ve harmanın yoğun insan emeği istemesi, maliyet artırıcı özelliğın olması, düşük makineleşme, çiftçinin ekim nöbeti sistemlerini uygulamaması gibi sorunlar nedeniyle bu bitkiden düşük verim alınmaktadır. Bu sorunlar çözüme kavuşturulur ve devlet desteğı sağlanırsa, yağ açığını kapatmada susam bitkisi de alternatif alanlarda kullanılabilir en önemli bitkiler arasında yer alabilir.

2.4. Ketencik (*Camelina sativa* L. Crantz)

Ketencik, Orta Asya ve Kuzey Avrupa'nın doğal bitkisi olup, arkeolojik kazılardan elde edilen bulgular, bu bitkinin en az 3000 yıldır Avrupa'da yetiştirildiğini ortaya koymuştur. Yakın dönemlerde insan beslenmesinde Omega-3 yağ asitlerinin bitkisel kaynaklardan temin edilmesi fikriyle ketenciğın önemi artmıştır. Ketencik tohumları yaklaşık %42-45 oranında yağ içermekte ve bu yağ da yüksek oranda (%35) α -linolenik asit (18:3n-3, Omega-3)'ten oluşmaktadır (Umarov ve ark., 1972; Katar ve ark., 2012).

Ketencik, 85-100 günlük vejetasyona sahip olan soğuca ve kurağa toleransı yüksek, fazla yağış almayan yerlerde yetişebilen, nadas alanlarının daraltılması için kurak bölge topraklarında az miktardaki nem ve besin maddesi isteğinden dolayı kolaylıkla yetiştirilebilecek önemli bir alternatif yağ bitkisidir (Vollmann ve ark., 1996). Ketencik yağının 100 gramı, 10 mg E vitamini içermektedir (Zubr, 1997). Zengin antioksidan içeriğı sayesinde kozmetik alanında, küspesinin %10 yağ, %45 protein içermesinden dolayı kümes hayvancılığında yem bitkisi olarak değerlendirilebilmektedir (Kurt ve Seyis, 2008). Ayrıca süs bitkisi olarak da kullanılmaktadır (Jones ve Valamoti, 2005). Bazı bölgelerde kolzadan daha ucuz üretim maliyeti olduğu için biyodizel üretiminde alternatif bitki olarak kullanıldığı görülmüştür. Amerika'nın Montano eyaletinde yağış az olduğu için 1 yıl buğday ertesi yıl ketencik ekimi yapılmakta ve üretimden elde edilen 800 milyon galon/yıl yağ güvenli bir biyodizel kaynağı olarak kullanılmaktadır (Shonnard ve ark., 2010).

Ketencik, adaptasyonu yüksek, besin maddesi isteğı bakımından kanaatkâr, yabancı ot rekabeti iyi ve kuraklığa dayanıklılık özelliğı ile alternatif tarım alanlarında tahıllarla yetiştirilebilen iyi bir münavebe bitkisi olarak değerlendirilebilir. Tohumunda bulunan yüksek yağ oranı, dizel ve jet yakıtı gibi kaliteli yakıtlara dönüşecek şekilde işlenebilir (Kurt ve Seyis, 2012). Bu üstün özelliklere rağmen ülkemizde sadece Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından 1 adet (Arslanbey) çeşit geliştirilmiştir. Ülkemizde yağ açığının giderilmesi için alternatif tarım alanlarının kullanılmasında önemli bir yeri olan ketencik bitkisinin en iyi yetiştirilebileceğı bölgeler belirlenmeli, bölgede adaptasyon kabiliyeti yüksek çeşitler geliştirilmelidir.

2.5. Pelemir (*Cephalaria syriaca* L.)

Pelemir, ülkemizde yaygın bir şekilde doğal olarak yetişen, nispeten soğuca ve kuraklığa dayanıklı, toprak derinliğı fazla olmayan eğimli ve erozyona maruz olan marjinal alanlarda bile yetiştirilebilen alternatif bir yağ bitkisidir. Pelemir bitkisinin yağında bulunan %7-8 dolayındaki epoksi asit bu bitkinin yemeklik olarak kullanılmasını engellemektedir (Sezgin ve ark., e-ISSN: 2148-2683

2017). Diğer taraftan bu bitkinin yağındaki %19-20 oranında bulunan miristik asit içeriğı sabun yapımında ve epoksi asit içeriğı deri ve tekstil sanayinde değerlendirilmeye olanak sağlamaktadır (Yazıcıoğlu ve ark., 1978). Ayrıca yağı çıkarıldıktan sonra arta kalan küspesi de hayvan beslemesinde kullanılabilir önemli bir yem kaynağıdır (Çiller, 1977). Pelemir tohumu yaklaşık %22-28 yağ ve %14-21 protein içermektedir (Sezgin ve ark., 2017). Tohumlarından elde edilen un ülkemizde özellikle ekme yapımı için düşük kaliteye sahip buğdaylardan elde edilen hamuru kuvvetlendirmek, bayatlamasını geciktirmek amacıyla geleneksel olarak kullanılan doğal bir katkı maddesidir (Altunıgne ve Saygım, 1985).

Yaygın olarak tarımı yapılan yağlı tohumlu bitkilere oranla, pelemir tohumları linoleik asit ve miristik asit içeriğı yönünden daha yüksek içeriğe sahiptir (Baydar ve Turgut, 1999). Bu sebeple yağı kalite ıslahı çalışmalarında değerlendirilerek marjinal alanlarda tohum ve yağ verimi açısından istenilen özelliklerle sahip yeni çeşitler geliştirilebilir. Ayrıca pelemir yağından elde edilen biyodizel yakıt özelliklerinin standartlara uygun olması (Öğüt ve ark., 2014) gelecekte pelemir bitkisinin öneminin artacağını ve alternatif yenilenebilir çevre dostu enerji kaynağı olabileceğini göstermektedir (Altunbaş, 2015). Ülkemizde bugüne kadar sadece 2 adet tescilli pelemir çeşidi geliştirilmiştir. Bu bitkiye olan ilginin daha çok artması ve yeni çeşitlerin geliştirilmesi gerekmektedir.

2.6. Crambe (*Crambe abyssinica* Hochst. ex R.E. Fries)

Crambe bitkisinin tohumları %37 yağ içermektedir, bu yağın %57'sini erusik asit oluşturmaktadır. Erusik asit insanlarda sağlık problemleri oluşturduğu için (Parke ve Parke, 1999; West ve ark., 2002) crambe yağı yemeklik yağ olarak kullanıma uygun değildir. Ancak erusik asit (C 22:1) değerinin yüksek olması bu bitkiyi önemli bir endüstri ham maddesi yapmaktadır (Seyis ve ark., 2013). Son yıllarda dünyada crambe yetiştiriciliğı artmış A.B.D, İngiltere, Avustralya, Kanada gibi ülkelerde crambe tarımı ve ıslahının kırsal alanlarda yaygınlaştırılması konularında araştırmalar başlatılmıştır (Bayramın ve Arslan, 2007).

Biyodizel, biyoplastik, boya ve deterjan sanayi gibi çok farklı kullanım alanlarına sahip olan crambe, ülkemizde az yağış alan İç ve Orta Anadolu bölgelerinde su tüketim düşüklüğü sayesinde alternatif yağ bitkisi olarak yetiştirilebilir (Arslan ve ark., 2015). Islah çalışmalarında yüksek erusik asit içeren crambe genotipleri seçilerek endüstri ham maddesi olarak ülkemiz ekonomisine katkı sağlanabilir.

2.7. Keten (*Linum usitatissimum* L.)

Keten bitkisi; bilinen en eski tür olup, lifleri (keten kumaşı, halat, çadır bezi) ve tohumundan elde edilen yağ ile ülkemizde ve dünyada hem gıda hem de endüstri ham maddesi olarak kullanılan önemli bir yağ bitkisidir. Keten tohumu bünyesinde yaklaşık %30-45 yağ ve %20-25 protein bulunur (Oomah ve Mazza, 2000). Bu yağın ise %45-55'i linolenik asit olduğundan çabuk oksitlenip acılaşmaktadır. Linoleik asit oranı %3'ün üzerindeki genotiplerin yemeklik yağ kalitesi düşüktür ve yemeklik yağ olarak kullanımı sınırlıdır (John, 1992; Salunkhe ve ark., 1992; Yıldırım, 2005). Islah çalışmalarında linoleik asit

oranı %3'ün altına düşürülen çeşitler yemeklik yağ olarak kullanılmaktadır (Schuster 1992; Sahi ve Leitch 1994). Ülkemizde 2018 yılında ilk keten çeşidini Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü geliştirmiş ve üretim iznini almıştır. Günümüzde toplam üç adet keten çeşidi üretim iznli olarak ekilmektedir.

Dünyada toplam keten ekimi, 3,3 milyon ha alanda yapılmaktadır. Keten ekim alanı olarak en fazla yetiştiriciliğin yapıldığı ülke Kazakistan (1,08 milyon ha)'dır. Diğer ülkeler ise sırasıyla Rusya (730 bin ha), Kanada (460 bin ha), Hindistan (320 bin ha) ve Çin (280 bin ha)'dır. 2018/TÜİK istatistikleri incelendiğinde, ülkemizde keten ekim alanı 2000 yılında 320

3. Sonuç

Ülkemizde bitkisel yağ talebi, nüfus artışı ile doğrusal olarak artış göstermektedir. Bitkisel yağ açığını gidermek adına yeterli düzeyde üretim gerçekleştirilememektedir. Oransal olarak en yüksek paya sahip ayçiçeği yağı ile toplam bitkisel yağ ihtiyacının sadece bir kısmı karşılanabilmektedir. Yağ bitkileri yetiştiriciliğinin yetersiz olması nedeniyle giderek artan yüksek miktardaki yağ açığı ise, tohum ve ham yağ ithalatı yoluyla karşılanmaktadır. Bitkisel yağ sanayiinin hammadde ihtiyacının büyük bir bölümü dış ülkelere sağlanmaktadır. Bu nedenlerden dolayı ülkemizde ciddi rakamlarda döviz kaybı yaşanmaktadır.

Tahıllar kadar stratejik öneme sahip olan yağlı tohumlu bitkilerin mevcut tarım potansiyellerinin artırılması ile hem ülkemizin gereksinim duyduğu yağ ihtiyacı karşılanmış olacak hem de yağ fabrikalarının kapasiteleri artarak yağ sektörüne büyük katkılar sağlanmış olacaktır (Arioğlu ve ark., 2010). Türkiye'de nadas uygulanan yaklaşık 3,4 milyon hektar alan (TÜİK, 2019) alternatif yağ bitkileriyle değerlendirilememekte ve gelişen hayvancılık sektörünün ihtiyacı olan yağlı tohum küspesi yurt dışından ithal edilmektedir. Dünya ve Türkiye yağlı tohum üretim oranları incelendiğinde ülkemiz yağlı tohum ihtiyacının %53'ünü ayçiçeği tarımından karşılarken dünya %58'lik bir oranla soya tarımından karşılamaktadır (Şekil 8).

hektar iken 2017 yılında 5 hektara kadar gerilemiştir. 2000 yılında lif keteni üretimi 7 ton, yağ keteni üretimi 173 ton iken, günümüzde hem lif hem de yağ keteni üretimi bulunmamaktadır. Ülkemizde keten üretiminin artırılması; kaliteli ve yüksek verimli keten çeşitlerinin geliştirilmesi, çiftçiye keten tarımı teşvikleri verilerek üretime alınması, yok olma tehlikesiyle karşı karşıya gelen keten tarımının artmasını sağlayacaktır. Yağ açığımızı azaltmak için yenilebilir enerji olarak biyodizel kullanımında da değerlendirilebilen, kışlık olarak da yetiştirilebilen bu bitkinin alternatif yağ bitkileri ürün deseni içerisindeki yerini alması ülkemiz ekonomisi için çok önemlidir (Kurt, 2004).

Alternatif yağ bitkilerinin potansiyelini ortaya koyacak ve üretim miktarını artıracak aşağıda sıralanan uygulamaların hayata geçirilmesi gerekmektedir.

- Nadas alanlarında alternatif yağ bitkisi yetiştiriciliği yapan çiftçilere devlet destekleme primleri ile gübre ve mazot desteklerine ilave farklar verilip bu bitkilerin ekim alanlarının artırılması sağlanmalıdır.

- Alternatif yağ bitkilerinde yağ içeriği yüksek sertifikalı tohumluklar geliştirilip bunların çiftçilerin kullanım sahalarna katılması sağlanmalıdır.

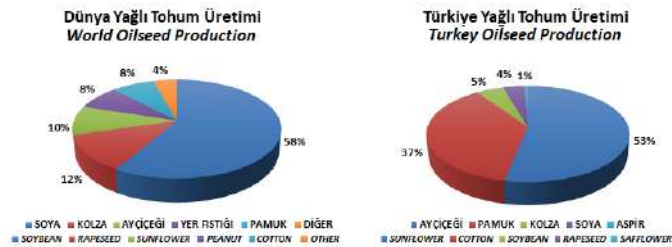
- Tarım İl Müdürlükleri'nde ve Tarımsal Araştırma Merkezleri'nde alternatif yağ bitkileri ile ilgili Ar-Ge çalışmalarına öncelik verilmelidir.

- Tarım Satış Kooperatifleri ve diğer birlikler alternatif yağ bitkilerinde sertifikalı tohumluk temini ve her türlü teknik destek konularında etkili rol üstlenmeli, sertifikalı tohumlukların alımı da teşvik edilmelidir.

- Alternatif yağ bitkilerinin üretimde yaygınlaştırılması adına tarım ile ilgili tüm teknik elemanların üreticilere hizmet içi eğitim çalışmaları yapmaları ve bu bitkilerin tarımı hakkında geniş çaplı yayım çalışmaları yürütmeleri gerekmektedir.

Kaynakça

- Altıniğne, N., & Saygın, E. (1985). Pelemin katımlı unlardan yapılan ekmeklerde bayatlama süresi. *Gıda*, 5, 323-332.
- Altunbaş, O. (2015). Pelemin bitkisinin pirolizi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Arioğlu, H.H., Kolsarıcı, Ö., Göksu, A.T., Güllüoğlu, L., Arslan, M., Çalışkan, S., ... & Arslanoğlu, F. (2010). Yağ bitkileri üretiminin artırılması olanakları. *Türkiye Ziraat Mühendisleri Birliği VII. Teknik Kongresi*, (pp. 361-377), 11-15 Ocak 2010, Ankara.
- Arslan B., Eryiğit, T., & Ekin, Z. (1999). Farklı Hasat zamanlarının aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'in verim ve kalite özelliklerine etkileri. *Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi. Cilt: II*, (pp. 132-133), 15-18 Kasım 1999, Adana.
- Arslan, M., Üremiş, İ., Çalışkan, S., & Çalışkan, M.E. (2007). Bazı Kanola (*Brassica napus ssp. oleifera* L.) Çeşitlerinin Amik Ovası Koşullarında Yetiştirilebilme Olanaklarının



Şekil 8. Dünya ve Türkiye Yağlı Tohum Üretimi Oranları

Alternatif yağ bitkilerinden kolzanın tarımı yağışın kısmen de olsa yeterli olduğu bölgelerde yapılırken susam, aspir, keten, ketencik gibi alternatif yağ bitkilerinin tarımı yağışın yetersiz olduğu kurak bölgelerde (nadas alanlarında) yapılabilir. Bu bakımdan bu bitkilerin tarımının yaygınlaştırılması yağ açığının giderilmesi açısından elverişli ve gereklidir. Alternatif tarım alanlarının bu bitkilerle değerlendirilmesi ülke ekonomisine önemli katkılar sağlayacaktır.

- Belirlenmesi. *Türkiye 7. Tarla Bitkileri Kongresi*, Cilt II, (pp. 596-599), 25-27 Haziran 2007, Erzurum.
- Arslan, Y., Subaşı, İ., & Keyvanoğlu, H. (2015). Determination of Some Plants Characteristics of Crambe (*Crambe hispanica subsp. abyssinica*) Genotypes. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24(1), 16-23.
- Bahar, E. (1999) "Türkiye'de Bitkisel Yağ Sektörünün Genel Durumu ve Çukurova'daki Bitkisel Yağ İşletmelerinin İşletmecilik Sorunları", Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana.
- Baydar, H. (2005). Susamda (*Sesamum indicum* L.) verim, yağ, oleik ve linoleik tipi hatların tarımsal ve teknolojik özellikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2), 267-272.
- Baydar, H. & Turgut, I. (1999) "Yağlı tohumlu bitkilerde yağ asitleri kompozisyonunun bazı morfolojik ve fizyolojik özelliklere ve ekolojik bölgelere göre değişimi", *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23, 81-86.
- Bayramın, S. (2006). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) / Kolza (*Brassica napus* spp. oleifera L.) Tarımı ve İslahı. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 15(1-2), 74-85.
- Bayramın, S., & Arslan, Y. (2007) Endüstriyel Yağ Bitkisi, Crambe. *Biyoyakıt Dünyası Dergisi*, 18-22.
- Corleto, A., Alba, E., Polignano, G.B., & Vonghia, G. (1997). Safflower: A multipurpose species with unexploited potential and world adaptability. The research in Italy. *IVth International Safflower Conference*, (pp. 23-31), 2-7 June 1997, Bari, Italy.
- Coşkun, Y. (2014). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)'in kışlık ve yazlık ekim olanakları. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(4), 462-468.
- Çiller, M. (1977). "Pelemir Tohumu Yağı Üzerine Bir Araştırma".
- Dajue, L., & Mündel, H. (1996). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 7. *Inst. Plant Genetic Resources Institute (IPGRI)*, Rome, Italy.
- Esendal, E. (1988). Aspir türleri üzerine bir monografi, coğrafi dağılışı, türler arası ilişkiler, genetik ve sitogenetik özellikler. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi*, 3(1): 139-150.
- Esendal, E. (2001). Safflower Production and Research in Turkey. *5th Int. Safflower Conf.*, 23-27 July 2001, Montana, USA.
- Gizlenci, M. Acar, M., & Kayaoğlu, Y. (2007). "Türkiye'de Kolza Gerçeği." *1. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu*, 28-31 Mayıs 2007, Samsun.
- Gizlenci, Ş., Acar, M., & Şahin, M. (2012). Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının (Biyodizel, biyoetanol ve biyokütle) projeksiyonu. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 8(3), 337-344.
- John, P. (1992). Biosynthesis of the Major Crop Productions. *Willey Biotechnology Series*. John Wiley and Sons.
- Jones, G., & Valamoti, S.M. (2005). *Lallemantia*, an imported or introduced oil plant in Bronze Age northern Greece. *Veget Hist Archaeobot* 14, 571-577. <https://doi.org/10.1007/s00334-005-0004-z>
- Katar, D., Arslan, Y., & Subaşı, İ. (2012). Ankara Ekolojik Koşullarında Farklı Ekim Zamanlarının Ketencik (*Camelina Sativa* (L) Crantz) Bitkisinin Yağ Oranı ve Bileşimi Üzerine Olan Etkisinin Belirlenmesi, *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 9(3).
- Kolsarıcı, Ö., Gür, A., Başalma, D., Kaya, M.D., & İşler, N. (2005). Yağlı Tohumlu Bitkiler Üretimi. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi*, Cilt I (pp. 409-429), 3-7 Ocak 2005, Ankara.
- Kolsarıcı, Ö., Kaya, M.D., Göksoy, A.T., Arıoğlu, H., Kulan, E.G., & Day, S. (2015). Yağlı tohum üretiminde yeni arayışlar. *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII Teknik Kongresi*, (pp. 413-414). 12-16 Ocak 2015, Ankara.
- Kurt, O. (2004). Alternatif Yağ Bitkileri Olarak Ketan. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Faaliyet Raporu (Basılmamış).
- Kurt, O., & Seyis, F. (2008). An alternative oilseed crop: Camelina (*Camelina sativa* L. Crantz). *Anadolu Journal of Agricultural Sciences (Turkey)*.
- Kurt, O., & Seyis, F. (2012). Alternatif Yağ Bitkisi: Ketencik [*Camelina sativa* (L.) Crantz]. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(2), 116-120.
- Liu, J.R., Zheng, Y.Z., & Xu, R.Q. (1992). Analysis of nutrient quality of seed and screening for prominent germplasm in sesame. *Oil Crops of China*, 1, (24-26).
- Machado, S. (2004). Potential Alternative Crops for Eastern Oregon. *Oregon Agricultural Experiment Station Special Report*, 1054, (84-102).
- Oomah, B.D., & Mazza, G. (2000). Bioactive Components of Flaxseed: Occurrence. *Phytochemicals and phytopharmaceuticals*, 106.
- Öğüt, H., Oğuz, H., Bacak, S., Aydın, F., Uygun, S., Arslan, Y. & Subaşı, İ. (2014). "Pelemir biyodizelinin teknik özelliklerinin incelenmesi", *Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştayı*, (pp. 45-49), 28-29 Mayıs 2014, Samsun.
- Öztürk Ö., Akınerdem, F., Bayraktar, N., & Ada, R. (2007). Konya koşullarında bazı aspir çeşitlerinin verim, verim unsurları ve yağ oranlarının incelenmesi. I. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu, (pp. 191-202), 28-31 Mayıs, Samsun.
- Parke, D.V. & Parke, A.L. (1999). Rape seed oil. An autoxidative food lipid. *J. of Clinical Bioch. and Nutrition*, 26, 51-61.
- Raymer, P.L. (2002). Canola: An Emerging Oilseed Crop. In: J. Janick and A. Whipkey (Eds.), *Trends in New Crops and New Uses* (122-126). Alexandria, VA: ASHS Press.
- Sahi, F.H. & Leitch, M. (1994). Flaxseed products and uses. *Journal of the Agricultural Society University of Wales*, 33, 545-550.
- Salunkhe, D.K., Chavan, J.K., Adsule, R.N., & Kadam, S.S. (1991). Sesame in world oilseeds: Chemistry, technology and utilization. *Van Nostrand and Reinhold*, New York.
- Salunkhe, D.K., Chavan, S.K., Adjuke, R.N., & Kadam, S.S. (1992). Nonedible oilseeds. *World Oilseeds, Chemistry, Technology and Utilization*.
- Schuster, W. (1992). Ölflangen in Europa, *dlg-verlglas-gmbh, eschborner landstrabe*, Germany. 122, 102-107.
- Seyis, F., Aydın, E., & Çopur, M. (2013). "An alternative oilseed crop: crambe (*Crambe abyssinica* hochst. Ex re Fries)." *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(2), 108-114.
- Sezgin, M., Tezcan, H., Şahin, M., Arslan, Y., Subaşı, İ., Demir, İ., & Koç, H. (2017). Bazı Pelemir (*Cephalaria syriaca* L.) Çeşitlerinin Türkiye'nin Farklı Ekolojik Koşullarında Verim ve Kalite Değerlerinin Belirlenmesi. *Tarım ve Doğa Dergisi*, 20, 192.
- Shonnard, D.R., Williams, L., & Kalnes, T.N. (2010). Camelina-derived jet fuel and diesel: sustainable advanced biofuels.

- Environmental Progress & Sustainable Energy*, 29(3), 382-392.
- Şahin, G. (2014). Türkiye’de üretimi azalan önemli bir yağ bitkisi susam. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 404-433.
- Taşkaya, T.B. & Uçurum, İ.B. (2012). Türkiye’de Bitkisel Yağ Açığı, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü, *Tepge Bakış*, 14 (2), 1-8.
- TÜİK (2019). Statistical data of TUIK. Retrieved from: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=104&locale=tr>.
- TÜİK (2020). Statistical data of FAO. Retrieved from: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>.
- Umarov, A.U., Chernenko, T.V., & Markman, A.L. (1972). The oils of some plants of the family cruciferae. *Khimiya Prirodnikh Soedinenii*, 1, 24-27.
- USDA (2020). Statistical data of USDA. Retrieved from: <https://usda.library.cornell.edu/concern/publications/tx31qh68h?locale=en>.
- Uysal, N., Baydar, H., & Erbaş, S. (2006). Isparta populusyonundan geliştirilen aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hatlarının tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1(1), 52-63.
- Vollmann, J., Damboeck, A., Eckl, A., Schrems, H., & Ruckebauer, P. (1996). Improvement of *Camelina sativa*, an under exploited oil seed. In J. Janick (Ed.), *Progress in new crops*, 357-362. Alexandria, VA: ASHS Press.
- West, L., Balch, B., Meyer, K., & Huth, P. (2002). Determination and health implication of the erucic acid content of broccoli florets, sprouts and seeds. *J. of Food Sci.*, 67, 2641-2643.
- Yazıcıoğlu, T., Karaali, A., & Gökçen, J. (1978). “*Cephalaria syriaca* seed oil”. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 55(4), 412-415. DOI: 10.1007/BF02911903
- Yıldırım, M. (2005). Seçilmiş alternatif keten (*Linum usitatissimum* L.) hatlarının verim ve verim öğeleri bakımından karşılaştırılması. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Yoshida, H. & Takagi, S. (1997). Effects of seed roasting temperature and time on quality characteristics of sesame (*Sesamum indicum*). *Oil. J. Sci. Food Agric.*, 75, 19-26.
- Zhang L.P., Yan, J., & Chai, Q. (1997). Pharmacological Study of Safflower. *IVth International Safflower Conference*, (pp. 339-346), 2-7 June, Bari, Italy.
- Zubr, J. (1997). Oil-seed crop: *Camelina sativa*. *Industrial Crops and Products*, 6, 113-119.



Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Öğrencilerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Farkındalık Düzeylerinin Belirlenmesi: Bir Vakıf Üniversitesi Üzerinde Bir İnceleme

Gülizar Hoşten¹, Özge Eren^{2*}

¹ İstanbul Aydın Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Doktora Programı Doktora Öğrencisi, Usta Öğretici, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7290-3936)
guluzarhosten@aydin.edu.tr

² İstanbul Aydın Üniversitesi İş Sağlığı ve Güvenliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5421-363X), deryadenizeren80@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.844279)

ATIF/REFERENCE: Hoşten, G. & Eren, Ö. (2021). Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Öğrencilerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Farkındalık Düzeylerinin Belirlenmesi: Bir Vakıf Üniversitesi Üzerinde Bir İnceleme. *European Journal of Science and Technology*, (22), 101-108.

Öz

İş Sağlığı ve Güvenliği kanunu kapsamında ülkemizde çalışmalar devam ederken, yöneticilerin yanı sıra çalışanlar tarafından içselleştirilmiş bir güvenlik algısının inşası, sosyal ve ekonomik olarak gelişimi sağlayacağı toplumun tüm kesimlerinde tüm çevreler tarafından kabul edilmiştir. Bu algının inşasında yer alan aktörlerden üniversitelerin amacı, geleceğin çalışanlarını tam donanımlı olarak görev yapmaya hazırlamaktır. Bu çalışmanın amacı; sağlık hizmetleri meslek yüksekokulunda eğitim gören öğrencilerin insan sağlığı hizmetlerinde görev yapmadan önce; İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ve yasal uygulamaları hakkında sahip oldukları bilgi seviyelerini ölçmek, ülkemizdeki işyeri güvenlik kültürü bakış açılarını değerlendirmek ve iş sağlığı ve güvenliği eğitimi hakkındaki bakış açılarını ortaya koymaktır. Bir açıdan da iş sağlığı ve güvenliği algıları ve farkındalıklarını ölçmektir. Bu çalışmaya dair birçok önemli bulgu mevcuttur ancak en önemlisi çalışmada kullanılan ölçek sorularının 3 temel faktörde toplanması ve bu faktörlerin belirli açıklayıcılığa sahip olmasıdır. İlk faktör "İş sağlığı ve güvenliği kültürünün varlığı ve çalışma alanlarında uygulanmasına yönelik algıyı, ikinci faktör "İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi" bilgi düzeyini ve son faktör ise ülkemizdeki yasal düzenlemelerin ne derecede bilindiği bilgisinin tespitine yönelik olarak sorulmuş ve her üç faktörde hem anlamlı hemde yeterli açıklayıcılığa sahip çıkmıştır. Çalışma ile elde edilen bazı önemli bulgular ise sırasıyla; araştırmaya katılan öğrencilerin %52'sinin iş sağlığı ve güvenliği konusunda aldıkları eğitimi yeterli bulmadıkları; yaklaşık %55'inin ise kendi alanlarında ülkemizdeki yasal uygulamaları bildiklerini ifade etmişlerdir

Anahtar Kelimeler: İş sağlığı ve güvenliği, güvenlik algısı, güvenlik farkındalığı, güvenlik eğitimi, üniversite laboratuvarları, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu

Determination of Occupational Health and Safety Awareness Levels of Healthcare Undergraduate School Students

Abstract

While work continues in terms of Occupational Health and Security Law in our country, it has been accepted by all circles that a perception of safety internalized by managers as well as employees will provide social and economic development in all segments of the society. Universities, which are one of the actors to build up this perception, aim to prepare the employees of the future to work fully equipped. The aim of this study is to; measure the level of aptitude students in vocational school of health have regarding Occupation Health and Safety law prior to working in the health sector, to review and evaluate workplace safety culture within our country, and to reveal perspectives on occupational health and safety. In a sense, it is to measure the perceptions and awareness of occupational health and safety. There are many important discoveries regarding this study, but most important one is that the scale questions in the study are gathered in three basic factors have certain explanatory. The first factor determines "The Perception of the Existence of Occupational Health and Safety Culture and Its Application in Work Areas". The second factor shows us the measurement of "Occupational Health and Safety Training". With the last factor was asked for the determination of the knowledge of the legal regulations in our country and in all three factors has both meaningful and sufficient explanatoryism. Some other findings obtained with the study are orderly; 52% of the students participating in the research did not find sufficient the training they received on occupational health and safety ; about 55% of them stated that they know the legal practices in our country in their fields.

Keywords: Occupational health and safety, safety perception, safety attitudes, safety training, university laboratories, Vocational School of Health Services

* Sorumlu Yazar: deryadenizeren80@gmail.com

1. Giriş

İş sağlığı ve güvenliği hem bilimsel hem de profesyonel arenada çalışanların çalışma koşullarının analiz edilmesi ve bu koşulların onların sağlığı ve mutluluğuna etkileri, iş ortamında tehlike ve risk etmenlerinin azaltılması ve bu etmenlerin etkinliğinin ölçülmesinin sağlanması şeklinde tanımlanmaktadır ve ülkemizde 6331 sayılı kanun ile yasal çerçevede kanunen şekillendirilmiştir (Resmi gazete sayısı: 28648, 2013).

İş yerlerinde çalışan, yönetim ve çalışma ortamından kaynaklı iş kazaları ve meslek hastalıklarının azaltılarak önüne geçilmesi iş sağlığı ve güvenliğinin temel amacıdır. Bu amaç doğrultusunda ortaya çıkacak tehlike ve risklerden çalışana korumak için risk yönetimi yapılmakta ve gereken önlemlerin gerek toplu gerekse de bireysel olarak alınması sağlanmaktadır. Çalışanların çalışma ortamının güvenliği ile ilgili algıları birçok çalışmada bilim insanları tarafından güvenlik iklimi kavramı olarak tanımlanmaktadır. Çalışmamızda iş sağlığı ve güvenliğinin bu boyutu üzerinde durulmuştur. Bir diğer açıdan bu kavram yani güvenlik iklimi “Çalışanların iş çevresinde, yönetimin sahip olduğu güvenlik görüşü ve bu görüşlere dayanan aktiviteleri, iş tehlike ve risklerindeki denetimler hakkında çeşitli algılama kalıpları geliştirmesi ve buna uygun davranması” olarak tanımlanmaktadır (Ceyhun,2014).

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO), dünyada her yıl çalışan 2.3 milyon kadın ve erkeğin işle ilgili kaza veya hastalılara yenik düştüğünü ve bu oranın her gün 6000 ölüme karşılık geldiğini belirtmektedir. Dünya üzerinde yıllık olarak 340 milyon mesleki kaza olmakta ve mağdur kişi sayısı da 160 milyon olarak hesaplanmaktadır (ILO, 2020 world statistics). Ayrıca ILO genç ve yaşlı çalışanların daha savunmasız olduğu çalışma dünyasında bu kişiler için özel önlemler alınması gerektiğini de çeşitli raporlarında vurgulanmaktadır. Ülkemizde de yapılan bazı çalışmalar bu görüşü desteklenmektedir. Cerev ve Yıldırım da çalışan 25-34 yaş grubunda iş kazalarının daha çok meydana geldiği sonucuna ulaşmışlardır (Cerev ve Yıldırım, 2018). Kendine aşırı güven, dikkatsizlik, gereksiz şakalar gibi farklı sebepleri olabilen bu durumun en önemli sebeplerinden birisi de şüphesiz eğitim eksikliği olduğu belirtilmektedir.

Ülkemizde, uygun sağlık ve güvenlik koşullarının çalışanlara sağlanmasının yanında bu çalışanların alacağı iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri de ulusal ve uluslararası mevzuat ile güvence altına alınmıştır (Öztürk, 2020). İş sağlığı ve güvenliği eğitimi iş yeri veya öğrencilerin eğitim gördükleri kurumlar tarafından verilmektedir. 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği kanununu 17. Maddesi ile çalışanların eğitimi düzenlenmiştir. Bu kanun doğrultusunda RG.28648 numaralı “Çalışanların İş sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik” ile işverenin yükümlülükleri, eğitimlerin konuları, eğitim programları, eğitim süreleri ve eğitimlerin düzenli tekrarlarının yapılması güvence altına alınmıştır. Kanunumuz genç çalışanların eğitimini de güvence altına almıştır. Aynı kanununun 7/3 maddesi kapsamında “Özel politika gerektiren grupların ve özel görevi bulunan çalışanların eğitimi” maddesine göre (RG-24/5/2018-30430) “Gerek çırak gerekse de stajyerlerin eğitim ve uygulamalı eğitim almaları işyerinin işverenin sorumluluğundadır. Ancak çırak ve stajyerlerin eğitimini devam ettirdiği eğitim ve öğretim kurumunda tamamladığı iş sağlığı ve güvenliği dersleri ya da kursları işverenin kabul halinde temel eğitim yerine geçer” der.

İş sağlığı ve güvenliği bilincinin artırılmasında, iş kazası ve meslek hastalıklarının önlenmesinde üniversite öğrencilerinin eğitimlerinin önemi tartışılmaz bir gerçektir. Lisans öğrencileri arasında yapılan bir araştırmada güvenlik bilgisinin güvenlik kültürü üzerinde önemli bir etkisi olduğu, güvenlik ile ilgili ders alan öğrencilerin sahip olduğu güvenlik kültürü anlayışının çok daha yüksek olduğu görülmüştür (Gong, 2019). Bilgi birikimlerini iş hayatına aktaracak olan yeni mezun genç çalışanların, iş sağlığı ve güvenliği kanun ve uygulamalarına hakim olmaları iş yerlerinde iş sağlığı ve güvenliğine bakış açısını değiştirerek iş yerlerinin güvenlik kültürünün gelişmesine katkı sağlayacaktır.

Aynı zamanda staj eğitimi zorunlu olan üniversite öğrencisi gençlerimizin iş ortamında karşılaşabilecekleri tehlikelere karşı kendilerini korumaları için de iş sağlığı ve güvenliği eğitimini stajlarına başlamadan önce almış olmaları önemlidir. Wu ve arkadaşları üniversite laboratuvarlarında güvenlik iklimini ölçtükleri çalışmalarında, güvenlik eğitimi alan çalışanların güvenlik algılarında önemli farklar olduklarını tespit etmişlerdir. Güvenlik eğitimi alan çalışanların güvenlik eğitimi almayan çalışanlardan daha güçlü algıya sahip oldukları ve bu durumun davranış değişikliğine sebep olduğu; güvenlik eğitimi alan çalışanların güvenlik davranışlarının geliştiği, güvenli davranış ve güvenlik iklimi arasında doğrudan bir ilişki olduğunu ifade ederler (Wu ve diğerleri, 2007).

Ülkemizde üniversite öğrencilerinin iş sağlığı ve güvenliği farkındalıkları ve güvenlik algısının belirlenmesi için farklı alanlarda eğitim gören öğrenciler üzerinde çeşitli araştırmalar yapılmıştır. Hemşirelik öğrencilerinin iş sağlığı ve güvenliği hakkında bilgi düzeylerinin artırılması ile ilgili bir çalışmada hemşirelik 3.sınıf öğrencilerinin iş sağlığı ve iş güvenliği hakkında yeterli bilgiye sahip olmadıkları ve verilen eğitim ile farkındalıklarının arttığı belirtilmiştir (Çelikkalp ve diğerleri ,2015). Yine işletmelerdeki iş sağlığı ve güvenliği algılarının mevcut durumunu ortaya koymak için Kocaeli Meslek Yüksek Okulu öğrencilerine iş sağlığı ve güvenliği algısı anketi uygulanmıştır. Eğitimleri sırasında iş sağlığı ve iş güvenliği eğitimi almış öğrencilerin yasal bilgileri yeterli olmasına rağmen eğitimi nitelik olarak yetersiz buldukları ortaya çıkmış ve araştırmacılar eğitim kurumları ve endüstri kurumlarında insan kaynakları yönetimi açısından eğitimin tekrar ele alınması gereken bir konu olduğu sonucuna ulaşmışlardır (Sivrikaya ve diğerleri 2018).

Hastaneler, hastalar için olduğu kadar çalışanlar için de güvenli olması gereken yerlerdir, çalışanları tehdit edecek hiçbir tehlike ve riskin olmadığı bir ortam yaratılmalıdır. (Yari ve diğerleri, 2019). Hastane hizmetleri NACE 86 kodlu insan sağlığı hizmetleri veren tehlikeli veya çok tehlikeli sınıf iş yerleridir. Bu kurumlarda staj yapacak öğrencilerin çalışmalarına başlamadan önce yasal bir zorunluluk olarak staj yapacakları kurum tarafından veya öğrenim gördükleri sağlık meslek yüksekokulları tarafından verilen iş sağlığı ve güvenliği eğitimini almış olmaları gerekmektedir.

Hastane ve hastane laboratuvarlarında kimyasal, biyolojik, fiziksel, elektriksel/mekanik ve psikolojik tehlikelerden bahsedebiliriz. Sürekli olarak yaşamsal risk taşıyan işler yapmanın yanı sıra hasta ve hasta yakınları ile etkileşim sonucu çalışanın yaşadığı psikolojik sorunlar da çalışanda- fiziksel veya mental-meslek hastalıklarına sebep olabilmektedir. Giurgiu ve arkadaşlarının sağlık çalışanları arasında yaptıkları çalışmada

Avrupa Birliğine bağlı ülkelerde yaşayan 40 milyondan fazla çalışanın iş ile ilgili stres yaşamakta olduğunu ifade ederler. Yapılan sağlık harcamaları ve çalışanların işe gidememe nedeniyle ortaya çıkan maliyetin çok yüksek olması işle ilgili psikososyal risklerin ekonomik ve sosyal önemini ortaya koymaktadır (Giurgiu ve diğerleri, 2015). Hastane ve laboratuvarlar ayrıca kimyasal dökülme-saçılma, biyolojik dökülme-saçılma, kimyasal reaksiyon sonucu ortaya çıkan gazlara maruz kalma, kesici delici aletlere ve maddelere maruziyet, elektrik şoku, radyasyona maruz kalma en sık karşılaşılan kazalardır. Akut ve kronik sakatlanmalar, hatta ölümle sonuçlanabilecek bu kazaların önlenmesi için sürekli eğitimlerle hastanelerde çalışan kişilerin güvenlik bilgileri taze tutulmalıdır. Bu kural hasta veya hastadan alınan numuneler ile doğrudan bağlantısı olan öğrenciler için de geçerlidir. Yapılan araştırmalar hastanelerde yaşanan iş kazalarının çoğunlukla öğrenciler tarafından yapıldığını ortaya çıkarmaktadır. Savcı ve ark., sağlık bölümü öğrencileri arasında yaptıkları çalışmada öğrencilerin staj yaptıkları birimde %69,8 oranında en az bir kez iş kazasına maruz kaldığını ve maruziyetin en fazla kesici delici alet yaralanmalarında yaşandığı, yaralanmaların sırasıyla en çok cerrahi klinikler ve dahiliye kliniklerinde yaşandığı belirlemişlerdir (Savcı ve diğerleri, 2018). Bir devlet hastanesinde çalışanlardaki delici ve kesici alet yaralanmalarını araştıran Kepenek ve ark. yaralananların %67,3'ünü öğrenci hemşirelerin oluşturduğunu bildirmişlerdir (Kepenek ve diğerleri, 2017). Bu öğrencilerin sağlık bilgisi kurallarına uymaları, meslek hastalıklarından ve kazalarından korunabilmeleri için sürekli eğitimleri şarttır. Savcı ve ark. yaptıkları araştırmada iş sağlığı ve güvenliği eğitimleri kapsamında eğitim alan öğrencilerin iş kazası yaşama oranını %12,46, eğitim almayan öğrenciler arasında ise bu oranın %27,90'a yükseldiğini bulmuşlardır (Savcı ve diğerleri, 2018).

Şahmaran ve ark., ön lisans programında verilen eğitim ve öğretimin iş sağlığı ve güvenliği algısı üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında katılımcıların iş yeri çalışma şartlarının iyileşmesinde İSG eğitimlerinin etkisinin fazla olduğunu ve aldıkları eğitimi çalışma hayatında uygulayacaklarını ifade ettikleri belirtmişlerdir (Şahmaran, 2019).

Merdin ve ark. tarafından meslek yüksekokulunda öğrenim gören öğrencilerin güvenlik algısını ölçmek için yaptıkları çalışmada öğrencilerin %85'i alınacak gerekli tedbirler ve eğitim ile iş kazalarının ve meslek hastalıklarının belirli bir oranda azalış gösterebileceğini düşündüklerini belirtmişlerdir (Merdin ve diğerleri 2019).

Tharmin, ve ark., kaza ve hastalık oranlarının genç çalışanlar arasında çok yüksek olması nedeniyle bu çalışanların korunmaları için geliştirilebilecek yöntemleri bulabilmek amacıyla üniversite öğrencileri ile yaptıkları araştırmada güvenlik eğitiminin güvenlik tutum, beceri ve kendine güven üstündeki etkisini incelemiş ve güvenlik becerisi ve kendine güven ile güvenlik eğitimi arasında güçlü ve pozitif yönde bir ilişki olduğunu ortaya koymuşlardır (Tharmin ve diğerleri, 2010).

Bu çalışmanın amacı tehlikeli ve çok tehlikeli iş yeri olarak sınıflandırılan, insan sağlığı hizmetleri alanında staj yapan bir vakıf üniversitesinde Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu öğrencilerinin iş sağlığı ve güvenliği algılarını belirlemektir. Yapılan araştırma ile öğrencilerin ülkemizde uygulanan iş sağlığı ve güvenliği kapsamında; 6331 sayılı iş sağlığı ve güvenliği

kanununun bilinmesi, iş sağlığı ve güvenliği güvenlik kültürünün varlığı ve çalışma alanlarında uygulanması ve iş sağlığı ve güvenliği eğitimine bakışlarını ölçerek iş sağlığı ve güvenliği algısı belirlenmeye çalışılmıştır.

2. Malzeme ve Yöntem

Çalışma bir vakıf üniversitesi Meslek Yüksek Okulu'nda 2019-2020 eğitim öğretim yılında eğitim gören öğrencilere gönüllü anket çalışması olarak uygulandı. Bu vakıf üniversitesinde 19 program ve 18 uygulama laboratuvarıyla ikili olarak (gündüz ve gece öğretimi) yapılmaktadır. 2019-2020 eğitim öğretim yılı toplam öğrenci sayısı 3395'tir. Bu çalışma toplam 349 öğrencinin katılımıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırmada basit tesadüfi örnekleme yöntemi kullanılmıştır.

2.1. Veri Toplama Araçları

Öğrencilerin iş sağlığı ve güvenliği farkındalık düzeylerinin ölçüleceği anket Eraslan'ın (2015) Sosyal Güvenliğin Sosyolojisi (Üniversite Öğrencilerinin Sosyal Güvenlik Algıları) adlı çalışmasında kullandığı ölçektir (Erarslan, 2015). Kullanılan ankette demografik ölçütlerin yanıtlanacağı 9 soru ile ülkemizde kanun kapsamında uygulanmakta olan iş sağlığı ve güvenliği farkındalığı ve eğitimlerine yönelik 13 ifade yer almaktadır. Ölçekte kullanılan ifadeler Likert ölçeğine göre hiç katılmıyorum, katılmıyorum, kararsızım, katılıyorum ve tamamen katılıyorum olarak ölçeklenmiştir. Anket öğrencilere elektronik ortamda uygulanmıştır. Çalışmanın geçerliliği ise, Eraslan tarafından 2015 yılında gerçekleştirildiği için tekrar test edilmemiştir (Ölçeğin Cronbach Alpha güvenilirlik katsayısı, 0,86 ve iki yarı güvenilirliği, 0,73 (birinci yarı) ve 0,77 (ikinci yarı) olarak belirlenmiştir. İki yarı form arasındaki korelasyon, 0,74 olarak hesaplanmıştır). Veriler SPSS19 programı kullanılarak analiz edilmiş olup % 95 güven aralığında % 5 hata payı ile çalışılmıştır.

3. Bulgular

3.1. Temel Demografik Bulgular

Öğrencilerin anket demografik sorularına verdiği cevapların sıklık değerleri aşağıdaki Tablo 1'de yer almaktadır. Ankete katılan öğrencilerin %77,1'i kız ve %22,3'ü erkek öğrencilerdir. Öğrencilerin %95,7'si 18-24 yaş arasındadır. Çalışmanın örnekleme sadece 1.ve 2. Sınıf öğrencilerini kapsayacak şekildedir. Öğrencilerin %79,1'i daha önce bir sağlık kuruluşunda staj yapmış, %20,9'u daha önce bir kurumda staj yapmamıştır. Öğrencilerin % 44,3'ü daha önce laboratuvar kullanmış ve %55,7'i daha önce laboratuvar kullanmamıştır. Öğrencilerin anne ve babalarının eğitimlerinin çoğunlukla Lise mezuniyeti olduğunu görülmektedir (%93 ve %85 ile).

Tablo 1: Öğrencilerin Demografik Özellikleri Sıklık Gösterimi

	Sayı	%		Sayı	%
Cinsiyet			Sınıf		
Kadın	271	77.7	1.sınıf	120	34.4
Erkek	78	22.3	2. sınıf	229	64.6
Toplam	349		Toplam	349	
Yaş			Daha önce staj yaptınız mı?		
18-24 arası	334	95.7	Evet	276	79.1
25-31 arası	12	3.4	Hayır	73	20.9
32-38 arası	1	0.3	Toplam	349	
39-45 arası	-	-	Daha önce laboratuvar kullandınız mı?		
46 ve üstü	-	-	Evet	154	44.3
Toplam	349		Hayır	194	55.7
Anne eğitim			Toplam	348	
Lise	294	93.4	İkamet		
Yüksekokul	6	1.9	Ailesi ile birlikte	246	70.5
Lisans	11	3.5	Yurtta	45	12.9
Yüksek lisans	2	0.6	Öğrenci evinde	34	9.7
Toplam	313		Akraba yanında	24	6.9
Baba eğitim			Toplam	349	
Lise	274	85.9	Toplam	349	
Yüksekokul	13	4.1	Daha önce staj yaptınız mı?		
Lisans	28	8.8	Evet	276	79.1
Yüksek lisans	3	0.9	Hayır	73	20.9
Doktora	1	0.3			
Toplam	319				

Tablo 2 ise her bir ölçek sorusuna verilen cevapların yüzdelik hesaplarını göstermektedir. Bu tabloya göre söylenebilecek en çarpıcı bulgulardan bazıları “Kendi mesleğime dönük iş güvenliği ile ilgili yapmam gerekenleri biliyorum” sorusuna öğrencilerin yaklaşık %83,1’lik kısmı katıldığı ve kesinlikle katıldığı yönündedir. Yaklaşık % 17’lik kısım ise kararsız kalan ve katılmayanlar ile hiç katılmayanlardan oluşmaktadır. “Türkiye’de iş güvenliği kültürünün tüm çalışma alanlarında var olduğunu düşünüyorum” fikrine yaklaşık % 15’lik dilimin katıldığı ve kesinlikle katıldığı ancak geri kalan %85’lik kısmı ise kararsızlar katılmayanlar ve hiç katılmayanlar oluşturmaktadır. Ayrıca tabloda 1,2,3,4,5 olarak gösterilen değerler hiç katılmıyorum, katılmıyorum, kararsızım, katılıyorum ve tamamen katılıyorum cevaplarını temsil etmektedir.

Tablo 2: Ölçek Sorularına Verilen Yüzdelik Cevaplar

Anket soruları	Katılanların düşünceleri	Sayı	%
İş güvenliği ile ilgili yasal düzenlemeleri biliyorum	1	13	3.7
	2	39	11.2
	3	97	27.9
	4	152	43.7
	5	47	13.5
Kendi mesleğime dönük iş güvenliği ile ilgili yapmam gerekenleri biliyorum	1	5	1.4
	2	12	3.4
	3	42	12
	4	192	55
	5	98	28.1
Çalışma alanlarındaki iş güvenliğinin sağlanması temel haklardan biridir	1	2	0.6
	2	3	0.9
	3	11	3.2
	4	110	31.6
	5	222	63.8
Türkiye’de işletmelerin iş güvenliğine çok önem verdiğini düşünüyorum	1	55	15.8
	2	113	32.4
	3	124	35.5
	4	41	11.7
	5	16	4.6
Türkiye’de iş güvenliği kültürünün tüm çalışma alanlarında var olduğunu düşünüyorum	1	61	17.5
	2	116	33.2
	3	106	30.4
	4	52	14.9
	5	14	4
Türkiye’de çalışanların maruz kaldıkları riskler ve bunlarla baş etme yollarında etkin eğitim aldıklarını düşünmüyorum	1	19	5.4
	2	59	16.9
	3	91	26.1
	4	116	33.2
	5	64	18.3
Türkiye’de iş güvenliği eğitiminin nitelikli olduğunu düşünüyorum	1	34	9.8
	2	110	31.6
	3	121	34.8
	4	68	19.5
	5	15	4.3
Türkiye’de iş güvenliği tedbirlerinin tüm çalışma alanlarında yeterince uygulandığını düşünmüyorum	1	27	7.7
	2	50	14.3
	3	60	17.2
	4	146	41.8
	5	66	18.9
Çeşitli kurumlar tarafından verilen iş güvenliği eğitiminin niteliği tartışmalıdır.	1	6	1.7
	2	16	4.6
	3	97	28
	4	179	51.6
	5	49	14.1
İş güvenliği eğitimi özel	1	6	1.7
	2	9	2.6

sektör ve devlet işbirliğinde verilmelidir.	3	48	13.8
	4	179	51.6
	5	105	30.3
İş güvenliği uzmanlığı uygulamasını etkili buluyorum.	1	6	1.7
	2	12	3.4
	3	72	20.6
	4	162	46.4
	5	97	27.8
İş güvenliğinin her öğretim kademesinde ders olarak verilmesini doğru buluyorum.	1	8	2.3
	2	16	4.6
	3	32	9.2
	4	172	49.4
	5	120	34.5
Türkiye'de iş güvenliği ihlallerine dönük yaptırımların etkili olduğunu düşünüyorum.	1	43	12.3
	2	62	17.8
	3	111	31.8
	4	93	26.6
	5	40	11.5

Çalışmada temel betimsel analizler gerçekleştirildikten sonra geçerliliği kanıtlanmış ölçek sorularının güvenilirliğinin ölçülmesinde ilk olarak KMO değeri hesaplanmış ve bu değer 0.71 (>.6) örneklem büyüklüğünün yeterli olduğu belirlenmiştir.

Tablo 3: KMO ve Barlett's Testi

KMO and Bartlett's Test

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.718
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1015.484
	df	78
	Sig.	.000

Barlett's Testi'nde de Ho hipotezi olarak belirtilen birim matrisin reddedildiği bilgisi ($p=0.00$, $p<0.05$) ile çalışmanın faktör analizini kullanabilmek için uygun olduğunun görülmesinden sonra Faktör Analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ölçek sorularının temelde 3 önemli faktörde toplandığı görülmüştür. İlk faktör 4., 5., 7. ve 13. Soruları içinde barındırarak "İş sağlığı ve güvenliği kültürünün varlığı ve çalışma alanlarında uygulanmasına yönelik algıyı" ölçmektedir. İkinci faktörde ise 9., 6., 10. ve 12. Sorular ile "İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimi" ölçümlenmiştir (Tablo 4). Ülkemizdeki yasal düzenlemelerin ne derecede bilindiği bilgisinin tespitine yönelik ise 1., 2. ve 3. Sorular sorularak dahil edilmiştir.

Tablo 4: Faktörlerin Sorularla Olan Korelasyon Büyüklükleri

	Faktör 1	Faktör 2	Faktör 3
Soru 1		.572	
Soru 2		.655	
Soru 3		.500	
Soru 4	.654		
Soru 5	.688		
Soru 6			
Soru 7	.649	-.495	
Soru 8		.496	
Soru 10		.496	
Soru 11		.588	
Soru 12		.433	
Soru 13	.581		

Sadece ortak varyanslılık tablosunda değeri incelendiğinde 9. sorunun faktör yükü 0.30 un altında olması sebebiyle herhangi bir faktör içine dahil edilmeyerek analiz dışında bırakılmıştır.

Tablo 5: Toplam Açıklanan Varyans

	Özdeğer	Açıklanan Varyans %	Kümülatif %
1	2.959	22.765	22.765
2	2.133	16.407	39.172
3	1.210	9.307	51

Birinci faktöre verdikleri cevaplar analiz edildiğinde öğrencilerimizin ülkemizde uygulanan iş sağlığı ve güvenliği yasal uygulamalarını bildiği tespit edilmiştir. Öğrencilerimiz; çalışma alanlarında iş güvenliğinin sağlanması temel haklardan birisidir sorusuna %95.4 oranında katıldıklarını ifade etmişlerdir. Yasal düzenlemeleri bilen öğrencilerimizin oranı % 57.2 dir. Kendi mesleğine dönük iş güvenliği ile ilgili yapmam gerekenleri biliyorum seçeneği %83 olarak ortaya çıkmıştır. Bu oran daha önce staj yaptım %79.1 ile doğru orantılıdır.

İkinci faktör Türkiye'de iş sağlığı ve güvenliği kültürünün varlığı ve çalışma alanlarında uygulanmasının tespitine yöneliktir. Bu faktörde öğrencilerimizin %48.2'si Türkiye'de işletmelerin iş güvenliğine çok önem vermediğini düşünürken sadece %16.3 gibi çok düşük bir oran tam tersi düşündüğünü ifade etmiştir. Öğrencilerimizin %50.7'si ülkemizde iş güvenliğinin tüm çalışma sahalarında uygulanmadığına inanmaktadır. Kararsız olan öğrenci oranı %30.4 dür. Türkiye'de iş güvenliği eğitiminin nitelikli olduğunu düşünen öğrencilerimizin oranı %30.1 dir. Türkiye'de iş güvenliği ihlallerine dönük yaptırımların etkili olduğunu düşünen öğrencilerin oranı %30.1 ve kararsız öğrencilerin oranı %31.8 iken öğrencilerin %38.1'i yaptırımların etkili olmadığını düşünmektedir.

Üçüncü faktör öğrencilerimizin iş sağlığı ve güvenliği eğitimine bakışlarını ortaya koymayı amaçlamaktadır. Bu doğrultuda öğrencilerimiz Türkiye'de çalışanların maruz kaldıkları riskler ve bunlarla baş etme yollarında etkin eğitim aldıklarını düşünmüyorum sorusuna %51.4 oranında desteklemişlerdir. %26.1 oranında öğrenci kararsız kalmıştır. Türkiye'de iş güvenliği tedbirlerinin tüm çalışma alanlarında

yeterince uygulandığını düşünmüyorum diyen öğrencilerin oranı %60.7 dir. Öğrencilerimizin %81.9'u iş güvenliği eğitiminin özel sektör ve devlet işbirliğinde verilmesi gerektiğini düşünmekte ve %83.9'u iş güvenliğinin her öğretim kademesinde ders olarak verilmesini doğru bulmaktadır.

3.2. Tartışma

Dünyada ve ülkemizde yapılan çalışmalar incelendiğinde özellikle sağlık alanında eğitim alan öğrencilerin iş sağlığı ve güvenliği alanında farkındalıklarının artırılması kendilerini başta iş kazalarından ve meslek hastalıklarından korumaları olmak üzere, iş yaşantısında karşılaşılabilecekleri her türlü sorunla başa çıkabilmeleri yasal haklarını kullanabilmeleri ve gelecekteki iş yaşantılarının daha sağlıklı olmasını sağlayacaktır.

Magnavita ve ark. 2011 yılında İtalya hastanelerinde staj yapan hemşirelik öğrencileri ve hemşireleri arasında yaptıkları çalışmada hemşirelik öğrencilerinin %41'inin meslektaş, çalışan ve doktor, öğretmen, yönetici gibi diğerleri olarak adlandırılan grubun fiziksel ve fiziksel olmayan aşğılamalarına maruz kaldıklarını rapor ettiklerini belirtmişlerdir (Magnavita ve diğerleri, 2011). Aynı çalışmada hemşirelerin %94 oranında hasta ve hasta yakınları, %71 oranında arkadaşları tarafından fiziksel ve sözlü şiddete maruz kaldığının rapor edildiği ifade edilmiştir. Canbaş ve ark. 2018 yılında yaptıkları "Sağlık Yüksekokulu Öğrencilerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Farkındalıkları Üzerine Bir Alan Çalışması" adlı çalışmalarında öğrencilerin karşılaşılabilecekleri mesleki iş kazası ve hastalıkları bildiklerini ifade etmişlerdir (Canbaş ve diğerleri, 2018). Sivrikaya ve ark. 2018 yılında yaptıkları "Öğrencilerin İş Sağlığı ve Güvenliğine Yaklaşımları: Kocaeli MYO Örneği" isimli çalışmada öğrencilerin %69.1'i kendi mesleğine dönük iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yapılması gerekenleri bildiğini belirtmiştir (Sivrikaya ve diğerleri, 2018). Bizim çalışmamızda da staj yapan öğrencilerin %29.1'i ile laboratuvar kullanan öğrencilerin %32.7'si kendi mesleğine dönük iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yapılması gerekenleri tamamen bildiğini bildirmiştir. Aynı şekilde staj yapan öğrencilerin %55.6'sı ile laboratuvar kullanan öğrencilerin %52.9'u kendi mesleğine dönük iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili yapılması gerekenleri bildiğini ifade etmiştir. Bu çalışmalar derlendiğinde öğrencilerin kendi mesleklerine yönelik yasal düzenlemeleri bildikleri ve bu konuda bilinçli oldukları söylenebilir.

Öğrencilerimizin Türkiye'de işletmelerin iş güvenliğine çok önem verdiğini düşünüyorum durumu ile ilgili olarak staj yapanların %50.6'sı bu ifadeye katılmazken %34.2'si kararsız kalmıştır. Laboratuvar kullanan öğrencilerin durumuna bakıldığında %48.4'ü katılmazken %38.6'sı kararsız kalmıştır. Sivrikaya ve ark. da öğrencilerinin %65 oranında bu ifadeye katılmadıklarını söylemişlerdir (Sivrikaya ve diğerleri 2018). Bu durum Canbaş ve ark. edindiği öğrencilerin staj yaptıkları birimlerde kendilerini güvende hissetmedikleri ve iş kazası oluşum nedenlerini bilmedikleri yargısıyla doğru orantılıdır (Canbaş ve diğerleri, 2018).

Özellikle bu kısımda da önemli bazı soruların bir diğer soru ile çapraz sıklıkları hakkında bilgi verilecektir. Yaptığımız çalışmada Türkiye'de çalışanların maruz kaldıkları riskler ve bunlarla baş etme yollarında etkin eğitim aldıklarını düşünmüyorum ifadesine staj yapan öğrencilerin %50.2'si ve laboratuvar kullanan öğrencilerin %53.6'sı katılırken, staj yapanların %26.9'u ve laboratuvar kullananların %26.8'i kararsız kalmıştır. Bu oranların Sivrikaya ve Topgül'ün

çalışmalarıyla karşılaştırıldığında düşük çıktıkları görülmektedir. Sivrikaya ve ark. çalışmasında da öğrencilerin %64.9'u ve Topgül ve ark. çalışmasında da öğrencilerin %70.7'si ifadeye katılmışlardır. Bu ifade ile öğrencilerin aldıkları eğitimin etkinliği ve kapsamı konusunda tereddütlerinin olduğunu söyleyebiliriz.

Türkiye'de iş güvenliği eğitiminin nitelikli olduğunu düşünüyorum ifadesine, staj yapan öğrencilerin sadece %23.3'ü ve laboratuvar kullanan öğrencilerin sadece %20.7'si katılmıştır. Bu sonuç Topgül ve ark. "Öğrencilerin İş Güvenliği ve İş Güvenliği Eğitimi Algısının Değerlendirilmesi" çalışmalarında edindikleri iş sağlığı ve güvenliği dersinin öğrencilerin iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin algılarını değiştirmede sonucunu desteklemektedir. Farwell ve ark. mühendislik öğrencileri arasında yaptıkları çalışmada da öğrencilerin %70'i profesyonel yaşamda işlerine yarayacağına inandıkları için ders müfredatında iş sağlığı ve güvenliği dersleri olması gerektiğine inandıklarını ifade etmişlerdir (Farwell ve diğerleri, 1995)

Çalışmamızda laboratuvar kullanan öğrenciler için ayrı olarak yapılan değerlendirmelere istinaden, literatürde oldukça önemli bir çalışma karşımıza çıkmıştır. Ayi ve arkadaşları bir üniversitenin çeşitli laboratuvarlarını yoğun bir şekilde kullanan öğrenciler üzerinde gerçekleştirdikleri çalışmada, öğrencilerin %27'sinin laboratuvar çalışması öncesinde herhangi bir risk değerlendirmesi yapmadıklarını ve %40'ının ise kendi laboratuvar çalışması yaparken her zaman kişisel koruyucu ekipman kullanmadıklarını belirtmişlerdir. Bu ve benzeri birtakım bulgular ise üniversite laboratuvarlarındaki zayıf güvenlik uyumu ve güvenlik kültürünün acil dikkat gerektirdiğine dair kanıt sağlamaktadır (Ayi ve diğerleri 2018).

Benzer şekilde sadece laboratuvar kullanan üniversite öğrencileri üzerinde gerçekleştirilen bir diğer çalışmaya göre: güvenlik farkındalığının mevcut durumunu, tutumları ve uygulamalarını 3 farklı kurumda toplam 226 öğrenci üzerinde araştırılmış ve öğrenciler arasında güvenlik farkındalığının yüksek olmasına rağmen, tehlike tanımlama ve acil durum müdahalesi alanlarında eksiklikler olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ileriye yönelik daha fazla eğitim ve öğretimin uygulanması gerektiği sonucuna varılmıştır. (Walters ve diğerleri, 2017).

Türkiye'de iş güvenliği ihlallerine dönük yaptırımların etkili olduğunu düşünüyorum ifadesine staj yapan öğrencilerin %38.2'si ve laboratuvar kullanan öğrencilerin %42.5'i katıldığını ifade etmiştir. Bu ifadeye Topgül ve ark. çalışmasında öğrencilerin sadece %23 iken Sivrikaya ve ark. yaptıkları çalışmada %56.9 oranında öğrenciler bu ifadeye katıldıklarını ifade etmişlerdir. Bu doğrultuda öğrencilerin ülkemizde uygulanan iş sağlığı ve güvenliği yaptırımlarının etkin olduğunu düşünmediklerini söyleyebiliriz.

4. Değerlendirme ve Sonuç

Meslek Yüksek Okulu öğrencilerinin tehlikeli veya çok tehlikeli sınıfta bulunan insan sağlığı hizmetlerinde görev yapmadan önce; ülkemizde uygulanan iş sağlığı ve güvenliği kanunu kapsamında bilgi seviyelerinin ölçülmesi, yasal uygulamaları değerlendirmeleri ve iş sağlığı ve güvenliği eğitimine bakış açılarını ortaya koymak diğer bir deyişle iş sağlığı ve güvenliği algıları ve farkındalıklarını ölçmek amacıyla

bu anket uygulanmıştır (Zakocs ve diğerleri 1998; Castillo ve diğerleri 1999; Ayas, 2006).

Yapılan araştırmalar da özellikle genç işçilerin işte yaralanmasının veya hastalanmasının nedenlerinden bazılarının güvensiz ekipman, yetersiz güvenlik eğitimi ve denetimi, deneyimsizlik, farkındalık eksikliği ve iş yasalarına uyulmaması, güvenlikle ilgili endişeleri dile getirememe, daha hızlı çalışma baskısı ve diğer stresli koşullar olduğu literatür ile de desteklenmektedir. Bu açıdan nedenlerden önemli bir tanesi olan eğitim eksikliğinin önemi de çalışmamızın çıkış noktasını oluşturmuştur. Ülkemizde 18-24 yaş arası gençlerin %17,09'unun iş kazası geçirdiği ve iş kazası geçirmek ile eğitim arasında ters orantılı bir ilişki olduğu bilinmektedir (Kaplan ve diğerleri, 2019, Cerev ve diğerleri, 2018). İnsan sağlığı hizmetlerinde görev yapmadan önce öğrencilerin iş sağlığı ve güvenliği eğitim almaları yasal zorunluluktur. Araştırmaya katılan öğrencilerin %52'sinin iş sağlığı ve güvenliği konusunda aldıkları eğitimi yeterli bulmadıklarını ifade etmeleri ülkemizde eğitim konusunda daha etkin önlemlere ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir. Yaptığımız çalışmada öğrencilerimizin yaklaşık %55'i ülkemizde kendi alanlarında ülkemizdeki yasal uygulamaları bildiklerini ifade etmişlerdir. Türkiye'de işletmelerin iş sağlığı ve güvenliğine önem vermediklerini, iş sağlığı ve güvenliği kanununun tam olarak uygulanmadığını ve yaptırımların da yetersiz olduğunu düşündüklerini ifade eden öğrencilerimiz her kademedeki verilecek iş sağlığı ve güvenliği eğitimini desteklemekte fakat verilen eğitimin yeterliliğine ve etkinliğine inanmamaktadırlar. Öğrencilerimizin sadece %22'si verilen eğitimin nitelikli ve yeterli olduğuna inanmaktadır. İleri dönem çalışmalarında araştırmacıların aynı konu üzerinde daha fazla üniversite üzerinde ve farklı bölümlerle ilettilerek yapılması temenni edilmektedir.

Kaynakça

Ayas, N. T., Barger, L. K., Cade, B. E., Hashimoto, D. M., Rosner, B., Cronin, J. W., ... & Czeisler, C. A. (2006). "Extended Work Duration and the risk of Self-
Ayi, H. R., & Hon, C. Y. (2018). Safety culture and safety compliance in academic laboratories: A Canadian perspective. *Journal of Chemical Health & Safety*, 25(6), 6-12.
Canbaş, Havva, Kasap Suat, and Cam Erdem. "Sağlık Yüksekokulu Öğrencilerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Farkındalıkları Üzerine Bir Alan Araştırması." *SGD-Sosyal Güvenlik Dergisi* 8.1, 235-266, (2018)
Castillo D, Davis L, Wegman D. 1999. "Young workers". *Occup Med* 14(3):519-536, (1999)
Cerev, Gökçe, and Sera Yıldırım. "Çalışanların Kişisel Özelliklerinin İş Kazası ve Meslek Hastalıklarına Etkisi Üzerine Bir İnceleme." *Fırat Üniversitesi Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi* 2.1, 53-72, (2018)
Ceyhan G., "Güvenlik İklimi ve İş-Aile Çatışmasının Yorgunluğa Etkileri: Türk Kılavuz Kaptanlar Üzerine Bir Araştırma", *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 2014; 99, (2014)
Çelikkalp, Ülfiye, Gamze Varol Saraçoğlu, and Burcu Tokuç. "Hemşirelik Öğrencilerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Hakkında Bilgi Düzeylerinin Arttırılması." *Namık Kemal Üniversitesi Dergileri Namık Kemal Tıp Dergisi (International Journal of Basic and Clinical Medicine)*, 5.Cilt 1.Sayı, (2015)

Eraslan L. "Bireysel Sosyal Sorumluluk Ölçeğinin (BSS) Geliştirilmesi: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışması." *Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi* 24.24, (2011).
Farwell, Dianna, Annette M. Rossignol, and John T. Talty. "Do Undergraduate Engineering Faculty Include Occupational and Public Health and Safety in the Engineering Curriculum?." *Journal of Environmental Health*, 13-16, (1995)
Gong, Y. "Safety culture among Chinese undergraduates: A survey at a university". *Safety science*, 111, 17-21, (2019)
Giurgiu, D. I., Jeoffrion, C., Grasset, B., Dessomme, B. K., Moret, L., Roquelaure, Y., ... & Geraut, C. "Psychosocial and occupational risk perception among health care workers: a Moroccan multicenter study". *BMC research notes*, 8(1), 408. (2015)
ILO, International Labor Organization, 2020 world statistics, www.ilo.org (Erişim zamanı; Mart, 19, 2020).
Kaplan, M., & Kaplan, M. Ç. "Türkiye'de Çalışanların Demografik Özelliklerinin İş Kazalarına Etkilerinin Analizi". *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 17(2), 74-89.
Kepenek, Esmâ, and Halime Betül Şahin-Eker. "Bir Devlet Hastanesinde Çalışanlarda Meydana Gelen Kesici ve Delici Alet Yaralanmalarının Değerlendirilmesi." *Klimik Dergisi* 30.2, 78, (2017)
Magnavita, Nicola, and Tarja Heponiemi. "Workplace Violence Against Nursing Students and Nurses: an Italian Experience." *Journal of nursing scholarship* 43.2, 203-210, (2011)
Merdin, Elif, and Sezgin Aygün. "Meslek Yüksekokulu Öğrencilerinin İş Güvenliği Algısı." *Uluslararası Fen Araştırmalarında Yenilikçi Yaklaşımlar Dergisi International Journal of Innovative Approaches in Science Research*, Vol. 3 (1), 9-19, (2019)
National Research Council NRC). 1998. "Protecting Youth at Work: Health, Safety and development of Working Children and Adolescents in the United States Committee on the Health, Hafety Implications of Child Labor". Washington, DC: National Academy Press, Institute of Medicine, (1998)
Öztürk, T. "Giyim Eşyası İmalat Sektöründe Meydana Gelen İş Kazası ve Meslek Hastalığı ile Sonrasındaki İyileşme Durumunun Cinsiyet Bakımından Değerlendirilmesi." *Business & Management Studies: An International Journal* 8(3):3424-3443, (2020)
Savcı, Cemile, Gülser Şerbetçi, and Ümmühan Kılıç. "Sağlık Disiplini Öğrencilerinin İş Sağlığı ve Güvenliği Konusunda Eğitim Alma ve İş Kazasına Maruz Kalma durumu." *Sağlık ve Hemşirelik Yönetimi Dergisi* 5.1, 36-47, (2018)
Sivrikaya, Serpil Özkurt, and Üzümlü, Burcu. "Öğrencilerin İşçi Sağlığı ve Güvenliğine Yaklaşımları (KOCAELİ MYO Örneği)." *International Journal of Disciplines Economics & Administrative Sciences Studies*, 99-111, (2018)
Şahmaran, Turan, Hatice Kar, and İbrahim Arısal. "İş Sağlığı ve Güvenliği Ön Lisans Programında Verilen Eğitim ve Öğretimin İş Sağlığı ve Güvenliği Algısı Üzerine Etkisi." *OPUS Uluslararası Toplum Araştırmaları Dergisi* 11.18, 1797-1827, (2019)
T.C. Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik, Resmi gazete sayısı: 28648; Resmi Gazete Tarihi: 15.05.2013, (2013)
Thamrin, Yahya, Dino Pisaniello, and Sasha Stewart, 'Time Trends and Predictive Factors for Safety Perceptions among

- Incoming South Australian University Students', Journal of Safety Research, 41.1 (2010), 59–63
- Topgöl, S., and Ç. Alan. "Öğrencilerin İş Güvenliği ve İş Güvenliği Eğitimi Algısının Değerlendirilmesi." Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 22.2, 587-598, (2017)
- Walters, A. U., Lawrence, W., & Jalsa, N. K. (2017). Chemical laboratory safety awareness, attitudes and practices of tertiary students. Safety science, 96, 161-171.
- Wu, T. C., Liu, C. W., & Lu, M. C. "Safety climate in university and college laboratories: Impact of organizational and individual factors". Journal of Safety Research, 38(1), 91-102, (2007)
- Yari, S., Naseri, M. H., Akbari, H., Shahsavari, S., & Akbari, H. "Interaction of Safety Climate and Safety Culture: A Model for Cancer Treatment Centers". Asian Pacific journal of cancer prevention: APJCP, 20(3), 961, (2019).
- Zakocs RC, Runyan CW, Schulman MD, Dunn KA, Evensen CT. 1998. "Improving Safety for Teens Working in the Retail Trade Sector". Am J Ind Med 34:342–350, (1998)



COVID-19 Pandemi Sürecinin Türk Bankacılık Sektörü Çalışanlarına ve Müşterilerine Etkileri: Swot Analizi

Filiz Yetiz^{1*}

^{1*} Akdeniz Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Finans ve Bankacılık Bölümü, Antalya, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5480-9268), filizyetiz@akdeniz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.835792)

ATIF/REFERENCE: Yetiz, F. (2021). COVID-19 Pandemi Sürecinin Türk Bankacılık Sektörü Çalışanlarına ve Müşterilerine Etkileri: Swot Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 109-117.

Öz

Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkan ve sonrasında tüm dünyaya yayılan, Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi olarak tanımlanan COVID-19 (koronavirüs) ülkemizde de birçok sektörü olumsuz yönde etkilemiştir. Salgın hastalık ekonomik, sosyal ve kültürel alanları etkileyerek yayılım göstermiştir. COVID-19 (koronavirüs) ülkemiz ve tüm dünyayı kısa sürede etkisi altına alan ve ciddi sağlık riskleri oluşturan salgın hastalık bankacılık sektörünü de etkilemiştir. Finansal sistemin sağlıklı çalışmasında önemli kurumlardan biri olan Türk bankacılık sektörü bu salgın hastalığın olumsuz etkilerinden korunmak, güvenli bir şekilde bankacılık fonksiyonlarını yerine getirmek için gerekli aksiyonları en kısa zamanda almıştır. Ayrıca bu zorlu süreçte Türk bankacılık sistemi daha güçlü ve dayanıklı bir yapıya sahip olacak teknik alt yapıyı vakit kaybetmeden hızlı bir şekilde oluşturmuştur. Bu çalışmada finansal sistemde kaynakların verimli alanlara kan alize edilmesinde hayati öneme sahip olan Türk bankacılık sektörünün koronavirüs sürecinde karşılaştığı riskli durumlar incelenmiş, alınan önlemler, destek paketleri ve bankacılık faaliyetlerinde değişen hizmet kalemlerine yer verilmiştir. Çalışmada Türk Bankacılık sektörünün pandemi ile mücadelesindeki durumunu değerlendirmek için SWOT analizi yöntemi kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, Koronavirüs, Finansal Sistem, Bankacılık Sektörü, SWOT Analizi

Effects of COVID-19 Pandemic on Turkish Banking Industry Employees and Their Customer: Swot Analysis

Abstract

The COVID-2019 (coronavirus), which emerged in Wuhan Province of China and then spread to the whole world and declared as a pandemic by the World Health Organization, has negatively affected many sectors also in Turkey. The pandemic has affected economic, social, and cultural domains. The COVID-19 (coronavirus) has also influenced the banking industry in Turkey and the whole world within a short period and posed serious health risks. The Turkish banking sector, which is one of the important institutions in the sound functioning of the financial system, has taken the necessary precautions as soon as possible to protect against the negative impacts of this pandemic and to fulfill its banking functions in a safe manner. Besides, throughout this difficult period, the Turkish banking system has quickly established the technical infrastructure that would acquire a stronger and much durable structure. In this study, the risky situations encountered by the Turkish banking sector throughout the coronavirus process, which has vital importance in channeling resources to productive domains within the financial system, are examined; the measures, support packages, and changing service items in banking activities are introduced. In the study, the SWOT analysis method was used to evaluate the situation of the Turkish Banking sector in combating the pandemic.

Keywords: COVID-19, Coronavirus, Financial System, Banking Sector, SWOT Analysis

* Sorumlu Yazar: filizyetiz@akdeniz.edu.tr

1. Giriş

Hayat kayıplarına neden olabilen hem insanlarda hem de hayvanlarda ciddi hastalıklara yol açabilen ve pek çok çeşidi bulunan virüsler koronavirüs olarak tanımlanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından pandemi olarak ilan edilen COVID-19 (koronavirüs)'ün ilk ortaya çıkışı 27 Aralık 2019 tarihidir. İlk kez Çin'in Vuhan şehrindeki bir hastaneye ağır pnömone tanısıyla üç hasta yatırılmış ve ilk hastalık vakası, Vuhan şehri hayvan pazarındaki 49 yaşındaki kadın bir balık satıcısı olarak tarihe geçmiştir. Çok kısa bir süre içerisinde ise Çin'den hemen sonra dünyadaki birçok ülkeye yayılmıştır.

2019-nCoV olarak tanımlanan virüs Corona Virüs ya da Koronavirüs ismiyle bilinmektedir. Dünya Sağlık Örgütü tarafından 11 Şubat'ta koronavirüs kaynaklı hastalık için COVID-19 adı verilmiştir. Pandemi ilan edilmesiyle birlikte hastalığın yayıldığı ülkelerde ekonomik, sosyal hayatın sağlıklı devam edebilmesi için önlemler alınmış koronavirüs tedbirleri kapsamında kısıtlamalar başlatılmıştır.

Kısıtlamalar kapsamında sosyal mesafeye uymayacak şekilde insanların toplu olarak bir arada bulunmalarını engelleyecek önlemler, yasaklar ve kısıtlamalar uygulanmıştır. Koronavirüs tedbirleri kapsamında insanlar önlem amaçlı sokağa çıkmamış, işyerlerine gitme kısıtlaması getirilmiş, bazı işletmelerin faaliyetlerine geçici bir süre ara verilmiş, kurumlarda esnek çalışma sistemlerine veya evden çalışma sistemine geçilmiştir. Salgın hastalık ekonomik, sosyal ve kültürel anlamda pek çok alanı olumsuz yönde etkilemiştir. COVID-19 nedeniyle birçok ülkede sosyal, kültürel ve ekonomik yaşam durma noktasına gelmiştir. Küresel salgın ekonomik ve finansal faaliyetleri negatif yönde etkilerken sektörler bazında değerlendirildiğinde, bazı sektörlerde bu negatif etkiler oldukça fazla iken bazı sektörlerde ise etkinin oldukça düşük olduğu görülmüştür. Ancak bazı sektörler için ise küresel salgın hastalığın yansımalarının pozitif olduğunu görmek mümkündür. Küresel salgın hastalık COVID-19 finansal sistemin bel kemiğini oluşturan bankacılık sektörünü de etkilenmiştir. Bankalar kısıtlama ve kontrol önlemlerine uyum aşamasından etkilenmiş bankacılık faaliyetlerinde geçici bir süre yavaşlama meydana gelmiştir.

Bu doğrultuda çalışmanın amacı COVID-19 küresel salgınının Türk bankacılık sektörüne etkilerini incelemek ve salgınla mücadelede bankacılık faaliyetlerini araştırmaktır. Bu amacı gerçekleştirmek için Türk bankacılık sektörünün kendinden beklenen fonksiyonları tam olarak yerine getirebilmesi için yapılan düzenlemeler incelenmiş, yatırımların devamlılığının sağlanmasını ve ekonomik büyümeyi destekleyecek destek paketlerinin önemi vurgulanması hedeflenmiştir. Çalışmanın önemi ise küresel salgına karşı Türk bankacılık sisteminin sergilediği güçlü duruşun, hızlı ve dinamik değişimlerin önemi ve finansal sistemin istikrarını korumasındaki başarısının vurgulanmasıdır. Çalışmada COVID-19'la mücadelede Türk bankacılık faaliyetlerini değerlendirmek için SWOT analizi yöntemi tercih edilmiş ve bankacılık sektörüne muhtemel etkileri ortaya konularak literatüre katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Çalışma temelde yedi ana bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın ilk bölümü temel bilgilerin yer aldığı giriş bölümü, ikinci bölüm ise literatür taramasından oluşmaktadır. Bu bölümde COVID-19'un ekonomik ve finansal etkileri ile bankacılık sektörüne etkileri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde Türk bankacılık

sektöründe pandemi sürecinde yaşanan değişiklikler incelenmiş, dördüncü bölümde ise salgın hastalığın oluşturduğu kriz döneminde Türk bankacılık sisteminin destek paketlerinin neler olduğu incelenmiştir. Beşinci bölümde yöntem hakkında bilgiler verilmiştir. Altıncı bölümde Türk Bankacılık sisteminin salgın dönemindeki faaliyetleri SWOT analizi yöntemi ile değerlendirilmiştir. Bu kapsamda COVID-19 salgını ile ilgili Türk Bankacılık sisteminin üstünlükleri, dezavantajları, fırsatları ve karşılaştığı zorlukları önlemeye yönelik faaliyetler incelenmiş, yeni geliştirilen stratejilerinin önemini vurgulanması amaçlanmıştır. Çalışmanın son kısmında ise değerlendirmeler yapılmıştır.

2. Literatür Taraması

2.1. COVID-19 (Koronavirüs)'ün Ekonomik ve Finansal Etkileri

COVID-19'da insan sağlığı tehdit altındadır, aynı zamanda ekonomi ve sosyal yaşam da etkilenmektedir. (Kayakuş ve Çevik,2020:615). Dünya genelinde küresel salgının yarattığı endişe finansal sektörü de etkilemiştir. COVID-19 ile ilgili yapılan daha önceki literatür çalışmaları incelendiğinde, virüsün hem ekonomik hem de finansal etkilerini inceleyen çalışmaların çok az olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin, bu salgının çok yakın bir zamanda ortaya çıkmış olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Ancak Covid-19 küresel salgınının ekonomi ve finansal sistem üzerinde genel ve sektörel etkilerini araştıran çalışmaların hızlı bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir.

COVID-19'un ekonomik ve finansal alanda etkilerini araştıran güncel çalışmalardan Zeren ve Hızarcı (2020) küresel salgının etkisinin pay piyasaları üzerindeki hareketliliğini dikkate almışlar ve araştırmada maki eşbütünleşme testi yöntemi kullanmışlardır. 23.01.2020 ve 13.03.2020 dönemleri arasındaki günlük verilerin dikkate alındığı çalışmada toplam ölümler, incelenen tüm pay piyasalarının uzun vadede birlikte hareket ettiği sonucuna ulaşmışlardır.

Al-Awadhi, Alsaifi, Al-Awadhi ve Alhammedi (2020), çalışmalarında koronavirüs salgınının finansal piyasalar üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. İncelemelerinde Çin'in Menkul Kıymetler piyasasında işlem gören endeksler kullanılarak panel regresyon yöntemini kullanmışlardır. Çalışmada, 10 Ocak- 16 Mart 2020 tarihleri arasındaki Hang Seng Endeksi ve Şanghay Menkul Kıymetler Borsası Kompozit Endeksi'ne dahil olan şirketlere ait veriler kullanılarak analizler yapılmıştır. Salgın ve bulaşıcı hastalığı temsilen bağımsız değişkenler için doğrulanmış vakalar ve Covid-19'un neden olduğu toplam ölümlerde günlük büyüme oranları kullanılmıştır. Sonuç olarak, hisse senedi getirilerinin hem Covid-19'un neden olduğu toplam ölüm sayılarındaki günlük büyüme hem de teyit edilen vakalardaki günlük büyüme ile önemli derecede olumsuz ilişkili olduğu sonucunu bulmuşlardır.

COVID-19 salgını altında finansal piyasalardaki ülkelere özgü riskleri ve sistematik riskleri araştıran Zhang vd. (2020) finansal piyasalarda daha önce görülmemiş bir şekilde dramatik bir hareket izlediğini gözlemlenmişlerdir. Araştırmanın sonuçları, pandemiyle birlikte küresel piyasa risklerinin önemli ölçüde arttığını tespit etmişlerdir. Ülkeler özelinde borsa tepkileri salgının ciddiyetiyle doğrudan bağlantılı olduğu bulunmuştur.

Barrot, Grassi ve Sauvagnat (2020), çalışmalarında, sosyal mesafenin hem Fransa hem de diğer Avrupa ülkelerindeki GDP ve her sektördeki katma değer üzerindeki etkilerini

araştırmışlardır. Çalışmada GDP (Gayri Safi Yurtiçi Hasıla)'nin %5,6 oranında azaldığı gözlemlenmiştir. Ayrıca toplumsal uzaklaştırma tedbirleri ile doğrudan ilgili sektörlerin yanı sıra, katma değeri en fazla azalan sektörlerin nihai talepten en uzak sektörler olduğunu tespit etmişlerdir.

Kılıç (2020), COVID-19 salgın hastalığının Türk finans sistemindeki sektörler üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla bir araştırma yapmıştır. Çalışmada veri seti olarak BIST (Borsa İstanbul A. Ş.) sektör endekslerinin getirileri kullanılarak olay etüdü yöntemiyle analiz edilmiştir. Ekonomik anlamda birçok alanda olumsuz etki oluşturan COVID-19 salgınının, BIST sektör endeks getirileri üzerinde de önemli olumsuz etkisinin olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sektörler içinde tekstil ve turizm sektörlerinin en çok olumsuz etkiye maruz kaldığı fakat, ticaret sektörünün ise salgın süreci boyunca pozitif getiri sağladığını tespit etmiştir.

Ekonomi ve finansal sistem üzerine yapılan diğer çalışmalar özetlendiğinde küresel salgının, turizm, petrol fiyatları, (Arezki ve Nguyen, 2020), ülkelerin risk primi, iş gücü arzı, tüketim talebi, sektörler göre üretim hükümet harcamaları, GSYİH kaybı (McKibbin ve Fernando, 2020), bankacılık sistemi (Cecchetti ve Schoenholtz, 2020), ticaret sektöründeki talep ve arz, ticaret (Baldwin ve Tomiura, 2020) ve para politikası (Cochrane, 2020) üzerine etkilerinin incelendiği çalışmaların yapıldığı da görülmektedir.

2.2. COVID-19 (Koronavirüs)'ün Bankacılık Sektörüne Etkileri

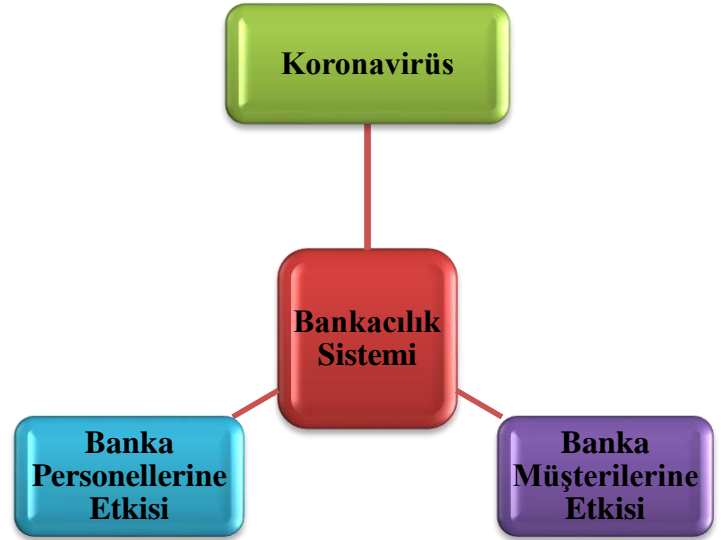
2019 Aralık ayı sonu itibariyle Çin'in Vuhan şehrinde ortaya çıkan, tüm dünyada ve de Türkiye'de etkilerini gösteren COVID-19 salgını ekonomideki pek çok sektör üzerinde etkilerinin olduğu görülmekte ve bu etkilere yönelik salgının yayıldığı ülkelerde yeni tedbirler uygulanmıştır. Eğitimlere ara verilmiş veya uzaktan eğitim sistemine geçilmiş, iş hayatında evden çalışma sistemine geçilmiş, seyahatler yasaklanmış, geçici süreliğine alışveriş merkezleri, restoranlar kapatılmış, bankacılık sektöründe ise yeni çalışma planlarına geçilmiştir. Alınan önlemlerin temel amacı COVID-19'un olumsuz etkilerinin hafifletilmesi çalışmasıdır.

Bankalar, tasarruf sahipleri ile fon ihtiyacı olan kişilerin bir araya gelmesini sağlayan finansal aracı kurumlardır (Gürel ve Gülay,2020:8). Bankacılık sektöründe verilen kredilerin korunması ve geri dönüşünün sorunsuz olması esas olmaktadır. Bankalar kredi verdikleri bireyleri, kobi, ticari ve kurumsal kuruluşların mali durumlarını, faaliyetlerini yakından izlemekte ve takip etmektedir. Tüm bunlara rağmen yine de geri dönmeyen krediler olabilmektedir (Arabacı ve Yücel, 2020:206). Bankaların kredi hizmetleri, risk ve karlılığı ifade etmektedir. Amaç hem risk hem de getiri dengesinin sağlanmasıdır. Bu bağlamda bankacılık sisteminde karşılaşılan en önemli sorun kredi riski olmaktadır. Borçlunun yapılan sözleşmenin gerekliliklerine uymaması durumu kredi riski olarak tanımlanır (Babuşçu, 2005). Kredi riskinin COVID-19 hastalığı sürecinde bankaların en çok karşılaştığı risk tipi olduğu söylenebilir.

Bankacılık sistemi koronavirüsün finansal ve ekonomik etkilerini azaltmak için önlemler almıştır. Salgın hastalığın bankalara yansması Şekil 1 de ifade edildiği gibi hem müşterilere hemde çalışanlarına yönelik olmuştur. Bu süreçte bankalar müşterileri için önlemler ve finansal kaynaklar oluşturmuş, ayrıca kendi çalışanlarında salgından korunma amaçlı tedbir kalemleri oluşturmuştur. Bankalar nakit akışı bozulan firmaların veya

bireylerin kredi ödemelerini ötelenmiş, yeniden yapılandırma ve bu firmalara veya bireylere yönelik kredi destek paketleri sunulmuştur. Banka kendi çalışanların sağlığını korumaya yönelik hijyen kurallarına yönelik düzenlemeler, çalışma süreleri, saatleri ve çalışma biçimleri ile ilgili bir dizi önlemler almıştır.

Şekil 1: COVID-19 (Koronavirüs)'ün Bankacılık Sistemine Etkisi



Kaynak: Şekil tarafımızca oluşturulmuştur.

Türk Bankacılık sisteminde bazı bankalar tarafından kontrollü normalleşme süreci boyunca tatil destek kredileri, avantajlı konut kredileri, taşıt kredileri, koronavirüs hastalığına yönelik sigorta paketleri pek çok farklı kredi destek paketleri oluşturulmuştur. Bankacılık sektöründe yaşanması kaçınılmaz olumsuz durumları asgari seviyeye çekmek için ise devlet politikaları ile firmaların vergi ve kredi borçlarını erteleme, merkez bankalarının likidite sağlama, KOBİ'lere yardım paketleri gibi çeşitli ekonomik ve finansal destekler sağlanmıştır. Küresel salgın bankacılık sektöründe birçok yeniliğe yol açtığı gibi yeni değişim ve dönüşümlere de olanak sağlamıştır.

3. Türk Bankacılık Sisteminde Stratejik Pandemi Yönetimi Faaliyetleri

3.1. Sektör Çalışanlarının Çalışma Faaliyetlerindeki Farklılaşmalar

Ülkemizde COVID-19 salgınından korunma amaçlı bankalar çalışanlarının aynı zamanda müşterilerinin sağlığını ön planda tutma amaçlı çalışma faaliyetlerini yeniden düzenlemiştir. Çalışanların sağlığına korumaya yönelik uzaktan çalışma ve sürekli erişilebilir olma konusunda gerekli altyapı sistemlerini kurmuşlardır. Gerekli teknoloji ve alt yapı sistemlerini oluşturarak evden çalışma sistemi ile banka çalışanların büyük bir kısmı mesailerini uzaktan erişim modeliyle evden sürdürmüşlerdir.

Bankalar daha çok şubelerde müşteri ile yüz yüze iletişimi gerektiren bir çalışma sistemini yürütürken, pandemi döneminde sonuçları pozitif çıkan ve temaslı olan ya da kronik rahatsızlığı olan personellerinin evden çalışmasına izin vererek sadece personellerini değil aynı zamanda müşterilerini korumayı amaçlamıştır (Beybur ve Çetinkaya, 2020:153).

Bankalar personellerinin seyahatlerini durdurma kararı almış, personellerin çoğunun evden çalışmasını kolaylaştıracak şekilde çalışma sistemlerini değiştirmiştir. Bazı bankalar vardiya çalışma sistemini uygulamıştır. Bu kapsamda bazı personellerin sahada iki hafta süreyle çalışması, diğer personellerin ise uzaktan çalışmaya devam etmesi ve sonraki haftalarda ise vardiyayı değiştirmeleri şeklinde bir sistemi tercih etmişlerdir (KPMG,2020).

Bilim Kurulu tarafından banka çalışanlarının maske takması önerisi alınan önlemler arasındadır. Bu süreçte bankalarda çalışanlara eldiven dağıtımı yapılmış, maske kullanımını teşvik edilmiş, para ile temas eden banko personellerine ise eldiven kullanma zorunluluğu getirilmiştir.

Bankalar salgın hastalığın yayılımını azaltmak için Genel müdürlük, Bölge müdürlüğü ve Şube birimlerinde hizmet veren ve Sağlık Bakanlığı'nın tanımladığı yüksek risk grubunda olan çalışanlarına idari izin kullandırmıştır. Çalışanlarının tüm yurt dışı iş seyahatleri, tüm müşteri ziyaretleri, toplantı, seminer, eğitim gibi etkinlik katılımlarını, sürecin gelişimini dikkate alacak şekilde yeniden düzenlemek kaydıyla geçici olarak durdurulmuştur. Bir diğer önemli uygulama ise çalışanların veya çalışanların aileleri eğer yurt dışına seyahatte bulunmuş ise bu çalışanların 14 gün boyunca bankadaki görev yerlerine giriş yapmalarını sağlanmıştır (İş Bankası,2020).

3.2. Bankacılık Faaliyetlerinde Artan Teknoloji ve İnovasyon Uygulamaları

Bankacılık sektöründe şubeler temel olarak müşterilerin bankacılık faaliyetlerini kolayca yürüttüğü önemli birimlerdenidir. Müşterilere bankacılık hizmetlerinin verildiği, ürün satışı, kredi kullanımı, her türlü ödeme işlemleri, para yatırma ve para çekme işlemleri gibi pek çok talep şubeler kanalıyla gerçekleştirilmektedir. Müşteri talepleri veya beklentilerinde yaşanan hızlı değişim ve teknolojik değişimlerin hızla yaygınlaşması ile zamanla müşteri çağrı merkezleri, internet bankacılığı, mobil bankacılık kanalları gibi kanallar devreye girmiş böylece şubelerin kullanım ağırlığı azalmaya başlamıştır. COVID-19 salgınının yaşandığı bugünlerde ise bankaların teknolojik ve süreçsel dönüşümlerinin daha da hız kazandığı görülmektedir. (Güler,2020:90). Şubelerde gerçekleştirilmesi mümkün olan işlemlerin birçoğu bu süreçte teknolojik alt yapı ile uzaktan yürütülmüştür.

Dijitalleşme kanallarından biri olan internet ve internetin özellikleri bankacılık ürünleri ile hizmetlerinin sunulmasında ideal bir ortam oluşturmaktadır. Ürün ve hizmetlerin yenilikçi bir şekilde müşterilere ulaştırılmasını da kolaylaştırmaktadır (Kayakuş, 2020: 156-157).Dijitalleşme sürecinin pek çok sektörde öne çıkacağı tahmin edilmektedir. Özellikle yapay zekâ ve robotikle ilgili teknolojiler aracılığı ile dijitalleşmenin finans ve hizmet sektörlerinde daha fazla yayılması sağlanabilecektir. (Okur, 2020, s. 319).

Bankacılık işlemlerinin hızlı bir şekilde yapılabilmesi için ATM'lerde günlük para çekme limitleri artırılmış ve ATM'ler düzenli olarak günlük dezenfekte edilmiştir. Banka müşterilerinin dijital kanalları tercih etmeye teşvik etmek için ise 2.000 TL ile 3.000 TL arasında değişkenlik gösteren ATM'lerden günlük para çekme limiti, bankalar tarafından 5.000 TL'ye çıkartılmıştır(www.isbank.com.tr,www.akbank.com.tr).

Bankalar, müşterilerinin işlemlerini şubelere gelmede yapabilmeleri açısından dijital dağıtım kanallarında mobil, internet bankacılığı, ATM ve müşteri hizmetleri çağrı merkezleri

aracılığı ile daha kolay yapılabilmesi için düzenlemeler yapmışlardır. Bu amaçla banka şubelerinde yapılan işlemlerin birçoğu bu kanallardan yapılar hale getirilmiştir. Dijital kanallar için uygulanan günlük işlem limitleri artırılmış, işlem masrafları da minimum seviyelere indirilmiş hatta bankalar bu zorlu süreçle mücadelede bazı işlemlerde ücret talep etmemişlerdir (www.ziraatbank.com.tr,www.halkbank.com.tr,www.vakıfbank.com.tr). Ayrıca bankalar internet ve mobil bankacılığıyla ve ATM'den gerçekleştirilen işlemlerin ücretsiz yapılabilmesine olanak sağlanmıştır (TBB,2020).

Bankacılık sistemi dijital teknolojileri çok yakından takip etmeye çalışan bir sektör olmasına rağmen, bu süreçte salgın hastalığın dijitalleşmeyi hızlandırıcı bir görev yaptığı görülmektedir (Akca & Tepe Küçüköğlü, 2020: 77).

Salgın hastalığın olumsuz etkilerinden korunma kapsamında müşterilere kullandırılan 10.000 TL'lik temel ihtiyaç kredisi başvurularının internet bankacılığı ve mobil bankacılık kanalları aracılığıyla yapılması sağlanmıştır (Beybur ve Çetinkaya, 2020:153).

Günlük hayatımızda birçok işimizi kolaylaştıran yeni teknolojiler, pek çok sektörde olduğu gibi bankacılık sektöründe de giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle son yıllarda hayatımıza giren ve birçok alanda karşımıza çıkan COVID-19'un salgınının yayılmasını engellemek için bankacılık işlemlerinde kullanılan teknolojiler oldukça başarılı sonuçlar alınmasına yardımcı olmuştur. Özellikle Türk bankacılık sektörünün sürekli yatırım yaptığı dijital kanallar, salgınla mücadele aşamasında kurtarıcı olmuştur.

3.3. Banka Müşterileri Profiline Yönelik Farklılaşan Uygulamalar

Bankaların mevcut müşteri portföylerini koruyabilmeleri ve portföylerine yeni müşteri kazandırmaları için müşterilerinin beklentilerini yerine getirmeleri önemle ele alınması gereken konulardan biridir (Hakiri, 2012).

Ülke ve dünya ekonomisini etkisi altına alan COVID-19 salgını nedeni ile finansal piyasalarda aracılık görevini üstlenen bankaların müşterileri için aldıkları aksiyonların ve değişim politikalarının hem ülke ekonomisine katkısı hem kendi başarısı ve rekabet güçlerine destek olma hem de müşterilerinin bankacılık işlemlerini sağlıklı yürütebilmelerine yardımcı olması açısından oldukça önemlidir (Güler,2020:85).

Türkiye'de ilk korona virüsün vakasının 2020 yılında Mart ayında tespit edilmesiyle birlikte virüsle mücadelenin yapıldığı süreçte bankalar müşterilerinin sağlığını ön planda tutan uygulamaları kullanmaya başlamıştır. Birçok bankacılık hizmeti şubelere gidilmeksizin internet ve dijital ortamında yapılan işlemlerde çeşitlilik yapılarak hizmetler güvenli bir şekilde sunulmaktadır. Bankalar müşterilerine yönelik ürün ve hizmetlerinden en çok kredi kartları, krediler ve çağrı merkezleri konusunda yenilikleri güncelleyerek daha hızlı ve sağlıklı kullanımını sağlamıştır.

Kredi kartı ile banka kartlarının temassız şekilde kullanımının yaygınlaştırılması amacıyla 100 TL olan temassız işlem limiti, 250 TL'ye kadar çıkarılması yönünde önlemler alınmıştır (https://www.bkm.com.tr). Bankalar bu salgın sürecinde müşterilerinin sağlığını korumak amaçlı temassız kredi kartı işlem limitini artırmışlardır. Türkiye'de bankalar tarafından tüm dünyaya hızlı bir şekilde yayılan korona virüse yönelik alınan önlemler olarak temassız kredi kartı kullanımının

yaygınlaşmasının sağlanmıştır. Bireyler arası sosyal temasın azalmasına katkıda bulunan temazsız kredi kartı kullanımı güvenli olmasının yanı sıra hijyenik bir ödeme imkânı sunmaktadır.

Farklı bir güncel uygulama ise Bankaların yoğunluk yaşayabilecek şubelerindeki müşterileri için şube içine aynı anda sınırlı sayıda müşteriyi belirli bir sırayla almak şartıyla hizmet sunmaktadır. Şube içerisine giren sayılı müşterilerin hijyen kurallarına uymaları açısından sosyal mesafeyi korumaları ve maske takmaları zorunludur. Bankalar bünyelerinde oluşturdukları ekiplerle müşterilerine her zaman olduğu gibi kesintisiz hizmet vermeye çalışmıştır. Bankalar ayrıca ateş ölçer cihazları ile müşterilerinin ateşlerini ölçerek şube içerisine alımını sağlayarak müşteri odaklı bir yaklaşım sergilemiştir.

Bu süreçte toplum ve bireyler açısından ortaya çıkan belirsizlik, krizler, duygusal ve psikososyal etkilerin nasıl yönetildiği, sonuçları ile nasıl başa çıkıldığı önemlidir (Karataş, 2020: 6).

3.4. Bankaların Hizmet Birimlerinde Farklılaşan Uygulamalar

Bankalarda Genel müdürlük hizmet binaları, Bölge Koordinatörlüğü hizmet binaları ve şubeler sürekli olarak dezenfekte edilmiştir. Genel Müdürlük, Bölge ve Şube birimlerinde çalışanların oturma planları, masa düzenleri sosyal mesafe ve hastalığın bulaşıcılığını azaltmak için yeniden tasarlanmıştır.

Müşteriler banka içerisinde bekleme alanında iken yakın mesafede oturtulmamıştır. Bekleme alanlarında en fazla işlem bankosu mesafesi kadar müşterinin bulunmasına izin verilmiştir. Müşteriler ile bankanın diğer müşteriler arasında ve bankoda görev yapan banka görevlisi arasında en az bir metre mesafe bırakılarak işlem yapılmasına izin verilmiştir (COVID-19 Banka Şubelerinde Korunma ve Kontrol Önlemleri, 2020:2).

Bazı kamu ve özel bankaların önlerine ‘sosyal mesafe’ bariyerleri kurulmuş, şube lokasyonlarında ise sosyal mesafeyi gösteren amblemlerle zemin alanı yüzey kaplamaları oluşturulmuştur. Şubelerde bilgilendirme amaçlı Sağlık Bakanlığı tarafından önerilen hastalıktan korunma ve hijyene yönelik afişler bulundurulmuştur.

Teknolojik altyapılarını daha fazla kullanan ve revize eden bankalar şubelerinin lobi alanına kontrollü sayıda sayılı müşteri kabul ederek işlemlerini gerçekleştirmişlerdir. Gerekli olmadıkça işlemler şubelerden yapılmamaya özen gösterilmiştir. Bu süreçte sağlık açısından müşteriler ATM'lere, alternatif kanallardan internet şubeleri ile çağrı merkezlerine daha sık yönlendirilmiştir.

Yeni tip corona virüs (COVID-19) salgını sonrasında Türkiye'de Koronavirüs Bilim Kurulu'nun önerileri dikkate alınarak, Sağlık Bakanlığı tarafından hazırlanan “Banka Şubelerinde Korunma ve Kontrol Önlemleri” başlıklı rehber ile bankalara yeni işleyiş kriterleri getirilmiştir. Bu kapsamda şube içerisinde sürekli insanlarla yüz yüze iletişimde bulunan ve arada 1 metre veya daha az mesafe kalacak şekilde temasta bulunan çalışanların tıbbi maske takması zorunlu olmuştur. Maskelerin ise ağız, burun ve çeneyi de kapatacak şekilde takılması zorunlu hale gelmiştir. Numaratörlerin sadece cerrahi maske kullanan tek bir kişi tarafından kullanılmasına özen gösterilmiş, sabah ve akşam dezenfekte edilerek temizliği sağlanmıştır. Çalışma birimlerinde alkol içerikli el antiseptiklerinin salgının yayılmasına engel olmak için ulaşılabilir noktalarda bulundurulması el hijyeninin

sağlanmasına özen gösterilmiştir (Covid- 2019 Banka Şubelerinde Korunma ve Kontrol Önlemleri, 2020:1).

Bankalarda uzaktan çalışma uygulamaları ile fiziksel bankacılığa erişimi sınırlandırılacak şekilde çeşitli önlemler alınmıştır. Bu bağlamda birçok banka, geçici süreliğine bazı şubelerini kapatarak evden çalışma sistemiyle faaliyetlerine devam etmiştir. COVID-19 salgının yayılımında teması en aza indirmek için önemli tedbirler almak amaçlı bazı bankaların çalışma saatlerinde değişiklik yapılmıştır. Türkiye Bankalar Birliği (TBB)'nin önerisi ile bankalara tavsiye kapsamında yeni mesai saatlerinin 12.00 ile 17.00 arası olarak belirlenmesi kararlaştırılmıştır. Risk durumuna göre bazı bankalar bu çalışma saatlerini uygulamış, bazı bankalar ise eski çalışma sistemlerine gerekli önlemleri alarak devam etmiştir.

4. Türk Bankacılık Sisteminde Pandemi Krizi Yönetiminde Finansal Destekler

Bankalar COVID-19 salgınının ekonomik etkilerini azaltmak için çok sayıda önlem paketi çıkarmıştır. Birçok banka tarafından müşterilerin bireysel kredi ödemeleri ertelenirken, havale ve EFT işlemlerinden ücret alınmamış, nakit para çekme limitlerinde artış sağlanması gibi kolaylıklar getirilmiştir. Kobi, ticari ve kurumsal firmalara yönelik ödeme esneklikleri sunulmuştur. Firmalara kredi desteği sağlanmış ve kredilerde yeniden yapılandırma imkânları sunulmuştur.

Türkiye’de COVID-19 döneminde ekonomik ve sosyal hayatın asgari seviyede etkilenmesi amacıyla alınan tedbirlere bakıldığında ilk olarak 18.03.2020 tarihinde açıklanan “Ekonomik İstikrar Kalkanı” (EİK) planı dikkat çekmektedir. EİK paketinin içeriğinde bankacılık sektörünün sağladığı finansal destekleri içeren hususlarda yer almaktadır (Akbulak, 2020):

- COVID-19 salgını döneminde nakit akışı bozulan firmaların hizmet aldığı bankalara olan kredi, faiz ve anapara faiz ödemeleri asgari 3 ay ötelenmiştir ve gerektiğinde bunlara ilaveten finansman desteği sağlanmıştır.
- Esnaf ve sanatkârların Türkiye Halk Bankası’na olan kredi borçlarının, Nisan, Mayıs, Haziran aylarına ait hem anapara hem de faiz ödemeleri 3 ay süreyle, faizsiz olacak şekilde ertelenmiştir.
- Salgın döneminde ihracattaki geçici süre ortaya çıkan yavaşlama sürecinde ihracatı desteklemek amacıyla ihracatçıya stok finansmanı desteği verilmiştir.
- 500 bin liranın altındaki konutlarda kredilendirilebilir konut kredisi miktarı yüzde 80’den yüzde 90’a çıkartılmış ve asgari peşinatı ise yüzde 10’a düşürülmüştür.
- Kredi Garanti Fonu kredi limiti 25 milyar lira iken bu limit 50 milyar liraya çıkartılmış, kredilerde öncelik ise bu zorlu süreçte gelişmelerden olumsuz yönde etkilendiği için likidite ihtiyacı ortaya çıkan ve teminat açığı bulunan firmalar ile KOBİ'lere destek amaçlı verilmiştir.

Finansal istikrarın korunması ve ekonomileri desteklemek amacıyla merkez bankaları bazı önlemler almıştır (Adrian ve Natalucci, 2020). Ülkemizde de koronavirüs salgını ile mücadelede merkez bankası bazı ekonomik ve finansal önlemler almıştır.

Şekil 2: Koronavirüs Salgınının Etkilerine Karşı Alınan Tedbirler



Kaynak: (TCMB,2020)

Şekil 2’de görüldüğü üzere merkez bankası bankacılık sektörü ve reel sektörün ihtiyaç duyduğu likiditeyi uygun şartlarda sağlamayı amaçlamıştır. Bankalara Türk lirası ve yabancı para cinsinden likidite yönetiminde gerekli esneklik sağlanmıştır. Reel sektörde kredi akışının kesintisiz devamlılığı sağlanmıştır. İhracatçı firmalar reeskont kredi düzenlemeleri ile desteklenmiştir. Ayrıca DİBS piyasası likiditesi desteklenmiş parasal aktarım mekanizması güçlendirilmiştir (TCMB,2020).

5. Meteryal ve Metod

5.1. Türk Bankacılık Sektörü COVID-19 Pandemi Süreci: SWOT Analizi

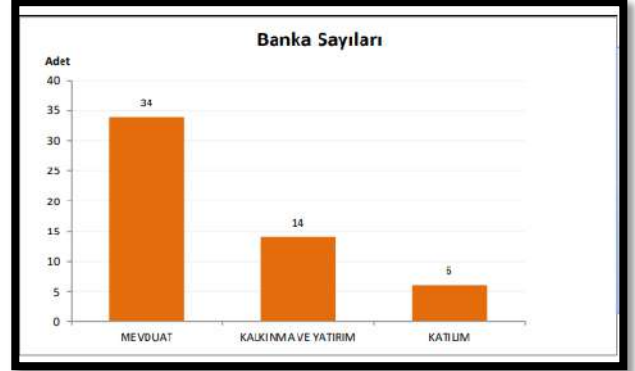
SWOT (Strengths, Weaknesses, Threats, Opportunities, – Güçlü yanlar, Zayıf yanlar, Tehditler, Fırsatlar) analizi 1982’de ilk kez Prof. Heinz Weilrich tarafından ortaya çıkarılmıştır (Weilrich, 1982:54). SWOT analizi işletmelerin güçlü ve zayıf yanlarını tanımlayan, işletmenin dış çevresinde gelişen fırsatlar ile tehditleri belirlemeye çalışan bir yöntemdir. Analiz işletmelerin güçlü ve zayıf yanlarının işletme içerisinden, fırsatlar ve tehditlerin ise işletme dışındaki çevrelerden kaynaklanabileceği düşüncesiyle oluşturulmuştur. (Johnson ve diğerleri, 2011:106). Avantajlar, işletmenin iç çevresinin analiziyle ortaya çıkan ve rakiplerine karşı üstünlük sağlayabildiği varlıkları ve yetenekleri kapsamaktadır. Zayıflıklar, işletmenin mevcut varlıkları ve yeteneklerinin rakiplerine göre güçsüz ve düşük olduğu durumları tanımlamaktadır. Fırsatlar, yakın çevrenin ve dış çevrenin analizi sonucunda işletme açısından olumlu sonuçları yaratabilecek unsurları içermektedir. Uluslararası çevre, Politik, teknolojik, sosyokültürel, demografik müşteriler, rakiplerin durumu gibi fırsat yaratan unsurlar örnek olarak verilebilir. Tehditler, işletmenin varlığını sürdürmesine engel veya rekabet üstünlüğünü kaybetmesine neden olabilecek dış çevredeki değişimler sonucu ortaya çıkan durumları kapsamaktadır. (Ülgen ve Mirze, 2007:160-161)

Türkiye’de ilk COVID-19 vakası 10 Mart 2020’de tarihinde ilan edilmiştir. Bu salgın hastalığa bağlı ilk ölüm ise 17 Mart’ta ortaya çıkmıştır. Bu bağlamda ülke genelinde, sosyal mesafeyi koruma amaçlı, yüksek riske sahip ülkelerden gelen turistlere seyahat yasağı getirilmiş ve bu gibi ülkelere dönen vatandaşlar içinde karantina önlemleri alınmıştır. Bununla birlikte alışveriş merkezleri, eğlence mekânlarının kapatılması, eğitim kurumlarında eğitimle ilgili yeni düzenlemeler, sınırlamalar getirilmiştir (Kutlu, 2020: 339).

COVID-19 salgını nedeniyle ekonomik faaliyetin desteklenmesi için bankacılık sektöründe yeni uygulamalara yer verilmiştir. Bankalar tarafından uygulamaya konulan önlemler, Türkiye Bankalar Birliği (TBB) tarafından yapılan çalışmalar ile küresel salgının olumsuz ekonomik etkilerini mümkün olduğunca azaltmaya çalışılmıştır (TBB, 2020: 1-4). Ayrıca Merkez bankası politika kararları, Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu (BDDK) önlemleri ile de sektör desteklemiştir.

BDDK Türk Bankacılık Sektörü Temel Göstergeleri Raporuna göre Türkiye’deki bankacılık sektörü hakkında bilgilere aşağıda özetlenmiştir (BDDK, 2020).

Şekil 3: Banka Sayıları



Kaynak: BDDK,2020

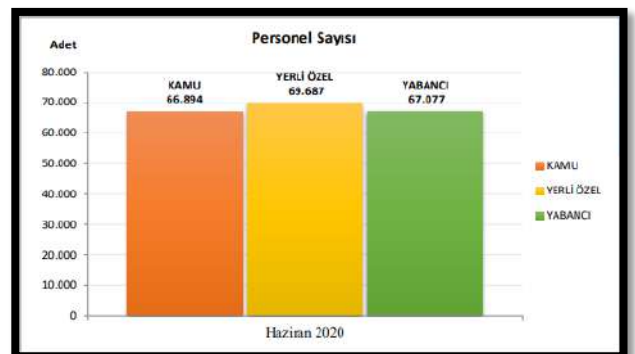
Şekil 3’te belirtildiği üzere, Haziran 2020 raporuna göre bankacılık sektöründe 34 mevduat bankası, 14 kalkınma ve yatırım bankası, 6 katılım bankası olmak üzere toplam 54 banka faaliyetlerine devam etmektedir.

Şekil 4: Banka Şube Sayıları



Kaynak: BDDK,2020

Şekil 5: Banka Personel Sayıları



Kaynak: BDDK,2020

Şekil 4 ve 5'te belirtildiği üzere, sektördeki toplam şube sayısı 11.322, toplam çalışan sayısı 203.658 kişidir. Bankacılık sektörünün bir önceki çeyreğe göre şube sayısı 22 adet, personel sayısı 456 kişi azalmıştır. Türk Bankacılık sisteminin aktif büyüklüğü ise Haziran 2020 döneminde bir önceki yıl sonuna kıyasla %19,3 artmış 5.356 milyar TL düzeyine ulaşmıştır.

COVID-19 pandemi sürecinin ekonomik ve finansal faaliyetlerini kesintiye uğrattığı söylenebilir. Ancak zamanında alınan önlemlerle ekonomik ve finansal alanlardaki sorunlara çözüm hızlı bir şekilde sağlanmıştır.

5.1. Araştırmanın Amacı

SWOT analizi yöntemi genel anlamda bir değerlendirme yöntemi çeşididir. Çalışmamızın konusunu oluşturan Türk Bankacılık Sistemi bu analiz yöntemiyle değerlendirilmiştir. Bu araştırma çalışmasının amacı, COVID-19 salgın sürecinde Türk Bankacılık Sektörünün faaliyetleri ele alınmış, yapılan SWOT Analizi ile salgınla mücadelede Bankacılık Sisteminin etkin ve pasif yönlerinin, kazanç ve risklerinin neler olduğu tartışılmıştır.

5.2. Araştırmanın Yöntemi

Çalışma nitel bir araştırma tekniği çerçevesinde değerlendirilmiştir. Değerlendirmelerde bankacılık sisteminde işlem yapan ve bankalarda çalışan banka personelleriyle yapılan görüşmeler ile bankacılık sektöründe faaliyet gösteren uzman görüşmecilerin katıldığı beyin fırtınası yöntemi kullanılmıştır. Karşılıklı görüşmelerle sonucu elde edilen veriler ışığında görüşme notları hazırlanmıştır. Buna göre araştırma çalışmasının bulguları dört alt kriter bağlamında SWOT analizi matrisi ile detaylandırılmıştır.

6. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

6.1. Araştırmanın Bulguları

Çalışmanın bu bölümünde araştırma kapsamında elde edilen bulgulara yer verilmiştir. COVID-19'la mücadelede Türk Bankacılık Sektörünün güçlü yanları, zayıf yanları, fırsat ve tehditlerine yönelik incelemeler Tablo 1'de belirtilmiştir

Tablo:1. Türk Bankacılık Sektörü COVID-19 Pandemi Süreci Swot Matrisi

GÜÇLÜ YANLAR	ZAYIF YANLAR
<p>*Teknoloji alanında Türk Bankacılık sisteminin uluslararası rekabet düzeyini yakalamış olması.</p> <p>*COVID-19 sürecinde hızla yenilenen teknoloji ve inovasyon sistemlerine sahip olması</p> <p>*Bankaların fiziki imkanların yeterli olması</p> <p>*Tecrübeli Banka personeli kadrosu</p> <p>*Banka Personelleri arasındaki güçlü ekip dayanışması ve iletişim</p> <p>*Banka yöneticilerinin tecrübeli olması</p> <p>*Bankaların COVID-19'la mücadelede gelişmiş ürün ve hizmet yelpazesine sahip olması</p> <p>*Pandemi krizi döneminde sektörleri ve müşterilerinin finansman ihtiyacını karşılayabilecek yeni finansal ürünleri, destek paketlerini piyasaya sürebilmesi</p> <p>*Pandemi döneminde kredilerde, banka kartı, tematsız kredi kartı, pos cihazı ve otomatik para çekme makinesi sayılarında ve kullanımında artış sağlanabilmesi</p> <p>*Pandemi krizi yönetiminde risk yönetim birimlerinin etkinliği ve revize edilen risk yönetim politikalarına uyum sağlayabilme</p> <p>*Bilinçli ve anlayışlı müşteri profili</p> <p>*Müşterileri risk değerlendirmesinin yapılması</p> <p>*Nakit akışı bozulan müşterilerin banka borçlarının ötelenmesi</p> <p>*Müşteri ve personel sağlığı açısından yeni çalışma planlarının oluşturulması internet ve mobil bankacılık aracılığı ile uzaktan sağlayabilme</p>	<p>*Banka içi iletişim eksikliği</p> <p>*Banka ve müşteri ilişkilerinin zayıf olması</p> <p>*Banka fiziki yapısının yeterli olmaması</p> <p>*Banka personel kadrosunun yetersiz olması</p> <p>*Olumsuz müşteri davranışları</p> <p>*Müşteri önceliklerine bağlı olarak ürün eksikliği</p> <p>*Müşteri bilinci ve okuryazarlığının düşük olması.</p> <p>*Müşterilerin teknolojik işlemlere adaptasyon sorunu</p> <p>*Banka personelinin ve müşterilerinin yeniliğe açık olamaması</p> <p>*Koronavirüs sürecinde az sayıda şubenin faaliyet göstermesi</p> <p>*Pandemi sürecinde tahsis edilen kredilerin geri dönüşünde yaşanabilecek sorunlar, kredi riski</p> <p>*Uzun vadeli ve düşük faizli kredilerin artışı</p> <p>*Pandemi sürecinde takipteki kredilerde artış yaşanması</p> <p>*Banka fonlama yapısı ve maliyetlerindeki değişim</p> <p>*Operasyonel risk</p>

<p><i>*Hayat Eve Sığar” yeni mobil uygulaması ile müşterilerinin sağlığını korumaya yönelik bankacılık hizmetlerini uzaktan sunma</i></p> <p><i>*Müşterilerinin ve çalışanlarının sağlık hijyenlerine yönelik önlemleri alabilme ve ekipmanları sağlayabilme</i></p> <p><i>* Bankacılık sektörünün sağlam sermaye yapısı</i></p>	
<p>FIRSATLAR</p>	<p>TEHDİTLER</p>
<p><i>*COVID-19’la mücadelede artan finansal ürün ve kredi talebi</i></p> <p><i>*Türk Bankacılık Sektörünün Kriz yönetimi deneyimi ve tecrübesine sahip olması</i></p> <p><i>* Kamu otoriteleri ve bankacılık sektörü tarafından alınan önlemlerin hızı, etkinliği, kararlılığı</i></p> <p><i>*Bankacılık sektördeki rakiplerin sürekli takip edilmesi</i></p> <p><i>*Değişen koşullara revize edilebilen güçlü teknoloji ve alt yapının oluşturulması</i></p> <p><i>* ‘Dijitalleşme’ sürecinin hız kazanması ve bilinçli personel ve müşteri profiline sahip olma</i></p> <p><i>*Sağlık sisteminin güçlü yapısı ile alınan önlem politikalarının bankacılık sektörüne kolayca uygulanabilmesi.</i></p>	<p><i>*COVID-19’la mücadelede Dünya ekonomilerinde yaşanan ekonomik ve finansal kırılganlık</i></p> <p><i>* Salgınin yaygın olduğu Dünya ülkelerinde ekonomik büyümenin yavaşlaması</i></p> <p><i>*Pandemi sürecinde belirsizlik ve azalan güven ortamı</i></p> <p><i>*Kur riski</i></p> <p><i>*Hastalığın yayılma hızının artması ve işgücü piyasasının olumsuz etkilenmesi</i></p> <p><i>*Pandemi süresince bireyler ve toplumlar üzerinde ortaya çıkan psikososyal etkiler, kaygı ve stres.</i></p> <p><i>*Bankalara yönelik siber güvenlik saldırıları</i></p> <p><i>*Teknolojik riskler</i></p>

Kaynak: Tablo 1 araştırmanın yazarı tarafından görüşme notları kullanılarak oluşturulmuştur.

7. Sonuç

COVID-19 salgınının küresel anlamda ciddiye alınması gereken bir hastalık olduğu ve alınan önlemlerin en üst düzeye çıkarılması gerektiği Dünya Sağlık Örgütü tarafından vurgulanmıştır. Salgınla mücadelede ekonomik, sosyal ve finansal alanda çeşitli önlemler, yerinde tedbirler alınmış ve düzenlemeler yapılmıştır. COVID-19 salgın hastalığı ülkemiz ve dünya ekonomisinde bütün sektörlerde olduğu gibi bankacılık sektörünü de önemli ölçüde etkilemiştir. Bu bağlamda çalışmada Türkiye’nin bankacılık sisteminin koronavirüs sürecinde karşılaştığı zorlu durumlar incelenmiştir. Bankalar tarafından alınan önlemler, destek paketleri ve bankacılık faaliyetlerinde güncel durumlara göre değişen hizmetlerin neler olduğu detaylıca açıklanmıştır.

Yeni tip koronavirüsün oluşturduğu, ekonomik sorunsalın çözümü için bankalar birbiri ardına önlemler almaya çalışmışlardır. Bankacılıkta banka çalışanlarının çalışma sistemlerine ve saatlerine yönelik düzenleyici uygulamalar, mevcut ve yeni müşterilere yönelik alınan yeni aksiyonlar, şube lokasyonlarının mimari açıdan sosyal mesafeyi dikkate alacak şekilde yeniden düzenlenmesi, bankaların bilgi ve teknoloji sistemlerine yönelik alt yapı sistemlerini güncellemeleri, sağlık ve hijyen uygulamaları ve çeşitli finansal ürün ile yeniliklerin oluşturulması yönünde birçok adım atılmıştır. Ayrıca yapılan düzenlemeler kapsamında bankacılık faaliyetlerinin birçoğu şubelere gitmeye gerek kalmadan sadece internet ve dijital ortamlarda hızlıca yapılmasına ve hizmetlerde daha güvenli sistemlerin oluşturulmasına olanak sağlamaktadır. Türk

bankacılık sistemi yenilenen teknolojik uygulamaları aktif bir şekilde kullanarak, güncel duruma göre banka hedef ve politikalarını revize etmiştir. Böylece müşterilerine sağlıklı ve kesintisiz hizmetler sunmaya devam etmiştir.

Yapılan düzenlemelerin bankalara aşırı yük getirmediği ve bankaların hareket kabiliyetini azaltmadığı ve düzenlemelerin dengeli bir şekilde yapıldığı söylenebilir. Böylece, bankalar kendilerinden beklenen fonksiyonları bu salgın sürecinde tam olarak yerine getirebilmiş, yatırımları ve ekonomik aktiviteleri hızlı bir şekilde finanse etmeye devam ederek ekonomik büyümeye destek olmaya devam etmiştir. Türkiye’de ilk koronavirüs (COVID-19) vakasının laboratuvar ortamında onaylanmasıyla birlikte Türkiye’de bankacılık sektörü yeni tip koronavirüs ile mücadelede değişen koşullara vakit kaybetmeden güvenli bir şekilde uyum sağlamıştır. Sonuç olarak, Dünyanın yaşadığı salgın hastalık krizine en hazır sektörlerden birinin ülkemizde bankacılık sektörü olduğu söylenebilir.

Kaynakça

- Adrian, T. & Natalucci, F. (2020). COVID-19 Crisis Poses Threat to Financial Stability. IMF
- Akbulak, Y. (2020). COVID-19 salgınının ekonomik etkileri için ne yaptık? <https://www.dunya.com/kose-yazisi/covid-19-salginininekonomik-etkileri-icin-ne-yaptik/470268>, Erişim Tarihi:14.05.2020
- Akbank (2020). <https://www.akbank.com.tr/Erişim> Tarihi, 22.05.2020.

- Akca, M., & Tepe Küçüköğlü, M. (2020). COVID-19 ve İş Yaşamına Etkileri: Evden Çalışma. *Journal of International Management, Educational and Economics Perspectives*, 8(1), 71-81.
- Al-Awadhi, A. M., Al-Saifi, K., Al-Awadhi, A., ve Alhamadi, S. (2020). Death and Contagious Infectious Diseases: Impact of the COVID-19 Virus on Stock Market Returns. *Journal of Behavioral and Experimental Finance*, 27, 1-5.
- Arabacı H.& Yücel D.(2020). *COVID-19 Pandemisinin Türk Bankacılık Sektörü Üzerine Etkisi*, Social Sciences Research Journal, 9 (3), 196-208.
- Arezki, R.&Nguyen, H. (2020). Novel corona virüs hurtsthe Middle East and North Africa through many channels. İçinde: *Economics inthe Timeof COVID-19* (s.53-58). London: CEPR(Centre for Economic Policy Research) Press.
- Babuşçu, Ş. (2005). Basel II Düzenlemeleri Çerçevesinde Bankalarda Risk Yönetimi. 1. Baskı. Ankara: Akademi Consulting and Training.
- Baldwin, R.&Tomiura, E.(2020).Thinking ahead a bout the trade impact of COVID-19.İçinde: *Economics in the Time of COVID-19*(s.59-71).London: CEPR (Centre for Economic Policy Research)Press.
- Bankalararası Kart Merkezi (2020). <https://www.bkm.com.tr> /Erişim Tarihi: 07.05.2020.
- Barrot, J. N., Grassi, B., ve Sauvagnat, J. (2020). Sectoral Effects of Social Distancing. *Available at SSRN*.
- Beybur, M.,Çetinkaya, M. (2020). Covid 19 Pandemisinin Türkiye’de Dijital Bankacılık Ürün ve Hizmetlerinin Kullanımı Üzerindeki Etkisi. *Uluslararası Batı Karadeniz Sosyal ve Beşeri Bilimler Dergisi*, 4(2), 148-163
- BDDK(2020). Türk Bankacılık Sektörü Temel Göstergeleri Haziran 2020/https://www.bddk.org.tr/ContentBddk/dokuman/duyuru_0846_01.pdfErişimTarihi:09.09.2021
- Cecchetti, S. G.& Schoenholtz, K. L.(2020).Contagion: BankrundsandCOVID-19.İçinde: *Economics in the Time of COVID-19*(s.77-80).London: CEPR(Centre for Economic Policy Research)Press.
- Cochrane, J.H.(2020).Coronavirus monetary policy.: *Economics in the Time of COVID-19* (s.105-108).London: CEPR(Centre for Economic Policy Research)Press.
- Güler, H. N.(2020). Koronavirüsü (Covid-19) Günlerinde Bankalara İletilen Müşteri İtiraz ve Şikayetlerinin İncelenmesi, *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi (ASEAD)*, 7 (4), 85-99.
- Gürel, A. ve Gülay, S. (2020). Kamu Bankalarında Kredi Yönetiminin Çalışanların Gözünden İncelenmesi; Odak Grup Çalışması. *Balkan and Near Eastern Journal of Social Sciences*. 06 (02). http://www.ibaness.org/bnejss/2020_06_02/02_Gurel_and_Gulay.pdf (Erişim Tarihi: 01.07.2020).
- Hakiri, W. (2012). For An Efficient Complaints Management System For Banks: A Conceptual Frame work And An Exploratory Study, *Journal Of Marketing Research & Case Sudies*.
- Halk Bankası (2020).<https://www.halkbank.com.tr> / Erişim Tarihi. 25.04.2020.
- İş Bankası (2020).Koronavirüs Salgınına Karşı Toplum Ve Çalışan Sağlığına Öncelik Veren TedbirleriniGenişletiyor/<https://www.isbank.com.tr/bankamizi-taniyin/koronavirus-salginina-karsi-bankamizca-alinan-tedbirler>/ErişimTarihi:13.07.2020.
- İş Bankası (2020).<https://www.isbank.com.tr> /Erişim Tarihi:18.05.2020.
- Johnson, G., R. Whittington, K.Scholes. (2011).Exploring Strategy, Prentice Hall, England.
- Karataş, Z. (2020). COVID-19 Pandemisinin Toplumsal Etkileri. *Türkiye Sosyal Hizmet Araştırmaları Dergisi*, 4 (1), 3-15.
- Kayakuş, M., Çevik, K. K. (2020). Estimation the number of visitor of e-commerce website by artificial neural networks during Covid19 in Turkey. *Turkish Studies*, 15(4),615-631. (07.0.2021).
- Kayakuş M.(2020). Bankacılık ve Finans Alanında Faaliyet Gösteren Kuruluşların İnternet Bankacılığı Altyapısının Araştırılması, İş Dünyası Metaforları: Akademik Değerlendirmeler, *SRA Academic Publishing*, Klaipeda, pp.153-172.
- Kılıç, Y. (2020). Borsa İstanbul’da COVID-19 (Koronavirüs) Etkisi. *Journal of Emerging Economies and Policy*, 5(1), 66-77.
- KPMG(2020).COVID-19 Krizinde İki Temel BankacılıkAracı/<https://home.kpmg/tr/tr/home/gorusler/2020/03/covid-19-krizinde-iki-temel-bankacilik-araci.html/> Erişim Tarihi: 30.05.2020
- Kutlu, R. (2020). Yeni Koronavirüs Pandemisi ile İlgili Öğrendiklerimiz, Tanı ve Tedavisindeki Güncel Yaklaşımlar ve Türkiye’deki Durum. *14* (2), 329-344.
- McKibbin, W. & Fernando, R.(2020).The Global Macroeconomic Impacts of COVID-19:Seven Scenarios. *CAMA Workingpaper, The Australian National University*.
- Okur, M. A. (2020). COVID-19 Salgını, Dünya Düzeni ve Türkiye. *Akademik Hassasiyetler*, 7 (13), 311-335.
- Sağlık Bakanlığı (2020).Banka Şubelerinde Korunma ve Kontrol Önlemleri, 21.04.2020/https://bilgi.saglik.gov.tr/depo/diger_kamu_kuruluslar/COVID19_BankaSubelerinde_Korunma_Ve_Kontrol_Onlemleri-21042020.pdf/Erişim Tarihi:24.08.2020
- TBB (2020).Koronavirüsü Salgını Nedeniyle Ekonomik Faaliyetin Desteklenmesi Amacıyla Bankacılık Sektöründe Alınan Önlemler ve Uygulamalar.https://www.tbb.org.tr/Content/Upload/Dokuman/7668/Onlemler_ve_Uygulamalar_050620.pdf/Erişim tarihi:10.09.2020.
- Tekin, B. (2020).Koronavirüs (Covid-19) Salgını Ve Ekonomik Finansal Etkileri: Bir Literatür İncelemesi, Kitap Bölümü, İktisadi ve İdari Bilimlerde Güncel Araştırmalar, Editörler: Doç. Dr. Yüksel Akay Unvan, Doç. Dr. Faruk Kalay, Cetinje, İVPE.
- TCMB(2020).Koronavirüsün Ekonomik ve Finansal Etkilerine Karşı Alınan Tedbirler, Koronavirüs Salgınının Etkilerine Karşı Alınan Tedbirler/<https://www.tcmb.gov.tr/wps/wcm/connect/TR/TCMB+TR/Main+Menu/Duyurular/Koronavirus/ErişimTarihi:24.08.2020>.
- Ülgen, H. ve Kadri M. (2007). *Stratejik Yönetim*, 4. Basım Arıkan Yayınları İstanbul.
- Vakıfbank (2020).<https://www.vakıfbank.com.tr> /Erişim Tarihi: 15.05.2020.
- Weihrich, H.(1982). The TOWS Matrix – A Tool for Situational Analysis, *Long Range Planning*. Vol:15 Issue: 2.
- Zeren, F. ve Hızarcı, A. E. (2020). The Impact of Covid-19 Coronavirus on Stock Markets: Evidence From Selected Countries, *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*, 3(1), 78- 84.
- Zhang, D., Hu, M. & Ji, Q. (2020). Finance Research Letters, <https://doi.org/10.1016/j.frl.2020.101528>
- Ziraat Bankası (2020). <https://www.ziraatbank.com.tr/> ErişimTarihi 12.05.2020.



Orman Meyveli Tarhananın Fonksiyonel Özellikleri

Ömer İstek^{1*}, Oktay Tomar², Abdullah Çağlar³

^{1*} Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, 03200, Afyonkarahisar, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2195-1166), omeristek@gmail.com

² Kocaeli Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Arslanbey Kampüsü, 41285, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5761-7157), oktaytomar@hotmail.com

³ Kocaeli Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Arslanbey Kampüsü, 41285, Kocaeli, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9716-8795), abduhahcaglar@hotmail.com

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.848163)

ATIF/REFERENCE: İstek, Ö., Tomar, O. & Çağlar, A. (2021). Orman Meyveli Tarhananın Fonksiyonel Özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 118-127.

Öz

Tarhana, Türkiye’de yaygın olarak tüketilen ve buğday unu, yoğurt, çeşitli sebzeler ile baharatların ilavesiyle hazırlanan hamurun fermente edildikten sonra kurutulup öğütülmesi ile elde edilen geleneksel bir fermente üründür. Tarhana içerdiği protein, vitamin ve mineraller nedeni ile her yaş grubu için çok önemli gıdadır. Ayrıca tarhana çeşitli hastalıkların tedavisinde de kullanılmaktadır. Fonksiyonel bir ürün olan tarhananın daha çok faydalı bir ürün olması için bileşimine orman meyveleri ilave edilerek çeşitli hastalıklara karşı potansiyel bir gıda elde edileceği düşünülmektedir. Orman meyveleri (Ahududu, böğürtlen, karadut, kuşburnu ve yaban mersini) antosiyaninler, flavan-3-oller, prosiyanidinler, flavonollar, ellagitanenler ve hidroksisinatlar dahil olmak üzere polifenollerce zengin bir kaynak olarak bilinmektedir. Orman meyveli tarhananın; kanser, obezite ve kardiyovasküler hastalıklar için biyobelirteçler üzerinde olumlu bir etkiye sahip olduğu da bilinmektedir. Literatürde tarhananın fonksiyonel özelliklerinin beslenme açısından faydalı olduğunu kanıtlayan çalışmalar olmasına rağmen, orman meyvelerinin ilave edilmesiyle ortaya çıkan yeni ürünlerin fonksiyonel özelliklerinin ve etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için konuyla ilgili daha fazla araştırmaların yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Tarhana, Orman meyveleri, Beslenme, Antioksidan, Fenolik.

Functional Properties of Forest Fruit Tarhana

Abstract

Tarhana is a traditional fermented product that is widely consumed in Turkey and obtained by drying and grinding the dough prepared with the addition of wheat flour, yogurt, various vegetables and spices. Tarhana is a very important food for all age groups due to the proteins, vitamins and minerals it contains. Tarhana is also used in the treatment of various diseases. It is thought that a potential food against various diseases will be obtained by adding forest fruits to its composition so that tarhana, which is a functional product, is more of a useful product. Forest fruits (raspberries, blackberries, blackberries, rosehip and blueberries) are known as a rich source of polyphenols, including anthocyanins, flavan-3-oller, prosiyanidines, flavonols, ellagitanens and hydroxynamates. Forest fruit tarhana; it is also known to have a positive effect on biomarkers for cancer, obesity and cardiovascular diseases. In this review study, increasing functional properties were evaluated due to the effect of forest fruits added to tarhana. Although there are studies in the literature that prove that the functional properties of tarhana are beneficial in terms of nutrition, more studies on the subject need to be done in order to better understand the functional properties and effects of the new products that emerged with the addition of forest fruits.

Keywords: Tarhana, Forest fruits, Nutrition, Antioxidants, Phenolic.

* Sorumlu Yazar: omeristek@gmail.com

1. Giriş

Günümüzde tükettiğimiz gıdalar, sadece açlığı gidermenin ötesinde farklı anlamlar kazanmıştır. Büyümeyi, gelişmeyi desteklemesi, kronik olan hastalıkların risklerini en aza indirmesi ve sağlıklı bir yaşamın hedeflenmesinde etkili olmaktadır. Bu beklentileri karşılayan gıdalar bilimsel çevrede fonksiyonel gıdalar olarak bilinmektedir. Sayılan tüm bu üstün özellikler göz önüne alındığında geleneksel gıdamız olan tarhana fonksiyonel bir gıda olarak tanımlanmaktadır (Çakıroğlu, 2007).

Fermente bir gıda olan tarhana besin değeri ve bileşiminin çeşitliliği bakımından zengin bir gıda maddesidir. Halkın damak zevkine uygun olması ve kurutulduktan sonra kolaylıkla muhafaza edilebilmesi, üretiminin ucuz ve basit olması, kolay hazırlanabilmesi gibi pek çok özelliğinden dolayı değerli bir üründür. Bu nedenle geleneksel gıdamız olan tarhananın besleyicilik değerini artırıcı çalışmalar yapılmaktadır (Ibanoglu & Ibanoglu, 1999). Tahıl unları, yoğurt ve farklı sebzelerle fermente edilerek hazırlanan tarhana; çocuklar, yaşlılar ve hastalar için oldukça değerli bir gıdadır. Tarhana serbest aminoasitler, organik asitler, vitaminler ve mineraller bakımından da oldukça zengindir (Daglioglu, 2000).

Tarhananın standart bir üretimi bulunmamaktadır. Her ülke ve bölgeye göre temel üretimin aynı olmasının yanı sıra, geleneksel beslenme alışkanlıklarına göre farklı gıda ürünleri, sebze ve meyveler katılarak da üretimi yapılabilmektedir (Erol, 2010).

Orman meyveleri; ormanlık bölgelerde kendiliğinden, hiçbir dış etmen olmadan yetişen yabani meyvelerdir. Bu meyvelerin içeriğindeki mineral, vitamin, fitosteroller ve fenolik bileşiklerinden dolayı güçlü bir biyolojik değere sahip olduğu bilinmektedir (Savikin ve ark., 2014).

Orman meyvelerinin sağlığa faydalı yönlerinde, antioksidan özelliklerinin fazla olması ve meyvelerin fenolik bileşenleri etkili olmaktadır (Koponen ve ark., 2007; Savikin ve ark., 2009; Djordjevic ve ark., 2010). Ahududu (*Rubus idaeus*), böğürtlen (*Rubus fruticosus*), karadut (*Morus nigra*), kuşburnu (*Rosa canina*) ve yaban mersini (*Vaccinium myrtillus*) meyvelerinin taze veya işlenmiş ürünlerinin tüketilmesi insan beslenmesinde önemli bir gıda kaynağı olarak bilinmektedir (Garzon ve ark., 2009; Scibisz & Mitek, 2009; Cote ve ark., 2010). Bu çalışmada tarhanaya ilave edilen orman meyvelerinin etkisiyle arttırılabilecek fonksiyonel özelliklerin beslenme ve insan sağlığı açısından etkileri değerlendirilmiştir.

2. Tarhananın Beslenme Üzerine Etkileri

Tarhana; genellikle buğday ürünleri, yoğurt, bazı sebze ve baharatların (kırmızı biber, domates, soğan, nane, tuz vb.) karıştırılarak, laktik asit ve alkol fermantasyonu işlemi sonucunda ortaya çıkan ürünün kurutulup öğütülmesi veya yaş olarak muhafaza edilmesi sonucu tüketilen geleneksel bir gıda ürünü olarak kabul görmektedir (Settanni ve ark., 2011).

Tarhana üretiminde kullanılan domates, dere otu ve biber gibi hammaddeler antioksidan yönünden; tahıllar, bulgur, soğan, fasulye ve nohut gibi hammaddeler ise besinsel lif yönünden zengin oldukları belirlenmiştir. Tarhana üretiminde kullanılan hammaddelerin sabit oranlarda olmaması ve bölgeden bölgeye değişiklik gösterdiği için birden fazla çeşidi bulunmaktadır. Hammadde katkıları sayesinde zengin bir besin kaynağı ve çeşitli

hastalıklara faydalı olan tarhana, fonksiyonel bir gıda olduğunu kanıtlamıştır (Esimek, 2010).

Tarhananın ana bileşimi olan un, protein kaynağı olarak düşük bir kaliteye sahiptir. Ayrıca esansiyel aminoasitler bakımından treonin, lizin ve metiyonin açısından da oldukça fakirdir. Buna rağmen bakır, demir ve mangan gibi mineral maddeler bakımından zengindir. Tarhananın diğer bir bileşeni olan yoğurt ise aminoasitler bakımından zengin, mineral maddeler açısından una göre fakir bir içeriğe sahiptir. Karışımda kullanılan un ve yoğurt birbirlerini dengelerken, üretimde kullanılan diğer baharat ve sebzelerde tarhananın besleyicilik ve fonksiyonellik yönünü geliştirmektedir. Ayrıca fermantasyon sonrasında yapısal olarak daha da zengin bir gıda maddesi olmaktadır (Baysal, 2007).

Fermente bir ürün olan tarhananın probiyotik özelliği de bulunmaktadır (Baysal, 2007). Bağırsak florasını dengelemek ve vücut bağışıklık sistemini güçlendirmek gibi pek çok özelliği bulunan probiyotik mikroorganizmaların çoğunluğu laktik asit bakterilerinden oluşturmaktadır (Coşkun, 2004). Bundan dolayı tarhana tüketimi sonucu bağırsak sisteminde bulunan patojen bakteriler üzerinde bakterisit etki göstermektedir. Ayrıca organizmada otointoksikasyonunun engellenmesinde büyük rol almaktadır (Erbaş, 2003).

Fonksiyonel bir ürün olan tarhananın besleyici özelliğini arttıran birçok bileşen bulunmaktadır (Tablo 1). Ayrıca tarhananın içeriğindeki tahıllarda fermantasyon işlemi sonrası kobalamin, riboflavin, pantotenik ve folik asit gibi B grubu vitaminlerinde artış olduğu bildirilmiştir (Gökmen & Çağlar, 2016). Yapılan çalışmalarda tahıllarda bulunan antinutrisyonel faktörlerinde de azalma olduğu saptanmıştır (Aytuna & Aran, 2002; Dayısoylu ve ark., 2003). Bunun yanı sıra glisemik indeksi düşük gıda grubunda olan tarhana (glisemik indeksi 20) şeker ve obez hastalarının tüketmeleri için önemli bir gıda olarak önerilmektedir (Aksoydan, 2005; Özçelik & Özdoğan, 2007).

Magala ve ark. (2015) yaptıkları araştırmalarında, %5 ve %10 (w/w) oranlarında portakal ve mandalina diyet lifi katılmasıyla hazırlanan tarhana örneklerinin fermantasyon süresi boyunca etkileri incelenmiştir. Kullanılan diyet lifi preparatlarının buğday ununa kıyasla daha yüksek kül, yağ ve toplam diyet lifi konsantrasyonuna ulaştığı bildirilmiştir. Buğday ununda ise narenciye diyet lifi preparatlarından daha yüksek nem içeriği ve protein konsantrasyonu olduğu ortaya konulmuştur. Portakal ve mandalina diyet lifi preparatları, buğday ununa kıyasla daha yüksek su ve yağ emme kapasitesi, şişme kapasitesi ve en az jelleşme konsantrasyonuna sahip olduğu tespit edilmiştir. Meyveli diyet lifi preparatlarının tarhana tarifine uygulanması, fermantasyon sürecinde pH'nın 4.70-5.02 değerlerinden 4.31-4.51 değerlerine hızlı bir şekilde düşüş olduğu görülmüştür. Fermantasyon, mevcut mikroorganizmaların metabolik aktivitesinin bir sonucu olarak laktik asit (1.67-2.09 g/kg) ve asetik asit (1.91-2.53 g/kg) üretimi meydana getirmiştir. Ayrıca örneklerin duyuşsal olarak değerlendirilmesi sonucu, narenciye diyet lifi preparatlarının %10 oranlarında; tadı, kokuyu, kıvamı ve ekşiliği olumsuz etkilediği saptanmıştır. Bunun yanı sıra en kabul edilebilecek örneğin, %5 mandalina diyet lifli tarhana olduğu ortaya konulmuştur. Yapılan başka bir çalışmada, karabuğday unu ve kinoa ilavesinin örneklerde protein, fitik asit, toplam fenolik madde ve antioksidan aktivite, magnezyum, demir, çinko, fosfor ve potasyum değerlerinde artış meydana getirdiği bildirilmiştir (Çevik, 2016).

Tablo 1. Geleneksel Olarak Üretilen Tarhananın Bileşimindeki Aminoasit ve Mineral Madde Miktarları (Coşkun, 2003)

Aminoasit	Ortalama İçerik (mg/100g)	Vitamin ve Mineral	Ortalama İçerik (mg/100g)
Aspartik Asit	1440	Bakır	450
Glutamik Asit	5305	Çinko	1.8
Histidin	610	Demir	3.6
İzolösin	654	Kalsiyum	109
Lizin	581	Magnezyum	78
Lösin	1152	Manganez	612
Prolin	6094	Potasyum	114
Serin	1130	Sodyum	634
Treonin	856	Riboflavin	0.08
Valin	851	Tiyamin	0.01

Akan (2018) yapmış olduğu çalışmasında, %1, %2 ve %4 oranlarında üzüm çekirdeği ekstraktları tarhanaya ilave edilmiştir. Örneklerin kül, mineral madde, antioksidan kapasite ve toplam fenolik madde değerlerinde kontrol örneğine göre önemli bir artış olduğu saptanmıştır. Ancak örneklerin serbest amino asit ve toplam biyojen amin miktarında azalmalar olduğu görülmüştür. Çalışma değerlendirildiğinde en uygun ekstraktın %2'lik olduğu belirlenmiştir. Ayrıca farklı bir çalışmada; tarhanaya böğürtlen, karadut ve yaban mersini (%15, %25) ilave edilmesiyle yaş ve kuru formlardaki tarhana örnekleri elde edilmiştir. En yüksek fenolik madde ve antioksidan kapasite değerlerinin sırasıyla 5346.67 GAE/g ve %22371.43 %25 böğürtlen katkılı yaş tarhana örneklerinde olduğu tespit edilmiştir (Şemşimoğlu, 2019).

Felek (2019) bal kabağı ve nar kabuğu unları kullanılarak üretilen tarhananın fiziksel, kimyasal ve duyuşal parametreleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Bal kabağı unu dondurularak kurutma yönetimi ile elde edilmiş ve %5, %10, %20,5 ve %41 oranlarında tarhana üretiminde un yerine kullanılmıştır. Nar kabukları ise öğütülüp herhangi bir işlem görmeden tarhana üretimine farklı oranlarda (%5 ve %10) un ikamesi olarak ilave edilmiştir. Bal kabağı ununda sükröz (349302.608±785.67 ppm), malik asit (17976.556±39.25 ppm) ve galkik asit (101.491±0.491 ppm) tespit edilen ana bileşenler olurken, nar kabuğu ununda fruktoz (67751.693±1069.03 ppm), sitrik asit (7054.569±153.15 ppm) ve klorojenik asit (2618.610±17.43 ppm) baskın ana bileşenler olarak tespit edilmiştir. Bal kabağı ununun oleik ve linoleik asit açısından oldukça zengin oldukları saptanmıştır. Her iki un örneğinin potasyum, magnezyum, fosfor ve kalsiyum yönünden iyi bir kaynak olabilecekleri belirlenmiştir. Bal kabağı ve nar kabuğu unları tarhanaların protein, pH, rutubet, kül, renk, toplam karotenoid ve toplam diyet lif özelliklerini önemli ölçüde etkilemiştir. Toplam karotenoid içeriğinin %41 bal kabaklı tarhana örneğinde yaklaşık 10 kat arttığı; %10 nar kabaklı tarhana örneğinde ise yaklaşık 7 kat arttığı tespit edilmiştir. Bundan dolayı her iki un ingrediyeinin karotenoid açısından fakir gıda yapılarının zenginleştirilmesi amacıyla kullanılabilceği önerilmektedir. Nar kabuğu unu ile elde edilen tarhananın hem diyet lifi hem de antioksidan açısından zenginleştirdiği de belirlenmiştir. Duyuşal olarak ise nar kabuğu

ve bal kabağı unu ilave tarhana örneklerinin kontrol tarhanasına göre daha çok beğenildikleri bildirilmiştir.

Şensoy (2019) yaptığı araştırmada, yağı azaltılmış öğütülmüş badem unu (soğuk pres yöntemi) kullanılarak üretilen tarhana örneklerinin beslenme ve duyuşal özellikler yönünden daha zengin bir tarhana çeşidinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. Farklı oranlarda (%0 kontrol, %5, %10, %15, %20, %25 ve %30) tarhana hamuruna ilave edilerek örnekler elde edilmiştir. Tarhana numunelerine ait pH, titrasyon asitliği, yağ, kül ve protein sonuçları sırası ile 4.76-5.12, %0.58-0.79, %2.19-11.52, %1.21-1.65, %12.28-16.11 aralığında değıştiği belirlenmiştir. Tarhana örneklerinde yağı azaltılmış badem posasının oranı arttıkça beyazlık (L*) değerlerinin azaldığı; kırmızılık (a*) ve sarılık (b*) değerlerinin ise arttığı tespit edilmiştir. Ayrıca badem posasının toplam fenolik madde miktarı ve antioksidan aktivite değerlerinin arttığı ve sırasıyla 1.64-2.36 mg GAE/g ve 0.15-0.43 mg Trolox/g aralığında olduğu saptanmıştır. Duyuşal olarak değerlendirildiğinde, tüm örnekler arasında tarhana üretiminde kullanılabilcek en uygun çeşidin %30'luk yağı azaltılmış badem posası içeren tarhana çeşidi olduğu ortaya konulmuştur.

Aytunç ve Özsisli (2020) çalışmalarında, belirli bölgelerde tüketilen Maraş tarhanası üretiminde buğday dövmesi yerine, tavllanmış mısır ilave edilerek (%10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarda) ortaya çıkan tarhana ile Maraş tarhanası arasında önemli farklılıklar olduğu saptanmıştır. Tavllanmış mısır ilavesinin tarhananın hem kimyasal hem de duyuşal özelliklerini olumlu yönde etkilediği ortaya konulmuştur. Farklı bir çalışmada ise, tarhanaya %10 menengiç ilavesinin diğer tüm örneklere göre en yüksek fenolik (5.92 mg GAE/g) ve antioksidan değerlerini (5.39 DPPH mg TE/g) içerdiği bildirmiştir (Kıyak, 2020).

Cındık (2020) çalışmasında, kızılıık tarhanası üretiminde buğday ununun yerine çeşitli tahıl unları (irmik altı unu, karabuğday unu, tam kavuzsuz arpa unu) kullanılarak fermantasyonlu ve fermantasyonsuz koşullarda ayrı ayrı olarak örnekler üretilmiştir. Tam kavuzsuz arpa unu ve irmik altı unu kullanılarak her iki işlem ile üretilen kızılıık tarhanalarının çözünür ve çözünmeyen besinsel lif, fruktan ve makro mineral madde içerikleri önemli düzeyde artış gösterdiği bildirilmiştir.

İrmik altı unu ve karabuğday unu kullanılarak fermantasyonlu üretilen kızılçık tarhanalarının Na, Mg, K, S ve Ca makro mineral madde içerikleri fermantasyonsuz üretilenlere göre daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Bununla birlikte, Çinko (Zn) içeriği, karabuğday unlu fermente kızılçık tarhanası hariç diğer fermente kızılçık tarhanalarında daha düşük olduğu saptanmıştır.

Tomar ve ark. (2020) araştırmalarında, karabuğdayunun farklı oranlarda tarhana yapımına eklenmesi ile yeni fonksiyonel gıda üretilmiştir. Örneklerde karabuğday ilavesinin vizkozite değerlerini azaltmasına rağmen kül ve protein değerlerinde oldukça yüksek bir artış olduğu görülmüştür. En yüksek; protein (%15.83), kül (%3.56), DPPH serbest radikal giderme aktivitesi (161.82 mg Teq/g) ve toplam fenolik madde miktarı (14.00 mg GAE/g) olarak %100 karabuğday unu ile yapılan tarhana örneklerinde olduğu bildirilmiştir. Tarhana üretiminde buğday yerine karabuğday unu katılarak hem besleyicilik yönü artırılmış hem de çölyak hastalarının tüketmeleri için fonksiyonel bir ürün elde edilmiştir. Bu yüzden çölyak hastaları için yeni diyet ürünlerinin geliştirilmesinde diğer glutensiz tahıl unları veya nişastalarla birlikte kullanılabilir (Atalay, 2009).

3. Orman Meyvelerinin İçerdiği Bileşiklerin Önemi

Orman meyveleri; ormanlık bölgelerde kendiliğinden taze ve doğal olarak yetişen yabani meyveler olarak bilinmektedir. Bu meyveler hiçbir şekilde gübre veya kimyasal maddeye maruz kalmadan kendiliğinden yetişmektedir. Orman meyveleri grubunda yer alan ahududu, böğürtlen, karadut, kuşburnu ve yaban mersini, kendilerine özgü renk, tat, aroma, yapı ve kokusu ile taze tüketiminin yanı sıra gıda endüstrisinde çok çeşitli kullanım alanları bulunmaktadır. Orman meyveleri içerdikleri bazı fenoller, flavonlar, flavonoidler, pigmentler, lifler ve vitaminler açısından diğer meyve türlerinden konsantrasyon bakımından oldukça yüksek olduğu bilinmektedir (Pehlivan & Güler, 2004; Anonim, 2018). Seçilen orman meyvelerinin toplam fenolik madde ve toplam antioksidan aktivite değerleri Tablo 2’de verilmiştir.

Ahududu meyveleri yüksek miktarda fenolik bileşikler içermekle beraber antosiyaninde bulundurmaktadır (Krauze-Baranowska ve ark., 2014). Bu bileşenlerden kaynaklı olarak ahududu meyvesinin yüksek oranda antioksidan kapasiteye sahip olduğu belirlenmiştir (Cekic & Özgen, 2010). Ayrıca ahududu bitkisi antosiyaninlerden, siyanidin-3-(2G-glukozilrutinozit),

siyanidin-3-soforozit, siyanidin-3-glukozit, siyanidin-3-rutinozit, pelargonidin-3-glukozit, pelargonidin-3-soforozit, pelargonidin-3-(2G-glukozilrutinozit) ve elajitanenlerini içerdiği tespit edilmiştir (Mullen ve ark., 2002). *Rubus idaeus* meyvesinin sirinjik asit, ellajik asit, kafeik asit, ferulik asit, pirogallol, kersetin, kateşin, klorojenik asit, α -tokoferol, p-hidroksibenzoik asit, p-kumarik asit, gallik asit, askorbik asit ve vanilin olarak antioksidan kapasitede çok etkili olduğu bildirilmiştir (Gülcin ve ark., 2011). Ayrıca bu bileşenlerden en çok sanguin H-6 ve lambertianin C’nin damarlarda vazodilatör etkiye sahip oldukları saptanmıştır (Mullen ve ark., 2002).

Böğürtlen; fenoller, antosiyaninler, flavonlar, flavonoidler, ellagitannin, pigmentler, vitamin ve liflerden dolayı diğer meyve türlerinden konsantrasyonları açısından oldukça yüksek olduğu saptanmıştır (Sariburun, 2009). İçerdiği temel antosiyaninlerden başta siyanidin-3-glukozit olmak üzere siyanidin-3-rutinosit, siyanidin-3-ksilozil ve malik asit esterler bulunmaktadır (Siriwoharn & Wrolstad, 2004; Fan-Chiang & Wrolstad, 2005). Sinamik asitler olan; para-kumarik, kafeik, ferulik, klorojenik ve kuinik asitler ve hidroksisinnamik asitlerin glukoz esterleri ise böğürtlenle oldukça fazla içerdiği bilinmektedir (Schuster & Herrmann, 1985). Ayrıca böğürtlen meyvelerinde temel ellagitannin ise Sanguin H-6 olduğunu göstermektedir (Clifford & Scalbert, 2000). Orman meyvesi olan böğürtlen içerdiği başlıca fenolik bileşenler olan flavonoller, kuersetin, kamferol glikozitleri, epikateşin ve kateşin açısından zengin olduğu için antioksidan konsantrasyonu da oldukça yüksektir (Arts ve ark., 2000).

Karadut fenolik içeriğinde; kateşin, klorojenik asit, p-kumarik asit, rutin ve kuersetin gibi bileşenleri yapısında içermektedir. Karadutun ekolojik koşulları, genetik faktörleri, ekim alanı ve şartları fenolik bileşimin içeriğinin değişmesinde etkili olmaktadır. Karadut içeriğindeki fenolik bileşenlerin büyük çoğunluğu, lezzetin oluşmasında önemli bir faktördür (Yalgı-Uygur, 2015). Karadut meyvesinde; antioksidan etkiyi yapısında bulundurduğu fenolik bileşiklerin serbest radikalleri yok etmesinden dolayı peroksidasyon oluşturmaktadır. Ayrıca antioksidan aktivitelerin farklılık göstermesi nedeni fenolik bileşiklerin yapısından kaynaklanmaktadır. Polifenoller olan polimeriklerin, basit monomeriklere göre daha iyi bir antioksidan aktivite gösterdiği belirlenmiştir (Bacanlı ve ark., 2015). Karadut; fenolik madde, antosiyanin, antioksidan ve potasyum açısından önemli bir orman meyvesi olarak bilinmektedir. Ayrıca antibakteriyel ve antifungal özellikleri bulunmaktadır (Erbay, 2011).

Tablo 2. Bazı Orman Meyvelerinin Toplam Fenolik Madde ve Antioksidan Aktivite Değerleri

Orman Meyveleri	Toplam Fenolik Madde (mg GAE/100g)	Toplam Antioksidan Aktivite (μ mol TE/g)	Kaynak
Ahududu (<i>Rubus idaeus</i>)	383.0	39.5	(Mihailović ve ark., 2019)
Böğürtlen (<i>Rubus fruticosus</i>)	1541	102	(Siriwoharn ve ark., 2004)
Karadut (<i>Morus nigra</i>)	1766.00-3488.00	7.3-16.9	(Özgen ve ark., 2009)
Yaban mersini (<i>Vaccinium myrtillus</i>)	819.12	56.65	(Bunea ve ark., 2011)
Kuşburnu (<i>Rosa canina</i>)	104.92-141.57	84.32-138.81	(Dolek ve ark., 2018)

Orman meyvelerinden olan kuşburnu, C vitaminini diğer bitkilere göre en fazla içeren meyvedir. Ayrıca içeriğinde A, B₁, B₂, C, E, P ve K vitaminleri bulunmaktadır. Mineral madde açısından da iyi bir fosfor ve potasyum kaynağıdır (Öz ve ark., 2018). Kuşburnu fenolik bileşiklerce de oldukça zengindir. Hidroksisünamik asit, kateşin, quercetin, kamferol kuşburnunda bulunan önemli fenolik bileşiklerdir (Yi ve ark., 2007). Ayrıca kuşburnunun bileşiminde çeşitli organik asitlerde (malik, sitrik ve asetik asit) bulunmaktadır (Çağlar & Demirci, 2019).

Yaban mersini; özellikle fenolik asitler (ellajik asit, benzoik asit ve hidrosünamik asit), fenolik bileşenler ve flavonoidler (flavonol, flavan-3-ol, proantosyanin ve antosiyanin) açısından zengin bir orman meyvesidir (Vvedenskaya ve ark., 2004). Yüksek antioksidan ve antosiyanin konsantrasyonu ve diğer fenolik bileşenleri de içermektedir. Bu aktiviteleri yaban mersinin içeriğindeki, fenolik bileşikler olan kateşin, klorojenik asit, kuersetin, kamferol, mirisetin, prosiyanidin, epikateşin ve resveratrol tarafından sağlamaktadır. Ayrıca zengin bir C vitamini kaynağı olarak da bilinmektedir (Giovanelli & Buratti, 2009).

4. Orman Meyveli Tarhananın Fonksiyonel Özellikleri

Tarhana içeriğinin zengin olmasından dolayı protein ve vitamin bakımında oldukça iyi bir gıdadır. Bundan dolayı yaşlıların ve çocukların beslenmesinde tercih edilmektedir (Ibanoglu ve ark., 1999). Sütten kesilen bebeklerin sağlıklı bir şekilde beslenmesinde tarhana büyük bir rol oynamaktadır (Daglioglu ve ark., 2002). Tarhana aynı zamanda iştah açıcı ve bağırsak florasının düzenleyici bir özelliği de bulunmaktadır (Göçmen ve ark., 2003). Ayrıca besin değeri yüksek ve sindirilebilirliği iyi olan bir gıda maddesidir (Certel & Ertugay, 1997).

Ahududu (*Rubus idaeus*) meyvelerinin tıbbi amaçlarla kullanıldığı belirtilmektedir. Ayrıca *Rubus idaeus* meyvesi biyoaktif fenolik antioksidanların önemli kaynağı olarak bilinmektedir. *Rubus idaeus* meyvelerinin yüksek orandaki antosiyanin içeriğinden kaynaklı güçlü antiinflamatuvar ve antioksidan etkilere neden olduğu ve akciğer, kolon, mide ve meme tümör hücrelerini %20-54 aralığında azalttığı da saptanmıştır (Bowen-Forbes ve ark., 2010).

Hummer (2010) yaptığı çalışmada, ahududu meyvelerinin içerdiği bileşikler, oksijen radikallerini süpürmek için güçlü bir antioksidan kapasiteye sahip olduğu ve in-vitro çalışmalarda oksidasyonun, patojenik bakterilerin ve bazı kanser hücre hatlarının büyümesini inhibe edici özelliklere sahip olduğu bildirmiştir.

Nowak ve ark. (2017) araştırmalarında, ahududu meyvesi içeriğinde bulunan ellagitanninler insan kolon adenokarsinom hücre hattı Caco-2'ye karşı olan biyoaktif aktiviteleri incelenmiştir. *Rubus idaeus* bileşimindeki ellagitanninlerin kolon kanser hücrelerinin gelişmesini engellediği ve kemopreventif aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. Gıda maddelerinin sağlık yararlarını artırmak için doğal bir gıda katkı maddesi olarak kullanılabilirliği önerilmektedir.

Böğürtlen (*Rubus fruticosus*) meyvesi; insan sağlığı ve zindeliği için gerekli olan diyet lifi, antioksidanlar, mineraller ve vitaminlerce oldukça zengin olduğu belirlenmiştir. Bu bileşikler insanları; özellikle kolon kanseri, nörolojik, yaşlanma ve iltihaplanma gibi hastalıklardan korumaktadır. İçeriğindeki folik

ve askorbik asitin bulunması nedeniyle diabetes mellitus (şeker hastalığı) gibi yaşamımızı etkileyen hastalıkların engellenmesinde büyük önem arz etmektedir (Zia-Ul-Haq ve ark., 2014).

Stoner ve ark. (2006) araştırmalarında, böğürtlenin anti-kanser aktivitesini kontrol etmek için, AIN-76 olan sıçanların diyetine %5-10 aralığında farklı konsantrasyonlarda böğürtlen tozu karıştırılmıştır. Sıçanlara özofagus kanserojen N-nitrosometilbenzilamin (NMBA) ile verilmiştir. NMBA tedavi öncesinde ve 25. hafta sonrası yapılan kontrolleri karşılaştırıldığında, tüm böğürtlen türleri NMBA ile tedavi edilen hayvanlarda özofagus tümörlerinin (papillomlar) %24-56 oranında inhibisyonuna neden olduğu bildirilmiştir. İnhibisyonun, özofagus DNA'sında NMBA ile indüklenen O-6-metilguanin oluşumundaki azalma ile bağlantılı olduğu tespit edilmiştir. Bu, azalmanın DNA hasarına yol açan NMBA metabolizmasının meyvelerden etkilendiğini ve bu nedenle sıçanlarda özofagus kanserinin önlenmesinde etkili olduğu ortaya konulmuştur.

Sangiovanni ve ark. (2013) çalışmalarında, böğürtlen meyvesinin içeriğinde fazlaca bulunan ellagitannin ile zenginleştirilmiş ekstraktların (ZE'ler) mide iltihaplarına karşı etkileri araştırılmıştır. İn vitro ve in vivo modellerinde mide iltihaplarının kontrolü için *R. fruticosus* ZE'ler, TNF α ile indüklenen NF- κ B tarafından yönlendirilen transkripsiyonu (IC50: 0.67-1.73 mg/mL) ve IL-8 sekresyonunu (IC50: 0.7-4 mg/mL) inhibe ettiği tespit edilmiştir. Başlıca ZE'ler ise sanguin H-6 ve lambertianin C olarak belirlenmiş olup, ülser indeksi ile test edildiğinde %88 oranlarından %75'e düşürdüğü görülmüştür. Elde edilen sonuçlar ZE'lerin mide iltihaplarına karşı koruyucu etkisinin olduğu bildirilmiştir.

Orman meyvelerinden olan karadutun (*Morus nigra*) fenolik bileşenleri çeşitli hastalıkların (antioksidan, antiinflamatuvar, antiapoptik, antibakteriyel, antiallodinik, antianjiyogenez, antiöstrojen, mutajen, enzim düzenleme, diş eti, kanser ve kalp damar rahatsızlıkları) riskini azalttığı bildirilmektedir (Iglesia ve ark., 2010). Karadut modern tıpta tek olarak şurup sanayisinde kullanılmaktadır. Ağız ve boğaz hastalıklarına, özellikle de bebeklerde pamukçuk oluşmasına engelleyici bir etkisi olduğu bilinmektedir. Ayrıca karadut şurubu gargara olarak tercih edilmektedir. Karadut meyvesinin iştah açıcı etkinliği de bulunmaktadır (Meral & Doğan, 2012).

Helicobacter pylori, mide karsinogenez problemlerini harekete geçirmede en iyi bilinen faktörlerden birisi olarak bilinmektedir (Nishizawa & Suzuki, 2015). Huang ve ark. (2011) çalışmalarında, karadut meyvelerinden antosiyanin açısından zengin meyvelerin mide karsinomu oluşumunu durdurmak için kullanılabilirliği bildirilmiştir.

Mazimba ve ark. (2011) karadutun toprak üstü kısımlarından izole bileşenlerin (oxyresveratrol, moracinM, cyclomorusin, morusin, kuwanon C ve bir kuwanon C türevi) antibakteriyel etkileri araştırılmıştır. Farklı patojen bakterilere (*S. aureus*, *B. subtilis*, *Micrococcus flavus*, *S. faecalis*, *Salmonella abony* ve *P. aeruginosa*) antibakteriyel etki gösterdiği tespit edilmiştir. En fazla antibakteriyel etkiyi ise *B. subtilis*'e karşı (MİK değeri 3.91 g/mL) olduğu saptanmıştır. Ayrıca karadutun, dört farklı bakteri türü olan *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* ve *Streptococcus mutans*'a karşı da aktif ve güçlü bir aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Tahir ve ark., 2017).

Ahmed ve ark. (2016) karadutunun taze ve kurutulmuş meyvelerin antikanser etkisi araştırılmıştır. *Morus nigra*

meyvelerinin MCF-7 hücrelerinin aktivitesini yavaşlattığını ve enfekte hücrelerin hücre ölümüne neden olduğunu ve sitoplazmik zarlarda morfolojik değişikliklere neden olduğu bildirilmiştir. DNA'yı tek sarmala dönüştürerek hücredeki mitotik aktivitelerin seviyesini düşürerek iyi farmakolojik fonksiyon sağladığı tespit edilmiştir.

Yaban mersini (*Vaccinium myrtillus*) içerdiği fenolik bileşenler; mide ülseri ve idrar yolu enfeksiyonu gibi hastalıklara karşı engelleyici ve koruyucu etkisi olduğu bilinmektedir (Zhang ve ark., 2005). Koruyucu etki mekanizması, bakteri hücrelerinin vücutta doku ve yüzeye tutunmalarını fenolik bileşenlerin engellediği belirlenmiştir. Ayrıca içeriğindeki polifenollerinin kardiyovasküler hastalıklara yakalanma riskini düşürdüğü ve diyabet hastalarında kandaki şeker oranını dengelediği tespit edilmiştir (Ruel ve ark., 2008; Wilson ve ark., 2008). Yaban mersini fenolik bileşenlerinin antibakteriyel, antimutajenik, antikarsinojenik ve antioksidan aktivitelerinin olduğu belirlenmiştir (Caillet ve ark., 2012; Vu ve ark., 2012).

Göz yorgunluğu, ağrı, kuru göz hissi, aşırı gözyaşı, bulanık görme, glokom, katarakt ve özellikle günlük işlerde daha fazla göz yorgunluğu gerektiren kişilerde görme kalitesini bozabilecek en yaygın değişiklikler olarak bilinmektedir (Ozawa ve ark., 2015). Riva ve ark. (2017), standardize edilmiş bir *V. myrtillus* ekstresinin biyoyararlılığını ve kuru göz semptomlarını hafifletme kabiliyetini incelenmiş olup, kuru göz semptomlarından muzdarip deneklerde gözyaşı salgılanmasını iyileştirebileceği sonucuna ulaşılmıştır. Diğer çalışmalarda ise, *V. myrtillus* özlerinin yararlı oküler etkilerini, yani gece görüşünde iyileşme, katarakt ve glokomu önleme etkilerinin bulunduğu ortaya konulmuştur (Head, 2001; Canter & Ernst, 2004).

Sun ve ark. (2002) yaptıkları çalışmalarda yaban mersinin ekstraktları ile karaciğer kanserine neden olan hücrelerinin gelişmesini engellediği tespit edilmiştir. İçerdiği antosiyaninlerinin insanlarda LDL oksidasyonunu azaltmaktadır. Ayrıca hayvanlarda da toplam kolesterolü düşürdüğü bildirilmiştir (Leahy ve ark., 2002).

Qin ve ark. (2009) yaptıkları bir insan çalışmasında, yaban mersini (*Vaccinium myrtillus*) ve siyah frenk üzümünden (*Ribes nigrum*) elde edilen karışık antosiyaninler ile 12 hafta boyunca orta yaşlı dislipidemik 60 kişilik Çinli bir denek grubu için bir özü (320 mg/gün) olarak verilmiştir. Elde edilen sonuçlar, düşük yoğunluklu lipoprotein (LDL) kolesterolde yaklaşık %14 ortalama düşüş olduğu ve yüksek yoğunluklu lipoprotein (HDL) kolesterolde yaklaşık %14 ortalama artış olduğu tespit edilmiştir.

Toivanen ve ark. (2011), *V. myrtillus*'tan üretilen meyve sularının, 10 mg/mL konsantrasyonda %63 büyüme inhibisyonu ile *Neisseria meningitidis*'in neden olduğu pnömokok enfeksiyonlarına karşı potansiyel gösterdiği bildirilmiştir. Benzer şekilde Huttunen ve ark. (2011), çoğunlukla şekerlerden ve bazı miktarlarda küçük boyutlu fenoliklerden oluşan yaban mersini meyve suyu fraksiyonlarının *Streptococcus pneumoniae*'nin insan bronşiyal hücrelerine bağlanmasına karşı inhibe edici aktivitesini incelenmiştir. Antimikrobiyal testlerinde kullanılan en yüksek konsantrasyonun (~86 mg/g) olduğu sonucuna ulaşılmış olup, son derece etkili olduğu saptanmıştır. Ayrıca *S. pneumoniae*'nin gelişmesi, *V. myrtillus* özütü ile tamamen inhibe edilmiştir. Yapılan bazı çalışmalar sonucunda yaban mersini içerisindeki fenolik bileşikler ve organik asitler bileşimi nedeniyle patojenik bakterilere karşı koruyabileceğini öne sürülmektedir (Puupponen-Pimiä ve ark., 2008).

Xu ve ark. (2018) fenolik bileşikler bakımından zengin olan *V. myrtillus* gibi meyvelerin tüketiminin, genç erişkinlerde yemek sonrası glisemik ve insülin tepkilerini azaltabildiğini, yemekten 30 dakika sonra en fazla insülin düşürücü etkiye sahip yaban mersini meyvelerinin olduğunu saptanmıştır. Bu etki yemek sonrası erken dönem boyunca devam ettiği ve tüketilen fenolik bileşik miktarı ile ilişkili olduğu belirlenmiştir. Ayrıca farklı çalışmalarda, *V. myrtillus* meyvelerinden polifenol bakımından zengin ekstrelerin α -glukozidaz ve amiloglukozidaz aktiviteleri üzerinde inhibe edici etkiler bildirdiği ortaya konulmuştur. Özellikle fenolik asitle zenginleştirilmiş fraksiyonlar, tip 2 diyabeti kontrol etmenin en etkili yollarından biri olarak kabul edilen in vitro α -glukosidazı inhibe edebildiği bildirilmiştir (De Mello ve ark., 2017; Pires ve ark., 2020).

Sezer ve ark. (2019), *V. myrtillus* özlerinde bulunan en bol antosiyanin olmayan polifenoller olan quercetin ve kaempferolün güçlü sitotoksik, antioksidan ve apoptotik etkiler gösterdiğini bulmuşlardır. *V. myrtillus* antosiyaninleri ayrıca tümör baskılayıcı genleri yukarı düzenleme, kanser hücrelerinde apoptozu indüklenme, genomik DNA bütünlüğünü onarma, koruma, nöronal ve bilişsel beyin fonksiyonunu iyileştirme yeteneklerinin de olduğu bildirilmiştir.

Kuşburnunun (*Rosa canina*) beslenme ve tıbbi değeri konusundaki çalışmalar çok eski yıllara kadar dayanmaktadır. Hipokrat zamanından iltihaplara karşı, Orta çağ ve sonrası dönemlerde diş eti kanamalarına, böbrek meme safra taşlarına, tenyaya, yılcık hastalığına ve kan tükürmelere karşı tedavi etmek amacıyla kullanılmıştır. Ayrıca şeker hastalıklarına, yan ağrılarına ve ishale karşı kullanıldığı da bilinmektedir. Ülkemizde ise hemoroide, raşitizme ve romatizmaya karşı tedavi edici etkilerinden dolayı kullanılmaktadır (Özarda, 2009).

Kanın temizlenmesinde, bağırsakların yumuşaması ve kurt düşürücü özelliğiyle bilinen *Rosa canina*, C vitamini zenginliğinden dolayı vücudun gelişmesine de önemli katkıları bulunmaktadır. Ayrıca vücutta bağ dokusunun sağlam ve sıkı olmasını sağlayarak soğuk algınlığı, nezle, grip ve diğer ateşli hastalıklara karşı vücut direncini arttırmaktadır. Vitamin ve fenolik bileşenlerinden dolayı antioksidan etki göstererek kanser riskini önlemekte, damar cidarının sağlam olmasını sağlayarak kanamaların önlenmesinde etkili olmaktadır. (Özarda, 2009).

Niominya ve ark. (2008) *Rosa canina*'nın meyvelerinden (50 mg/kg/gün) ve tohumlarından (12.5 ve 25 mg/kg/gün) elde edilen %80 sulu aseton özütlerinin, plazma trigliserit (PT) ve serbest yağ asidi (SYA) seviyelerini önemli ölçüde düşürdüğü tespit edilmiştir. Farelerde 14 günlük tedavi sonrasında, bu ekstraktın ana biyoaktif bileşiği, uygulamasının karaciğer PT seviyelerini önemli ölçüde düşürdüğü saptanmıştır. Bunun yanı sıra SYA seviyelerinde de düşürme eğilimi saptanmıştır. Ancak önemli ölçüde azaltmayan trans-tilirosidinler olduğu görülmüştür. Ayrıca trans-tilirosidin, tek oral uygulamadan 24 saat sonra karaciğer dokusunda peroksizom proliferatör ile aktive olan reseptör α (PPAR- α) mRNA düzeylerinin ekspresyonunu arttırdığı bildirilmiştir. Bu sonuçlara göre, *Rosa canina*'nın anti-lipidemik etkisinin lipid metabolizmasını geliştirme kapasitesine dayandırılabilceği ortaya konulmuştur.

Kuşburnunun obezitenin önlenmesi için potansiyel faydalarına odaklanan Niominya ve ark. (2008), *Rosa canina*'da bulunan bir glikozidik flavonoid olan trans-tiliroside'nin (kaempferol 3-O- (600-p-kumaroil) - β -glukozit) anti-obezite özellikleri araştırılmıştır. Sıçan modellerine tek başına trans-tilirositin kuşburnu ekstrelerinin uygulanması, aşırı kilo ve

karaciğer yağ birikiminde bir azalmaya yol açtığı tespit edilmiştir. Ayrıca, peroksizom proliferatör ile aktive edilen reseptör α (PPAR α) aşırı eksprese edildiğinden, lipid metabolizmasının trans-tilirosid uygulamasından sonra arttığı saptanmıştır. PPAR α , aktivasyonu yağ asitleri oksidasyonunu desteklediğinden ve PPAR α agonistlerinin kullanımı obezite ile ilişkili yan etkileri iyileştirdiğinden lipid seviyelerini düşürdüğü bildirilmiştir (Grygiel-Górniak, 2014).

Jiménez ve ark. (2016) çalışmalarında kuşburnu ekstraktının, kolon kanseri hücre hattında (Caco-2) farklı *Rosa canina* ekstraktlarının anti-kanser özellikleri incelenmiştir. Hem düşük hem de yüksek konsantrasyonlarda, hücre proliferasyonuna inhibe edici etki gösterdiği tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Tarhana, hammadde katkıları sayesinde zengin bir gıda kaynağı ve çeşitli hastalıklara faydalı olduğu farklı çalışmalarla belirlenmiştir. Fonksiyonel bir ürün olan tarhanaya orman meyvelerinin ilavesiyle ürünlerin mevcut faydalarının yanı sıra daha farklı beslenmeye ve insan sağlığına yönelik yararlarının arttırılabileceği öngörülmektedir.

Orman meyveleri olarak bilinen ahududu (*Rubus idaeus*), böğürtlen (*Rubus fruticosus*), karadut (*Morus nigra*), kuşburnu (*Rosa canina*) ve yaban mersini (*Vaccinium myrtillus*) sağlık açısından önemli bir faktör olan fenol, flavon ve flavonoidleri yüksek oranda içermektedir. Fonksiyonel bir gıda olarak orman meyveli tarhananın antioksidan kapasitesi ve fenolik bileşenlerinin oldukça yüksek olacağı aşıkardır. Bu fonksiyonel gıdanın antidiyabetik, antioksidan, antikanserojen, antiobezite ve antibakteriyel rolleri nedeniyle insan sağlığında diğer gıdalar ile karşılaştırılmayacak kadar faydalı bir gıda olacakları görülmektedir.

İnsanların diyet sağlığına ve sağlıklı gıdaların tüketilmesine olan bilinci gün geçtikçe artmaktadır. Tarhana ve orman meyvelerinin insan sağlığı ve beslenmesi açısından oldukça değerli ürünler olduğu bilinmektedir. Özellikle orman meyveleriyle ilgili ülkemizde yapılan sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Gelecek yıllarda yapılacak çalışmalarla orman meyvelerinin diğer çeşitlerinin biyoaktif bileşiklerinin detaylandırılmasıyla ülke ekonomisine ve literatüre önemli katkılar sağlanmış olacaktır.

Kaynakça

Ahmed, A., Ali, M., El-Kholie, E., El-Garawani, I., & Sherif, N. (2016). Anticancer activity of *Morus nigra* on human breast cancer cell line (MCF-7): The role of fresh and dry fruit extracts, *Journal of Bioscience and Applied Research*, 2, 352–361.

Akan, S. (2018). Farklı Oranlarda Üzüm Çekirdeği Ekstraktı ile Zenginleştirilmiş Tarhana Örneklerinin Fermantasyon ve Depolama Periyodu Boyunca Bazı Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

Aksoydan, E. (2005). *Yaşlılık ve Beslenme*. Ankara: Burgaz Matbaası.

Anonim (2018). Orman Meyveleri. <https://www.orman.gen.tr/orman-meyveleri.html>. Erişim: 04.09.2019.

Arts, I. C., Van De Putte, B., & Hollman, P. C. (2000). Catechin contents of foods commonly consumed in The Netherlands. 1. Fruits, Vegetables, Staple Foods, and Processed Foods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(5), 1746-1751.

Atalay, M. H. (2009). Karabuğday (*Fagopyrum esculentum*) Öğütme Ürünlerinin Ekmek Üretiminde Kullanılma İmkanları. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.

Aytuna, H., & Aran, N. (2002). Tahıl ürünlerinde fermantasyon uygulamaları ve besin değerleri üzerine etkileri. *Hububat Ürünleri Teknolojisi Kongre ve Sergisi* (ss. 365-373). Gaziantep, 3-4 Ekim 2002.

Aytunç, R., & Özsisli, B. (2020). Determination of some properties of the traditional maras tarhana produced by tempered corn addition. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 8(5), 1067-1073.

Bacanlı, M., Taner, G., Başaran, A. A., & Başaran, N. (2015). Bitkisel kaynaklı fenolik yapıdaki bileşikler ve sağlığa yararlı etkileri. *Türkiye Klinikleri*, 4(1), 9-16.

Baysal, A. (2007). *Beslenme*. Hatiboğlu Yayınları: 93. Ders Kitabı Dizisi: 26. 11. Baskı. Ankara: Alp Ofset Matbaacılık Ltd. Şti.

Bowen-Forbes, C. S., Zhang, Y., & Nair, M. G., (2010). Anthocyanin content, antioxidant, anti-inflammatory and anticancer properties of blackberry and raspberry fruits. *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 554-560.

Bunea, A., Rugina, O. D., Pinte, A. M., Sconța, Z., Bunea, C. I., & Socaciu, C. (2011). Comparative polyphenolic content and antioxidant activities of some wild and cultivated blueberries from Romania. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 39(2), 70-76.

Caillet, S., Cote, J., Sylvain, J. F., & Lacroix, M. (2012). Antimicrobial effects of fractions from cranberry products on the growth of seven pathogenic bacteria. *Food Control*, 23(2), 419-428.

Canter, P. H., & Ernst, E. (2004). Anthocyanosides of *Vaccinium myrtillus* (bilberry) for night vision-a systematic review of placebo-controlled trials. *Survey of Ophthalmology*, 49(1), 38-50.

Cekic, C., & Özgen, M. (2010). Comparison of antioxidant capacity and phytochemical properties of wild and cultivated red raspberries (*Rubus idaeus* L.). *Journal of Food Composition and Analysis*, 23, 540-544.

Certel, M., & Ertugay, M. F. (1997). Moisture adsorption isotherms of Tarhana. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 21(5), 475-479.

Cındık, B. (2020). Kızılılık Tarhanalarının Çirişlenme ve Bazı Besinsel Özellikleri Üzerine Fermantasyonun Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bolu.

Clifford, M. N., & Scalbert, A. (2000). Ellagitannins-occurrence in food, bioavailability and cancer prevention. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 80(7), 1118-1125.

Coşkun, T. (2004). Pre-pro- ve sinbiyotikler. *Katkı Pediatri Dergisi*, 26, 151-197.

- Coşkun, F. (2014). Tarhana ve beslenme yönünden önemi. *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi Dergisi*, 3, 46-49.
- Cote, J., Caillet, S., Doyon, G., Sylvain, J. F., & Lacroix, M. (2010). Analyzing cranberry bioactive compounds. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 50, 872-888.
- Çağlar, M., & Demirci, M. (2017). Üzümsü meyvelerde bulunan fenolik bileşikler ve beslenmedeki önemi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(11), 18-26.
- Çakıroğlu, F. P. (2007). Geleneksel tarhananın modern yolculuğu. 38. ICANAS Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi (ss. 349-360). Ankara, 10-15 Eylül 2007.
- Çevik, A. (2016). Tarhananın Besinsel Zenginleştirilmesinde Kinoa, Karabuğday ve Lüpen Unlarının Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Daglioglu, O. (2000). Tarhana as a traditional Turkish fermented cereal food, its recipe, production and composition. *Nahrung*, 44(2), 85-88.
- Daglioglu, O., Arici, M., Konyalı, M., & Gumus, T. (2002). Effects of tarhana fermentation and drying methods on the fate of *Escherichia coli* O157:H7 and *Staphylococcus aureus*. *European Food Research and Technology*, 215(6), 515-519.
- Dayısoylu, K. S., Gezginç, Y., & İnanç, A. L. (2003). Kahramanmaraş tarhanasına besin fonksiyonelliği açısından bir bakış. 3. *Gıda Mühendisliği Kongresi* (ss. 511-523), Ankara, 2-4 Ekim 2003.
- De Mello, V. D., Lankinen, M. A., Lindström, J., Puupponen-Pimiä, R., Laaksonen, D. E., Pihlajamäki, J., ... & Hanhineva, K. (2017). Fasting serum hippuric acid is elevated after bilberry (*Vaccinium myrtillus*) consumption and associates with improvement of fasting glucose levels and insulin secretion in persons at high risk of developing type 2 diabetes. *Molecular Nutrition & Food Research*, 61(9), 1700019.
- Djordjevic, B., Savikin, K., Zdunic, G., Jankovic, T., Vulic, T., Oparnica, C., & Radivojevic, D. (2010). Biochemical properties of red currant varieties in relation to storage. *Plant Foods for Human Nutrition*, 65, 326-332.
- Dolek, U., Gunes, M., Genc, N., & Elmastas, M. (2018). Total phenolic compound and antioxidant activity changes in rosehip (*Rosa* sp.) during ripening. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 20(4), 817-828.
- Erbas, M. (2003). Yaş Tarhananın Üretim ve Farklı Saklama Koşullarında Bileşimindeki Değişmeler. Doktora Tezi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Erbay, B. (2011). Karadut Antosiyaninlerinin Isıl ve Depolama Stabilitesi. Doktora Tezi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta.
- Erol, N. I. (2010). Keçiboynuzlu Tarhana Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Esimek, H. (2010). Tarhananın Besinsel Lif İçeriği ve Antioksidatif Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya.
- Fan-Chiang, H. J., & Wrolstad, R. E. (2005). Anthocyanin pigment composition of blackberries. *Journal of Food Science*, 70(3), 198-202.
- Felek, İ. (2019). Bal Kabağı ve Zivzik Nar Kabağı Unu ile Zenginleştirilmiş Hazır Tarhana Çorbası Üretimi. Yüksek Lisans Tezi. Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siirt.
- Garzon, G. A., Riedi, K. M., & Schwartz, S. J. (2009). Determination of anthocyanins, total phenolic content, and antioxidant activity in Andes Berry (*Rubus glaucus* Benth). *Journal of Food Science*, 74(3), 227-232.
- Giovanelli, G., & Buratti, S. (2009). Comparison of polyphenolic composition and antioxidant activity of wild Italian blueberries and some cultivated varieties. *Food Chemistry*, 112, 903-908.
- Göçmen, D., Gürbüz, O., & Şahin, İ. (2003). Hazır tarhana çorbaları üzerinde bir araştırma. *Gıda*, 28, 13-18.
- Gökmen, S., & Çağlar, A. (2016). *Çiğ Pişmiş ve Kurutulmuş Ayva Katkısının Tarhana Üzerine Etkisi*. meol (Ed.). Saarbrücken, Deutschland: LAP LAMBERT Academic Publishing.
- Grygiel-Górniak, B. (2014). Peroxisome proliferator-activated receptors and their ligands: nutritional and clinical implications-a review. *Nutrition Journal*, 13(1), 17.
- Gülcin, I., Topal, F., Cakmakçı, R., Bilsel, M., Gören, A. C., & Erdogan, U. (2011). Pomological features, nutritional quality, polyphenol content analysis, and antioxidant properties of domesticated and 3 wild ecotype forms of raspberries (*Rubus idaeus* L.). *Journal of Food Science*, 76(4), 585-593.
- Head, K. (2001). Natural therapies for ocular disorders part two: cataracts and glaucoma. *Alternative Medicine Review*, 6(2), 141-141.
- Huang, H. P., Chang, Y. C., Wu, C. H., Hung, C. N., & Wang, C. J. (2011). Anthocyanin-rich Mulberry extract inhibit the gastric cancer cell growth in vitro and xenograft mice by inducing signals of p38/p53 and c-jun. *Food Chemistry*, 129(4), 1703-1709.
- Hummer, K. E., (2010). *Rubus* pharmacology: antiquity to the present. *Hort Science*, 45(11), 1587-1591.
- Huttunen, S., Toivanen, M., Arkko, S., Ruponen, M., & Tikkanen-Kaukanen, C. (2011). Inhibition activity of wild berry juice fractions against *Streptococcus pneumoniae* binding to human bronchial cells. *Phytotherapy Research*, 25(1), 122-127.
- Ibanoglu, S., & Ibanoglu, E. (1999). Rheological properties of cooked tarhana, a cereal-based soup. *Food Research International*, 32, 29-33.
- Ibanoglu, S., Ibanoglu, E., & Ainsworth, P. (1999). Effect of different ingredients on the fermentation activity in Tarhana. *Food Chemistry*, 64, 103-106.
- Iglesia, R., Milagro, F. I., Campion, J., Boque, N., & Martinez, J. A. (2010). Healthy properties of proanthocyanidins. *BioFactors*, 36(3), 159-168.
- Jiménez, S., Gascón, S., Luquin, A., Laguna, M., Ancin-Azpilicueta, C., & Rodríguez-Yoldi, M. J. (2016). *Rosa canina* extracts have antiproliferative and antioxidant effects on caco-2 human colon cancer. *PloS one*, 11(7), e0159136.

- Kıyak, S. N. (2020). Çitlembik (*Celtis australis* L.) İlave Edilerek Üretilmiş Tarhananın Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özelliklerinin İncelenmesi ve Gediz Tarhanası ile Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kütahya.
- Koponen, J. M., Happonen, A. M., Mattila, P. H., & Törrönen, A. R. (2007). Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55, 1612–1619.
- Krauze-Baranowska, M., Głód, D., Kula, M., Majdan, M., Hałasa, R., Matkowski, A., & Kawiak, A. (2014). Chemical composition and biological activity of *Rubus idaeus* shoots—a traditional herbal remedy of Eastern Europe. *BMC Complementary and Alternative Medicine*, 14(1), 480.
- Leahy, M., Speroni, J., & Starr, M. (2002). Latest developments in cranberry health research. *Pharmaceutical Biology*, 40, 50-54.
- Magala, M., Kohajdova, Z., Karovicova, J., & Subova A. (2015). Utilization of citrus crops processing by-products in the prepatation of tarhana. *Potravinarstvo Scientific Journal for Food Industry*, 9(1), 95-100.
- Mazimba, O., Majinda, R. R. T., & Motlhanka, D. (2011). Antioxidant and antibacterial constituents from *Morus nigra*. *African Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 5(6), 751-754.
- Meral, R., & Doğan, İ. S. (2012). Karadut (*Morus nigra*) katkılı ekmeğin antioksidan aktivitesi ve fenolik kompozisyonu. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(4), 43-48.
- Mihailović, N. R., Mihailović, V. B., Ćirić, A. R., Srećković, N. Z., Cvijović, M. R., & Joksović, L. G. (2019). Analysis of wild raspberries (*Rubus idaeus* L.): Optimization of the ultrasonic-assisted extraction of phenolics and a new insight in phenolics bioaccessibility. *Plant Foods for Human Nutrition*, 74(3), 399-404.
- Mullen, W., McGinn, J., Lean, M. E. J., Maclean, M. R., Gardner, P., & Duthie, G. G. (2002). Ellagitannins, flavonoids, and other phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 5191-5196.
- Ninomiya, K., Matsuda, H., Kubo, M., Morikawa, T., Nishida, N., & Yoshikawa, M. (2007). Potent anti-obese principle from *Rosa canina*: structural requirements and mode of action of trans-tiliroside. *Bioorganic & Medicinal Chemistry Letters*, 17(11), 3059-3064.
- Nishizawa, T., & Suzuki, H. (2015). Gastric carcinogenesis and underlying molecular mechanisms: *Helicobacter pylori* and novel targeted therapy. *BioMed Research International*, Article ID 794378.
- Nowak, A., Sójka, M., Klewicka, E., Lipińska, L., Klewicki, R., & Kołodziejczyk, K. (2017). Ellagitannins from *Rubus idaeus* L. exert geno- and cytotoxic effects against human colon adenocarcinoma cell line Caco-2. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 65(14), 2947-2955.
- Ozawa, Y., Kawashima, M., Inoue, S., Inagaki, E., Suzuki, A., Ooe, E., ... & Tsubota, K. (2015). Bilberry extract supplementation for preventing eye fatigue in video display terminal workers. *The Journal of Nutrition, Health & Aging*, 19(5), 548-554.
- Öz, M., Baltacı, C., & Deniz, İ. (2018). Gümüşhane yöresi kuşburnu (*Rosa canina* L.) ve siyah kuşburnu (*Rosa pimpinellifolia* L.) meyvelerinin C vitamini ve şeker analizleri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 8(2), 284-292.
- Özarda, Ö. (2009). Üzümsü Meyvelerde Elde Edilen Ekstraktların Antioksidan Aktivitelerinin Belirlenmesi ve Meyveli İçeceklerdeki Raf Ömrüne Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Gebze Teknik Üniversitesi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli.
- Özçelik, A. Ö., & Özdoğan, Y. (2007). Tarhananın Türk beslenme kültüründeki yeri ve önemi. 38. *Icanas Uluslararası Asya ve Kuzey Afrika Çalışmaları Kongresi* (ss. 1025-1040). Ankara, 10-15 Eylül 2007.
- Özgen, M., Serçe, S., & Kaya, C. (2009). Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich *Morus nigra* and *Morus rubra* fruits. *Scientia Horticulturae*, 119(3), 275-279.
- Pehlivan, M., & Güler, M. (2004). Ahududu ve böğürtlenlerin insan sağlığı açısından önemi. *Bahçe*, 33(1), 51-57.
- Pires, T. C., Caleja, C., Santos-Buelga, C., Barros, L., & Ferreira, I. C. (2020). *Vaccinium myrtillus* L. fruits as a novel source of phenolic compounds with health benefits and industrial applications—a review. *Current Pharmaceutical Design*, 26(16), 1917-1928.
- Puupponen-Pimiä, R., Nohynek, L., Ammann, S., Oksman-Caldentey, K. M., & Buchert, J. (2008). Enzyme-assisted processing increases antimicrobial and antioxidant activity of bilberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(3), 681-688.
- Qin, Y., Xia, M., Ma, J., Hao, Y., Liu, J., Mou, H., ... & Ling, W. (2009). Anthocyanin supplementation improves serum LDL- and HDL-cholesterol concentrations associated with the inhibition of cholesteryl ester transfer protein in dyslipidemic subjects. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 90(3), 485-492.
- Riva, A., Togni, S., Franceschi, F., Kawada, S., Inaba, Y., Eggenhoffner, R., & Giacomelli, L. (2017). The effect of a natural, standardized bilberry extract (Mirtoselect®) in dry eye: a randomized, double blinded, placebo-controlled trial. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*, 21(10), 2518-2525.
- Ruel, G., Pomerleau, S., Couture, P., Lemieux, S., Lamarche, B., & Couillard, C. (2008). Low-Calorie cranberry juice supplementation reduces plasma oxidized LDL and cell adhesion molecule concentrations in men. *British Journal of Nutrition*, 99(2), 352-359.
- Sangiovanni, E., Vrhovsek, U., Rossoni, G., Colombo, E., Brunelli, C., Brembati, L., ... & Dell'Agli, M. (2013). Ellagitannins from *Rubus berries* for the control of gastric inflammation: in vitro and in vivo studies. *PLoS one*, 8(8), e71762.
- Sarıburun, E. (2009). Bursa'da Yetiştirilen Bazı Ahududu (*Rubus idaeus* L.) ve Böğürtlen (*Rubus fruticosus* L.) Çeşitlerinin Fenolik Bileşiklerinin Sıvı Kromatografisi Kütle Spektrometresi (LC-MS) ile İncelenmesi ve Antioksidan

- Aktivite Tayinleri. Yüksek Lisans Tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Savikin, K., Zdunic, G., Jankovic, T., Tasic, S., Menkovic, N., Stevic, T., & Dordevic, B. (2009). Phenolic content and radical scavenging capacity of berries and related jams from certificated area in Serbia. *Plant Foods for Human Nutrition*, 64, 212–217.
- Savikin, K., Zdunic, G., Jankovic, T., Godevac, D., Stanojkovic, T., & Pljevljakusic, D. (2014). Berry fruit teas: Phenolic composition and cytotoxic activity. *Food Research International*, 62, 677–683.
- Schuster, B., & Herrmann, K. (1985). Hydroxybenzoic and hydroxycinnamic acid derivatives in soft fruits. *Phytochemistry*, 24(11), 2761-2764.
- Scibisz, I., & Mitek, M. (2009). Effect processing storage conditions on phenolic compounds and antioxidant capacity of highbush blueberry jams. *Polish Journal of Food and Nutrition Sciences*, 59(1), 45-52.
- Settanni, L., Tanguler, H., Moschetti, S. R., Gargano, V., & Erten, H. (2011). Evolution of fermenting microbiota in tarhana produced under controlled technological conditions. *Food Microbiology*, 28, 1367-1373.
- Sezer, E. D., Oktay, L. M., Karadaş, E., Memmedov, H., Selvi Gunel, N., & Sözmen, E. (2019). Assessing anticancer potential of blueberry flavonoids, quercetin, kaempferol, and gentisic acid, through oxidative stress and apoptosis parameters on HCT-116 cells. *Journal of Medicinal Food*, 22(11), 1118-1126.
- Siriwoharn, T., & Wrolstad, R. E. (2004). Polyphenolic composition of marion and evergreen blackberries. *Journal of Food Science*, 69(4), 233-240.
- Siriwoharn, T., Wrolstad, R. E., Finn, C. E., & Pereira, C. B. (2004). Influence of cultivar, maturity, and sampling on blackberry (*Rubus* L. Hybrids) anthocyanins, polyphenolics, and antioxidant properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(26), 8021-8030.
- Stoner, G. D., Chen, T., Kresty, L. A., Aziz, R. M., Reinemann, T. & Nines, R. (2006). Protection against esophageal cancer in rodents with iyophilized berries: potential mechanisms. *Nutrition and Cancer*, 54(1), 33-46.
- Sun, J., Chu, Y. F., Wu, X. Z., & Liu, R. H. (2002). Antioxidant and antiproliferative activities of common fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 7449-7454.
- Şemşimoğlu, E. (2019). Çeşitli Üzümsü Meyvelerin İlavesi ile Tarhana Üretimi Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Tahir, L., Aslam, A., & Ahmed, S. (2017). Antibacterial activities of *Diospyros blancoi*, *Phoenix dactylifera* and *Morus nigra* against dental caries causing pathogens: An in vitro study. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 30(1), 163-169.
- Toivanen, M., Huttunen, S., Lapinjoki, S., & Tikkanen-Kaukanen, C. (2011). Inhibition of adhesion of *Neisseria meningitidis* to human epithelial cells by berry juice polyphenolic fractions. *Phytotherapy Research*, 25(6), 828-832.
- Tomar, O., Çağlar, A., & Akarca, G. (2020). Quality characteristics of tarhana produced with different ratios of whole wheat and buckwheat flour. *Gıda*, 45(3), 421-432.
- Vu, K. D., Carlettini, H., Bouvet, J., Cote, J., Doyon, G., & Sylvain, J. F. (2012). Effect of different cranberry extracts and juices during cranberry juice processing on the antiproliferative activity against two colon cancer cell lines. *Food Chemistry*, 132(2), 959-967.
- Vvedenskaya, I. O., Rosen, R. T., Guido, J. E., Russell, D. J., Mills, K. A., & Vorsa, N. (2004). Characterization of flavonols in cranberry (*Vaccinium macropon*) powder. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52, 188-195.
- Wilson, J. A., Bose, P., Proch, J., Al Kharrat, H., & Samman, N. (2008). Cranberries and cranberry products: Powerful in vitro, ex vivo, and in vivo sources of antioxidants. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(14), 5884-5889.
- Xu, J., Jönsson, T., Plaza, M., Håkansson, Å., Antonsson, M., Ahrén, I. L., ... & Granfeldt, Y. (2018). Probiotic fruit beverages with different polyphenol profiles attenuated early insulin response. *Nutrition Journal*, 17(1), 34.
- Yalçı-Uygur, E. (2015). Karadut (*Morus nigra*) Meyvesinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.
- Yi, O., Jovel, E. M., Towers, G. H. N., Wahbe, T. R., & Cho, D. (2007). Antioxidant and antimicrobial activities of native *Rosa* sp. from British Columbia, Canada. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 58, 178–189.
- Zhang, L., Ma, J., Pan, K., Go, V. L., Chen, J., & You, W. C. (2005). Efficacy of cranberry juice on *Helicobacter Pylori* infection: A double-blind, randomized placebocontrolled trial. *Helicobacter*, 10(2), 139-145.
- Zia-Ul-Haq, M., Riaz, M., De Feo, V., Jaafar, H. Z. E., & Moga, M. (2014). *Rubus Fruticosus* L.: Constituents, biological activities and health related uses. *Molecules*, 19(8), 10998-11029.



Bilgisayarlı Tomografi Verilerinden Anatomik Ayak Kemik Yapısının Ultraviyole Ledli 3 Boyutlu Yazıcı İle Üretimi

Yılmaz Gür^{1*}

^{1*} Balıkesir Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makina Bölümü, Balıkesir, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1709-1298), ygur@balikesir.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.847767)

ATIF/REFERENCE: Gür, Y. (2021). Bilgisayarlı Tomografi Verilerinden Anatomik Ayak Kemik Yapısının Ultraviyole Ledli 3 Boyutlu Yazıcı İle Üretimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 128-133.

Öz

Burada sunulan çalışmanın amacı, bilgisayarlı tomografi tarama verilerinden faydalanılarak oluşturulan anatomik insan ayak kemiği modelinin, ışıkla kürleşebilen sıvı reçine kullanan ultraviyole (UV) led teknolojili likit kristal ekran (LCD) maskeleyen panelli 3 boyutlu (3B) stereolitografi (SLA) yazıcıyla dijital olarak üretilmesidir. Bu çalışmayla, hem karmaşık bir anatomik modelin UV led ışık teknolojisini kullanan LCD 3B yazıcıyla hassas bir şekilde ve kolaylıkla dijital olarak üretilebilir olup olmadığı hem de sözü edilen yazıcının yeteneği, esnekliği ve de potansiyeli gösterilmiştir. Bilgisayarlı tomografi cihazının ürettiği ve 2 boyutlu dijital görüntüleme ve iletişim (DICOM) verilerinden yola çıkarak öncelikle InVesalius tıbbi görselleştirme yazılımı aracılığıyla anatomik ayak kemiği modeli oluşturulmuştur. Bu model MeshLab yazılımında işleme tabi tutularak gerekli temizleme ve iyileştirme işlemi yapılmış ve ardından da ChiTuBox dilimleme yazılımı ile katmanlara ayırma, katmandaki kürleştirilecek kısımların belirlenmesi ve destek yapılarının oluşturulması işlemi gerçekleştirilmiştir. Tüm bu işlemlerden sonra anatomik ayak modeli UV led ışık kaynaklı, reçine bazlı düşük maliyetli SLA 3B yazıcıyla üretilmiştir. Üretilen bu model cerrahi müdahale öncesi ameliyat planlaması, sağlık personeli arasında daha iyi iletişim, tıp öğrencilerinin eğitimi ve kişiselleştirilmiş implant tasarımı gibi çok çeşitli konularda kullanılabilir olacaktır.

Anahtar Kelimeler: UV ledli LCD 3B yazıcı, Eklemeli üretim, BT tarama verisi, Anatomik model.

Fabrication of an Anatomical Foot Bone Structure from Computerised Tomography Data by an Ultraviolet Led 3D Printer

Abstract

The aim of the study presented here is to digitally fabricate of a human anatomical bone structure from computerised tomography scan data by using a resin based ultraviolet (UV) Led LCD 3D printer. This study shows that whether a complex anatomical model can be fabricated precisely and easily with a UV led LCD 3D printer or not and the ability, flexibility and potential of the mentioned UV led LCD 3D printer. Based on the 2D digital imaging and communication (DICOM) data constituted by the computerised tomography device, an anatomical foot bone structure model is primarily created by InVesalius medical visualisation software. This model further processed in the MeshLab software in order to do the necessary cleaning and improvements, and then layering, defining the areas will be cured in that layer and generating of support structures with ChiTuBox slicing software. After all these processes are completed, the anatomical foot model structure will be fabricated with a UV led light sourced resin based low-cost SLA 3D printer. This model can be used for wide variety of subjects such as pre-operative surgical planning, better communication among healthcare professionals, training of medical students, and personalised implant design.

Keywords: UV led LCD 3D printing, Additive manufacturing, CT scan data, Anatomical model.

* Sorumlu Yazar: ygur@balikesir.edu.tr

1. Giriş

Eklemeli üretim teknolojilerinden biri olan stereolitografi (SLA) 1980'li yıllarda Amerika Birleşik Devletlerinde Charles Hull tarafından icat edildi ve 1986 yılında da "Üç boyutlu nesnelerin stereolitografi yöntemiyle üretilmesi için cihaz" başvurusu ile de patenti alındı [1]. Eklemeli üretim teknolojisi, üretim sırasında herhangi bir kalıba ihtiyaç göstermemesi nedeniyle, prototiplerin veya parçaların müşterinin isteğine göre yeniden üretilebilmesi ve tasarım değişikliklerinin ilave bir masrafa gerek kalmadan yapılabilmesine olanak sağlamaktadır [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Son yıllarda gerek ultraviyole led teknolojisindeki gelişmeler, gerek likit kristal ekran (LCD) paneli konusundaki ilerlemeler ve gerekse ışıkla kürleşebilen sıvı bazlı reçineler konusundaki yapılan araştırmalar neticesinde, ultraviyole ışık kaynaklı, dijital maskeleme işlemi için LCD ekran kullanan, sıvı reçine bazlı 3 boyutlu yazıcılar alanında önemli ilerlemeler sağlandı. Üstelik bu ilerlemeler nedeniyle son derece hassas üretim yapabilen, katman kalınlığı neredeyse 20 µm civarlarına kadar inebilen, son derece ucuz, sıvı reçine bazlı, 3 boyutlu SLA yazıcılar, dijital üretim dünyasına yaygın olarak girmeye başladı. Bu tür yazıcılarla üretim esnasında, bir katmandaki katılaştırılacak parça kesiti ultraviyole led ışıkla aynı anda ve tek bir seferde sıvı reçinenin kürleştirilmesi yoluyla sağlandığından, lazer bazlı SLA yazıcılara göre hem üretim zamanı ve hem de enerji tasarrufu yönünden büyük avantaj sağlamaktadır.

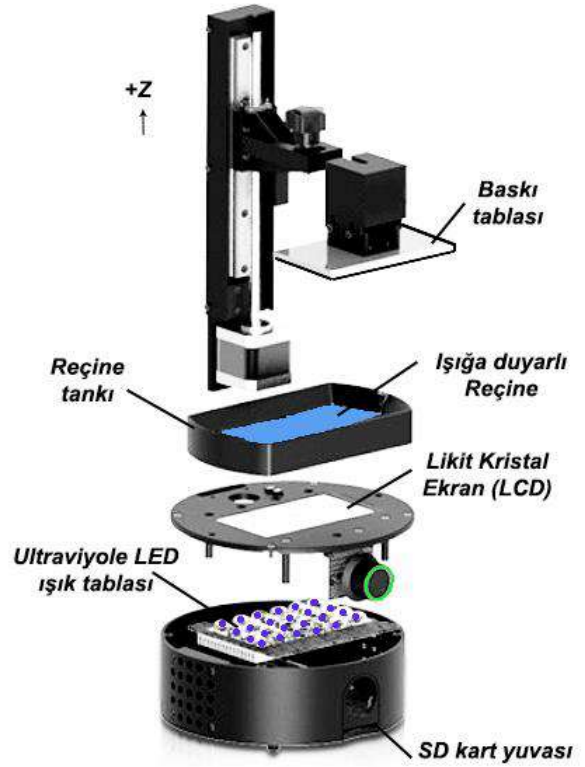
Son yıllarda 3 boyutlu yazıcılardaki gelişmeler sayesinde, insanların kendi kişisel kullanımları için gerekli olan, ürettikleri nesnelerin listesi giderek artış göstermektedir [7, 8]. Yapılan araştırmalara göre masa üstü 3 boyutlu yazıcılarla yapılan kişiselleştirilmiş nesnelerin üretim trendi her geçen gün yükselmektedir [9, 10, 11]. Günümüzde artık çok geniş yelpazedeki ürün çeşidi, çok düşük maliyetli 3 boyutlu yazıcılarla rahatça üretilebilmektedir [7, 8, 12, 13]. Genel olarak 3 boyutlu yazıcılar çok karmaşık geometrik yapıya sahip parçaların kolaylıkla üretilebilmelerini sağlamaları, nesnelerin ihtiyaç duyulan anda tek bir adet bile olsa üretilebilmesine olanak tanınmaları, üstelik de üretim sırasında neredeyse sıfır atık oluşturmaları ve atmosferde daha az karbon salınımına neden olmaları ve karbon ayak izini düşürmeleri gibi birçok nedenden dolayı gelecekte de hayatımızın her alanını etkilemeye devam edecek gibi görünmektedir [14].

2. Materyal ve Metot

2.1. UV Led LCD 3B SLA Yazıcı Teknolojisi

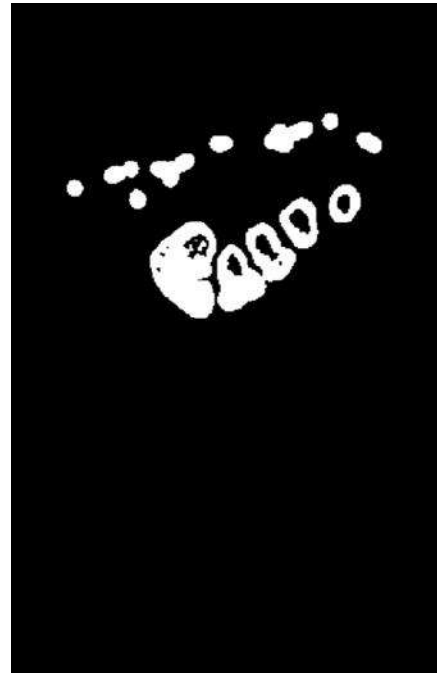
Stereolitografi 3B yazıcı teknolojisi, genel olarak eklemeli üretim teknolojileri ailesinin içerisinde yer alan, ışığın belirli bir dalga boyunda kürleşebilen ışığa duyarlı fotopolimer reçine kullanan ve 1980'li yıllarda icat edilen bir teknolojidir. Reçineyi kürleştirerek katılaştırma işlemi için kullanılan ışık kaynağı önceleri 395 ila 405 nm dalgaboyundaki morötesi lazer iken, LED teknolojisinin gelişmesi ile birlikte artık UV LED ışık kaynaklı 3B SLA yazıcılar günümüzde giderek artan bir yoğunlukta kullanılmaya başlamışlardır (Şekil 1). Şekil 1 de görüleceği üzere, ışık kaynağı 405 nm dalgaboyunda gözle görülebilir ultraviyole ışık sağlayabilen ve dizin halinde yerleştirilmiş LED demetinden oluşmaktadır. UV led ışık kaynaklı LCD 3B yazıcı tekniğinde, maskeleyici görüntüyü oluşturma sistemi likit kristal ekran aracılığı ile sağlanmaktadır.

e-ISSN: 2148-2683



Şekil 1. Ultraviyole LED ışık kaynaklı LCD panelli reçine bazlı 3B SLA yazıcı.

Likit kristal ekran üzerine bir elektrik alanı uygulandığında LCD moleküler düzenlemesini değiştirerek ışığın geçmesine izin vermemektedir [15]. Şekil 2'den görüleceği gibi LCD paneldeki beyaz olan yerler UV ışığın geçmesine izin verirken, siyah olan yerler ise UV ışığın geçmesine izin vermemektedir. Işığın geçtiği yerlerdeki sıvı fotopolimer reçine katmanının tamamı bir anda katılaşmakta diğer yerlerdeki fotopolimer reçine ise sıvı olarak kalmaya devam etmektedir. Bu yüzden her katmandaki istenilen şeklin LCD panel üzerinde doğru olarak elde edilmesi kritik önem



Şekil 2. LCD panelde maskeleme görüntüsü oluşumu

arzetmektedir. Her katman tamamlandıktan sonra üretim platformu Z eksenine yönünde katman kalınlığı kadar yukarı çıkmakta ve bu işlem parça tamamlanmaya kadar devam etmektedir. UV ledli LCD 3B yazıcılarla 20 µm katman kalınlığına kadar inilebilmekte ve böylelikle de parçalar çok daha hassas bir şekilde üretilebilmektedir. Örneğin ergiterek biriktirme modellemesi (FDM) teknolojisinde ise katman kalınlığı olarak en fazla 100 µm kalınlığa inilebilmektedir. Bu açıdan UV led ışık kaynaklı LCD panelli reçine bazlı 3B yazıcı teknolojisinin FDM teknolojisine üstünlük sağladığı rahatlıkla söylenebilir.

UV ledli LCD panelli 3 boyutlu yazıcıda üretilen bir parçanın yüzey kalitesi ve hassasiyeti, kullanılan LCD paneldeki piksel sayısına da bağlıdır. LCD paneldeki piksel sayısı ne kadar fazla ise üretilen parçanın baskı kalitesi de o kadar iyi olacaktır.

3. Anatomik Modelin Oluşturulması

"Bilgisayarlı Tomografi" yaygın olarak bilinen adıyla (BT) taraması, iskelet bozuklukları gibi sorunları teşhis etmek ve hatta üç boyutlu görüntüler oluşturmak için insan vücudunun çoklu X-ışını görüntülerinin bir ekranda görselleştirilmesidir [16]. Tomografi kelimesi Yunanca "tomos" yani dilimleme ile "grafein" yani yazma anlamına gelen kelimelerinden gelmektedir [17]. Tıp tabanlı modelleme ve 3 boyutlu baskı teknolojilerindeki gelişmeler ile insan vücudunun anatomik modellerinin üç boyutlu somut örneklerini üretmek mümkündür. Bir insan vücudu organının üç boyutlu anatomik modeli, BT tarama verilerinin düzenlenmesi ile oluşturulabilir. Bu dijital modeller 3D baskı teknolojisi ile üretilebilir ve bu somut modeller ameliyat öncesi planlama, teşhis, tedavi seçeneklerinin belirlenmesi, eğitim amaçlı, cerrahi simülasyon ve tıbbi cihaz prototipleme için kullanılabilir. Bu üretilen modeller, çok karmaşık ameliyatlara planlamak için çok faydalı olabilir. Dahası, bir insan organının 3 boyutlu somut anatomik modeli varsa, kişiye özel bir implant üretmek oldukça kolaydır [18].

Bu çalışmada, BT tarama işlemi sonucunda elde edilen ve tıbbi 2 boyutlu dijital görüntüleme ve iletişim (DICOM) verisi olarak adlandırılan BT tarama verilerinden yola çıkarak, anatomik bir insan ayak kemiği modelinin ultraviyole led ışık kaynağını kullanan LCD panelli, sıvı reçine bazlı, bir stereolitografi (SLA) yazıcı ile üretilebilirliği araştırılmıştır. Karmaşık bir anatomik geometriye sahip olan ayak kemiği yapısının, CNC frezeleme gibi klasik talaş kaldırma yöntemi tekniği ile üretilmesi çok zor ve hatta kemik içi dokusunun ve boşlukların üretilmesi ise olanaksızdır. Bu noktada, yeni gelişmekte olan UV led tabanlı 3B SLA teknolojisi son derece hassas biçimde bu anatomik modelin üretilmesine olanak tanımaktadır. Somut anatomik ayak kemiği yapısının dijital olarak üretilmesi, zaman kısıtlılığı baskısı olmadan ameliyatın planlamasını, işaretleme, delme, kesme vb. gibi işlemlerin provasının yapılmasını ve denenmesini kolaylaştırmaktadır. Elle tutulabilir gerçek bir anatomik modelin var olması sadece sağlık personelleri arasındaki iletişim için değil, aynı zamanda hasta ve yakınları ile operasyon detaylarının paylaşılması için de yararlıdır [19].

3.1. Anatomik Modelin 3B Yazıcı ile Yazdırılması Adımları

UV ledli, reçine bazlı LCD 3 boyutlu yazıcı aracılığıyla bilgisayarlı tomografi tarama verilerinden anatomik modellerin oluşturulması ve üretilmesi sırasında genel olarak altı aşama vardır. Bunlar;

- BT cihazı ile insan vücudunun taranarak DICOM verilerinin elde edilmesi,
- DICOM verilerinden vücudun taranan kısmının 3 boyutlu bilgisayar destekli tasarım (CAD) modelinin oluşturulması,
- CAD model verilerinin ".stl" dosya formatına dönüştürülmesi,
- Modelin ardışık katmanlar halinde dilimlenmesi, gereken yerler için destek yapılarının oluşturulması ve yerleştirilmesi,
- 3 boyutlu yazıcının üretim parametrelerinin belirlenmesi ve anatomik modelin üretilmesi,
- Destek yapılarının üretilen modelden kırılarak çıkarılması ve boya, zımpara gibi ince işçiliklerin uygulanması [20, 21].

3.2. BT Tarama Verilerinin Elde Edilmesi

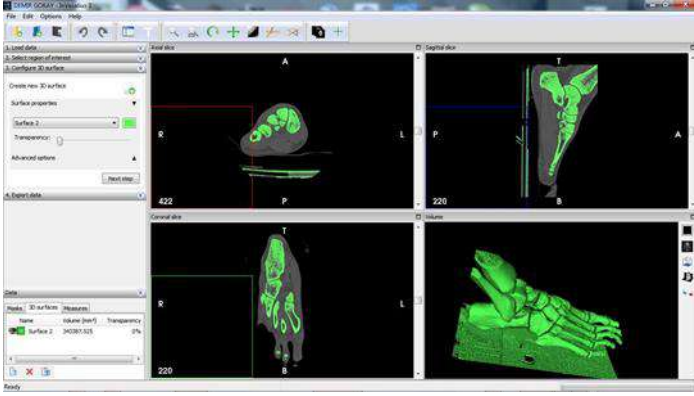
3 boyutlu modelin oluşturulması için gerekli olan girdi verileri, Toshiba Aquilion Helical BT cihazı kullanılarak elde edilmiştir. Elde edilen bu DICOM tarama verilerinden faydalanılarak bir yazılım vasıtasıyla anatomik ayak kemiği yapısının 3 boyutlu geometrik modeli oluşturulabilir. Tıbbi görselleştirme amacıyla, BT cihazı anatomik modelin taranması esnasında belirli katman kalınlığı dikkate alınarak taramakta, tarama sırasındaki bu katman kalınlığı daha sonra elde edilecek modelin kalitesini de önemli ölçüde etkilemektedir. Her ne kadar katmanlar halinde elde edilen DICOM tarama verileri bir araya getirilerek bilgisayar ekranı üzerinde 3 boyutlu görselleştirilmiş sanal bir model oluşturulabiliyorsa da bu hiçbir zaman elle tutulan somut bir anatomik model gibi olmamaktadır. Anatomik bir ayak kemiği modeli oluşturmanın ilk adımı, BT tarama verilerinin işlenmesi suretiyle, kemik doku haricinde mevcut bulunan yumuşak dokular, damarlar, sinirler ve benzeri dokuların ayıklanarak sadece kemik dokunun çıkarılması işlemidir. Çalışmada ayak kemiği yapısının BT tarama verileri elde edilmiş ve örnek durum çalışması olarak kullanılmıştır.

3.3. BT Tarama Verilerinden Anatomik Ayak Kemiği Yapısının Oluşturulması

Üç boyutlu görüntüyü oluşturmak için 847 adet BT tarama veri dosyası, anatomik ayak kemiklerinin diğer dokulardan ayrılması işlemi sırasında InVesalius v3.0 yazılımında işlenmiştir (Şekil 3). Her bir DICOM veri dosyasının boyutu 515 kilobayt büyüklüğündedir.

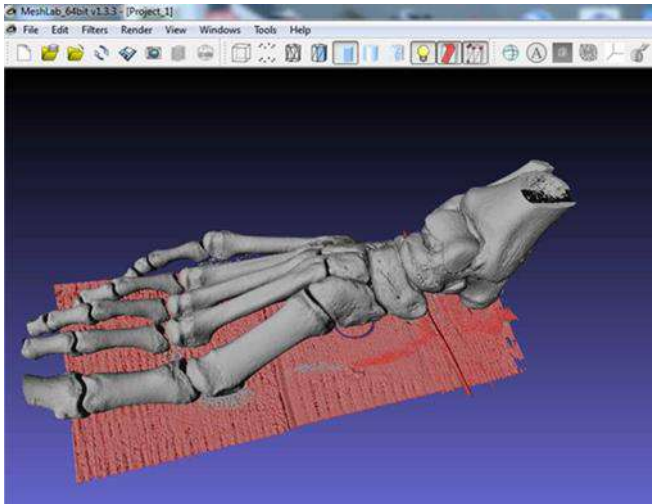
Yumuşak doku, sinir, deri ve damarların ortadan kaldırılması ve sadece anatomik ayak kemik yapısının bırakılması için, görselleştirme ve tıbbi görüntüleme işlemi için kullanılan çok platformlu, ücretsiz ve açık kaynak kodlu bir yazılım programı olan "InVesalius v3.0" yazılımından faydalanılmıştır [22]. Ayak kemiği yapısını yumuşak dokulardan doğru bir şekilde ayırabilmesi için eşik değeri 226 olarak seçilmiştir. Böylelikle BT verilerindeki kemik yapı haricindeki istenmeyen dokuların temizlenmesi sağlanmıştır. Eşik değerinin yeterince başarılı olmadığı bazı bölgelerde ise elle silme işlemi uygulanarak mümkün olduğunca temiz bir kemik doku elde edilmeye çalışılmıştır.

InVesalius yazılımı, kemik yapısının 3 boyutlu görüntüsü oluşturulduktan sonra, hızlı prototipleme teknolojisi kullanılarak anatomik bir modelin somut fiziksel versiyonunu üretmek için kullanılan, hızlı prototiplemenin standart veri aktarma formatı olan ".stl" dosya formatına dönüştürme olanağına sahiptir.



Şekil 3. InVesalius tıbbi görüntüleme yazılımında anatomik kemik dokusunun çıkarılması

Dolayısıyla oluşturulan 3 boyutlu model InVesalius aracılığı ile ".stl" dosya formatına çevrilmiş ve sonraki işlemler için bu formatta saklanmıştır. Oluşturulan bu ".stl" dosyası, daha sonra, açık kaynak kodlu, taşınabilir ve genişletilebilir bir yazılım olan MeshLab v1.3.3 programına aktarılmış ve bu yazılım içerisinde işlenerek, anatomik modele bağlı olmayan, boşlukta asılıymış gibi duran fazlalık küçük parçacıklar temizlenmiş, 3 boyutlu modelin bazı noktaları iyileştirilmiş ve yumuşatılmıştır [23].



Şekil 4. MeshLab yazılımında anatomik modele bağlı olmayan parçacıkların temizlenmesi işlemi

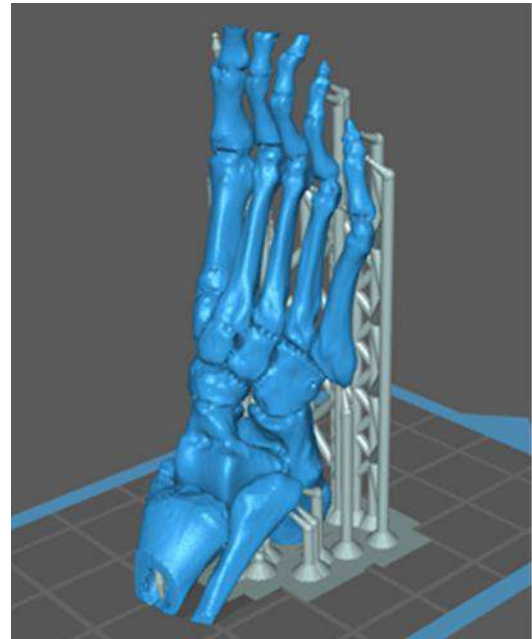
Şekil 4 de görülen ve MeshLab yazılımı vasıtasıyla boşlukta duran küçük parçacıklar temizlendikten sonra alt tarafta görünen ve tomografi sırasında temas eden yüzeyi gösteren kısım da daha sonra silinerek sadece kemik dokunun kalması sağlanmıştır.

4. Anatomik Ayak Modelinin UV Ledli LCD 3B SLA Yazıcıda Üretilmesi

Anatomik ayak kemiği modelinin dijital olarak üretimi SparkMaker UV ledli LCD 3 boyutlu SLA yazıcı ile yapılmış olup sıvı photopolimer reçine olarak da e-Sun LCD için genel amaçlı gri renk photopolimer reçine kullanılmıştır. Sparkmaker 3B yazıcının fiziksel boyutları Ø170x284 mm olup masa üstü kullanıma uygun bir boyutu mevcuttur ve üretim tablasının boyutları ise 98x55 mm, Z eksenine yönünde ulaşabileceği yükseklik ise 125mm dir. Üretebileceği katman kalınlığı ise 20µm a kadar inebilmektedir. Bir reçine katmanını kürleştirebilme

süresi ise 8 ila 15 s arasında değişmektedir. Ancak ilk katmanların kürlenmesi sırasında bu süreyi arttırmak parçanın üretim tablasına yapışmasını sağlamak açısından önemlidir. Kullanılan ultraviyole led ışıklarının toplam gücü 24W olup, ışık kaynağından çıkan ultraviyole ışığın dalga boyu ise 400-410 nm aralığındadır. Görüntü oluşturma ve maskeleme amacıyla kullanılan LCD panelin çözünürlüğü ise 480x854 pikseldir. Full HD versiyonlarında ise bu çözünürlük 1920x1080 piksele kadar çıkmaktadır.

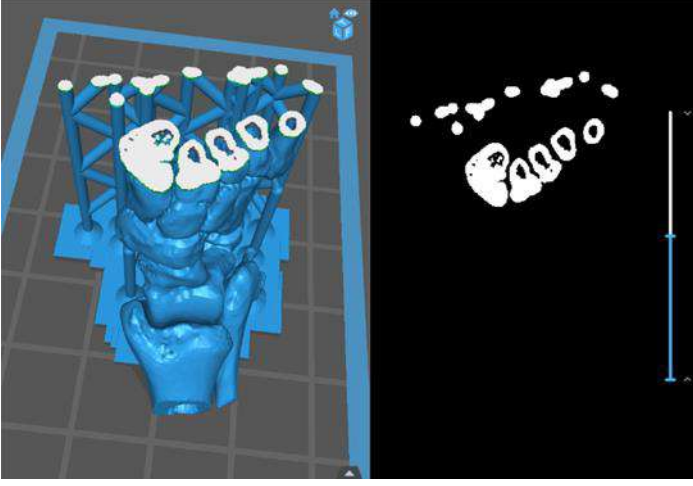
Üretim sırasında dilimleme yazılımı olarak ChiTuBox v1.4.0 lisans gerektirmeyen bir yazılım kullanılmıştır [24]. Katman kalınlığı 50 µm olarak alınmış, tabandaki ilk 8 katmanın üretim sırasında darbe genişlik modülasyonu (PWM) 285 olarak, diğer katmanların üretimi sırasında ise 265 olarak ayarlanmıştır. Taban katmanlarının üretimi sırasında ışıkla pozlama süresi 60 s, normal katmanların ışıkla pozlama süresi ise 15 s olarak ayarlanmıştır. Kürleştirilen katmanın oksijenle temasının sağlanması ve aynı zamanda reçine tankındaki reçinenin karışımını temin etmek amacıyla, üretim tablasının 5 mm yükselmesi sağlanmış ve yükseltme ve geri çekme hızı olarak da 300 mm/min değeri kullanılmıştır. Üretim sırasında anatomik ayak kemik modeli üretim tablasına sığmadığı için %75 oranında uniform olarak küçültülmüş, yüksekliği 58mm ye indirilmiş ve model üretim tablasına dik olacak şekilde konumlandırılmıştır (Şekil 5).



Şekil 5. Anatomik ayak kemik modelinin üretim tablasında konumlandırılması

Üretim tablası üzerine konumlandırılan anatomik ayak kemiği modelinin üretimi sırasında desteğe ihtiyaç gösteren yerlerin belirlenmesi ve otomatik olarak destek yapılarının oluşturulması amacıyla ChiTuBox yazılımının destek yerleştirme algoritması işleme konulmuş ve destek yapılarının oluşturulması sağlanmıştır (Şekil 5 ve Şekil 6). Destek yapılarının da oluşturulması aşaması bittikten sonra dilimleme kısmına geçilmiş ve katman kalınlığı 50 µm olarak belirlenerek modelin katmanlara ayrılması sağlanmıştır. Toplamda 1160 katman oluşmuş ve oluşan bu katmanların kesit alanlarının maskeleme sırasında LCD panelde nasıl oluşacağı bir ön izleme penceresi vasıtasıyla kullanıcının izlenimine sunulmuştur. Şekil 6'ya bakıldığında sağ taraftaki siyah pencereci alandan her bir katmanın ön izlemesi yapılabilmektedir. Eğer herhangi bir hatanın olmadığı onaylanırsa

dosya “.wow” formatında kayıt edilip bir dijital hafıza kartına aktarılmak suretiyle 3 boyutlu yazıcıda üretilebilir hale getirilmektedir. ChiTuBox yazılımı dilimleme esnasında kullanılacak olan malzemenin hacmini, ağırlığını ve üretim zamanını da hesaplamaktadır. Bu üretim için hesaplanan kullanılacak reçine miktarı 6.5 gram ve üretim zamanı olarak da 5 saat 42 dakika 23 saniye hesaplanmıştır.



Şekil 6. Anatomik ayak kemik modelinin destek yapılarının oluşturulması, katmanlara ayrılması ve LCD paneldeki görüntü oluşumunun ön izlenmesi.

Şekil 7’de ultraviyole ışık kaynaklı, LCD panelli maskeleme sistemine sahip, reçine bazlı, SparkMaker marka 3 boyutlu yazıcıda üretilmiş ama henüz yazıcının üretim tablasından sökülmemiş anatomik ayak kemiği modeli görülmektedir.



Şekil 7. 3B yazıcının üretim tablasından henüz sökülmemiş anatomik ayak kemik modeli

Şekil 8 de ise 3 boyutlu yazıcıda üretildikten sonra üretim tablasından alınmış, üzerinde kalan sıvı reçine kalıntıları %99.9 luk saf izopropil alkol ile temizlenmiştir. Reçinenin katılaşmasını tamamlaması için, 405 nm dalga boyunda ultraviyole ışık üreten, bir kürleştirme odasında kürleştirme işleminin tamamlanması sağlanmıştır. Şekil 8 de üretilen anatomik ayak kemiği yapısının üzerindeki destek yapılarının henüz kırılıp temizlenmemiş hali görülmektedir. Ancak destek yapılarının



Şekil 8. 3B yazıcıda üretilmiş anatomik ayak kemik modeli

üretile modelde dokunduğu noktadaki kontak çapı 0.30 mm ve kontak derinliği 0,20 mm olduğu için desteklerin parçaya zarar vermeden parçadan kırılarak uzaklaştırılması kolayca mümkün olmaktadır.

5. Tartışma ve Sonuç

Bu çalışmada bilgisayarlı tomografi tarama verisi olan 2 boyutlu DICOM verilerinden yola çıkarak anatomik bir ayak kemiği modelinin oluşturulması, oluşturulan modelin 3 boyutlu yazıcılarda kullanılan iletişim dili olan standart üçgenselleştirme dili (stl) formatına dönüştürülmesi ve modelin ultraviyole ışık kaynaklı likit kristal ekranlı maskeleme sistemine sahip, reçine bazlı bir 3 boyutlu SLA yazıcı ile üretimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, soyut 2 boyutlu bilgisayarlı tomografi verilerden yola çıkılarak elle tutulabilir, somut anatomik ayak kemiği modelinin, çok düşük maliyetli bir 3 boyutlu yazıcı ile de üretilebileceği gösterilmiştir.

3 boyutlu yazıcı teknolojisi henüz daha yeni gelişmekte olan bir teknoloji olup tıp alanına uygulanabilirliği konusunda inanılmaz bir potansiyel barındırmaktadır. Üretilen anatomik olarak doğru ve hassas modeller, cerrahi müdahale öncesi planlama, teşhis, yapılacak cerrahi müdahalenin ameliyat öncesi simülasyonu, tıbbi cihazların prototiplerinin üretilmesi, sağlık personelleri arasındaki iletişim, hasta ve yakınları ile ameliyat detaylarının paylaşılması gibi konular için ve eğitim amaçlı olarak kullanılabilir. Ancak bu yazıcılar henüz günlük klinik kullanıma uygun değildir. Çünkü acil müdahale edilmesi gereken durumlar için parçaların modellenmesi ve üretimi zaman istemektedir. Bu örnekte de görüldüğü üzere bir modelin sadece 3 boyutlu yazıcıda üretilmesi bile 6 saate yakın zaman almaktadır ki buna verilerin elde edilmesi, modelin oluşturulması ve 3 boyutlu yazıcıda üretilebilir hale getirilmesi işlemleri dahil değildir. Sadece modelin üretilebilmesi bile bazen günlerce sürebilmektedir. Elbetteki böyle bir durum acil müdahale edilmesi gereken durumlar için kabul edilebilir değildir. Ancak ayak kemik yapısının tamamı yerine sadece ihtiyaç duyulan münferit bir kemik bölümünün çalışılmasının üretim sürecini kısaltacağı, daha hızlı bir üretim ve daha farklı değerlendirmelere olanak

sağlayabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Gelecekte bu yönde yapılacak akademik araştırmaların artması, verilerin elde edilmesinden modelin oluşturulmasına ve 3 boyutlu yazıcıda basılmasına kadar geçen işlemlerin otomatik bir süreç olarak gerçekleştirilmesi ve belki de yazıcıda üretim hızının yüzlerce kat artırılması ile bu teknolojinin tıp alanında da büyük ilerlemelere yol açacağı aşikardır.

Kaynakça

- [1] Hull, C.W. U.S. Patent 4575330 (Publication Date: 3/11/1986). “Apparatus for Production of Three-Dimensional Objects by Stereolithography”, <http://www.google.com/patents/US4575330>
- [2] Lim, C.S., Chua, C.K., Leong, K.F. (2003). Rapid Prototyping: Principles and Applications, World Scientific, Second edition. <https://doi.org/10.1142/5064>
- [3] Cooper, K.G. (2001). Rapid Prototyping Technology, Selection and Application, Assembly Automation, 21(4), 358-359. <https://doi.org/10.1108/aa.2001.21.4.358.1>
- [4] Crawford, S. (2013). <http://computer.howstuffworks.com/3-d-printing1.htm/>
- [5] Rosen, D., Gibson, I., Stucker, B. (2010). Additive Manufacturing Technologies: Rapid Prototyping to Direct Digital Manufacturing. SpringerVerlag. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1120-9>
- [6] Knill, O., Slavkovsky, E. (2013). Cornell University Library, arXiv:1306.5599 [math.HO].
- [7] Pearce, J.M., Blair, C.M., Laciak, K.J., Andrews, R., Nosrat, A., Zelenika Zovko, I. (2010). 3-D printing of open source appropriate Technologies for self-directed sustainable development. Journal of Sustainable Development, 3 (4), 17-29.
- [8] Wittbrodt, B.T., Glover, A.G., Laureto, J., Anzalone, G.C., Oppliger, D., Irwin, J.L., Pearce, J.M. (2013). Life-cycle economic analysis of distributed Manufacturing with open source 3-D printers. Mechatronics, 23, 713-726.
- [9] Blua, A., (2013). A new industrial revolution: The brave new World of 3D printing, Radio Free Europe Radio Library. <https://www.rferl.org/a/printing-3d-new-industrialrevolution/24949765.html>, (Son erişilen tarih: 23/012/2020).
- [10] The Economist (2012). A third industrial revolution. April 2012, <https://www.economist.com/specialreport/2012/04/21/a-third-industrial-revolution>, (Son erişim tarihi: 23.12.2020).
- [11] Make: Ultimate Guide to 3D printing, O'Reilly, November 2013, ISBN: 9781457183027, <https://www.oreilly.com/library/view/make-ultimate-guide/9781457183669/>, (Son erişim tarihi: 23.12.2020).
- [12] Martens, T., Mears, L., Dotson, M., Graham, M., Sanger, P., (2011). Use of fused deposition modeling of polyphenylsulfone for centrifugal casting of polyurethane: material, surface, and process considerations. J. Manuf. Sci. Eng., 133 (5), 051003, <https://doi.org/10.1115/1.4004848>.
- [13] Gür, Y. (2020). Chapter 10 - “Mathematical Modelling and Additive Manufacturing of a Gyroid”. *Mathematical Modelling and Optimization of Engineering Problems*, Editors: J.A. Tenreiro Machado, Necati Özdemir, Dumitru Baleanu, <https://doi.org/10.1007/978-3-030-37062-6>, 187-196.
- [14] Rowan, D. (2011). Retrieved from WIRED Business Future Shock. <http://www.wired.com/2011/05/3d-printing-an-industrial-revolution-in-the-digital-age/>, (Son erişim tarihi: 23.12.2020).
- [15] Quan, H., Zhang, T., Xu, H., Luo S., Nie, J., Zhu, X. (2020). Photo-curing 3D printing technique and its challenges. Bioactive Materials, 5, 110-115.
- [16] Computed Tomography (CT) (2020). “What is CT Scanning of the Body?” <http://www.radiologyinfo.org/en/info.cfm?pg=bodyct>, (Son erişim tarihi: 26.12.2020).
- [17] What is a CT scan? (2020). <http://www.medicalnewstoday.com/articles/153201.php> (Son erişim tarihi: 26.12.2020)
- [18] Berce, P., Chezan, H., Balc, N. (2005). ESAFORM 2005 Conference. Cluj-Napoca, Romania, 697-682.
- [19] Giannatsis, J., Dedoussis, V. (2009). Additive fabrication technologies applied to medicine and health care: a review. Int. J. Adv. Manuf. Technol., 40, 116-127.
- [20] Palousek, D., Rosicky, J., Koutny, D., Stoklasek, P., Navrat, T. (2014). Pilot study of the wrist orthosis design process. Rapid Prototyping Journal, 20(1), 27–32.
- [21] Marcincin, J.N., Marcincinova, L.N., Barna, J., Janak, M. (2012). Application of FDM rapid prototyping technology in experimental gearbox development process. Tehnički Vjesnik, 19(3), 689-694.
- [22] InVesalius® v3.0, (2020), <https://www.cti.gov.br/pt-br/invesalius>, (Son erişim tarihi: 26.12.2020).
- [23] MeshLab®, (2020) <http://meshlab.sourceforge.net/>, Visual Computing Lab – ISTI – CNR, 2014.
- [24] ChiTuBox® Dilimleme Yazılımı, (2020), Guangdong, China, 518102, <https://www.chitubox.com/en/index> (Son erişim tarihi: 23.12.2020).



COVID-19 Vakalarının Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Tahmini: Amerika Birleşik Devletleri Örneği

Nur Selin Özen^{*}, Selin Saraç², Melik Koyuncu³

^{1*} Toros Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8545-8771), selin.ozen@toros.edu.tr

² Toros Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Mersin, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4729-0637), selin.sarac@toros.edu.tr

³ Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0513-6276), mkoyuncu@cu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.855113)

ATIF/REFERENCE: Özen, N. S., Saraç, S. & Koyuncu, M. (2021). COVID-19 Vakalarının Makine Öğrenmesi Algoritmaları ile Tahmini: Amerika Birleşik Devletleri Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 134-139.

Öz

Koronavirüs, 2019 yılının Aralık ayında ilk olarak Çin'in Wuhan kentinde ortaya çıkmış ve 11 Mart 2020'de Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi olarak ilan edilmiştir. Vaka sayılarını kontrol altına almak için pek çok ülke karantina, sokağa çıkma yasağı ve sosyal alanların bir süreliğine kapatılması gibi çeşitli önlemler almıştır. Doğrulanmış vaka tahminlemesi pandemide olası planlamalar için büyük önem taşımaktadır. Gelecek verilerinin gerçeğe en yakın bir şekilde tahminlenmesi; pandemi döneminde lojistik, tedarik, hastane personel ve malzeme planlaması için kullanılabilen gibi aşılama senaryolarında da girdi olarak kullanılabilir. Literatürde doğrulanmış vaka tahmininde makine öğrenmesi, bölme modeli, zaman serisi analizi gibi pek çok yöntem kullanılarak tahminleme yapılan çalışmalar vardır. Bu çalışmada, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki doğrulanmış vaka sayılarını kullanarak gelecek günlerdeki vaka tahminleri çeşitli makine öğrenmesi modelleri ile üretilmiştir. Python ve R programlama dili kullanılarak yapılan tahminlemeler Prophet, Polinom Regresyon, ARIMA, Doğrusal Regresyon ve Random Forest modelleri ile yapılmıştır. Test verisiyle tahmin edilen verilerin performansları ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE), ortalama karekök sapması (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) kullanılarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak, MAPE hata metriği baz alınarak en iyi tahminleri veren algoritma Polinom Regresyon olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: COVID-19, Tahminleme, Makine Öğrenmesi.

Prediction of COVID-19 Cases in the United States of America with Machine Learning Algorithms

Abstract

The coronavirus first appeared in Wuhan, China in December 2019 and was declared as a pandemic by the World Health Organization on March 11, 2020. In order to control the number of cases, many countries have taken various measures such as quarantine, curfew and closing social areas for a while. Prediction data can be used in logistics, procurement, hospital personnel and supplies planning and vaccination scenarios. In the confirmed case estimate; in the literature, there are studies that use many methods such as machine learning, compartmental model, and time series analysis in confirmed case prediction. In this study, various machine learning models have been generated to estimate future cases using the number of confirmed cases in the United States. The predictions made using Python and R programming language were made with Prophet, Polynomial Regression, ARIMA, Linear Regression and Random Forest models. The performances of the data estimated by the test data are evaluated using the mean absolute percent error (MAPE), root mean square deviation (RMSE) and mean absolute error (MAE). As a result, the algorithm that gives the best estimates based on the MAPE error metric was found as Polynomial Regression.

Keywords: COVID-19, Prediction, Machine Learning.

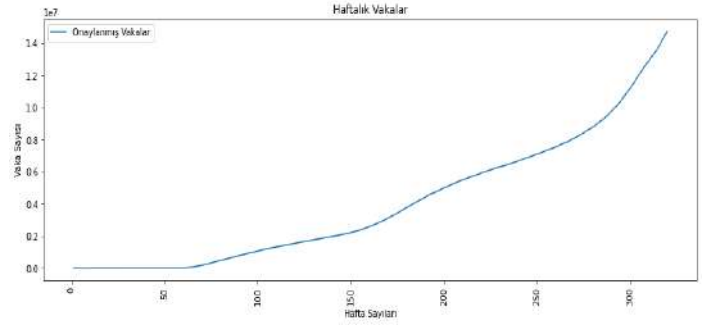
* Sorumlu Yazar: selin.ozen@toros.edu.tr

1. Giriş

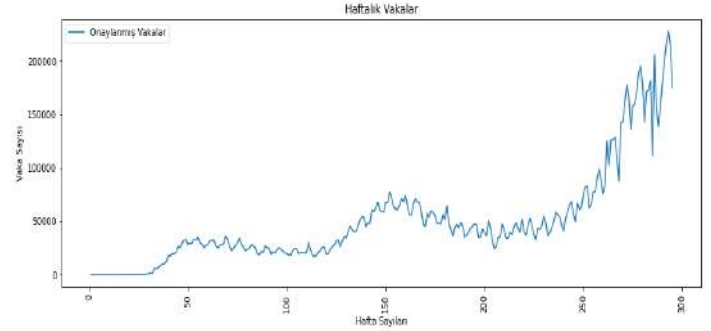
2019 yılının Aralık ayında ilk olarak Çin Halk Cumhuriyeti'nde görülen ve sonra tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19, 11 Mart 2020 tarihinde Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından pandemi ilan edilen ve etkileri halen sürmekte olan bir salgın hastalıktır. Tüm dünyada her gün on binlerce insan salgın sebebiyle ölümlerle karşı karşıyadır ve her gün dünyanın dört bir yanındaki ülkelerden yüz binlerce bireyin test sonucunun pozitif olduğu bildirilmektedir. COVID-19 virüsü, damlacık yoluyla kişilerin kontamine yüzey ya da enfekte olmuş bireyle olan temasıyla yayılmaktadır. Virüsün yayılmasının kontrol altına alınmasındaki en büyük zorluk, bir kişinin virüse yakalanıp günlerce semptom göstermeden taşıyıcı olabilmesidir. Virüsün yayılmasının nedenleri ve tehlikesini göz önünde bulundurarak, neredeyse tüm ülkeler, kısmi veya tam zamanlı karantina ilan etmiştir (Rustam ve ark., 2020). Pandemi süresince yatak kapasitesi, test miktarı ve kişisel koruyucu ekipmanların sayısı gibi hastanelerde talep değişimleri için yapılacak kapasite planlama çalışmaları birçok zor problem içermektedir. Pandemi sürecinde bu tür planlamaların yapılabilmesi ve ilgili modellerin kurulması için vaka sayılarının tahmin edilmesi büyük önem taşımaktadır. Vaka sayısı tahmini geliştirilecek olan birçok senaryo için son derece yardımcı olacak bir veridir.

Makine öğrenmesi algoritmaları deneyim kazandıkça, doğruluğu ve verimliliği gelişen algoritmalarlardır. Bu da algoritma geliştiricilerinin daha iyi sonuçlar almasını ve geleceğe yönelik hatası düşük tahminler yapmasını sağlamaktadır. Makine öğrenmesi modelleri kullanılarak bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki ilişkiyi bulan ve bu ilişkiyi performans metrikleriyle somutlaştıran birçok çalışma yapılmıştır. Örneğin finans alanında; borsa fiyat tahminleyen (Nunno, 2014), çevre alanında; ABD'deki bir nehirde tahmini günlük akışı yedi gün öncesine kadar değerlendiren (Papacharalampous & Tyrallis, 2018), sağlık alanında; bir hastaneden taburcu olan kişilerin hacmi tahmini yapan (McCoy ve ark., 2018) çalışmalar mevcuttur. Bu da makine öğrenmesi metodlarının kapsama alanının geniş olduğunu ve iyi sonuçlar verebileceğini göstermektedir. Ulaşım, sağlık, ekonomi, tarım, eğitim, seyahat, e-ticaret ve diğer farklı alanlarda makine öğrenmesinin çok boyutlu ve çok çeşitli verileri işlemeye iyi olması ve bunu dinamik veya belirsiz ortamlarda yapabilmesi büyük avantajlar sağlamaktadır.

COVID-19 vaka sayısı tahminlemesinde makine öğrenmesi modelleri sıkça kullanılmaktadır. Tahminleme çalışmalarında kullanılan modellerden bazıları: Doğrusal Regresyon, Destek Vektör Regresyonu (Support Vector Regression), Üstel Düzeltme (Exponential Smoothing), LASSO (Rustam ve ark., 2020), ARIMA (Avan & Aslam, 2020; Sahai ve ark., 2020) ve Prophet (Date & Deshmukh, 2020; Sevlı & Başer, 2020) gibi modellerdir. Bu çalışmalarla ileriye dönük global ve/veya lokal tahminler yapılmış olup makine öğrenmesi algoritmaları değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler, kullanılan bölgeye göre değişiklik gösteren veri setleri ve eğitim-test setinin oranlarının farklı olması sebebiyle değişiklik göstermektedir.



Şekil 1. Amerika Birleşik Devletleri Haftalık Kümülatif Vaka Sayıları Grafiği (The New York Times, 2020)



Şekil 2. Amerika Birleşik Devletleri Haftalık Kesikli Vaka Sayıları Grafiği (The New York Times, 2020)

Bu çalışmada Amerika Birleşik Devletleri'nin (ABD) onaylanan vakalarının tahmini Prophet, Polinom Regresyon, ARIMA, Doğrusal Regresyon ve Random Forest makine öğrenmesi modelleri kullanılarak, Python ve R paket programlarında gerçekleştirilmiştir. Şekil 1 ve Şekil 2 ABD'nin doğrulanmış vaka sayısı grafiğini göstermektedir. Elde edilen tahminler, test setleriyle karşılaştırılmış ve performans metrikleri üzerinden modellerin değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

ABD'nin gelecek günlerdeki doğrulanmış vaka sayısını tahmin etmek üzere kullanılan makine öğrenmesi algoritmalarını uygulamak için veri seti "<https://github.com/nytimes/COVID-19-data>" sitesinden elde edilmiştir (The New York Times, 2020). Veri seti, 21.01.2020-06.12.2020 aralığındaki ABD'nin doğrulanmış vaka ve ölüm sayısını içermektedir.

Çalışmamızda; makine öğrenmesi algoritmalarını kodlamak için Python ve R programlama dilleri kullanılmıştır. Python için Pandas, Numpy, Matplotlib, Seaborn, Scikit-learn; R için tidyverse, tidymodels, modeltime, timetk, glmnet ve randomForest gibi kütüphaneler kullanılmıştır. .csv türünde olan veri seti Python ve R yazılım dillerine aktarılmış ve ABD'deki her bir eyaletin verileri günlük olarak, tarih ve doğrulanmış vaka sayıları şeklinde manipüle edilmiştir.

Veri setinin %90'ı her bir algoritmanın eğitilmesi için geri kalan %10'u ise bu eğitime bağlı olarak üretilen tahminlerin doğruluğunu ölçmek için test setine ayrılmıştır. Algoritmaların tahminleri ile üretilen değerlerle test seti karşılaştırılmış ve bu karşılaştırma ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE), ortalama karekök sapması (RMSE) ve ortalama mutlak hata (MAE) performans metrikleriyle değerlendirilmiştir. Performans metrikleriyle yapılan değerlendirmeler doğrultusunda makine öğrenmesi modellerinin performansı karşılaştırılmış ve en iyi

performans gösteren model üzerinde yapılabilecek olası senaryolar konusunda önerilerde bulunulmuştur.

2.1. Tahminleme Modelleri

2.1.1. Prophet

Prophet modeli Facebook tarafından geliştirilmiş, Python ve R'da kütüphanesi olan açık kaynak kodlu bir zaman serisi tahminleme algoritmasıdır. Doğrusal olmayan veri için yıllık, günlük, aylık tahminler yapabilen ve bu tahminleri belirtilen tatil günlerini hesaba katarak gerçekleştirebilen bir algoritmadır.

Prophet modelinin temel bileşenleri trend; $g(t)$, mevsimsellik; $s(t)$, tatiller; $h(t)$ ve hata terimi; $\varepsilon(t)$ 'den oluşup, Denklem (1) olarak ifade edilir.

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \varepsilon(t) \quad (1)$$

$g(t)$, zaman serilerisi değerlerindeki periyodik olmayan değişkenleri modelleyen trend fonksiyonudur. $s(t)$ periyodik değişimleri (haftalık, yıllık, aylık) temsil eder ve $h(t)$, tatillerin bir veya daha fazla gün içinde potansiyel olarak düzensiz programlarda meydana gelen etkilerini temsil eder. Hata terimi $\varepsilon(t)$, model tarafından barındırılmayan her türlü kendine özgü değişiklikleri temsil eder ve genellikle normal dağılım olarak modellenir (Taylor & Letham, 2018).

2.1.2. Polinom Regresyon

Polinom regresyon, yalnızca bir bağımsız değişken X ile çoklu regresyonun özel bir durumudur. Tek değişkenli polinom regresyon modeli Denklem (2) şeklinde ifade edilir.

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_i + \beta_2 x_i^2 + \beta_3 x_i^3 + \dots + \beta_k x_i^k, \quad (2)$$

$$i = 1, 2, \dots, n$$

k , polinomun derecesidir ve polinomun derecesi, modelin derecesidir (Ostertagová, 2012).

2.1.3. ARIMA

Box Jenkins modeli olarakta adlandırılan ARIMA modeli, ARMA (p, q), AR (p) ve MA (q) modellerinin bir kombinasyonudur. En iyi kullanımı tek değişkenli zaman serisi modellemesi içindir. AR (p) modelinde, bir değişkenin gelecekteki değerinin, geçmiş gözlemler ve rastgele bir hata teriminin doğrusal bir kombinasyonuna bağlı olduğu varsayılır. AR (p) modelinden farklı olarak, bir MA (q) modeli açıklayıcı değişkenler olarak geçmiş hataları kullanır. AR ve MA yalnızca tek değişkenli durağan zaman serilerine uygulanabilir. Bir zaman serisinin durağanlığını test etmek için birim kökün yapısını test etmemiz gerekir. Seri, seviyede durağan değilse, seriyi d ($d=1,2,3,\dots$) kez türev almamız gerekir. Böyle bir zaman serisi modeline ARIMA (p, d, q) modeli denir. ARIMA modelini kullanmak için gereken ilk adım, zaman serisinin durağanlığını test etmek ve bunun için Augmented Dicky Fuller Testi'nin (ADF) kullanılmasıdır. İkinci adım, Otokorelasyon Fonksiyonu (ACF) ve Kısmi Otokorelasyon Fonksiyonu (PACF) grafiklerini oluşturup AR(p) ve MA(q) değerlerini belirlemektir. Son olarak, ACF ve PACF tarafından hesaplanan parametreler içinde en iyisini bulmak için Akaike Bilgi Kriteri'ne (AIC) bakılmalıdır ve bulunan parametrelerle ARIMA modeli oluşturulmuş olur (Sahai ve ark., 2020).

2.1.4. Doğrusal Regresyon

Doğrusal regresyon bir tür regresyon modellemesidir ve makine öğreniminde tahmine dayalı analiz için en kullanışlı istatistiksel tekniktir. Doğrusal regresyondaki her gözlem bağımlı bağımsız değişken olmak üzere iki değere bağlıdır. Bu bağımlı(y) ve bağımsız(x) değişkenler arasında doğrusal ilişkiyi doğrusal regresyon belirler. Denklem (3), y'nin regresyon olarak bilinen x ile nasıl ilişkili olduğunu gösterir.

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \varepsilon \quad (3)$$

ε , doğrusal regresyonun hata terimini temsil eder ve x ve y arasındaki değişkenliği açıklamak için kullanılır. β_0 , doğrunun y eksenini kestiği noktayı temsil ederken β_1 eğimi temsil eder (Rustam ve ark., 2020).

2.1.5. Random Forest Regresyonu

Random Forest Regresyonu (RFR), orijinal örneklerden birden fazla örnek çıkarmak için Bootstrap örnekleme yöntemini kullanan ve ardından tahmin için karar ağaçlarını birleştiren istatistiksel bir öğrenme yöntemidir. Girdinin çıktısını yani sonucu almak için karar ağaçlarının verdiği ortalama tahmini alır. Random Forest Regresyon metodu klasik karar ağacı metodunun bir uzantısı olan ve tahmin doğruluğunu iyileştirmek için birden fazla karar ağacından oluşan topluluk öğrenme yöntemidir (Juo ve ark., 2016).

2.2. Performans Metrikleri

2.2.1. Ortalama Mutlak Yüzde Hatası (MAPE)

Ortalama mutlak yüzde hatası (MAPE), gerçek değerlerle tahmin edilmiş değerler arasındaki hatayı yüzdelik olarak temsil eden hata metriğidir. Bu performans metriği Denklem (4)'te gösterilmiştir.

Regresyon ve zaman serileri modellerinde doğruluğu ölçmek için ortalama mutlak yüzde hata sıkça kullanılmaktadır. Gerçek değerler arasında "0" değerleri varsa, 0 ile bölünme olmayacağı için MAPE'nin hesaplanması mümkün değildir. Çok düşük tahmin değerleri için yüzde hatası %100'ü geçemez, fakat gerçek değerlerden uzak tahmin değerleri olduğunda yüzde hatasının üst sınırı yoktur (Chai & Draxler, 2014).

$$MAPE = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - y_i'}{y_i} \right| \quad (4)$$

y_i : Gerçek değer

y_i' : Tahmin edilen değer

n : gözlem sayısı

2.2.2. Ortalama Mutlak Hata (MAE)

Ortalama mutlak hata (MAE), kolay yorumlanabilir olduğu sebebiyle regresyon ve zaman serisi problemlerinde sıkça kullanılmaktadır. Denklem (5)'te MAE performans metriğinin denklemi verilmiştir. MAE, iki sürekli değişken arasındaki farkın ölçüsüdür yani gerçekleşen ve tahmin edilen değerler arasındaki farkların mutlak değerlerinin toplamıdır. MAE değeri 0'dan ∞ 'a kadar değişebilir. (Chai & Draxler, 2014).

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - y_i'| \quad (5)$$

y_i : Gerçek değer

y_i' : Tahmin edilen değer

n : gözlem sayısı

2.2.3. Ortalama Karekök Sapması (RMSE)

Bir makine öğrenmesi modelinin, tahminleyicinin tahmin ettiği değerler ile gerçek değerleri arasındaki uzaklığın bulunmasında sıklıkla kullanılan, hatanın büyüklüğünü ölçen ikinci dereceden bir hata metriğidir ve Denklem (6)'da gösterildiği gibi hesaplanmaktadır. RMSE, gerçek değerlerle tahmin edilen değerler arasındaki farkın (tahmin hatalarının) standart sapmasıdır. Yani, tahmin hataları, regresyon hattının veri noktalarından ne kadar uzakta olduğunun bir ölçüsüdür; RMSE ise bu kalıntıların ne kadar yayıldığına bir ölçüsüdür. RMSE değeri 0'dan ∞ 'a kadar değişebilir. RMSE değerinin sıfır olması modelin hiç hata yapmadığı anlamına gelmektedir. RMSE'nin avantajı, büyük hataları daha fazla cezalandırmasıdır. Bu sebeple bazı durumlara daha uygun olabilir. RMSE, birçok matematiksel hesaplamada istenmeyen mutlak değer kullanılması engeller (Chai & Draxler, 2014).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - y'_i)^2} \quad (6)$$

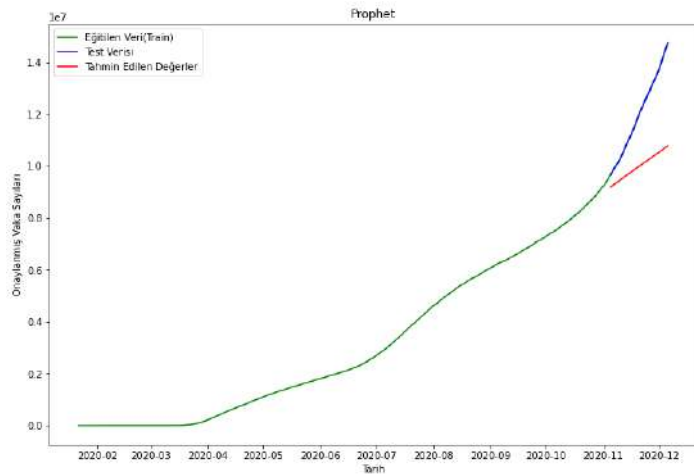
y_i : Gerçek değer

y'_i : Tahmin edilen değer

n : gözlem sayısı

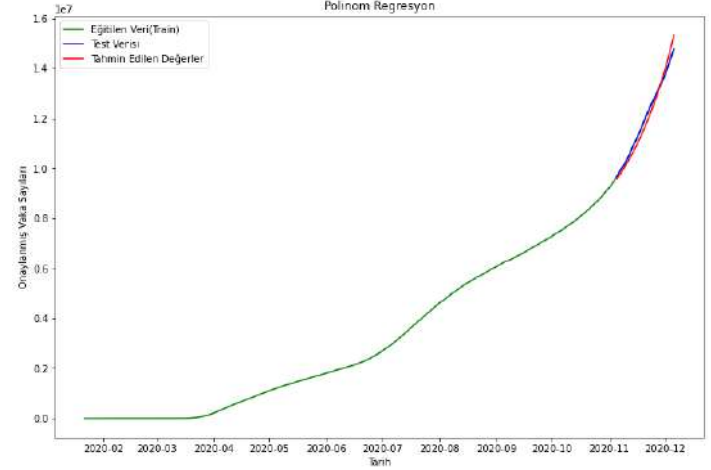
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Veri seti, sadece Prophet modelinin çalışması için ayrıca düzenlenmiş, tarih ve vakaların bulunduğu sütun isimleri sırasıyla "ds" ve "y" olarak adlandırılmıştır. Prophet haricinde kullanılan algoritmalar böyle bir düzenleme gerektirmediğinden sütunlar "Date" ve "Confirmed Cases" olarak bırakılmıştır. Şekil 3'te yeşil renkli doğru gerçekleşmiş vakaları temsil ederken, mavi renkli doğru test verisini, kırmızı renkli doğru ise tahmin edilen vaka değerlerini yansıtmaktadır. Hesaplanacak olan hata metrikleri, tahmin değerlerini yansıtan kırmızı doğrunun isabet ettiği vaka sayılarıyla test verisindeki vaka sayıları (mavi doğru) arasında değerlendirilmiştir. Çalışmada ABD verisi için Prophet modeliyle gerçekleştirilen tahminde gerçek veri ile test verisi arasında ortalama %16.1 oranında bir hata elde edilmiştir.



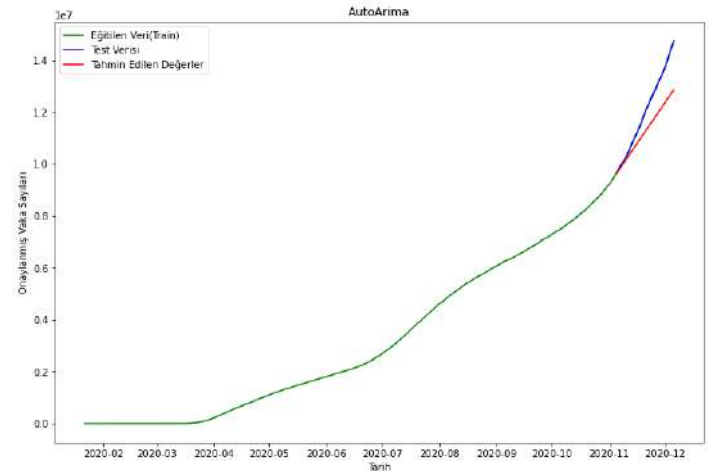
Şekil 3. Prophet ile Tahmin Edilen Vaka Sayısı Grafiği

Şekil 4'te gerçekleşen vaka sayısı, test verisi ve Polinom Regresyon ile tahmin edilen veriler gösterilmiştir. Tahmin edilen değerler ve gerçekleşen veriler arasında çok büyük fark olmadığı açıktır. Polinom Regresyonla oluşturulan ABD'nin doğrulanmış vaka verisine dair tahminler, en iyi MAPE değerini 6. derecede vermiş ve %1.86 olarak bulunmuştur.



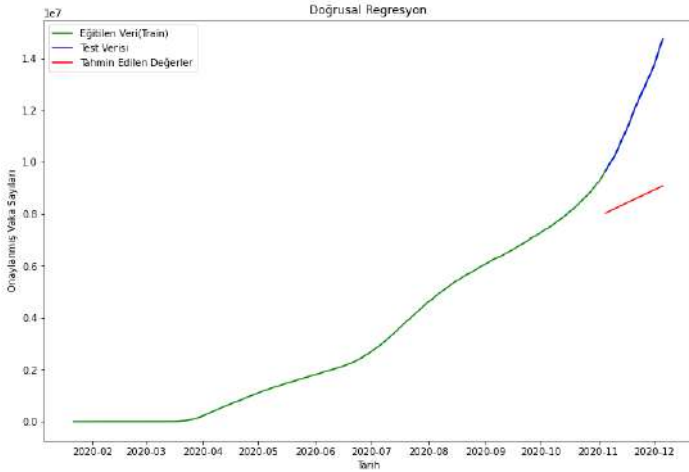
Şekil 4. Polinom Regresyon ile Tahmin Edilen Vaka Sayısı Grafiği

Çalışmada; ARIMA modelinin adımlarını otomatik olarak uygulayan, parametreleri Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Bayesian Bilgi Kriteri (BIC) kullanarak değerlendiren ve en optimal (p, d, q) değerlerini veren "auto.arima" modülü kullanılmıştır. Python ve R programlama dillerinde bulunan autoarima'nın en büyük avantajlarından biri klasik ARIMA modellerinden daha hızlı uygulanmasıdır. Model çalıştırılığında, otomatik olarak bulunan en optimal (p, d, q) değerlerini AIC ve BIC değerlerine göre inceleyip en optimal (p, d, q) değerlerini sırasıyla (2, 2, 2) olarak bulmuştur. AIC ve BIC değerleri de sırasıyla 5681.68 ve 5699.96'dır. Autoarima ile gerçekleştirilen tahminlerin test verisine göre; MAPE hata değeri %8.63, RMSE değeri 2757813 ve MAE değeri 769664 olarak bulunmuştur. Şekil 5'te görüldüğü gibi, ARIMA'nın gerçeğe yakın sonuçlar verdiği açıktır ve performans metriklerine bakıldığında da ARIMA modelinin tahminleme için başarılı bir model olduğunu yorumu yapılabilir.



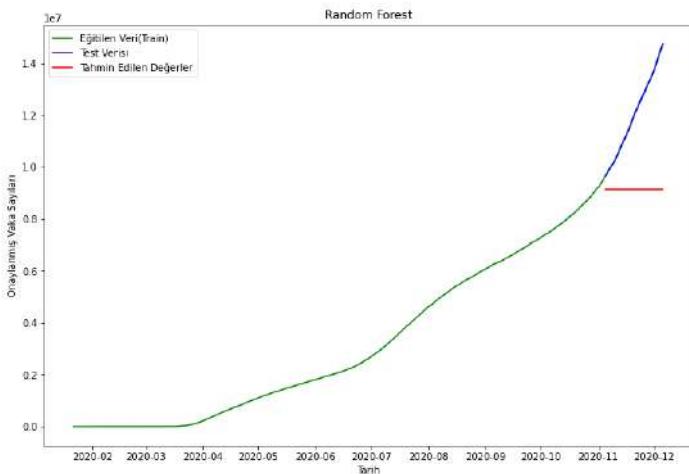
Şekil 5. ARIMA ile Tahmin Edilen Vaka Sayısı Grafiği

Doğrusal Regresyon kullanılarak eğitilen veri ile gerçek değerler Şekil 6'da gösterilmiştir. Test verisi ve tahmin değerleri arasında elde edilen hata oranları MAPE için %27.99, RMSE için 3672745 ve MAE için 3467277 olarak bulunmuştur. ABD'nin doğrulanmış vaka sayıları doğrusal olmadığı gibi dalgalanma da gösterdiği için doğrusal regresyonun hata oranlarının diğer modellere göre yüksek çıkması öngörülen bir sonuçtur. Şekil 6'da görüldüğü gibi, doğrusal regresyonla tahmin edilen vaka değerleri ve test verisi birbiri üstüne tam olarak denk gelmemiştir. Bu da hata metriklerinin yüksek çıkmasını somut olarak desteklemektedir.



Şekil 6. Doğrusal Regresyon ile Tahmin Edilen Vaka Sayısı Grafiği

Random Forest algoritmasının uygulamasında hiperparametre optimizasyonu RandomizedSearchCV modeli kullanılarak gerçekleştirilmiştir ve veri seti için en iyi parametreler tahmin edilmiştir. Random Forest algoritmasından elde edilen sonuçlar incelendiğinde, COVID-19 vaka tahmini için uygun bir algoritma olmadığı açıkça görülmektedir. Test verisi ve tahmin değerleri karşılaştırıldığında elde edilen hata oranları, MAPE için %22.64 olarak hesaplanmıştır. Şekil 7'de Random Forest ile tahmin edilen vaka sayısı grafiği de algoritmanın uygunsuzluğunu desteklemektedir.



Şekil 7. Random Forest ile Tahmin Edilen Vaka Sayısı Grafiği

Tablo 1'de algoritmaların hata değerleri verilmiştir. Tabloya bakarak Polinom Regresyon algoritmasıyla ABD'de gelecek günler için üretilen vaka sayılarının doğruluğunun diğer modellere göre daha güvenilir olduğu söylenebilir.

Tablo 1. Algoritmaların Performans Metrikleri

Model	%MAPE	RMSE	MAE
Prophet	16.10	2295085	2039241
Polinom Regresyon	1.86	255181	227757
ARIMA	8.63	2757813	769664
Doğrusal Regresyon	27.99	3672745	3467277
Random Forest	22.64	3253735	2874023

4. Sonuç

COVID-19 tüm dünyayı etkisine aldığı gibi her gün bir önceki günden daha fazla kişiyi etkileyen ve hala hızla yayılımını sürdüren bir salgın hastalıktır. Pandemi sürecinde yayılımı modellemek, vaka sayılarını tahminlemek, kaynak planlaması yapmak ve lojistik kısıtlarla ilgili birçok çalışma yapılmıştır ve yapılmaya devam etmektedir. Vaka tahminlemesine dair makine öğrenmesi çalışmalarında çeşitli algoritmalar birbiriyle karşılaştırılırken farklılık gösteren sonuçlar bulmak kaçınılmaz olacaktır. Çünkü üzerinde çalışılan veri seti ve algoritmaların kullandığı parametreler gibi birçok değişken sonuçları etkileyebilir.

Çalışmamızda, makine öğrenmesi algoritmalarıyla vaka tahminlemeleri yaparak bu algoritmalar karşılaştırılmış ve sonuçlar analiz edilmiştir. ABD veri setine uygulanan algoritmalar içinde belirli oranda kullanılmak üzere ayrılan vaka sayısı (test verisi) tahmin edilen vaka sayısının en çok uyum gösterdiği algoritma %1.86 MAPE oranıyla Polinom Regresyon olmuştur ve bunu sırasıyla ARIMA, Prophet, Random Forest ve Doğrusal Regresyon algoritmaları takip etmiştir. Pandemi sürecinde problem yaratan durumlardan biri belirsizliklerin fazla ve bu sürecin dinamik olmasıdır. Dolayısıyla mümkün olduğunca gerçeğe yakın senaryolar oluşturmak halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Sonuç olarak, Polinom Regresyon algoritması kullanılarak ABD için yapılacak olan kaynak atama problemlerine, aşı dağıtım modeline, hastaneye gelecek olası hasta sayısına, hastanedeki ekipmanların muhtemel kullanım oranına, yoğun bakımdaki hasta sayısına dair planlamaların düşük hata ile yapılabileceği öngörülmektedir. Gelecek çalışmalarda, farklı ülkelerin vaka sayıları ile bu algoritmalar tekrar denenecek tahmin edilebilir ve performans metriği en başarılı olan algoritmalar kullanılarak planlamalara dair ülke bazlı stratejiler oluşturulabilir.

Kaynakça

- Awan, T. M., & Aslam, F. (2020). Prediction of daily COVID-19 cases in European countries using automatic ARIMA model. *Journal of Public Health Research*, 9(3), 227-233. <https://doi.org/10.4081/jphr.2020.1765>.
- Chai, T., & Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE)?. *Geosci. Model Dev.*, 7, 1247-1250. <https://doi.org/10.5194/gmd-7-1247-2014>.
- Date, S., & Deshmukh, S. (2020). Forecasting novel COVID-19 confirmed cases in India using Machine Learning Methods, *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 8(6), 57-62. <https://doi.org/10.26438/ijcse/v8i6.5762>.
- Juo, J., Shi, T., & Chang, J., (2016). Comparison of Random Forest and SVM for Electrical Short-term Load Forecast with Different Data Sources. *7th IEEE International Conference on Software Engineering and Service Science (ICSESS)*, Beijing, 1077-1080, <https://doi.org/10.1109/ICSESS.2016.7883252>.
- Keleş, M. B., Keleş, A., & Keleş, A. (2020). Yapay Zekâ Teknolojisi ile Uçuş Fiyatı Tahmin Modeli Geliştirme. *Turkish Studies - Applied Sciences*, 15(4). 511-520. <https://dx.doi.org/10.29228/TurkishStudies.45993>.
- McCoy, T. H., Pellegrini, A. M., & Perlis, R. H. (2018). Assessment of Time-Series Machine Learning Methods for Forecasting Hospital Discharge Volume. *JAMA Netw Open*, 1(7). <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2018.4087>.
- Nunno, L. (2014). Stock Market Price Prediction Using Linear and Polynomial Regression Models.
- Ostertagová, E. (2012). Modelling using polynomial regression. *Procedia Engineering*, 48, 500-506. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.09.545>.
- Papacharalampous, G. A., & Tyrallis, H., (2018). Evaluation of random forests and Prophet for daily streamflow forecasting. *Advances in Geosciences*, 45, 201-208. <https://doi.org/10.5194/adgeo-45-201-2018>.
- Rustam, F., Reshi, A. A., Mehmood, A., Ullah, S., On, B., Aslam, W., & Choi, G. S. (2020). COVID-19 Future Forecasting Using Supervised Machine Learning Models, *IEEE Access*, 8, 101489-101499. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2997311>.
- Sahai, A. K., Rath, N., Sood, V., & Singh, M. P. (2020). ARIMA modelling&forecasting of COVID-19 in top five affected countries. *Diabetes & Metabolic Syndrome: Clinical Research & Reviews*, 14(5), 1419-1427. <https://doi.org/10.1016/j.dsx.2020.07.042>.
- Sevli, O., & Başer, V. G. (2020). COVID-19 Salgımına Yönelik Zaman Serisi Verileri ile Prophet Model Kullanarak Makine Öğrenmesi Temelli Vaka Tahminlemesi. *European Journal of Science and Technology*, 19, 827-835. <https://doi.org/10.31590/ejosat.766623>.
- Taylor, S. J., & Letham, B. (2018). Forecasting at Scale. *The American Statistician*, 72 (1), 37-45. <https://doi.org/10.1080/00031305.2017.1380080>.
- The New York Times. (2020). Coronavirus (Covid-19) Data in the United States, 14 Aralık 2020 tarihinde github sitesi: <https://github.com/nytimes/covid-19-data> adresinden alındı.



Organik ve Mineral Gübre Uygulamalarının Patates (*Solanum tuberosum* L.) Bitkisinde Verim ve Toprak Mikrobiyal Aktivitelerine Etkisi

Mehmet Bahadırılı^{1*}, Kemal Doğan²

¹ Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Hatay, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1242-6485), mhmtbhdrl@gmail.com

² Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Hatay, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5448-0009), dogankem@hotmail.com

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.846045)

ATIF/REFERENCE: Bahadırılı, M. & Doğan, K. (2021). Organik ve Mineral Gübre Uygulamalarının Patates (*Solanum tuberosum* L.) Bitkisinde Verim ve Toprak Mikrobiyal Aktivitelerine Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 140-145.

Öz

Bu araştırmada, Hatay ili Reyhanlı ilçesinde ana ürün olarak yetiştirilen patates (*Solanum tuberosum* L.) bitkisinde, organik ve mineral gübre uygulamalarının, verim ve bazı toprak mikrobiyal aktivitelere etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma, 2019-2020 yıllarında tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç yinelemeli olarak yürütülmüştür. Ana parsellerde çeşitler (Madeleine-Ç1, Melody-Ç2), alt parsellerde ise gübre uygulamaları (mineral gübre (MG1; MG2), ahır gübresi (AG1; AG2), solucan gübresi (SG1; SG2), Kompoze organik (AG1; SG1) ve organo-mineral (MG/2ÇG1; MG/2SG1)) yer almıştır. Çalışmada parsellerin yumru verimi, toprak solunumu (CO₂ üretimi), dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA) ve mikrobiyal biyomas karbon (MBC) içerikleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre en yüksek verim değerleri Madeleine çeşidinde kompoze organik gübre uygulamasından (AG1SG1) 5701 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. CO₂ aktivitesi 9,3-17,3 µg gkt⁻¹ aralığında değişim gösterirken en yüksek Madeleine çeşidinde AG2 uygulamasından elde edilmiştir. DHA değerleri 152,7-675,2 µg TPF gkt⁻¹ aralığında değişim gösterirken en yüksek Melody çeşidinde AG2 uygulamasında belirlenmiştir. MBC değerleri 64,2-222,6 µg gkt⁻¹ en yüksek Melody çeşidinde AG2 uygulamasında belirlenmiştir. CO₂ ve DHA aktivitesi çeşit farklılığında istatistiki olarak etkilenmezken yumru verimi ve MBC aktivitesi etkilendiği belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre organik ve organo-mineral uygulamaların incelenen parametreler üzerinde istatistiki açıdan önemli (p<0,05) artışlara neden olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Solucan gübresi, Çiftlik Gübresi, Toprak Mikrobiyal Aktivitesi, Patates.

The Effect of Organic and Mineral Fertilizer Applications on Yield and Soil Microbial Activities in Potato (*Solanum tuberosum* L.)

Abstract

This research was carried out to determine the effects of organic and mineral fertilizer applications on yield and some soil microbial activities in two potato (*Solanum tuberosum* L.) varieties (Madeleine and Melody). In this research, two potato varieties were cultivated in Reyhanlı (Hatay) field conditions during 2019-2020. The field trials were design as randomized block design split plots with three replicates. Varieties were in main plots while fertilizers were in sub-plots. Fertilizer applications were mineral fertilizer (MG1; MG2), barn manure (AG1; AG2), worm manure (SG1; SG2), composed organic (AG1; SG1) and organo-mineral (MG / 2ÇG1; MG / 2SG1). In the study, tuber yield (kg da⁻¹), soil respiration (CO₂ production), dehydrogenase enzyme activity (DHA) and microbial biomass carbon (MBC) contents were determined. The highest yield values were obtained from the composed organic fertilizer application (AG1SG1) as 5701 kg da⁻¹ in the Madeleine variety. CO₂ activities varied between 9,3-17,3 µg gkt⁻¹, while the highest result was obtained from AG2 application in Madeleine variety. DHA values varied between 152,7-675,2 µg TPF gkt⁻¹, the highest result was determined in AG2 application in Melody variety. MBC values were ranged between 64,2-222,6 µg gkt⁻¹, the highest result were obtained in the AG2 application in the Melody variety. The results showed that CO₂ and DHA activity were not statistically affected by

* Sorumlu Yazar: mhmtbhdrl@gmail.com

variation, however tuber yield and MBC activity were found affected by the varieties. According to the results of the research, it was determined that organic and organo-mineral applications caused statistically significant ($p < 0,05$) increases on the parameters examined.

Keywords: Vermicompost, Farm Manure, Soil Microbial Activity, Potato.

1. Giriş

İnsan beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olan patates (*Solanum tuberosum* L.) dünyada pirinç, mısır ve buğdaydan sonra gelen en önemli yiyecek ürünüdür (Karam et al., 2009; Kandil et al., 2011; Suh, 2015). Anavatanı Güney Amerika'nın And dağları olan patatesin buradan Avrupa'ya ve daha sonra Kafkaslar üzerinden ülkemize geldiği düşünülmektedir. Günümüzde kuzey ve güney yarım kürede çok geniş iklim kuşaklarında yetiştiriciliği yapılabilmektedir. Dünyada patates üretimi 17,5 milyon ha alanda 368 milyon ton olarak gerçekleşmektedir. Bu üretimin %51'i sırasıyla Çin, Hindistan ve Rusya'da yapılmaktadır ve Türkiye bu listede 16. sırada yer almaktadır (FAO 2018). Ülkemizde patates yetiştiriciliği 140.896 ha alanda yapılırken toplam üretim yaklaşık 5 milyon ton olup ortalama verim 353,8 kg/ha olarak belirtilmiştir (TÜİK, 2019). Ülkemizin hemen her bölgesinde (yaklaşık 66 il) yetiştirilmekle birlikte, Niğde, Afyonkarahisar ve Konya illeri toplam üretimin yaklaşık %40'ını karşılamaktadır. Hatay ilinde ise özellikle Reyhanlı, Kumlu ve Antakya ilçelerinde üretimi yapılmaktadır, ilin toplam ekim alanı 1837,9 ha alanda olup üretim miktarı 69230 tondur (TÜİK, 2019).

Kimyasal gübreler, tarımsal üretimlerde verimi arttırdığı için büyük talepte görmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır. Dengeli ve ekonomik olmak koşulu ile gübrelemenin diğer tüm tarımsal girdilere göre bitkisel üretimde verim üzerindeki payının daha yüksek olduğu yapılan araştırmalarla kanıtlanmış durumdadır. Gübre kullanımının bitkisel üretim artışındaki payı %50-75 arasında değişmekte olup, ülkemiz ve dünyanın her yerinde bitkisel verim artışı ve gübre tüketimi arasında çok yüksek bir ilişki vardır (Eyüpoğlu, 2002; Polat, 2020). Taban ve nitratlı gübrelerde katkı maddesi olarak kullanılan kireç taşı, kil ve dolomit haricinde gübre üretiminde kullanılan girdiler tamamen ithal olarak temin edilmektedir. Hergeçen gün artan nüfusu besleme kaygılarıyla uygulama oranı artan kimyasal gübreler, verimli toprakların azalmasına neden olmaktadır. Düzensiz ve aşırı kimyasal gübre uygulamaları besin elementi döngülerine, mikrobiyal aktivitelere, çevresel sorunlara ve pahalı önlemlere neden olduğu için biyolojik gübrelemeler önem kazanmaya başlamıştır (Kannaiyan, 2002; Taheri ve ark., 2012). Organik gübre uygulamaları ürün verim ve kalitesini önemli derecelerde etkilemektedir. Aşırı mineral gübre kullanımı yanında azalan organik materyal içerikleri tarım topraklarımızın kalite unsurlarını tehdit etmektedir (Sarioğlu ve ark., 2017). Organik gübrelemenin yalnızca besin elementi sağlama açısından değil aynı zamanda toprakta düzenleyici özellikleri ile sürdürülebilir verimlilik unsurlarını muhafaza etmesi gibi etkilerle de verimin artmasında önemli bir rol üstlenmiştir. (Tejada et al., 2003; Perez et al., 2007; Sarioğlu, 2017).

Patates yetiştiriciliğinde öncelikli olarak mineral gübreler kullanılırken günümüzde organik gübrelerin tek başına ya da mineral gübrelerle uygulanması önem kazanmıştır. Yapılan pek çok çalışma ile patates yetiştiriciliğinde organik ve organomineral gübre uygulamalarının mineral gübre uygulamaları ile verim ve kalite açısından benzer sonuçlar ortaya koyduğu görülmüştür. Kurt (2019), tarafından yürütülen bir çalışmada azot+solucan

gübresi uygulamasının fosfor+solucan gübresi, amonyum sülfat, triple süper fosfat uygulamalarına göre verimi daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Benzer bir çalışmada mineral gübrelerin tek başına ve organik gübrelerle birlikte kullanıldığı uygulamalarda en yüksek yumru verimi organomineral gübre uygulamasından elde edilmiştir (Boke, 2014). İlave olarak pek çok çalışmada kompost, fermente gübre ve solucan gübresinin mineral gübre yerine tercih edilebileceği belirtilmiştir (Eleroğlu ve Korkmaz, 2016; Yourtchi ve ark., 2013).

Farklı gübre karışımlarının, toprak kalite unsurlarından mikrobiyal aktivitelere olumlu etkileri olduğu ve tarımsal maliyetleri düşürdüğü bazı araştırmacılar tarafından belirlenmiştir (Stark ve ark., 2007; Cerny ve ark., 2010). Mandic ve ark. (2011) tarafından yapılan bir araştırmada patates bitkisinde farklı organik ve mineral gübrelemeler kullanılarak toprak mikrobiyal aktivitelere etkileri araştırılmış ve araştırma sonuçlarına göre çiftlik gübresi uygulamalarının patates verimini ve toprak mikrobiyal aktivitelerini arttırdığı belirlenmiştir. Benzer bir araştırma sonuçlarına göre Suh ve ark., (2015), Kamerun'da patates bitkisinde organik ve mineral gübre uygulamalarının bitki gelişimi ve verime etkilerini belirlemiştir. Araştırma sonuçlarına göre, mineral gübre uygulamaları toprak pH'nı düşürmüş, çiftlik gübresi ise, organik madde oranını, değişebilir katyonları arttırmıştır. Organik ve mineral gübrelerle yapılan başka bir araştırmada Ioveno ve ark. (2009), Akdeniz iklimi topraklarında toprak solunumu (CO_2 üretimi) ve enzim aktivitelerini belirlemiştir. Araştırma sonuçlarına göre, organik materyal uygulamalarının toprak mikrobiyal aktivitelerini arttırdığı tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, Hatay ili koşullarında farklı patates çeşitlerine uygulanan solucan, çiftlik ve kimyasal gübre dozlarının verim ve kök bölgesi mikrobiyal aktivite parametrelerinden toprak solunumu, enzim aktivitesi ve mikrobiyal biyomas karbon içeriklerine etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma Hatay ili Reyhanlı ilçesi çiftçi koşullarında 2019-2020 yıllarında yürütülmüştür. Deneme materyali olarak bölgede en çok yetiştiriciliği yapılan çeşitlerden Madeleine (erkenci) ve Melody (orta-erkenci) çeşitleri seçilmiştir.

Araştırma toprakları Reyhanlı toprak serisi özellikleri göstermektedir. Söz konusu seri toprakları alüviyal ana materyallerin depolandığı nehir terasları üzerinde oluşmuştur. Düz eğimde oluşan seri toprakları derin profilli ve AC horizon dizilimine sahiptirler (Kılıç ve ark., 2008). Deneme alandan alınan toprak örnekleri üzerinden yapılan analiz sonuçlarına göre, pH 7,85, tuz %0,024, kireç %27, organik madde %0,65, K_2O 93 kg da⁻¹, P_2O_5 3,21 kg da⁻¹ ve toprak bünye sınıfı killi tın olarak belirlenmiştir. Deneme öncesi toprakların CO_2 , DHA ve MBC içerikleri ise sırasıyla 8,3 µg g kt⁻¹, 122,4 µg TPF g kt⁻¹ ve 82,3 µg g kt⁻¹ olarak belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan solucan gübresinin (SG) pH değeri 7,5, organik madde içeriği %43 ve N, P_2O_5 , K_2O değerleri ise sırasıyla %2,4-2,1-2,3 olarak bulunurken çiftlik gübresi (ÇG) organik madde içeriği, %48, N, P, K içerikleri sırasıyla %1,8-0,15-0,67'dir. pH değeri ise 7,8

olarak belirlenmiştir. Denemenin yürütüldüğü bölgenin iklimi, tipik Akdeniz iklim özelliklerine sahip, yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır, yetiştiriciliğin yapıldığı şubat-temmuz aylarına ait 2019, 2020 ve uzun yıllar iklim (UYO) verileri Tablo

1.'de verilmiştir. Tablo değerleri incelendiğinde yetiştiricilik döneminde her iki yılda da ortalama sıcaklık uzun yıllar ortalamasıyla benzerlik gösterirken, toplam yağış miktarında farklılıklar olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Deneme Alanına Ait İklim Özellikleri*

Aylar	Ortalama sıcaklık (°C)			Toplam yağış (mm)		
	2019	2020	UYO	2019	2020	UYO
Şubat	10,51	9,58	11,8	42,0	95,0	75,2
Mart	12,97	14,94	15,8	55,6	77,0	10,2
Nisan	16,37	18,10	19,2	60,6	54,0	15,0
Mayıs	23,85	23,24	23,8	0,4	26,0	18,0
Haziran	27,65	25,2	26,5	1,0	10,0	3,8
Temmuz	29,03	29,54	28,8	0,4	1,0	0,4
Ortalama/Toplam	20,06	20,10	20,98	160,0	263,0	122,6

*Hatay Meteoroloji İl Müdürlüğü

Deneme tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç yinelemeli olarak kurulmuştur. Çalışmada çeşitler ana parsellere gübre uygulamaları ise alt parsellere yerleştirilmiştir. Denemede 9 farklı gübre uygulamasının (Mineral gübre (MG1;MG2), ahır gübresi (AG1;AG2), solucan gübresi (SG1;SG2), ahır+solucan gübresi (AG1+SG1), mineral+ahır gübresi (MG/2+AG1) ve mineral+solucan gübresi (MG/2+SG1)) etkileri incelenmiştir.

Deneme parsel uzunlukları 5 metre, parsel genişlikleri 2,8 metre ve parseller arasında 1 metre boşluk olacak şekilde planlanmıştır. Patates yumruları, deneme topraklarına şubat ayı içerisinde ekilmiştir. Ekim öncesi mineral ve organik gübreler deneme öncesi toprak analizlerine gübre varyantlarına uygun olarak yapılmıştır. Hasat zamanına kadar bir defa ara çapası yapılmış, bir defa yabancı ot ilacı ve iklim koşullarına göre belirlenmek şartıyla farklı dönemlerde fungusit (mantar ilacı) atılmıştır. Başlardan birer sıra ve diğer kenarlardan 50'şer cm kenar tesiri olarak atılmıştır.

Toprak mikrobiyal analizleri hasat zamanı alınan kök bölgesi toprak örnekleri üzerinde hava kurusu topraklarda yapılmış ve fırın kuru toprak ağırlıkları üzerinden hesaplanmıştır. Toprak mikrobiyal analizlerinden, toprak solunumu (CO₂ üretimi), dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA) ve mikrobiyal karbon (MBC) içerikleri sırasıyla, Isermayer (1952), Thalman (1967) ve Öhlinger (1993)'e göre yapılmıştır. Tüm parsel hasat edilerek parsel yumru verimi hesaplanmıştır.

Çalışmada incelenen özelliklere ait istatistiksel veriler MSTAT-C paket programı kullanılarak tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalara ait istatistiksel farklılıklar DUNCAN testi ile gruplandırılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Yumru verimi (kg da⁻¹)

Araştırmada uygulamalar sonucunda elde edilen iki yıllık ortalama yumru verimleri Tablo 2'de verilmiştir. Yumru verimleri incelendiğinde çeşitler arasında istatistiki olarak %5 seviyesinde önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. Çeşitlerin ortalama yumru verimleri Madeleine çeşidinde 2464-5701 kg da⁻¹ aralığında, Melody çeşidinde 2262-5030 kg da⁻¹ aralığında değişim

göstermiştir. En yüksek yumru verimi Madeleine çeşidinden AG1SG1, (MG1/2)AG1, (MG1/2)SG1 uygulamalarından sırasıyla, 5701, 5651, 5637 kg da⁻¹ tespit edilmiştir. En düşük verimler ise her iki çeşitte kontrolden elde edilmiştir.

Araştırma uygulamaları incelendiğine kompoze organik gübre (AG1SG1) ve organamineral gübre ((MG1/2)AG1, (MG1/2)SG1) uygulamalarının verim değerlerini önemle derecede artırdığı söylenebilir. Mineral gübre uygulamalarının ikinci doz uygulaması birinci doz uygulamasından 2 kat fazla olmasına rağmen yumru verimini önemli derecede düşürmüştür. Benzer bir sonuç Çukurova koşullarında farklı azot dozlarının verime etkisinin incelendiği bir çalışmada da görülmüştür. Bu çalışmada değerler istatistiki olarak aynı gurpta yer alsada artan azot dozlarıyla verimde düşüş olmuştur (Akpınar ve ark., 2019). Suh ve ark. (2015) organik ve mineral gübre karışımlarıyla patates bitkisinde yaptıkları araştırmada, en yüksek yumru verimini organomineral gübre uygulamalarından 7,63-10,87 ton ha⁻¹ bulmuştur. Farklı azot (50, 100 ve 150 kg ha⁻¹) ve solucan gübresi (4,5, 9, 12 ton ha⁻¹) uygulamalarının patates verimine etkisinin incelendiği bir çalışmada en yüksek yumru verimi 150 kg ha⁻¹ azot gübresi ve 12 ton ha⁻¹ solucan gübresi uygulamalarından sırasıyla 4290 kg da⁻¹, 3840 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir (Yourtchi ve ark., 2013). Mineral, organik ve organomineral gübre uygulamalarının yumru verimine etkisinin incelendiği farklı bir çalışmada mineral gübre uygulamalarının tek başına verim artışı için yeterli olmadığı ancak çiftlik gübresiyle birlikte uygulandığında yumru verimini artırdığı belirlenmiştir (Boke, 2014). Bu çalışmada en yüksek verim ise çiftlik gübresi azot-fosfor-potasyum kombinasyonundan 4,13 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Akal (2016) tarafından yürütülen bir çalışmada organik, inorganik azot ve bunların kombinasyonlarının patatesten yumru verimine etkisi incelendiğinde en yüksek verim 2589,2 kg da⁻¹ ile 1000 kg da⁻¹ organik gübre+7,5 kg N da⁻¹ uygulamasından elde edilmiştir. Madeleine çeşidinde kullanıldığı bir çalışmada organomineral (%20 organik madde, 8-21-0+Zn), kompost (1 t da⁻¹) gübrelerin ve tavuk gübresinin (1 t da⁻¹) yumru verimine etkisi incelenmiştir. Çalışmada en yüksek yumru verimi Arizona çeşidinde organomineral gübre uygulamasından 9936 kg da⁻¹ olarak elde edilirken Madeleine çeşidinde uygulamalara göre verim 5588-6459 kg da⁻¹ (kompost) aralığında tespit edilmiştir (Eleroğlu ve Korkmaz, 2016). Kurt (2019) tarafından yürütülen bir çalışmada mineral (amonyum sülfat ve triple süper fosfat) ve organik (leonardit ve solucan gübresi) gübrelerin ayrı ayrı ve birlikte

uygulandığında patates verimine etkisi incelenmiştir. Çalışmada en yüksek verim organomineral gübre uygulamasından 3562,3 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Çalışmalar değerlendirildiğinde patates üretiminde kullanılan çeşit sayısının fazla olması, yetiştirilen alanların toprak ve iklim koşullarının farklı yumru verim

değerlerinde rakamsal farklılıklar ortaya koysada genel olarak mineral gübrenin tek başına kullanımı yerine organomineral gübre olarak kullanımının verim artışına olumlu etkileri olduğu söylenebilir.

Tablo 2. Gübre Uygulamalarının Yumru Verimi (kg da⁻¹), CO₂ (µg gkt⁻¹), DHA (µg TPF gkt⁻¹) ve MBC (µg gkt⁻¹) Aktivitelerine Etkileri*

Gübre Dozları	Yumru Verimi		CO ₂		DHA		MBC	
	Ç1	Ç2	Ç1	Ç2	Ç1	Ç2	Ç1	Ç2
Kontrol	2464 I	2262 I	9,3 CD	12,5 BC	152,7 H	156,0 H	90,8 H-J	133,3 EF
MG1	5235 B	4662 DE	15,5 AB	13,0 A-C	246,6 DE	250,8 DE	132,4 EF	151,3 C-E
MG2	4236 F	3631 G	13,9 AB	13,1 A-C	163,0 GH	249,5 DE	120,3 FG	163,7 CD
AG1	4403 EF	4529 D-F	14,4 AB	15,8 AB	344,2 C	217,6 EF	166,5 CD	103,9 G-I
AG2	4564 DF	4811 CD	17,3 A	15,3 AB	493,5 B	675,2 A	168,7 C	222,6 A
SG1	5043 BC	3671 G	13,7 AB	13,3 A-C	200,1 F	198,7 FG	84,6 IJ	109,8 GH
SG2	5282 B	5030 BC	13,3 A-C	12,4 BC	217,0 EF	223,1 D-F	111,3 GH	78,1 JK
AG1SG1	5701 A	4986 BC	14,0 AB	11,9 BC	315,6 C	244,2 DE	231,9 A	64,2 K
(MG1/2)AG1	5651 A	3332 H	13,9 AB	14,5 AB	256,5 D	196,8 FG	199,7 B	108,5 GH
(MG1/2)SG1	5637 A	4552 D-F	12,0 D	12,0 D	196,1 FG	158,4 H	147,3 DE	167,7 C
Genel ortalama	4822 A	4147 B	13,7 A	13,4 A	258,5 A	257,0 A	145,3 A	130,3 B

* Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında, p<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak fark yoktur

3.2. CO₂ Üretimi (µg gkt⁻¹)

Araştırma uygulamalarının kök bölgesi topraklarının CO₂ üretimine etkileri Tablo 2'de verilmiştir. Genel ortalama sonuçlarına göre, çeşitler arasındaki CO₂ farklılıkları Madeleine ve Melody'de 13,7 ve 13,4 µg gkt⁻¹ olarak belirlenmiştir. Madeleine çeşidinin ortalama sonuçları ise 9,3 (kontrol) ile 17,3 µg gkt⁻¹ (AG2) değerleri arasında farklılıklar göstermiştir. Kontrol hariç en düşük ortalama değer 12 µg gkt⁻¹ olarak (MG1/2)SG1 varyantlarında belirlenirken en yüksek değerler AG2, MG1, AG1 ve (MG1/2)AG1 varyantlarında sırasıyla, 17,3, 15,5, 14,4 ve 13,9 olarak belirlenmiştir. Melody çeşidinin ortalama sonuçları ise 11,9 ve 15,8 µg gkt⁻¹ değerleri arasında farklılıklar göstermiştir. Kontrol hariç en düşük ortalama değerleri AG1SG1 uygulamasında 11,9 (MG1/2)SG1 uygulamasında 12 ve SG2 uygulamasında 12,4 µg gkt⁻¹ olarak belirlenirken en yüksek AG1 uygulamasında 15,8 AG2 uygulamasında 15,3 ve (MG1/2)AG1 uygulamasında 14,5 µg gkt⁻¹ olarak belirlenmiştir.

Toprak solunumu değerlerinin uygulamalarla değişimlerine göre bitki çeşit farklılığından kaynaklanan önemli sonuçlar belirlenmemiştir. Bununla beraber gübre uygulamaları CO₂ değerlerinde önemli (p<0,05) farklılıklara neden olmuştur. Mineral gübre varyantının birinci dozundan (MG1) daha yüksek CO₂ değerleri veren organik uygulamalar sırasıyla, AG1 ve AG2 olarak belirlenirken (MG1/2) AG1 organo-mineral uygulaması mineral gübre uygulamalarıyla yakın değerler vermiştir. Araştırma uygulamaları CO₂ değerlerinde önemli derecede farklılıklara neden olmuştur. Yapılan benzer bir çalışmada Mandic *e-ISSN: 2148-2683*

ve ark. (2011), patates bitkisine uygulanan farklı mineral ve organik gübrelemelerin toprak mikrobiyal aktivitelerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda çiftlik gübresi uygulamalarının mikroorganizma sayısını arttırdığı belirlenmiştir. Bununla beraber mineral gübre uygulamalarının organik mikroorganizma sayısını azalttığı bildirilmiştir. Aşırı olmayan teşvik seviyesindeki mineral gübre uygulamaları toprak mikrobiyal aktivitesini artırabilir (Fauci and Dick, 1994; Doğan ve ark., 2016). Bununla beraber yüksek dozda ve uzun süreli yapılan özellikle azotlu mineral gübrelemeler toprakların yalnızca mikrobiyal aktivitelerine değil aynı zamanda fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine de zarar verir, toprak kalitesinin düşmesine neden olur (Ayoola and Adeniyen, 2006; Doğan ve ark., 2011). Iovieno ve ark. (2009) tarafından yapılan bir araştırmada, organik ve mineral gübre uygulamalarının CO₂ ve enzim aktivitelerine etkileri araştırılmış ve araştırma sonuçlarına göre, organik uygulamaların CO₂ değerlerini artırdığı belirlenmiştir. Yapılan benzer birçok araştırma sonuçlarına göre, organik materyal uygulamaları toprak solunumunu ve enzim değerlerini dolayısıyla toprak mikrobiyal aktivitelerini arttırdığı belirlenmiştir (Bastida ve ark., 2008; Iovieno ve ark., 2009; Doğan ve ark., 2016). Yılmaz ve Kurt (2018) tarafından yapılan bir çalışmada biyokömür ve vermikompost uygulamalarının CO₂ üretimini istatistiki olarak etkilemediği belirlenirken, çalışmamızda uygulamaların üretim değerini etkilediği görülmüştür.

3.3. Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi (µg TPF gkt⁻¹)

Uygulamaların dehidrogenaz enzim aktivitesine (DHA) etkileri Tablo 2’de verilmiştir. Genel ortalama sonuçlarına göre patates çeşitlerinin DHA üzerindeki etkileri benzer çıkmıştır. Tüm uygulamaların DHA değerleri kontrol değerlerinden daha yüksek bulunmuş ve bu artışlar önemli ($p<0,05$) bulunmuştur. Madeleine çeşidinin ortalama sonuçları ise 152,7 (kontrol) ve 493,5 (AG2) $\mu\text{g TPF gkt}^{-1}$ değerleri arasında farklılıklar göstermiştir. Kontrol haricindeki en düşük DHA değerleri MG2 uygulamasında 163 ve (MG1/2)SG1 uygulamasında 196,1 $\mu\text{g TPF gkt}^{-1}$ olarak belirlenirken en yüksek değerler 493,5 (AG2), 344,2 (AG1) ve 315,6 (AG1SG1) $\mu\text{g TPF gkt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Melody çeşidinin ortalama sonuçları ise 156 (kontrol) ve 675,2 (AG2) $\mu\text{g TPF gkt}^{-1}$ değerleri arasında farklılıklar göstermiştir. Kontrol haricindeki en düşük DHA değerleri 158,4 ((MG1/2)SG1), 196,8 ((MG1/2)AG1) ve 198,7 (SG1) $\mu\text{g TPF gkt}^{-1}$ olarak belirlenirken en yüksek değerler 675,2 (AG2) ve 250,8 (MG1) $\mu\text{g TPF gkt}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir.

Melody çeşidinin değerleri Madeleine çeşidine değerlerine göre daha belirsiz ve dalgalı sonuçlar verirken, Madeleine enzim sonuçları daha sabit sonuçlar vermiştir. Toprak mikrobiyal aktivitelerinin önemli bir göstergesi olan DHA, organik materyal uygulamalarından önemli derecede etkilenebilmektedir. Mikroorganizmalar tarafından salgılanarak, organizmaların organik madde içerisindeki besin ve enerjilere ulaşmasını sağlayan DHA mekanizmasının yoğun olması, ortamdaki organik madde içeriğiyle doğrudan ilişkilidir. Mineral gübreler, organik bağları ve bağ enerjileri olmayan gübreler olduğu için organizma faaliyetlerinden DHA’ya gerek duyulmaz ya da çok az gerek duyulur. Bu nedenle Mineral gübre uygulamaları DHA değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Çiftlik gübresinde, solucan gübresi uygulamalarından daha fazla DHA değerlerinin oluşmasının en önemli olası nedeni ise solucan gübresinin çiftlik gübresinden daha ileri düzeyde ayrışmış olması ve/veya içerdiği bazı antibiyotik ve sindirim enzimleridir (Sparling, 1997; Iovieno ve ark., 2009; Doğan ve ark., 2018; Doğan ve ark., 2020).

3.4. Mikrobiyal Biyomas Karbon ($\mu\text{g gkt}^{-1}$)

Organik ve mineral gübre uygulamalarının patatesteki kök bölgesi topraklarının MBC’ye etkileri Tablo 2’de verilmiştir. Genel ortalama sonuçlarına göre Madeleine çeşidinde MBC değeri 145,3 $\mu\text{g gkt}^{-1}$ iken Melody çeşidinde ise 130,3 $\mu\text{g gkt}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Mikrobiyal biyomas karbon değerinin çeşitlere göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Madeleine çeşidinin mikrobiyal biyomas karbon içeriği ortalama sonuçları 84,6 (SG1) ve 231,9 (AG1SG1) $\mu\text{g gkt}^{-1}$ değerleri arasında farklılıklar göstermiştir. Melody çeşidinde mikrobiyal biyomas karbon içeriği 64,2 (AG1SG1) ile 222,6 (AG2) aralığında değişim göstermiştir. Her iki çeşit de MBC değerinin genelde ahır gübresi uygulamasıyla arttığı görülmüştür.

Toprağa uygulanan organik gübrelemenin değerlendirilebilir C (Karbon) kaynağı olmasından dolayı toprakta mikrobiyal biyomas karbon değerini arttırdığı yapılan çalışmalarla bilinmektedir (Yılmaz ve Kurt, 2018). Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının da çalışmamıza benzer bir şekilde biyomas karbon değerini arttırdığı belirlenmiştir (Yılmaz ve Kurt, 2018). Kontrol topraklarının sonuçlarına göre herhangi bir uygulama olmaksızın Melody çeşidinin rizosfer aktivitesinin MBC için daha uygun olduğu belirlenmiştir. Solucan gübresi uygulamaları (SG1; SG2) MBC değerlerini düşürmüş olup diğer uygulamaların MBC değerlerini genel olarak arttırdığı söylenebilir. Madeleine çeşidi Melody çeşidine göre daha stabil

sonuçlar vermiştir. Yapılan benzer bir çalışmada Nakhro ve ark. (2010) organik ve mineral gübre uygulamalarının mikrobiyal popülasyon ve biyomas karbon içeriklerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmamızdan farklı olarak bu araştırma sonuçlarına göre organik uygulamaların toprakta MBC içeriklerini arttırdığı bununla beraber inorganik gübre uygulamalarının ise MBC içeriklerini düşürdüğü belirlenmiştir.

4. Sonuç

Çiftlik ve solucan gübreleri ile mineral ve kompoze organo-mineral gübre uygulamalarının patates bitkisinde verim ve kök bölgesi topraklarda CO_2 , DHA, MBC gibi mikrobiyal aktivitelere etkilerini belirlemek için yapılan bu araştırmanın genel amacı mineral gübre kullanımını azaltarak ekonomik ve ekolojik kazançlar sağlamaktır.

Araştırma sonuçlarına göre mineral gübre uygulamalarına alternatif olarak organik ve organo-mineral gübrelemeler tespit edilmiştir. Mineral gübre dozunun artırılması toprak kalite unsurlarından mikrobiyal aktivitelere zarar verdiği için mineral gübrenin bu zararları organik gübre karışımlarıyla azaltılabileceği tespit edilmiştir. Çiftlik gübresi uygulaması ile solucan gübresi uygulamaları benzer olumlu sonuçlara neden olurken çiftlik gübresinin solucan gübresinden daha uygun ve ekonomik olduğu sonucuna varılmıştır.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından “19.D.005” kodlu proje ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- Akal, M. (2016). Organik ve inorganik gübrelemenin Gümüşhane-Şiran şartlarında patatesin (*Solanum tuberosum* L.) verim ve verimle ilgili özelliklerine etkileri. *Yüksek Lisans Tezi Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tokat.
- Akpınar, M., Şahin, C. B., İşler, N. (2019). The effects of different nitrogen doses on yield and agricultural properties in early potato farming under the Çukurova conditions. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24(1), 37-42.
- Ayoola, O. T., Adeniyi, O. N., (2006). Influence of poultry manure and NPK fertilizer on yield and yield components of crops under different cropping systems in south west nigeria. *Afr. J. Biotechnol.*, 5(15), 1386-1392.
- Bastida, F., Kandeler, E., Moreno, J. L., Ros, M., García, C., Hernández, T. (2008). Application of fresh and composted organic wastes modifies structure, size and activity of soil microbial community under semiarid climate. *Appl Soil Ecol*, 40, 318–329. doi:10.1016/j.apsoil.2008.05.007.
- Boke, S. (2014). Effect of organic and inorganic fertilizer application and seedbed preparation on potato yield and soil properties on alisols of chencha. *International Journal of Natural Sciences Research*, 2(8), 123-132.
- Cerny, J., Balik, J., Kulhanek, K., Casova, K., Nedved, V. (2010). Mineral and organic fertilization efficiency in long-term stationary experiments. *Plant Soil Environ*, 56(1), 28-26.
- Doğan, K., Ağca, N., Karanlık, S. (2020). Effect of earthworm (*Annelida Lumbricidae*) and organic adding on soil microbial activities in presence of olive mill wastewater. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(07), 4930-4938.

- Doğan, K., Çelik, İ., Gök, M., Coşkan, A. (2011). Effect of different soil tillage methods on rhizobial nodulation. biyomas and nitrogen content of second crop soybean. *African Journal of Microbiology Research*, 5(20), 3186-3194.
- Doğan, K., Sarioğlu, A., Coskan, A. (2016). Contribution of green manure. rhizobium and humic +fulvic acid on recovering soil biologic activity of olive mill wastewater contaminated soil. *Scientific Papers Series A. Agronomy*, 59, 63-68.
- Doğan, K., Sarioğlu, A., Şakar, E., Karanlık, S. (2018). Zeytin karasuyu. ısıtıl işlem görmüş solucan gübresi ve çiftlik gübresi uygulamalarının toprak mikrobiyal aktivite değişimlerine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi: 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı*, 151-159.
- Eleroglu, H., Korkmaz, K., (2016). Effects of different organic fertilizers on the yield and quality traits of seed potato cultivars (*Solanum Tuberosum* L.), *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(7), 566-578.
- Eyüpoğlu, F. (2002). Türkiye Gübre Gereksinimi Tüketimi ve Geleceği. *T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü İşletme Müdürlüğü Yayınları Teknik Yayın No: T-2*, Ankara.
- FAO (2018). FAO Production Statistics, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, [Date of Access: 09.12.2020].
- Fauci, M. F., Dick, R. P., (1994). Soil microbial dynamics: short and long term effect of inorganic and organic nitrogen. *Soil Sci. Soc. Am. J*, 58(3), 801-806.
- Iovieno, P., Morra, L., Leone, A., Pagano, L., Alfani, A., (2009). Effect of organic and mineral fertilizers on soil respiration and enzyme activities of two mediterranean horticultural soils. *Biol Fertil Soils*, 45, 555–561.
- Isermeyer, H. (1952). Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Böden, *Z. Pflanzenaehr. Bodenk*, 5, 56-60.
- Kandil, A. A., Attia, A. N., Badawi, M. A., Sharief, A. E., Abido, W. A. H. (2011). Effect of water stress and fertilization with inorganic nitrogen and organic chicken manure on yield and yield components of potato. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(9), 997-1005.
- Kannaian, S. (2002). Biofertilizers for sustainable crop production. *Biotechnology of Biofertilizers*, (s. 9-49), Narosa Publishing House, New Delhi.
- Karam, F., Roupach, Y., Lahoud, R., Breidi, J., Coll, G. (2009). Influence of genotypes and potassium application rates on yield and potassium use efficiency of potato. *J. Agro*, 8(1), 27- 32.
- Kılıç, Ş., Ağca, N., Karanlık, S., Şenol, S., Aydın, M., Yalçın, M., Çelik, İ., Evrendilek, F., Uygur, V., Doğan, K., Aslan, S., Çullu, M. A. (2008). *Amik ovasının detaylı toprak etütleri, verimlilik çalışması ve arazi kullanım planlaması. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) Projesi*, Proje no: DPT-2002K120480, Hatay.
- Kurt, G. (2019) İnorganik gübreler ile solucan humusu ve leonarditin patates (*Solanum tuberosum* L.) bitkisinin verim, verim unsurları ve kalite üzerine etkisi. *Yüksek Lisans Tezi Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum.
- Mandic, L., Djukić, D., Beatovic, I., Jovovic, Z., Pesakovic, M., Stevovic, V. (2011). Effect of different fertilizers on the microbial activity and productivity of soil under potato cultivation. *African Journal of Biotechnology*, 10(36), 6954-6960.
- Nakhro, N., Dkhar, MS. (2010). Impact of organic and inorganic fertilizers on microbial populations and biomass carbon in paddy field soil. *Journal of Agronomy*, 9(3), 102-110.
- Öhlinger R., (1993), Bestimmung des Biomasse-Kohlenstoffs mittels Fumigation-Extraktion. In: Schinner. F., Öhlinger. R., Kandeler. E., Margesin. R. (eds) *Bodenbiologische Arbeitsmethoden*, 2 Auflage, Springer Verlag, Berlin Heidelberg.
- Perez, D. V., Alcantara, S., Ribeiro, C. C., Pereira, R.E., Fontes, G. C., Wasserman, M. A., Venezuela, T. C., Meneguelli, N. A., De Macedo, J. R. C., Barradas, A. A. (2007). Composted municipal waste effects on chemical properties of a Brazilian soil. *Bioresour. Technol*, 98, 525-533.
- Polat, H. (2020). Türkiye’de kimyasal azotlu gübre tüketim durumunun ve toprak analizi zorunluluğunun azotlu gübre kullanımına etkilerinin değerlendirilmesi, *Toprak Su Dergisi*, 9(2), 60-71.
- Sarioglu, A., Dogan, K., Kiziltug, T., Coskan, A., (2017). Organomineral fertilizer applications for sustainable agriculture. *Scientific Papers Series A. Agronomy*, 60, 161-166.
- Sparling, G. P. (1997). Soil microbial biomass. activity and nutrient cycling as indicators of soil health. In: Pankhurst C, Doube BM, Gupta VVSR (eds) *Biological Indicators Of Soil Health*, *Cabinternational*, pp 97–119.
- Stark, C. Condron, L. M., Stewart, A. D., Di, H. J., O’callaghan, M. (2007). Influence of organic and mineral amendments on microbial soil properties and processes, *Appl. Soil Ecol*, 35, 73-93.
- Suh, C., Meka, S. S., Ngom, A. F., Neba, D. A., Kemngwa, I. T., Sonkouat, A. D., Njuaem, D. (2015). Effects of organic and inorganic fertilizers on growth and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) in the western highlands of cameroon, *International Journal of Development Research*, 5(02).
- Taheri, N., Sharif-Abad, H. H., Yousefi, K., Roholla-Mousavi, S. (2012). Effect of compost and animal manure with phosphorus and zinc fertilizer on yield of seed potatoes. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(4), 705-714.
- Tejada, M., Gonzalez, J. (2003). Effects of the application of a compost originating from crushed cotton gin residues on wheat yield under dryland conditions, *Eur. Agron, J*, 19, 357-368.
- Thalman, A. (1967), Über die mikrobielle Aktivitaet und ihre Beziehungen zur Fruchtbarkeitsmerkmalen einiger Ackerböden unter besonderer Berücksichtigung der Dehydrogenase aktivitaet (TTC-Reduktion). Diss. Giessen (FRG).
- TÜİK (2019). Bitkisel Üretim İstatistikleri, https://tuikweb.tuik.gov.tr/VeriBilgi.do?alt_id=1001, [Erişim tarihi: 09.12.2020].
- Yılmaz, F. I., Kurt, S. (2018). Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının toprağın bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(2), 143-150.
- Yourtchi, M. S., Hadi, M. H. S., Darzi, M. T. (2013). Effect of nitrogen fertilizer and vermikompost on vegetative growth, yield and NPK uptake by tuber of potato (Agriacv.). *Int. J. Agric. CropSci*, 5(18), 2033-2040.



Veritabanı Uygulamalarında FPGA Tabanlı Hızlandırıcı Kullanımı

Erdoğan Öztürk^{1*}

^{1*} Sabancı Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0456-9213), erdinco@sabanciuniv.edu

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.848995)

ATIF/REFERENCE: Öztürk, E. (2021). Veritabanı Uygulamalarında FPGA Tabanlı Hızlandırıcı Kullanımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 146-151.

Öz

Yazılım uygulamalarının performansı, sistem düzeyindeki çeşitli özellikler ile ölçülebilir. Sistem performansı iki ana faktör tarafından belirlenir: veri hesaplama ve hareket kapasitesi. Hesaplama performansı için, merkezi işlem birimi (CPU) mimarisi en önemli faktördür. Bir CPU mimarisi, temel hesaplamaları gerçekleştirmek için aritmetik mantık birimlerini (ALU) kullanır. Bu ALU'ların karmaşıklığı, ilkel aritmetik işlemlerin basamak boyutu ile belirlenir. Bir CPU'nun hesaplama performansı, ALU mimarilerinin performansı ile sınırlıdır. Daha yüksek performans için, CPU çekirdek mimarilerinde artan sayıda ALU kullanılır. Ayrıca, CPU üreticileri, belirli bir sürede gerçekleştirilen işlemlerin sayısını artırmak için çok çekirdekli mimariler tasarlamaktadırlar. Bu iki yaklaşım hesaplama birimlerinin miktarını artırsa da, bu yine de bazı işlem-yoğun uygulamalar için yeterli değildir. Bazı problemler doğası gereği paralelleştirilemezler ve birden çok çekirdek arasında dağıtık olarak çalıştırılmaları zordur. Parallelleştirilebilir sorunlar için bile, çok çekirdekli bir çözüm, çekirdekler arasındaki veri giriş/çıkış sınırlamaları nedeniyle tüm CPU mimarisini yüksek bir yüzdeyle kullanamamaktadır. Veri hareketi için, sistemin bellek hiyerarşisinin yapısı baskın faktördür. Farklı düzeydeki önbelleklerin boyutu (L1, L2 ve L3), DDR arayüzünün bant genişliği (DDR4, DDR5, vb.) işlem-yoğun yazılım uygulamalarının performansını belirler. Özellikle veritabanı uygulamaları büyük miktarda veri içerdiğinden, hız için en önemli faktör bellek arayüzü haline gelir. FPGA mimarilerinin hızlandırıcı olarak kullanımı son zamanlarda işlem-yoğun yazılım uygulamalarında popüler hale gelmektedir. Bu makalede, bir FPGA mimarisinde uygulanan basit bir veritabanı sorgulama uygulaması sunulmuştur. Sonuçlar, büyük miktarda veriyle ilgili sorguları içeren veritabanı uygulamaları için önemli bir performans iyileştirmesi elde edilebileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Veritabanı, FPGA, Hızlandırıcı Tasarımı

FPGA Accelerator Utilization in Database Applications

Abstract

Performance of software applications is determined by various system-level properties. System performance is determined by two major factors: data movement and computational bandwidth. For computational performance, central processing unit (CPU) architecture is the most important factor. A CPU architecture utilizes arithmetic logic units (ALU) to realize basic computations. Complexity of these ALUs is determined by the digit size of primitive arithmetic operations. Computational performance of a CPU is limited by the performance of its ALU architectures. For increased performance, CPU architectures utilize increased number of ALUs in their core architectures. Also, CPU manufacturers build multi-core architectures to increase number of operations realized in a given time. Although these two approaches increase the amount of computational units, this is still not enough for some compute-intensive applications. Some problems are inherently sequential and difficult to schedule amongst multiple cores. Even for parallelizable problems, a multi-core solution is not utilizing the entire CPU architecture with a high percentage, due to data i/o limitations between cores. For data movement, the structure of memory hierarchy of the system is the dominant factor. Size of different level caches (L1, L2 and L3), bandwidth of the DDR interface (DDR4, DDR5, etc.) determine the performance of compute-intensive software applications. Especially for database applications, since there is a large amount of data involved, the most important factor for speed becomes the memory interface. Usage of FPGA architectures as accelerators recently gained attention for compute-intensive software applications. In this paper, a simple database query application implemented on an FPGA architecture is presented. The results show that a significant performance improvement can be achieved for database applications involving queries on large amount of data.

Keywords: Database, FPGA, Accelerator

* Sorumlu Yazar: erdinco@sabanciuniv.edu

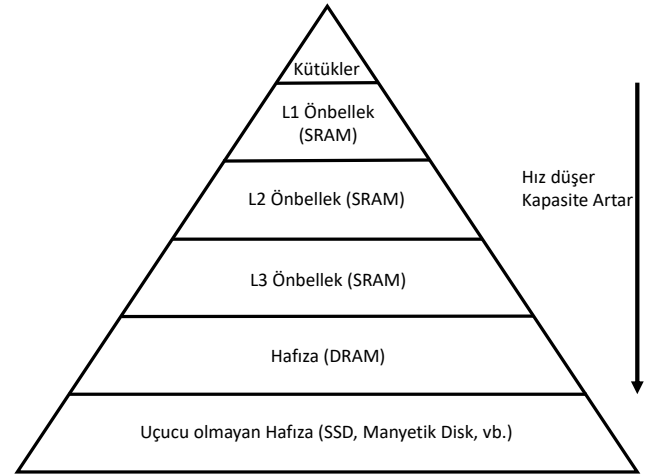
1. Giriş

Modern işlemci (CPU) mimarileri, temelde von Neumann mimarisine dayanmaktadır ve karmaşık algoritmaları gerçekleştirebilmek için temel aritmetik ve mantıksal yapıtaşları içermektedir (Eigenmann & Lilja, 1998). Temel aritmetik yapıtaşları toplama, çıkarma, çarpma ve bölme işlemleri olarak özetlenebilir. Bir CPU nun performansı, bu işlemleri ne kadar hızlı gerçekleştirebildiği ile doğrudan ilişkilidir. Burada hızdan kasıt, birim zamanda mümkün olduğunca fazla işlem yapabilmektir. Modern CPU mimarilerinde aritmetik işlemleri gerçekleştirmek üzere ALU denilen yapılar mevcuttur ve bu yapılar, belli bir basamak boyuna göre tasarlanmıştır (Hennessy & Patterson, 2011). 64 bitlik bir mimaride basamak boyu olarak 2^{64} kullanılmaktadır. Yani, ALU nun içinde 64 bitlik çarpıcı devresi, 64 bitlik toplayıcı devresi, 64 bitlik çıkarma devresi ve 64 bitlik bölme devresi gibi yapılar mevcuttur. Birim zamanda yapılan işlem sayısını arttırmak için işlemci üreticileri kaynak arttırmak yönünde değişik yöntemlere başvurmaktadır. Örnek olarak, modern Intel mimarilerinde her çekirdekte 4 adet ALU bulunmaktadır, her işlemcide de birden fazla çekirdek bulunmaktadır (Hammarlund, ve diğerleri, 2014).

Modern mimarilerde, hafıza hiyerarşisini verimli bir şekilde çalıştırabilmek adına, değişik seviyede değişik boyut ve hızlarda hafıza ve önbellek yapıları bulunmaktadır. Bu hafıza hiyerarşisinin özellikleri, Şekil 1 de özetlenmektedir. Uçucu ve uçucu olmayan hafıza yapılarından oluşan bu hiyerarşinin performansı, bileşenlerine göre değişmektedir (Alpern, Carter, Feig, & Selker, 1994).

İşlemci üzerinde çalışan programların anlık performansı için en önemli özellik, kullanılan verinin önbellek yapılarında olmasının hızı oldukça arttırıyor olmasıdır. Üzerinde çalışılan veri, eğer L1 seviyesindeki önbellek yapısına sığıyorsa, bundan en yüksek hız verimi elde edilir. Eğer veri büyüyorsa ve L1 önbelleğine sığmıyorsa, işlemler sırasında L2 önbellek seviyesine erişim sağlamak gerekecektir ve bu da hızı düşürecektir. Hafıza hiyerarşisi, bu şekilde çalışmaktadır ve seviye olarak aşağı inildikçe de erişim süresi artacağı için işlemci üzerinde çalışan programların performansı azalacaktır.

Hafıza hiyerarşisini en verimli olarak kullanmanın yöntemi, veriyi L1 önbellek boyutunda parçalara bölerek veri üzerinde yapılacak tüm işlemleri bu parçalar üzerinde çalıştırmaktır. Veritabanı uygulaması özelinde, bir sütun verisi L1 önbellek boyutundaki parçalara bölünür, veri üzerinde çalışacak tüm sorgulamalar gruplanır, ilk parça üzerinde tüm sorgulamalar çalıştırılır, daha sonra ikinci parça üzerinde tüm sorgulamalar çalıştırılır, tüm parçalar bitinceye kadar da bu şekilde devam edilir. Böylelikle verinin hafıza hiyerarşisi üzerindeki hareketi minimize edilmiş olur.



Şekil 1 Hafıza Hiyerarşisi

İşlemci mimarilerinde L1, L2 ve L3 önbellekleri farklı yapılarla bulunmaktadır. Şekil 2 de bir işlemci mimarisinde L1, L2 ve L3 önbellek yapılarının nasıl dağıldığı görülebilir (Molka, Hackenberg, Schöne, & Nagel, 2015).

Çekirdek		Çekirdek		Çekirdek		Çekirdek	
L1 Veri	L1 Komut	L1 Veri	L1 Komut	L1 Veri	L1 Komut	L1 Veri	L1 Komut
L2		L2		L2		L2	
L3							

Şekil 2 İşlemci üzerindeki önbellek yapısı örneği

Hafıza hiyerarşisinin zayıf ve güçlü olduğu noktalar mevcuttur. Herhangi bir program, bu hiyerarşinin güçlü olduğu özellikleri kullanabiliyorsa, herhangi bir hızlandırıcı mimarisine ihtiyaç duyulmadığı düşünülebilir. Ancak, bu durumda bile, ok güçlü olan işlemci çekirdeği çok küçük bir hesaplama problemiyle meşgul edilirken, tüm önbellek yapıları dolu olduğu için işlemci başka görevleri hızlı bir şekilde yerine getiremez hale gelebilmektedir. Bu da verinin işlenmesi ile verinin hareket ettirilmesi arasındaki sistemsel dengenin bozulması sonucu oluşmakta, işlemcinin %100 e yakın performansla çalışmamasına yol açmaktadır (Lam, Rothberg, & Wolf, 1991).

Veritabanı uygulamalarında sorgulama işlemlerinde, bir sütun üzerindeki tüm veride sorgulamalar yapılabilmektedir. Sorgulama işlemi oldukça basit olmakla birlikte, sütunun boyutu oldukça büyük olabileceğinde, tüm sütunun hiyerarşinin en alt kısmından en üst kısmına kadar getirilmesi, işlemci üzerinde sorgunun çalıştırılması ve sonucun yine hafızada tutulması gerekmektedir. Burada performans artırılması için birden fazla sorgunun birleştirilmesi, ve sütun parçaları üzerinde tüm sorguların çalıştırılması yoluna gidilebilir. Ancak, bu yöntem de işlemci için verim sağlayamamaktadır. İşlemciyi ve hafıza hiyerarşisini sadece veritabanı sorguları ile meşgul etmekte, diğer işlemlerin diğer çekirdeklerde bile çalışırken yavaşlamasına yol açmaktadır. Tüm sistem performansı düşünüldüğünde, bu yöntem

pek verimli bir yöntem olmamaktadır (Jayapandian & Jagadish, 2008).

İşlemci ve hafıza hiyerarşisindeki zayıflıklar gözönünde bulundurularak, alternatif olarak bir hızlandırıcı yapısı kullanılabilir. Burada amaç, herhangi bir sorgu çalıştırılacağında, sütundaki tüm veriyi bu hızlandırıcıya göndererek sorgu sonucunu bu hızlandırıcı yapısından geri almaktır. Bu işlem sırasında işlemci yapısı meşgul edilmeyecek, işlemcideki tüm çekirdekler başka görevleri yerine getirebilecektir. Bunun verimli çalışabilmesi için, DMA (Direct Memory Access) denilen yapının kullanılması gerekmektedir. Bu sayede, veri DRAM tabanlı hafıza seviyesinden direk olarak FPGA (*Field Programmable Gate Array*) yapısına aktarılacak, hafıza hiyerarşisinde herhangi bir etkisi olmayacaktır (Zazo, Lopez-Buedo, Audzevich, & Moore, 2015).

Bu makalede, bu şekilde tasarlanmış bir FPGA hızlandırıcı altyapısı sunulmaktadır. Bu FPGA hızlandırıcı altyapısının çalışma hızının gösterilebilmesi için örnek olarak basit bir veritabanı sorgu yöntemi kurgulanmış, bu yöntemin performans konusundaki bilgileri de sonuçlar bölümünde sunulmuştur.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veritabanı Yapıları ve Sorgu Uygulamaları

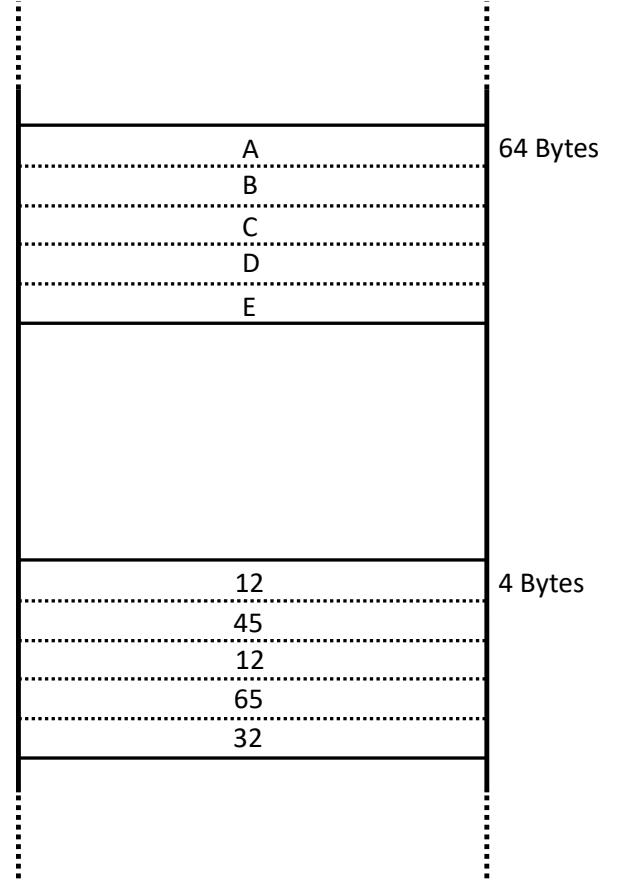
Veritabanı sistemlerinde oldukça karmaşık yapılar kullanılabilir (Gürbüz & Akçin, 2020) (Kurt & İnce, 2020). Bu yapıların amacı, veritabanına ait olan verilerin verimli bir şekilde saklanarak yine verimli bir şekilde üzerinde sorgu işlemlerinin yapılabilmesi olmasıdır (Kaymaz & ÖZTÜRK, 2020). Veritabanı sistemlerinin karmaşıklığından bağımsız olarak, veri yapıları oldukça basit bir halde düşünülebilir. Bu yapılarda veri, sütunlar halinde saklanmaktadır. Örnek olarak, veritabanı sisteminin herhangi bir bölgesinde yaş bilgisi mevcutsa, ve yaş bilgisi 32 bitlik tamsayı olarak saklandıysa, hafızada bu bilgiler ardışık olarak saklanmaktadır (Navathe & Elmasri, 2001).

Örnek olarak, basit bir veritabanı sisteminde Şekil 3 de görüldüğü gibi veriler olduğunu varsayalım. İsim, 64 Bytelık karakter dizisi olsun.

ID	İsim	Yaş
1	A	12
2	B	45
3	C	12
4	D	65
5	E	32

Şekil 3 Basit bir veri yapısı

Bu veri yapısının sütunları, hafızada Şekil 4 de görüldüğü şekilde tutulmaktadır.



Şekil 4 Veritabanı Sütunlarının Hafızada Saklanması

Bu sütunlara yönelik herhangi bir sorgu yapıldığında, sütundaki tüm verilerin üzerinden geçerek sorgu sonucu elde edilebilir. Sütun boyutları büyüdüğünde, bu işlem oldukça külfetli olabilmektedir. Sorgu, işlem-yoğun bir operasyon olmamakla birlikte, hafızaya oldukça fazla yük getirebilmektedir.

2.2. FPGA Mimarisi

FPGA mimarileri, programlanabilir donanımsal yapılardır. Ayrık olarak tanımlanabilecek ve boole cebiri ile ifade edilebilecek her fonksiyon, kaynaklar yeterli olduğu sürece FPGA üzerinde gerçekleştirilebilir (Lysaght, Blodgett, Mason, Young, & Bridgford, 2006). FPGA mimarileri, pek çok farklı alanda işlem gücü sağlamak ve performans iyileştirmek amacıyla kullanılabilir (Kaygısız, 2020). FPGA üzerindeki kaynaklar şu şekilde özetlenebilir (XILINX, 2016):

- *Configurable Logic Block* (CLB): FPGA içindeki temel fonksiyonel yapıtaşlarıdır. Sayısal tasarımda kullanılan hesaplama yapılarının programlanabilir şekilde gerçekleştirilebileceği bir *Look-up Table* (LUT) yapısı ile hafıza olarak kullanılan bir *Flip-Flop* yapısını içinde barındırmaktadır. Örnek olarak, 3-bit girişli 1-bit çıkışlı bir LUT yapısı, herhangi bir 3 girişli 1 çıkışlı $y=F(a,b,c)$ boole denklemini gerçekleştirebilecek şekilde programlanabilir. FPGA deki CLB sayısı, ürünler arasında farklılıklar göstermektedir.
- *BRAM*: FPGA içinde hafıza yapıları olarak kullanılabilir olan, oldukça hızlı bir şekilde erişim

sağlanabilen RAM yapıları mevcuttur. Bu RAM yapılarının kapasitesi, mimariden mimariye değişmektedir. RAM yapılarının kapasitesi, FPGA in hafıza-yoğun işlemler cinsinden performansını doğrudan etkilemektedir.

2.3. Hızlandırıcı Mimarisi

FPGA mimarileri, yüksek hızlı bir bağlantı yardımı ile, işlemcilere hızlandırıcı olarak destek olacak yapılar halinde kullanılabilirler. Yüksek hızlı bağlantı seçenekleri arasında en uygunu, PCIe bağlantısı olarak görülmektedir. Sistemde anakarta direk olarak PCIe bağlantısı üzerinden bağlanacak bir FPGA kartı, tasarlanacak olan sürücüler yardımı ile direk olarak sistem ile iletişim kurabilir. Bu yapı için tasarlanmış olan sistem, Şekil 5 de görülebilir. Bu yapı için, (Mert, Öztürk, & Savaş, 2019) deki çalışmalar temel olarak alınmıştır.

Hızlandırıcı mimarisinin çalışma prensipleri, şu şekilde özetlenebilir:

Bilgisayardan FPGA e veri transferi

Hafızada bulunan veri, PCIe bağlantısı üzerinden FPGA e iletilebilir. Bunun için kullanılan fonksiyon

```
int to_fpga(unsigned char *A, int length)
```

şeklinde tanımlanmıştır. Burada sütunun pointer değeri ve Byte cinsinden tüm sütunun boyutu, fonksiyone girdi olarak verilmektedir. Verinin transferi tamamen DMA üzerinden yapılmakta, bu sayede veri direk olarak hafıza üzerinden FPGA e gönderilmektedir. CPU nun önbellek yapısı bozulmadığı için, işlemci diğer programlar üzerinde çalışmaya sorunsuz olarak devam edebilir.

FPGA den bilgisayara veri transferi

FPGA de bulunan veri, PCIe bağlantısı üzerinden bilgisayara iletilebilir. Bunun için kullanılan fonksiyon

```
int from_fpga(unsigned char *A, int length)
```

şeklinde tanımlanmıştır. Burada FPGA den gelen veri, hafızada A adresine saklanır. Gelecek olan verinin boyutu da bilinmelidir, aksi takdirde PCIe bağlantısı sorunlu olarak çalışmaktadır.

Hızlandırıcı mimarisi, duplex olarak çalıştırılmıştır. Veritabanı uygulamaları için bu elzem bir özelliktir. FPGA üzerindeki hafıza kaynakları kısıtlı olduğu için, büyük ölçekli

veritabanı uygulamalarında tüm sütunun FPGA içindeki hafızaya sığması mümkün değildir. Veriyi gönderip FPGA de işleyip sonucu geri almak, uygulanabilecek bir yöntem değildir. Bunun yerine, bir yandan veri gönderilirken, aynı anda FPGA üzerinde işlenerek yine simültane olarak sonuçlar FPGA den bilgisayara gönderilebilecektir. Duplex bir bağlantı olmadan bu mümkün değildir ve FPGA hızlandırıcı yapısının bu özellik olmadan verimli çalışması mümkün değildir.

2.4. Veritabanı Hızlandırıcı Uygulaması

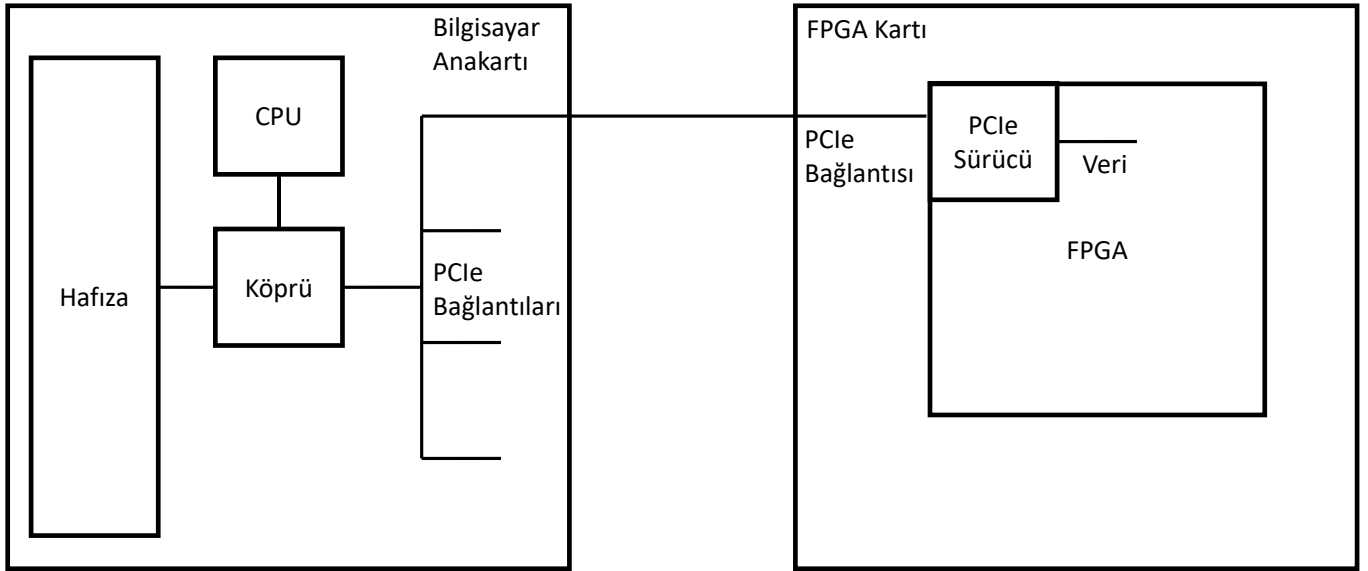
Tasarlanmış ve duplex olarak gerçekleştirilmiş fpga fonksiyonları, uygun sırayla çağırılarak sütun veya sütunlar üzerinde sorgu işlemleri gerçekleştirilebilir. Yapılacak olan deneyin basit tutulması amacıyla, yapılacak olan sorgu sütun üzerindeki değerleri aramak ile sınırlandırılmıştır. Örnek olarak, yaş sütununda yaşı 45 e eşit olan kaç kişi vardır sorgusu FPGA tarafından gerçekleştirilmektedir. Burada, yaşı 45 den büyük olan kaç kişi vardır sorgusu da FPGA de yapılacak sorgulara kolaylıkla eklenebilir. FPGA mimarisi, bu şekilde genişleyebilecek şekilde esnek olarak tasarlanmıştır.

Birden fazla sütun üzerinde de sorgu gerçekleştirilerek, tüm sorgulara pozitif dönen elemanlar sonuç olarak dönülebilir. Örnek olarak, yaşı 45 olan ve adı B olan kaç kişi vardır? Sorusunun cevabı, FPGA tarafından bulunabilir. Burada dikkat edilmesi gereken konu, her sorgu tipinin ayrı ayrı FPGA de tanıtılması gerektiğidir. Ancak, yine esnek bir mimariye sahip olan tasarımında bu da oldukça kolay olacaktır.

*A adresinde bulunan ve 100 elemanı olan, 32 bitlik tamsayı değerlerinden oluşan sütun için yazılan kod şu şekilde özetlenebilir:

- Sorgu türü, sorgunun içeriği gibi bilgileri hafızada *sorgu adresine yaz
- to_fpga(sorgu, sorgu_boyutu) şeklinde fonksiyonunu başlat
- to_fpga(A, 32*100) şeklinde fonksiyonu yeni bir thread olarak başlat
- from_fpga(sonuc, sonuc_boyutu) şeklinde fonksiyonu yeni bir thread olarak başlat

Sorgu işlemi bittiğinde, sorgunun sonucu *sonuc adresine yazılacaktır.



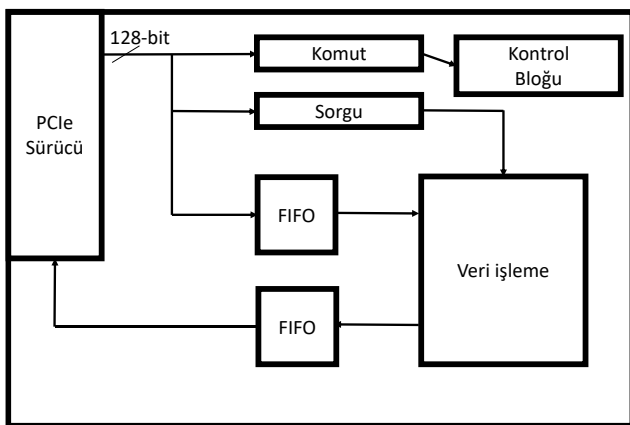
Şekil 5 Hızlandırıcı Destekli Sistem Tasarımı

Tablo 1. Deney Sonuçları

Sütun Eleman Sayısı	Sütun Veri Türü	Sadece CPU zamanlama (cc)	Hızlandırıcı ile zamanlama (cc)
16,777,216	Unsigned char	158,563,828	20,634,364

2.5. FPGA Tasarımı

FPGA e gelen verinin, FPGA tarafından işlenmesi gerekmektedir. Bu işlem için, FPGA in uygun şekilde programlanması gerekmektedir. FPGA programlanması için tasarlanan ve gereken mimari Şekil 6 da özetlenmiştir. Veri işleme devresi, unsigned char için özel olarak tasarlanmıştır.



Şekil 6 FPGA mimarisi

FPGA tasarımı, duplex çalışmaya uygun olarak yapılmıştır. Veri işleme modülünün girdi ve çıktılarının FIFO üzerinden yönetiliyor olması, bu yüzdendir. Bilgisayarın hafızasından gelen veri önce FIFO ya koyulacak, daha sonra veri işleme ünitesi tarafından FIFO dan alınacaktır. Komut kütüğündeki bilgiler, FIFO dan alınan verinin özelliğini belirlemektedir. Veri işleme modülü, bu bilgileri kullanarak çalışmakta, kontrol bloğu

sayesinde bir veya birden fazla sorgu yapmakta ve cevapları çıkış FIFO suna göndermektedir. Daha sonra çıkış FIFO sundaki veri, PCIe bağlantısı üzerinden bilgisayara gönderilebilir. Burada PCIe sürücüsü hem girdi hem de çıktı işlemlerini paralel olarak gerçekleştirebilir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Gerçekleme

Tüm sistem tasarımı ve gerçekleşmesinde kullanılan sistem elemanları, şu şekilde listelenebilir:

- Intel i9-7900X işlemci: 3.3 GHz (Turbo ile 4.3 GHz), 13.75 MB L3 Cache
- 32GB Hafıza: DDR4, 2400MT/s
- XILINX VC707 board
 - o XC7VX485T-2FFG1761 FPGA
 - o 37,080 Kb BRAMs
 - o 75900 CLB's
- RIFFA sürücüsü (Jacobsen, Richmond, Hogains, & Kastner, 2015): PCIe bağlantısı için RIFFA sürücüsü temel olarak alınmış, veritabanı uygulamalarına uygun olarak modifiye edilmiştir.

Örnek zamanlama için yapılan test sonuçları, Tablo 1 de özetlenmiştir. Yapılan testte, 16,777,216 (16*1024*1024) elemanı olan bir Byte sütunu üzerinde, rastgele değerler aranmıştır. Aynı sorgu, 100 defa çalıştırılarak ortalama alınmıştır. Bu işlem farklı sorgu değerleri için tekrarlandığında oldukça yakın değerler ortaya çıktığı görülmüştür. FPGA üzerinde yapılan işlemlerin performansı, veriden bağımsızdır. FPGA üzerinde yapılan işlemler, oldukça hızlı oldukları için, tüm hızlandırıcı

sistem performansı PCIe hızı ile limitlenmektedir. VC707 kartı için teorik PCIe hız limiti, saniyede 4GB olarak belirlenmiştir. Oldukça büyük veri gönderiminde, iletişim hızı olarak yaklaşık saniyede 30Gb gibi hızlara erişilebilmiştir. Ancak, veritabanı uygulamalarında daha küçük boyutlar ile çalışılacağı düşünüldükçe, zamanlama da ona göre alınmıştır.

4. Sonuç

FPGA tabanlı bir hızlandırıcı tasarlanıp gerçekleştirilerek, veritabanı uygulamalarında performans arttırmak için kullanılmıştır. Bu çalışmada yapılan demo gerçekleştirmeler, büyük veritabanı uygulamalarında FPGA tabanlı hızlandırıcıların verimli bir şekilde kullanılabileceğini göstermiştir. Boyutu ne olursa olsun, herhangi bir sütun üzerinde yapılan sorgunun FPGA üzerinde oldukça verimli bir şekilde çalışabileceği ve performansın tamamen PCIe bağlantısı ile sınırlı olduğu görülmüştür. Bir sütun üzerinde yapılacak olan sorguları tek tek yapmak yerine gruplayarak yapmanın, performans açısından oldukça verimli olacağı görülmektedir. Örnek olarak, önce 45 yaşındaki bireyleri, daha sonra 40 yaşındaki bireyleri sorgulamak yerine, bu eğer tek sorguda yapılırsa FPGA üzerinde aynı zamanı alacak ancak aynı birim zamanda 2 farklı sorgu gerçekleştirileceği için performans iki katına çıkacaktır. Bu, FPGA kaynakları zorlanarak 100 ila 1000 katlık iyileştirmelere yol açabilir.

FPGA mimarisinde tutulabilecek olan veri boyutu sınırlı olduğu için, büyük veriler üzerinde çalışılırken, aynı veri üzerinde defalarca işlem yapan sorguları FPGA üzerinde çalıştırmak, verimsiz olacaktır. Dolayısıyla, veriyi parçalara bölüp FPGA mimarisine sığacak kısım üzerinde tüm seri işlemleri çalıştırmak bir yöntem olarak kurgulanabilir. Bu çalışmanın sonucu olarak, veri ne kadar büyük olursa olsun, akan veri üzerinde yapılacak tüm sorguların FPGA üzerinde verimli bir şekilde çalışabileceği görülmüştür. Gelecek FPGA hızlandırıcı çalışmalarında, bu yöntem üzerinde durulmalıdır.

5. Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK tarafından 118E044 numaralı araştırma projesi altında desteklenmiştir.

Kaynakça

Alpern, B., Carter, L., Feig, E., & Selker, T. (1994). The uniform memory hierarchy model of computation. *Algorithmica*, 72.

Eigenmann, R., & Lilja, D. J. (1998). Von neumann computers. *Wiley Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering*, 23, 387-400.

Gürbüz, M. Z., & Akçin, O. (2020). Optimizasyon Otomasyonu İçin Cplex Çözücüsünün Web Tabanlı Sunucu Üzerinden Çalıştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 943-951.

Hammarlund, P., Martinez, A. J., Bajwa, A. A., Hill, D. L., Hallnor, E., Jiang, H., . . . Osborne, R. (2014). Hammarlund, Per, et al. "Haswell: The fourth-generation intel core processor. *IEEE Micro*, 6-20.

Hennessy, J. L., & Patterson, D. A. (2011). *Computer architecture: a quantitative approach*. Elsevier.

Jacobsen, M., Richmond, D., Hogains, M., & Kastner, R. (2015). RIFFA 2.1: A reusable integration framework for FPGA accelerators. *ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems (TRETS)* 8, 1-23.

Jayapandian, M., & Jagadish, H. V. (2008). Automated creation of a forms-based database query interface. *Proceedings of the VLDB Endowment* 1.1, (s. 695-709).

Kaygısız, H. (2020). FPGA Kullanılarak Görüntülerin Gerçek Zamanlı Olarak OTSU Metodu ile Bölütlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 911-917.

Kaymaz, M. E., & ÖZTÜRK, Ö. (2020). ORCA: GO Programlama Dili için ORM/ODM Kütüphanesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 310-317.

Kurt, G., & İnce, G. (2020). ARgent: Web Tabanlı Dinamik İçerik Destekli Artırılmış Gerçeklik Geliştirme Altyapısı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, EJOSAT*, 244-257.

Lam, M. D., Rothberg, E. E., & Wolf, M. E. (1991). The cache performance and optimizations of blocked algorithms. *ACM SIGOPS Operating Systems Review*, 63-74.

Lysaght, P., Blodget, B., Mason, J., Young, J., & Bridgford, B. (2006). Enhanced architectures, design methodologies and CAD tools for dynamic reconfiguration of Xilinx FPGAs. In *2006 International Conference on Field Programmable Logic and Applications* (s. 1-6). IEEE.

Mert, A. C., Öztürk, E., & Savaş, E. (2019). Design and implementation of encryption/decryption architectures for bfv homomorphic encryption scheme. *IEEE Transactions on Very Large Scale Integration (VLSI) Systems*, 353-362.

Molka, D., Hackenberg, D., Schöne, R., & Nagel, W. E. (2015). Cache coherence protocol and memory performance of the intel haswell-ep architecture. *44th International Conference on Parallel Processing* (s. 739-748). IEEE.

Navathe, S. B., & Elmasri, R. A. (2001). *Fundamentals of Database Systems with Cdrom and Book*. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc.

XILINX. (2016). *7 Series FPGAs Configurable Logic Block - User Guide*.

Zazo, J. F., Lopez-Buedo, S., Audzevich, Y., & Moore, A. W. (2015). A PCIe DMA engine to support the virtualization of 40 Gbps FPGA-accelerated network appliances. In *2015 International Conference on ReConfigurable Computing and FPGAs (ReConFig)* (s. 1-6). IEEE.



High Accurate Counting of Steel Rebar with Defected Tips

Nazlı Sümevra Dağılğan^{1*}, Murat Furat²

^{1*} İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4443-4567), nazlidagilgan.mfbe18@iste.edu.tr

² İskenderun Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik Elektronik Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3179-5099), murat.furat@iste.edu.tr

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.848748)

ATIF/REFERENCE: Dağılğan, N. S. & Furat, M. (2021). High Accurate Counting of Steel Rebar with Defected Tips. *European Journal of Science and Technology*, (22), 152-158.

Abstract

The product quality in the iron and steel industry is highly important. From the casting process to bundling, a large amount of energy is used at each step of the production. In the present study, the counting of steel rebar bundles located in the storage area has been taken into account. When it is necessary to recount the rebar in a bundle, depending on the number of rebar in the bundle, either a staff is assigned to count or the bundle is moved for weighting again. Both of them are time and energy-consuming solutions. In the present study, an algorithm is developed to count the rebar in a bundle by taking a photograph of rebar tips. Although the existence of defects such as deformed cutting, steel rib features, lack of painting, and also insufficient lighting of the storage area, the proposed algorithm is able to give highly accurate results.

Keywords: Image Processing, Iron and Steel Industry, Steel Rebar Counting, Hough Transform, Canny Edge Detection.

Hatalı Uçlu İnşaat Demirlerinin Yüksek Doğruluklu Sayımı

Öz

Demir çelik sektöründe ürün kalitesi son derece önemlidir. Döküm sürecinden paketlemeye kadar üretimin her aşamasında büyük miktarda enerji harcanılır. Bu çalışmada, depolama alanında bulunan çelik inşaat demiri sayımı dikkate alınmıştır. Bir paketdeki demetin yeniden sayılması gerektiğinde, paketteki demet sayısına bağlı olarak ya saymak için bir personel atanır ya da tekrar tartılmak üzere götürülür. Her ikisi de zaman ve enerji tüketen çözümlerdir. Bu çalışmada, inşaat demiri uçlarının depolama alanlarında fotoğrafı çekilerek bir paket içerisindeki demet sayımı için bir algoritma geliştirilmiştir. Deforme kesme, çelik nervür özellikleri, boyama eksikliği ve ayrıca depolama alanının yetersiz aydınlatılması gibi kusurların varlığına rağmen, geliştirilmiş algoritma yüksek doğrulukta sonuçlar verebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Görüntü İşleme, Demir çelik Endüstrisi, Demir Demet Sayımı, Hough transform, Canny Kenar Bulma..

* Corresponding Author: nazlidagilgan.mfbe18@iste.edu.tr

1. Introduction

The aim of image processing in the industrial processes is to obtain meaningful data. The image in digital form is computed in computers using variety of algorithms. In the few decades, image processing methods has been applied in many areas of industry such as health, food processing, agriculture, iron and steel production. Depending on the advances in imaging sensors, image processing applications provide great advantages in the quality control processes and in the environment where physical conditions are not suitable.

In the present study, a problem from iron and steel industry is taken into account. In this industry, massive products have been produced which are billets, slabs, blooms, ingot and steel rebar. The products are whether final products or semi-finished products for other industries. Thus, the quality of the quantity of the products are highly important [1].

One of the important products of iron and steel industry is steel rebar used in buildings. Several image processing applications can be performed in the iron and steel industry such as steel rebar grade, flaw detection on steel strip surface, the correct number of rebar in a package [2]. In the present study, we focused on rebar counting in a bundle. Since it is massive and long product, accurate number of rebar in the packages are highly important while using in buildings.

As its nature, the quality control of steel products are difficult. When it comes to the packing stage, such as steel rebar bundle, the automatic counting system plays an important role in making the bundling. Traditionally, there are two ways to count rebar. One is performed by a staff just before the bundling. Another is to be weighted the rebar package and then dividing the result by a unit weight of a rebar. Currently, technological developments allow to count automatically using the pattern recognition techniques of image processing.

During the continuous production of steel rebar, it is sometimes needed to recount of rebar in the bundles located in the storage area. In this case, there are two possible solutions to determine the number of rebar. One is same with traditional case: assigning a staff for counting [3]. Depending on the number of rebar to be counted, workforce is wasted. Another solution is to move the bundle by a crane to weigh again. Since the bundle is massive, the cost of energy spent for remeasuring of its weight will be large.

Therefore, recounting of rebar package is negatively affect the cost of the production. We need to mention about three barriers before applying the image processing methods for the solution of the problem.

1.1. Plant Environment

Iron and steel plants are industrial environments with high noise and pollution. Also, the high temperature of the final product, as well as steel rebar, makes it difficult for a staff to count. Therefore, the production is performed under hard conditions. Thanks to image processing methods, there is no need for much time and energy loss for counting of steel rebar.

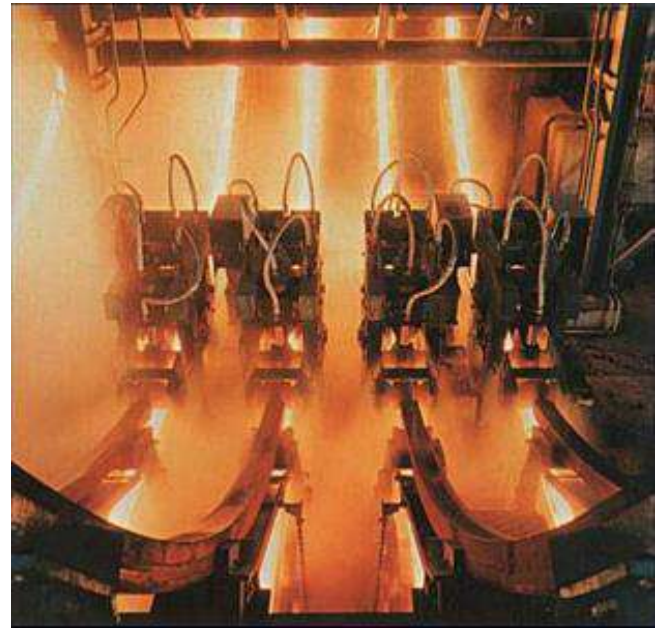


Fig. 1. A view of steel production line [1]

1.2. Insufficient Lighting of Storage Area

Another barrier in front of image processing is the dark environment of storage area. In order to get appropriate digital image using a camera, it is required to illuminate the tips of steel rebar. However, in reality, it is not possible for most of rebar storage areas.

1.3. Non-circular Shape of Rebar Tips

While steel rebar are produced, shapes called steel ribs are formed on steel bars as shown in Fig.2. These ribs can distort the circular shape of the iron rebar. In addition, while the tips of the steel rebar are cut, the tips deteriorate. Defects such as steel rib features, damaged cutting and lack of painting negatively can affect counting of steel rebar.



Fig. 2. A view of steel rebar tips with ribs

The studies in the literature on the counting of steel rebar can be classified as counting on production line [4-7] and counting rebar in storage area [8,9].

In [7], the proposed algorithm is based on image counters. High accuracy has been obtained with the image of steel rebar tips. Although the image used in [7] is very realistic, the high contrast between the background and the tips of the rebar makes it easier to separate the rebar tips between each other. A software application has been implemented for the proposed algorithm in [8]. The proposed algorithm was based on K-means algorithm and Hough transform.

In order to overcome missing detection of the rebar such as obscured rebar, oxidation dark rebar and bent rebar, two cameras were used simultaneously to capture top and front view of the rebar [10]. It was proposed as efficient way to to recognize missing rebar having the above features.

The rebar counting is important not only in the production phase but also in the inspection of building constructions. For this purpose, a deep learning-based rebar counting is proposed in a new study to increase the efficiency of building inspection [11].

Remaining of the present study are organized as follows. In the next section, the proposed algorithm is explained in detail. Experimental results are given in the third section. Finally, the results and future studies are concluded in the last section.

2. Proposed Algorithm

At the end of the production, the steel rebar which is cut in certain lengths is tied in bundles. Then the bundles are moved to storage area. The tip surface of cut steel rebar may be deformed or misshapen. Generally, the illumination in the plant environment is not sufficient and staff may not use a high resolution camera. In addition, the dust density of the environment also affects the images negatively. Under the conditions, the images of steel rebar in a storage area were obtained using a camera of a smart phone approximately 1m away from the rebar tips.

The images were preprocessed to clarify the sight of the steel rebar. Gaussian Blur filter is selected for the purposes of reducing noise. The proposed algorithm has five variable parameters for canny edge detection, threshold value and Hough transform.

The proposed algorithm is applied to count 8mm and 12mm steel rebar packages and the most suitable value range is determined for accurate counting of steel rebar. The steps are illustrated in Fig. 3.

2.1. Preprocessing and Blurring Filter

OpenCV is a utility for reading and processing various types of image files from video and photos. This utility, which contains hundreds of functions related to image processing, is an open source library. Factors such as background light, pollution of the environment, and the difference between day and night light sources needs filtering of the image. Because of noise and interference in the image, Gaussian Blur filter was preferred in counting of steel rebar. Blurring is a basic and often preferred image processing step. There are many reasons for using smoothing, but it is usually done to reduce noise or camera defects in the image. Smoothing is an important process to adjust the image resolution [12].

In this method, a Gaussian kernel is used. The kernel must be positive and unique. The width and height of the kernel should be specified. The standard deviation in the x and y directions should be specified, with σ_x and σ_y . If only σ_x is defined, σ_y is defined the same as σ_x . Both are calculated from kernel size if given a value of zero. Gaussian blur plays a very important role in removing Gaussian noise from an image.

$$\left. \begin{aligned} \sigma_x &= \left(\frac{n_x}{2} - 1\right) \times 0.30 + 0.80 \\ \sigma_y &= \left(\frac{n_y}{2} - 1\right) \times 0.30 + 0.80 \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

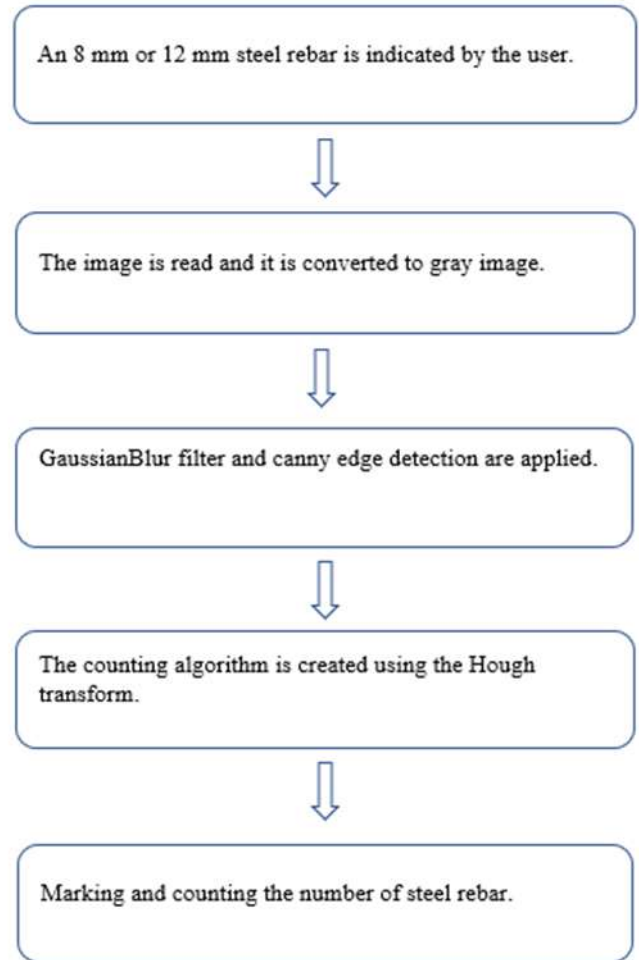


Fig. 3. Proposed counting algorithm

2.2. Canny Edge Detection and Threshold Values

Interested objects may need to be distinguished from the background and some other objects on the image. Erosion and dilation are described as basic morphological processes. They occur in various situations such as providing the insulation of the elements and correcting the noise. Gradients of an image and intensity holes or bumps can be found by morphological processes. It is generally used in processes such as the interpretation of pixels, analysis, thinning, image compression, corner analysis, distorted image repair (removing or adding missing or excess pixels), detection of textures in order to extract appropriate information on the image [13,14].

Edge detection among image processing algorithms is one of the most used methods. Edge detection algorithms are basically determined by the separation of the color values (0-255) of the pixels in the image. Roberts, Sobel, Prewitt, and Canny are commonly used edge detection methods. In this study, edge detection methods are tried and the most accurate results are obtained when using canny edge detection. It is a highly effective and useful algorithm in finding edges. First, the noise in the image is reduced by convolution with the Gaussian nucleus according to a σ value. Then, by driving the operator, the magnitude and direction of the edge gradient is calculated. Edges are thinned by applying non-maxima suppression. Finally,

the image is removed from the details by applying double thresholding. Thresholding is the most important part used for image segmentation. It is one of the best approaches. It is to separate the target shape in the image from the image background [14,15].

Pixels have two basic criteria: edge direction in radians and pixel density (0-255). Pixel density is expressed in double thresholds. These are high thresholds and low thresholds. High threshold defines strong pixels. It is used for pixels with higher density than high threshold. A low threshold identifies pixels that are not relevant. It is used for pixels with lower intensity than low threshold. 12 mm and 8 mm steel rebar images are binarized by appropriate threshold values (by trial and error) given in Table 1. Thresholding, which makes use of the gray dispersion histogram, is the stage of deciding that the areas of value above the threshold value determined from the pixels in the processed image obtained after the edge detection stages carry edge data and the remaining ones are unnecessary detail that cannot be noise or edges to be cleared [16]. Let's consider a T value determined according to the histogram to distinguish the objects from the background. This value is for pixel $f(x,y)$; for $f(x,y) > T$, the pixel will belong to the object. If $f(x,y) \leq T$ value, the pixel will belong to the background.

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & \text{if } f(x, y) > T \\ 0 & \text{if } f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (2)$$

2.3. Region of Interest (ROI)

In this study, region of interest (ROI) was used since the images of the steel rebar were not adjusted with the camera, the image was too noisy and the resolution value was not at the desired level. ROI means that is the cross-sectional area obtained by subtracting the image pixel to be processed from the value of all pixels in the image as illustrated in Fig. 4.

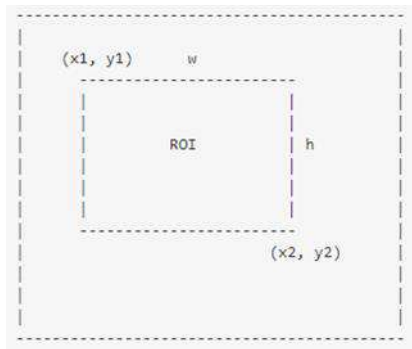


Fig. 4. A sample for ROI

The region of interest is drawn from the processed with boxes, circles, ellipses, irregular polygons, and so on [9]. In order to obtain most of the number of steel bars and count quickly, it is also convenient to further determine the relevant area, reduce the detection error in the relevant area. In this study, the part related to the steel rebars was extracted by ROI. Then the extracted image has been processed as our main picture.

2.4. Hough Circle Transform and Counting Algorithm

Hough circle transform is used to find the parameters related to the circle when the serial point falling around is known. Circular Hough Transform function detects multiple circles in an image. The image contains holes or circles or whose

centers can be in or out of the image [17]. A circle with r radius and center (a, b) can be explained with the parametric equations as follows:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2 \quad (3)$$

The greater the number of parameters required to construct the shape, the larger the size of the R parameter space, the greater the complexity of the Hough transform. Thus, the parameter space for a circle will belong to R^3 the line only belonged to R^2 .

With the Hough circle transform method, there is a circle whose radius which we predefine. It aims to obtain a circle-like shape by assigning points away from the center point at certain meters in Fig. 5. A circle finding algorithm can be created. We draw a circle with the radius we want at each edge point. This circle is drawn such as the value a on the x-axis b value on y-axis and the radius r on the z-axis in three-dimensional space.

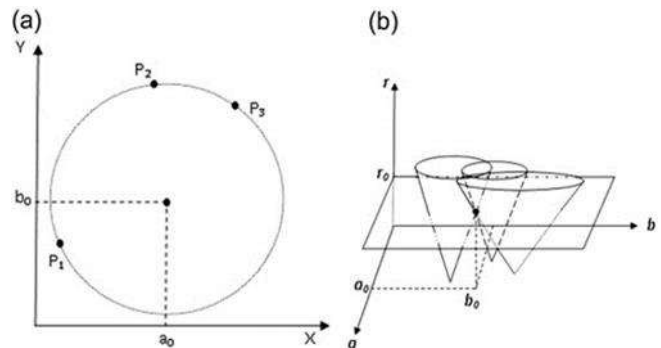


Fig. 5. Hough circle transform

Before applying Hough circle transform, the noisy images are cleared as much as possible. First, it is filtered with the appropriate filter and the edge detection algorithm is used to detect the edges of the image. In Table 1, appropriate threshold values for canny edge detection with respect to 8mm and 12mm diameter steel rebar.

The threshold value is determined for the lowest value and the highest value of the radius in detecting the circles on the image. The results are summed up in a 3D accumulator array to form circles of different diameter and center. Five important parameters are required for proper image detection as follows:

- **python command:** cv2.HOUGH_GRADIENT command is used in python for entering parameters.
- **dp:** is the ratio of image resolution with accumulator. This ratio is inversely proportional. If $dp = 1$, the image and the accumulator have the same resolution.
- **minDist:** It is the measure of the closest distance of a circle to another circle. When this value is too large, it may not detect the circles which is exist. When this value is too small, it can detect more circles than are present in its surroundings.
- Two parameters called **param1** and **param2** necessary for circle detection are given and then the **minimum radius** and the **maximum radius** are calculated. After that counting algorithm is created.

These parameter values are changed according to the circle diameters on the image and the value is given.

Table 1. Selected threshold values

Steel rebar diameter	Edge detection algorithm	Low threshold (0-255)	High threshold (0-255)
12 mm	Canny	130	130
8 mm	Canny	125	125

3. Results and Discussion

It is obvious that, the most accurate result can be obtained when using an image of steel rebar without any defect as shown in Fig. 6 [18]. Since there is no defect on the rebar tips and the edges are so clear, 100% success is obtained with the proposed algorithm.

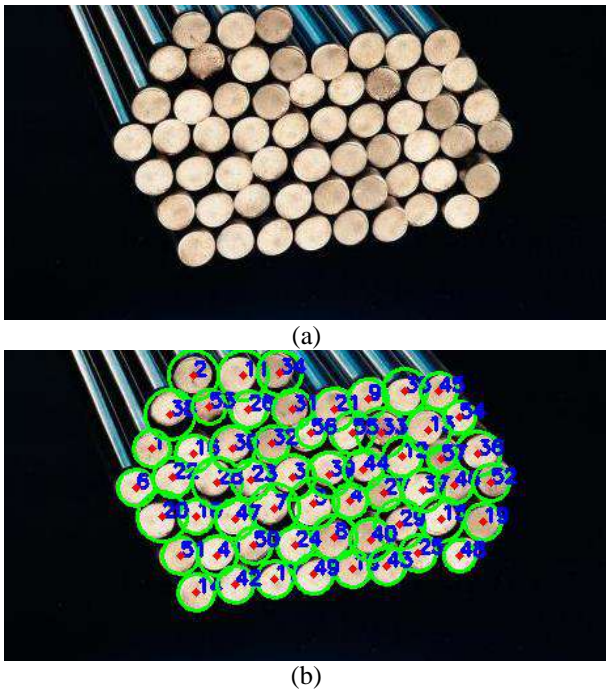


Fig. 6. a) Image of 57 steel rebar with no defect, b) counting rebars.

In our study, we selected steel rebar images having different number of rebar tips. The images are obtained by using the camera of a smart phone. The resulting images of each steps of the proposed algorithm are shown Fig. 7 and 8. Although adverse conditions such as insufficient lighting of environment, deforming cutting, rib feature of steel, lack of painting, the accuracy of the counting is very high as shown in Table 2.

Table 2. Results of counting steel rebars

Diameter of steel rebar	Real number of rebars	Counting result	Accuracy
12 mm	135	127	94.0%
8 mm	1983	2029	97.6%

In Fig. 7, the image includes dark and bright areas around rebar. Also, it is very clear that the tips of the rebar has been defected. The accuracy of counting for 12mm steel rebar is measured as 94% under these conditions.

In the literature, small number of rebar are counted using image processing. On the other hand, it is more necessary to

count large number of rebar. Such type of example is shown in Fig. 8a. The accuracy of counting for 8mm steel rebar is measured as 97.6%.

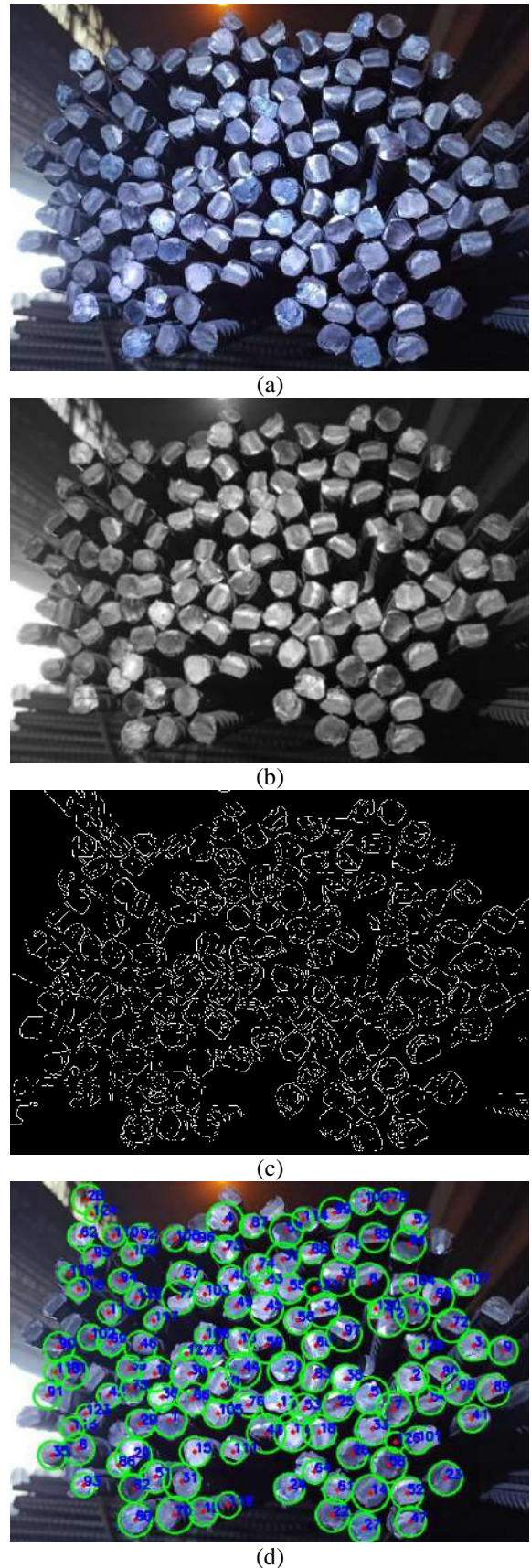
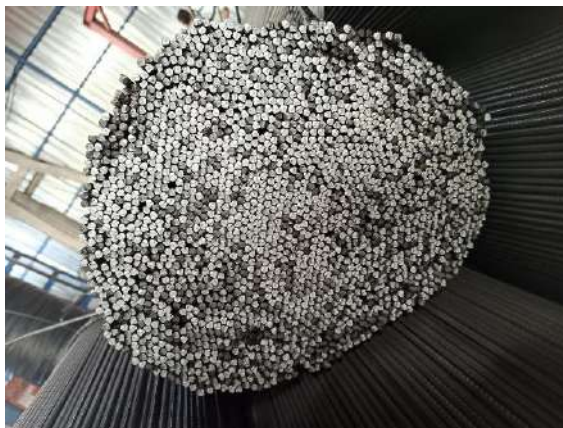
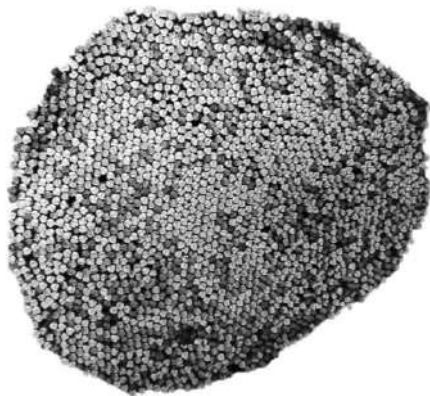


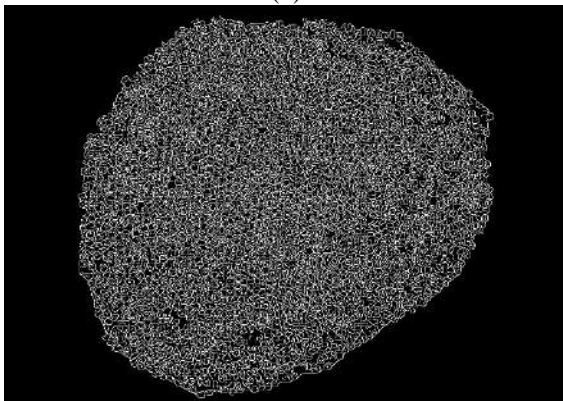
Fig. 7. Results of 12mm diameter rebar bundle: a) Original image, b) Gaussian blur filter, c) Canny edge detection, d) Counting



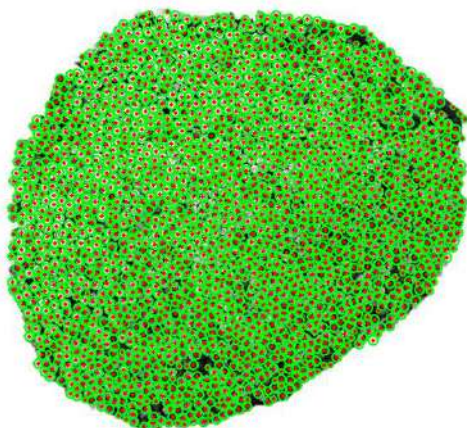
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 8. Results of 8mm diameter rebar bundle: a) Original image, b) Gaussian Blur Filter in ROI, c) Canny Edge Detection, d) Counting

4. Conclusions and Future Work

In the present study, images of steel rebar which is taken from iron and steel plants and has different diameters were taken with a mobile phone camera. Counting of steel rebar was performed without any hardware enhancement such as light source adjustment and dark environment. The image of the steel rebar which are counted has been cut from the whole image in order to make a more accurate count. Median filter, Gaussian filter, Gaussian blur filter were tested and it was decided that the most effective filter was Gaussian blur. Two threshold values were determined by applying canny edge detection. Then, the circles were determined by applying Hough circle transform.

Environmental factors such as the density of the rebar, insufficient lighting and the matt rebar tips cause incomplete or overcounting. In addition, since the rebar are not aligned, the gap among them causes the rebar to be overcounted. Therefore, the counting results, less or above the real, are effected by all environmental factors.

Furthermore, the proposed algorithm results in high counting accuracy rate despite the defects that negatively affect the counting such as steel rib features, distorted cut, and lack of staining. With this study, it is aimed to save workforce and energy.

In the future study, it is aimed to continue development for a computer and mobile application. A graphical user interface (GUI) has been started to be designed for the convenience of the user. Tkinter is a GUI tool that comes with the Python programming language. Tkinter which is a python module will be used for this interface design. The necessary parameters for the proposed algorithms can be selected by the user with the GUI as shown in Fig. 9. It is targeted to adapt the interface which is developed to the algorithm.

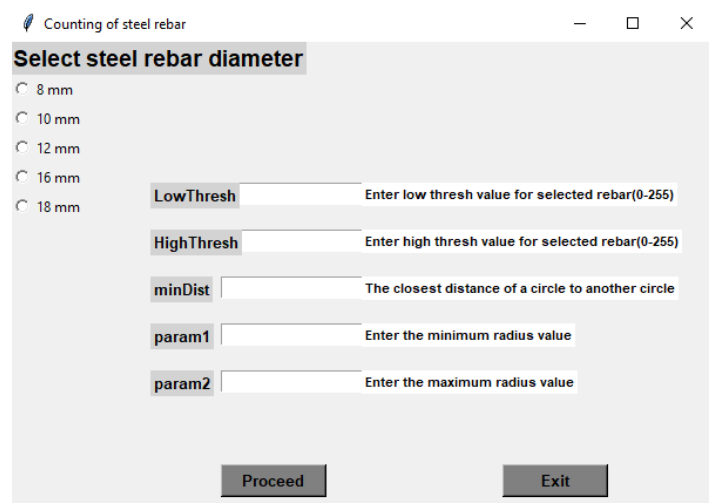


Fig. 9. GUI for the user of the proposed algorithm.

5. Acknowledge

We would like to thank the steel rebar manufacturing plants located in Payas, Turkey for their support with the images given in Figs. 7a and 8a.

References

- [1] Tunuz, A. & Furat, M. A Sensorless Crude Steel Cutting Method for Continuous Casting Machine. CILICIA International Symposium On Engineering and Technology Ciset, Mersin, Turkey, 19-22 June 2018.
- [2] Yılmaz, F., Dağilgan, N. S. & Furat, M. Image Processing Applications For Sustainable Production In Iron And Steel Industry. 7th International Iron & Steel Symposium, İzmir, Turkey, 26-27 September 2019, pp. 51-54.
- [3] Wu, Y., Zhou, X. & Zhang, Y. Steel bars counting and splitting method based on machine vision. IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER) 2015, Shenyang, China, pp. 420-425, doi: 10.1109/CYBER.2015.7287974.
- [4] Nie, Z., Hung, M. & Huang, J. Rebar Counting on Production Line Based on Machine Vision. 3rd International Conference on Robot, Vision and Signal Processing (RVSP), Kaohsiung, 2015, pp. 39-42, doi: 10.1109/RVSP.2015.18.
- [5] Fernández, A., Souto, M. Á. & Guerra, L. Automatic steel bar counting in production line based on laser triangulation. IECON 2019 - 45th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, Lisbon, Portugal, 2019, pp. 80-85, doi: 10.1109/IECON.2019.8927798.
- [6] Zhang, Y., Jiang, M., Wu, Y. & Zhou, X. An automatic rebar splitting system based on two-level of the chain transmission. 2015 IEEE International Conference on Cyber Technology in Automation, Control, and Intelligent Systems (CYBER), Shenyang, 2015, pp. 587-590, doi: 10.1109/CYBER.2015.7288006.
- [7] Su, Z., Fang, K., Peng, Z. & Feng, Z. Rebar automatically counting on the product line. IEEE International Conference on Progress in Informatics and Computing, Shanghai, China, 2010, Vol. 2, pp. 756-760, doi: 10.1109/PIC.2010.5688012.
- [8] Xiaohu L. & Jineng, O. Research on steel bar detection and counting method based on contours. 2018 International Conference on Electronics Technology (ICET), Chengdu, 2018, pp. 294-297, doi: 10.1109/ELTECH.2018.8401470.
- [9] Ablidas, M. R., Monsura, A., Ablidas, L. A. & Cruz, J. D. (2019) An Application of Image Processing Technology in Counting Rebars as an Alternative to Manual Counting Process. International Journal of Simulation -- Systems, Science & Technology, 20(5), pp. 1-9. doi: 10.5013/IJSSST.a.20.05.02
- [10] Fang, H. P., Fang, K. L. & Liu, X. H. (2013) Online Rebar Recognition Based on Multi-View Images. Applied Mechanics and Materials, vols. 416-417, pp. 1192-1195, doi: 10.4028/www.scientific.net/amm.416-417.1192.
- [11] Park, J.-H., Kim T.-H. & Choo, S.-Y. (2020) Deep learning-based rebar reinforcement detection technology to improve supervision work efficiency. Journal of the Architectural Institute of Korea: Planning Section, Vol. 36 (5), pp. 93-103, doi: 10.5659/JAIK_PD.2020.36.5.93
- [12] Internet source: Smoothing Images, https://docs.opencv.org/master/d4/d13/tutorial_py_filtering.html (last access: 12 Dec 2020)
- [13] Internet source: Canny Edge Detection, https://docs.opencv.org/master/da/d22/tutorial_py_canny.html (last access: 12 Dec 2020)
- [14] Rong, W., Li, Z., Zhang, W. & Sun, L. An improved Canny edge detection algorithm. IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, Tianjin, 2014, pp. 577-582, doi: 10.1109/ICMA.2014.6885761.
- [15] Jie, G. & Ning, L. An improved adaptive threshold canny edge detection algorithm. International Conference on Computer Science and Electronics Engineering, Hangzhou, China, 2012, Vol. 1, pp. 164-168, doi: 10.1109/ICCSEE.2012.154
- [16] Xinman, Z., Mei, M., Tingting, H. & Xuebin, X. Steel bars counting method based on image and video processing. International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), Xiamen, 2017, pp. 304-309, doi: 10.1109/ISPACS.2017.8266493.
- [17] Internet Source: Hough Transform, https://en.wikipedia.org/wiki/Circle_Hough_Transform, (last access: 12 Dec 2020)
- [18] Internet source: <http://www.aveplast.com/images/stories/virtuemart/product/demircubuk.jpg>



Çinko Ferrit Nanopartikül ile Modifiye Edilmiş PSf Kompozit Membranların Hazırlanması ve Performanslarının Belirlenmesi

Abdullah Oğuz Can¹, Emine Özkan², Ahmet Özgür Saf^{3*}

¹ Milli Eğitim Bakanlığı, Fen Bilimleri Öğretmeni, Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1527-1335), oguzzcan42@gmail.com

² Necmettin Erbakan Üniversitesi, BİTAM, Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7924-4304), 00emineozkan00@gmail.com

^{3*} Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ahmet Keleşoğlu Eğitim Fakültesi, Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6401-5434), aosaf42@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.852822)

ATIF/REFERENCE: Can, A.O., Özkan, E. ve Saf, A.O. (2021). Çinko Ferrit Nanopartikül ile Modifiye Edilmiş PSf Kompozit Membranların Hazırlanması ve Performanslarının Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 159-166.

Öz

Bu çalışmada, hidrotermal sentez yöntemi ile çinko ferrit ($ZnFe_2O_4$) nanopartikül sentezlenerek XRD ve FTIR teknikleriyle karakterize edilmiştir. Boş PSf ve farklı kütle oranlarında çinko ferrit içeren nanofiltrasyon membranlar faz değişim metodu ile hazırlanmıştır. Hazırlanan membranlar FESEM ve AFM görüntülerinin incelenmesi, temas açısı, gözeneklilik ölçümleri, saf su akılarının belirlenmesi, kirlenme direnci ile tuz giderimi sonuçları ile morfoloji ve performans açısından karakterize edilmiştir. Çinko ferrit nanoparçacıklarının eklenmesi ile membranların gözenekliliği ve hidrofilikliğinde iyileşmeler gözlenmiş, bunun bir sonucu olarak saf su akısında önemli bir artış elde edilmiştir. Saf su akısı, PSf membran için $1.5 \text{ L/m}^2\text{h}$ olarak gerçekleşirken, %54.9 artışla %2.5 çinko ferrit içeren kompozit membran için $4.5 \text{ L/m}^2\text{h}$ olarak bulunmuştur. Membranların tuz giderme performansı $1000 \text{ ppm Na}_2\text{SO}_4$ çözeltisi kullanılarak incelenmiş ve en iyi performans %40.6 tuz giderimi ile %2.5 çinko ferrit içeren kompozit membranda elde edilmiştir. Ayrıca, membran uygulamalarında önemli bir problem olarak kabul edilen membran kirlenmesi BSA çözeltisi kullanılarak araştırılmıştır. BSA çözeltisi kullanılmadan önce ve sonraki saf su akılarının değişimi incelenmiştir. $ZnFe_2O_4$ katkılı membranların FRR değerleri, PSf membranın %56 olan FRR değerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu, nanoparçacık eklenmesinin membranın kirlilik önleyici özelliğini önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir. Ayrıca, membranların kirlenme direncini daha detaylı incelemek için tersinir kirlenme oranı (Rr), tersinmez kirlenme oranı (Rir) ve toplam kirlenme (Rt) değerleri hesaplanmıştır. Ağırlıkça %2.5 çinko ferrit içeren membranın toplam kirlenme ve tersinmez kirlenme oranının PSf membrana kıyasla daha düşük olduğu bulunmuştur. Ayrıca, en yüksek tersinir kirlenme oranı elde edilmiştir. Sonuç olarak, PSf membrana çinko ferrit nanoparçacıkların katılması performansının iyileşmesine katkı sağladığını görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kompozit membran, Polisülfon, Çinko ferrit, Saf su akısı, Kirlenme.

Preparation of PSf Composite Membranes Modified with Zinc Ferrite Nanoparticle and Determination of Their Performance

Abstract

In the study, zinc ferrite ($ZnFe_2O_4$) nanoparticles were synthesized by the hydrothermal synthesis method and characterized by FTIR and XRD techniques. Blank PSf and nanofiltration membranes containing different mass ratios of zinc ferrite were prepared by phase inversion process. The prepared membranes were characterized in terms of morphology and performance by examining FESEM and AFM images, contact angle, porosity measurements, determination of pure water fluxes, contamination resistance and desalination results. With the addition of zinc ferrite nanoparticles, improvements were observed in the porosity and hydrophilicity of the membranes,

* Sorumlu Yazar: aosaf42@gmail.com

as a result of which a significant increase in pure water flux was obtained. While the pure water flux was realized as 1.5 L/m²h for PSf membrane, it was found as 4.5 L/m²h for the composite membrane containing 2.5% zinc ferrite with an increase of 54.9%. The desalination performance of the membranes was examined by using 1000 ppm Na₂SO₄ solution and the best performance was obtained on the composite membrane containing 2.5% zinc ferrite with 40.6% desalination. In addition, membrane fouling, which is considered to be an important problem in membrane applications, has been investigated using BSA solution. The variation of pure water fluxes before and after using BSA solution was investigated. The blended membranes with ZnFe₂O₄ exhibited higher FRR values than the 56% FRR value of the PSf membrane. This indicates that the addition of nanoparticles significantly improves the antifouling property of the membrane. In addition, reversible fouling ratio (Rr), irreversible fouling ratio (Rir) and total fouling (Rt) values were calculated to examine the fouling resistance of the membranes in more detail. It was found that the total fouling and irreversible fouling ratio of the membrane containing 2.5% zinc ferrite by weight were lower compared to the PSf membrane. In addition, the highest reversible contamination ratio was obtained. As a result, it has been seen that the addition of zinc ferrite nanoparticles to PSf membrane contributes to the improvement of its performance.

Keywords: Composite membrane, Polysulfone, Zinc ferrite, Pure water flux, Antifouling

1. Giriş

İki ortamı birbirinden ayıran membranlar, basınç, sıcaklık, konsantrasyon ve elektriksel potansiyel farkı gibi yürütücü kuvvetler ile maddelerin seçici bir şekilde ayrılmasını sağlayan yarı geçirgen malzemelerdir. Membranlar, çeşitli ayırma işlemlerinde ve günlük yaşamımızda önemli rol oynamaktadırlar. Membranların hazırlanmasında polisülfon (PSf), polyetersülfon (PES), selüloz asetat (CA), poliimit (PI), poliviniliden florür (PVDF), polyamit (PA), polieterimit (PEI) ve poli(fenilen eter eter sülfon) (PEES) gibi birçok polimer maddesi kullanılmaktadır (Ansari vd., 2015). Termal ve mekanik kararlılığa, kolay işleme potansiyeline, çevresel etkilere karşı dayanıklı ve ısıyla bozunmaya karşı uygun dirence sahip olmaları nedeniyle PSf ve PES en yaygın olarak kullanılan polimerlerdir (Nasrollahi vd., 2018). Ancak bunların yanında PSf ve PES'in hidrofobik özellikte olması, membranları kirlenmeye yatkın hale getirmektedir (Luo vd., 2005). Membran kirlenmesi, kek oluşumu ve gözenek tıkanması da dâhil olmak üzere çeşitli mekanizmalarla akının azalmasına neden olmaktadır (Zhang vd., 2018). Kirlenme ayrıca membranı bozar, uygulama süresini ve seçiciliğini azaltır (Agenson ve Uruse, 2007). Kirleticilerin çoğu hidrofobik özellikte olduğundan, membran hidrofilitesindeki artış kirlenme direncinin artmasına (kirlenmenin azalmasına) neden olmaktadır (Safarpour vd., 2016).

Polimerik membranların hidrofilitmesini ve kirlenme önleyici özelliklerini geliştirmek için farklı prosedürleri içeren birçok yaklaşım bulunmaktadır. Bunlar; nanotaneçiklerle polimerlerin karıştırılması (Zinadini vd., 2017), UV ışınlanması (Yu vd., 2006), plazma işlemi (Tyczkowski vd., 2007) ve kimyasal modifikasyon (Han vd., 2011) işlemleridir. Son zamanlarda birçok araştırmacı membrana Al₂O₃, SiO₂, TiO₂, Fe₂O₃ gibi çeşitli metal oksit nanopartikülleri ekleyerek hidrofilitliği artırmaya ve membran kirlenmesini azaltmaya yönelik çalışmalara odaklanmıştır (Nasrollahi vd. 2018; Safarpour vd., 2016). Metal oksit nanopartiküllerden spinel ferrit (SF) manyetik malzemeler, demir iyonları içeren ve MFe₂O₄ (M = Mg²⁺, Co²⁺, Ni²⁺, Zn²⁺, Fe²⁺, Mn²⁺, vb) genel yapısal formülüne sahip önemli bir kompozit metal oksit sınıfıdır. SF'ler, mükemmel manyetik özellikler, geniş yüzey alanı ve yüzey aktif alanlar, yüksek kimyasal kararlılık, ayarlanabilir şekil ve boyut ile modifiye/işlevselleştirilme kolaylığı gibi benzersiz fizikokimyasal özelliklere sahiptirler (Reddy ve Yun, 2016). Bu özelliklerinden yararlanılarak Spinel ferrit (SF) manyetik malzemeler içeren membran çalışmaları yapılmıştır. Zareei vd., (2019) yılında yaptıkları çalışmada CoFe₂O₄/CuO nanopartikülleri kullanarak hazırladıkları PES esaslı kompozit membranların, boş PES membrandan daha yüksek yüzey hidrofilitliğine sahip olduğunu bulmuşlardır. PES içerisinde

farklı oranlarda CoFe₂O₄/CuO karıştırılarak elde edilen membranların saf su akısında 12 L/m²h'dan 34.5 L/m²h'a varan bir artışa sebep olduğunu, tuz giderim performanslarının NaCl için %32'den %72'ye, Na₂SO₄ için %62'den %95'e yükseldiğini belirlemişlerdir. Ayrıca membranların kirlenmeye karşı performansının FRR %90 gibi yüksek bir değere ulaştığını ortaya koymuşlardır. Koulivand vd., (2019) yaptıkları çalışmada Fe₃O₄ manyetik nanopartikülleri sentezleyerek (3-aminopropyl) triethoxysilane (APTES) ve/veya dendrimer amin (MDA) ile fonksiyonlandırmışlardır. Elde ettikleri nanokompozit malzemeler ile PES membranlar hazırlayarak membranların saf su geçirgenliği, tuz giderme ve kirlenme performanslarını incelemişlerdir. Bu çalışma sonucunda %0.5 PES-Fe₃O₄-MDA bileşimindeki kompozit membranın en yüksek hidrofilitlik, geçirgenlik, reddetme ve kirlenme önleyici özellikler gösterdiğini ortaya koymuşlardır. Ba-Abbad vd., (2017) tarafından yapılan çalışmada, demir oksit (α -Fe₂O₃) nanopartiküllerini sol-jel metoduyla sentezleyerek çeşitli tekniklerle karakterize etmişlerdir. Sentezledikleri NP'leri kullanarak faz değişim metodu ile kompozit PSf membranlar elde etmişlerdir. Membranların geçirgenlik, gözeneklilik ve gözenek boyutu özelliklerindeki değişimleri incelemişlerdir. Aynı zamanda NP içeren membranların saf su geçirgenliğinin yaklaşık 3 kat arttığını, aynı şartlarda tuz giderim performansının da iyileştiğini söylemiştir.

Bu çalışmada, hidrofilit özellikteki ZnFe₂O₄ nanopartikül sentezlenerek faz değişim metoduyla kompozit membranlar hazırlanmıştır. Hazırlanan membranların hidrofilitlik, gözeneklilik ve yüzey özellikleri sırasıyla temas açısı, FESEM ve AFM ile incelenerek ZnFe₂O₄'ün membran üzerine etkisi araştırılmıştır. Ayrıca, hazırlanan kompozit membranların saf su geçirgenliği, tuz giderimi ve kirlenmeye karşı direnç performansları araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada kullanılan polisülfon (Mw: 32,000 g/mol), dimetil-formamid (DMF), sıvı serumu albümini (BSA) (Mw: 66 kD), setiltrimetilamonyum bromür (CTAB), FeCl₃·6H₂O, ZnCl₂, Na₂SO₄ ve NaOH Sigma-Aldrich firmasından temin edilmiştir. Membran hazırlanırken destek malzemesi olarak holiteks (Hollytex 3329) kullanılmıştır.

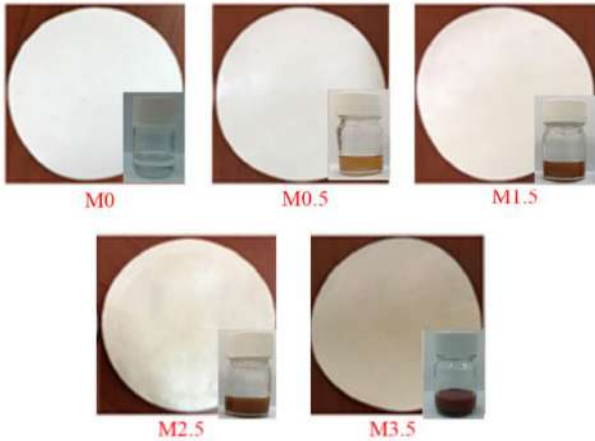
2.1. Çinko Ferrit Sentezi ve Karakterizasyonu

Çinko ferrit literatüre göre başarıyla sentezlenmiştir (Vural vd., 2016). İlk olarak 35 mL saf su ile 1 g setiltrimetilamonyum bromür (CTAB) karıştırılmıştır. Karışımın üzerine 1 g FeCl₃·6H₂O çözeltisi ile stokiyometrik miktarda ZnCl₂ çözeltisi eklenmiştir. Saf su ile son hacim 40 mL ye tamamlandıktan sonra NaOH çözeltisi kullanılarak karışımın pH'sı 11'e ayarlanmıştır.

Sonrasında karışım teflon reaktöre alınarak 130 °C sıcaklıkta 15 saat reaksiyon gerçekleştirilmiştir. Reaksiyon sonunda ürün saf suyla yıkanarak etüvde kurutulmuştur. ZnFe₂O₄ nanopartikülün yapısal karakterizasyonu, X-Işını Kırınımı ve FTIR teknikleri kullanılarak yapılmıştır. FT-IR spektrumları ATR probu kullanılarak ölçülmüştür. X-ışını kırınımı (XRD) ölçümleri, 20° ila 70° arasında 2θ tarama aralığında 40 kV hızlanma voltajı ile monokromatik CuKα radyasyonu (λ = 0.154 nm) ile elde edilmiştir.

2.2. Kompozit membranların hazırlanması

0,8 gram PSf'ye 4,2 gram DMF eklenerek dökme çözeltisi hazırlandı. Çözelti, oda sıcaklığında 24 saat karıştırıldı. Çözeltiden gaz kabarcıklarını çıkarmak için ultrasonikasyona tabi tutuldu. Sonikasyon işlemi esnasında PSf'ye göre ağırlıkça %0.5, %1.5, %2.5 ve %3.5 çinko ferrit eklenerek farklı bileşime sahip dökme çözeltileri hazırlandı. Sonrasında dönel kaplama (spin coating) cihazı kullanılarak holytex yüzeyi dökme çözeltileriyle kaplandı. Kaplanan holytex su banyosuna daldırılarak faz değişim işlemi gerçekleştirildi ve kompozit membranlar elde edildi. Membranlar, kurutulularak kullanıma hazır hale getirildi. Elde edilen membranlar ve dökme çözeltileri Şekil 1'de gösterildiği gibidir. Ayrıca, hazırlanan membranların içerikleri Tablo 1.'de verilmiştir.



Şekil 1. Farklı içeriğe sahip dökme çözeltileri ve elde edilen membranlar

Tablo 1. Hazırlanan membranların bileşimleri

Membran	PSf (%)	DMF (%)	ZnFe ₂ O ₄ (%)
M0	16	84	-
M0.5	16	84	0.5
M1.5	16	84	1.5
M2.5	16	84	2.5
M3.5	16	84	3.5

2.3. Membranların Karakterizasyonu

Hazırlanan membranların karakterizasyonunda Alan Emisyonlu Taramalı Elektron Mikroskobu (FESEM), Atomik Kuvvet Mikroskobu (AFM) kullanılmış ayrıca, gözeneklilik ve temas açısı ölçümleri yapılmıştır. Hazırlanan membranların performansları saf su geçirgenliği, tuz giderme ve kirlenme direnci deneyleri ile belirlenmiştir.

Hazırlanan membranların enine kesit görüntüleri FESEM (Zeiss Gemini SEM 500) ile 1.0 kV ve 10.0 k büyütmede elde edilmiştir. Görüntülenecek membranlar Au/Pt ile kaplanarak daha iletken olmaları sağlanmıştır.

AFM (Park Sistemleri-XE7 modeli) ölçümleri; membranların yüzey pürüzlülüklerinin belirlenmesi amacıyla 10 µm x 10 µm alanında, temassız modda (non contact mode) ve 1 Hz tarama hızında gerçekleştirilmiştir.

Membranların hidrofilik davranışlarını belirlemek amacıyla temas açısı ölçümleri yapılmıştır. Bu amaçla 5 µL su membran yüzeyine damlatılarak statik temas açıları bilgisayarlı ortamda ölçülmüştür.

Membranların toplam gözenekliliği gravimetrik metotla aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanmıştır (Zinadini vd., 2014a)

$$\varepsilon = \frac{\omega_1 - \omega_2}{A \times l \times d_w} \quad (1)$$

Formülde; ε : Toplam porozite; ω_1 : Islak membran kütlesi (g); ω_2 : Kuru membran kütlesi (g); A : Aktif membran alanı (cm²); l : Membran kalınlığı (cm); d_w : Suyun yoğunluğu (g/cm³)'dur.

Saf su geçirgenliği, tuz giderimi ve kirlenme direnci ile ilgili çalışmaların tamamı 0,00146 m² yüzeyli Sterlitec HP4750 Dead-end (kör-uç) filtrasyon sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmalarda membranlar 30 dakika süreyle 5 barda sıkıştırılarak akının sabit değere ulaşması sağlanmıştır. Sonrasında basınç 3 bara düşürülerek çalışmalar gerçekleştirilmiştir.

Membranın saf su geçirgenliğinin belirlenmesi için 90 dakika boyunca her 5 dakikada bir toplanan su miktarı ölçülmüş ve aşağıdaki akı eşitliği kullanılarak hesaplama yapılmıştır.

$$J = \frac{M}{A \Delta t} \quad (2)$$

eşitlikte; J : Su akısını (kg/m²h), M : Su kütlesini (kg), A : Aktif membran alanını (m²), Δt : Ölçüm süresini (h) göstermektedir.

Membranların tuz giderme (reddetme) performanslarını belirlemek için 1000 ppm Na₂SO₄ çözeltisi kullanılmıştır. 90 dakikalık süre sonunda süzütünün iletkenlik ölçümleri yapılarak aşağıdaki formülle tuz reddetme oranı hesaplanmıştır:

$$R(\%) = \left(1 - \frac{C_p}{C_f}\right) \times 100 \quad (3)$$

Formülde; R : Reddetme yüzdesi; C_p : süzüntü derişimini; C_f : besleme derişimini ifade etmektedir.

Membranın kirlenmeye karşı gösterdiği dirençle ilgili çalışmalarda 60 dakika boyunca membrandan önce saf su, sonra kirlenme olarak 600 ppm BSA çözeltisi geçirilmiştir. Daha sonra membranlar temizlenerek ve aynı şartlarda 60 dakika saf su geçirilerek deney tamamlanmıştır. Bu işlemlerdeki $J_{w,1}$ (kg/m²h), J_p (kg/m²h) ve $J_{w,2}$ (kg/m²h) ile simgelenen akılar hesaplanarak akı geri kazanım oranı (flux recovery ratio, FRR), toplam kirlenme oranı (total fouling ratio, Rt), tersinir kirlenme (reversible fouling ratio, Rr) ve tersinmez kirlenme (irreversible fouling ratio, Rir) aşağıdaki eşitlikler kullanılarak bulunmuştur.

$$FRR = \left(\frac{J_{w,2}}{J_{w,1}}\right) \times 100 \quad (4)$$

$$R_t(\%) = 1 - \left(\frac{j_p}{j_{w,1}}\right) \times 100 \quad (5)$$

$$R_r(\%) = \left(\frac{j_{w,2} - j_p}{j_{w,1}} \right) \times 100 \quad (6)$$

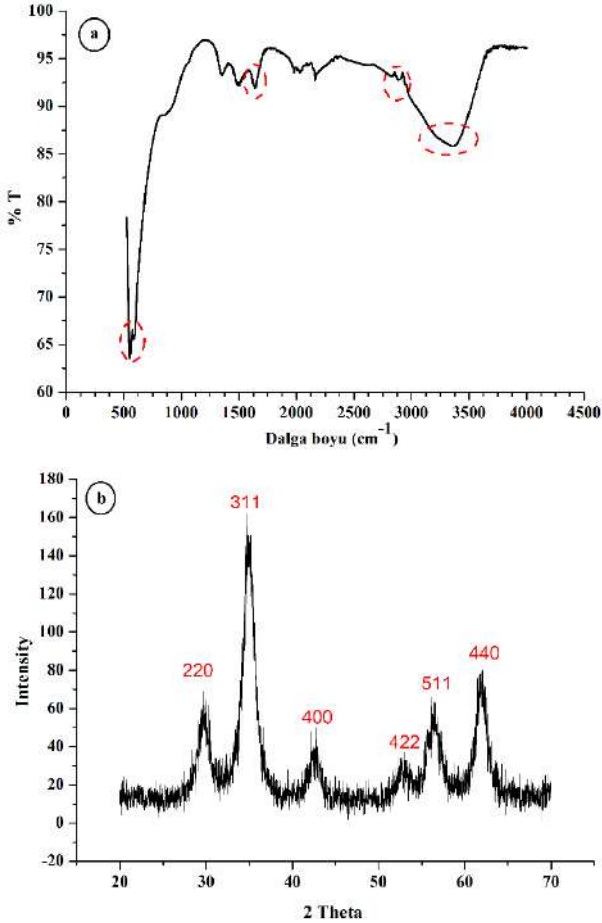
$$R_{ir}(\%) = \left(\frac{j_{w,1} - j_{w,2}}{j_{w,1}} \right) \times 100 = R_t - R_r \quad (7)$$

eşiliklerde; J_p : BSA geçişi sırasındaki akıyı ($\text{kg/m}^2\text{h}$), $J_{w,1}$: İlk saf su akısını ($\text{kg/m}^2\text{h}$), $J_{w,2}$: BSA çözeltisi geçirildikten sonra temizlenmiş membranın saf su akısını ($\text{kg/m}^2\text{h}$) göstermektedir (Zinadini ve ark., 2014b).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. FT-IR ve XRD Karakterizasyonu

Sentezlenen çinko ferrit nanoparçacığına ait FT-IR spektrumu Şekil 2a'da verilmiştir. Şekil 2a incelendiğinde 550 cm^{-1} görülen metal-oksjen piki ZnFe_2O_4 'e ait karakteristik piktir (Xie vd., 2013). 3450 cm^{-1} dolayında gözlemlenen geniş bant yüzey hidroksillerine ait $-\text{OH}$ gerilme titreşimlerinden kaynaklanmaktadır (Oliveira vd., 2009).



Şekil 2. ZnFe_2O_4 'ün a) FT-IR spektrumu, b) XRD spektrumu

Ayrıca, 2890 ve 2955 cm^{-1} 'de iki bant, ZnFe_2O_4 nanopartiküllerinin yüzeyindeki metal iyonları ile sürfaktandan kaynaklanan $-\text{CH}_2$ grubunun asimetric ve simetric germe modlarından meydana gelmektedir (Manohar vd., 2019). 1593 cm^{-1} 'deki pikin, COO^- 'nin simetric germe modundan kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

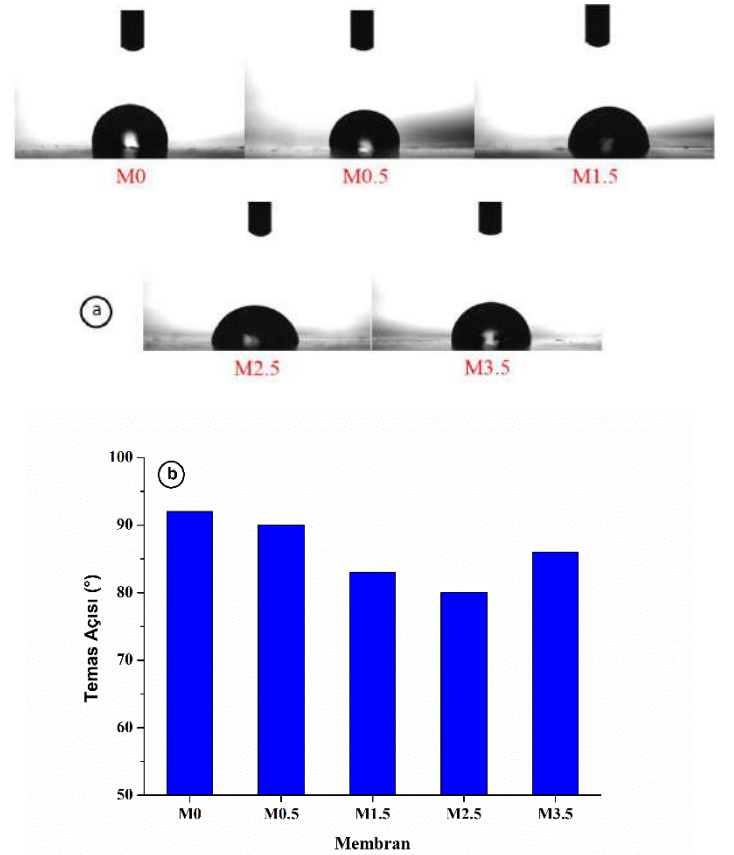
ZnFe_2O_4 nanopartiküllerinin XRD spektrumu Şekil 2b'de gösterilmiştir. Şekil 2b incelendiğinde ZnFe_2O_4 'ün kırınım piklerinin $2\theta = 29.9, 35.3, 42.8, 53.1, 56.6$ ve 62 şeklinde olduğu görülmektedir. Piklere ait düzlemsel değerler sırasıyla (220),

(311), (400), (422), (511) ve (440) şeklindedir. Elde edilen bu değerler (Yang vd., 2015) yaptığı çalışma ile uyumludur.

3.2. FT-IR ve XRD Karakterizasyonu

3.2.1. Temas açısı

Yüzey hidrofiliği; akı ve kirlenmeye karşı direnç gibi membran performansını etkileyen en önemli özelliklerinden biridir (Vatanpour vd. 2020). Farklı bileşimdeki membranların temas açıları Şekil 3'te verilmiştir. Şekil 3'de görüldüğü gibi boş PSf membran (M0) en yüksek temas açısı (92°) değerine sahiptir. Membranlara ağırlıkça %0.5, %1.5 ve %2.5 çinko ferrit ilavesi ile membran yüzeylerinin temas açıları sırasıyla $90, 83$ ve 80° 'e düşmüştür. Temas açısındaki bu düşüş, faz değişimi sırasında membran çözeltisi içerisinde bulunan ve yüksek yüzey serbest enerjisine sahip hidrofilik özellikteki çinko ferrit nanoparçacıkların membranın üst tabakasına göç etmesinden kaynaklanmaktadır (Arumugham vd., 2019).



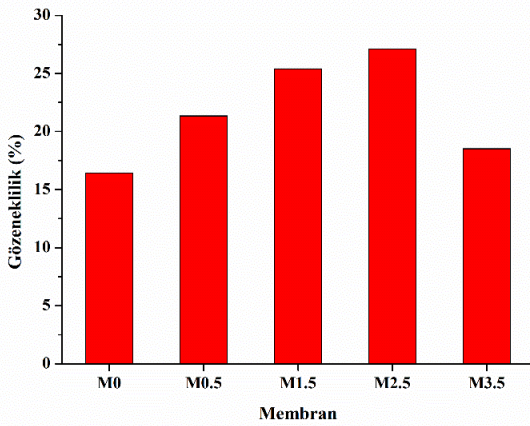
Şekil 3. Membranların; a) Temas açısı görüntüleri, b) Membranların temas açısı değişimi

Ayrıca, membran yüzeyinde hidrofilik nanokompozit malzemenin varlığı, membran yüzeyi ile su molekülleri arasında hidrojen bağı oluşumuna neden olarak temas açısını azaltmaktadır (Seyyed Shahabi vd., 2020). Ancak membrana en yüksek madde miktarı olan %3.5 çinko ferrit ilave edilmesiyle temas açısının 86° 'ya yükseldiği görülmektedir. Bu durum nanopartiküllerin belirli bir değerden sonra bir araya toplanarak hidrofiliğe daha fazla katkıda bulunamadıkları şeklinde düşünülebilir.

3.2.2. Gözeneklilik

Kompozit membranların gözenekliliği eklenen çinko ferrit miktarına bağlı olarak PSf ve ağırlıkça %0.5, %1.5, %2.5 ve %3.5 çinko ferrit içeren membranlar için sırasıyla %16,4; % 21,3; %

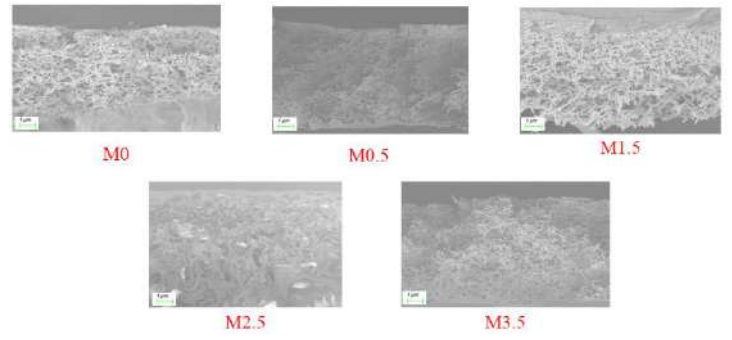
25,4; % 27,1 ve % 18,5 olarak bulunmuştur. Şekil 4’de membran bileşimine katılan çinko ferrit miktarı arttıkça gözenekliliğin arttığı, ağırlıkça %3.5 çinko ferrit eklenmesiyle gözenekliliğin azaldığı görülmektedir. Membran gözenekliliği, polimer çözeltisinin faz inversiyonu sırasında kütle transferine bağlıdır (Hong ve He, 2014). Hidrofilik nanopartiküllerin varlığı çözücü/çözücü olmayan madde değişimini daha hızlı hale getirir ve faz inversiyon işlemi sırasında gözenekliliğin artmasına neden olur (Chung vd., 2017). Diğer taraftan nanoparçacıkların belirli bir orandan fazla olması (%3.5 çinko ferrit eklenmesi) dökme çözeltisinin viskozitesini artırarak kütle değişim hızının azalmasına neden olur (Hosseini vd., 2018). Bu durumun nanopartiküllerin belirli bir miktardan sonra membranın gözenek yapısını bozmaya başlaması ya da farklı gözenek boyutlarının oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Luo vd., 2012).



Şekil 4. PSf ve PSf/ZnFe₂O₄ membranların gözeneklilikleri

3.2.3. FESEM analizi

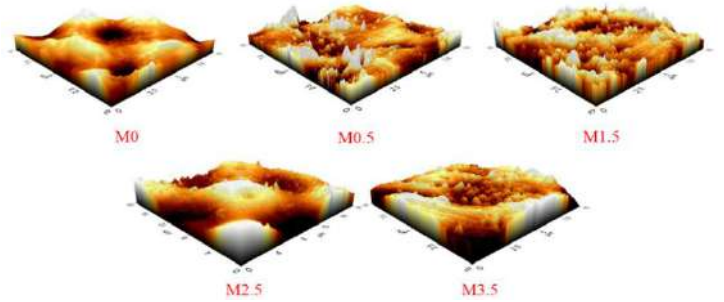
Farklı miktarda çinko ferrit ile hazırlanmış PSf/ZnFe₂O₄ membranların FESEM ile alınmış kesit görüntüleri Şekil 5’te verilmiştir. Çinko ferrit ile hazırlanan membranların yapıları birbirine benzerlik göstermektedir. Ancak %2.5 luk çinko ferrit içeren membran yapısının daha büyük gözenekli ve göz yaşı şeklinde makro boşluklu yapıdan oluştuğu görülmektedir. Bu yapının oluşmasında faz değişim kinetiği önemli bir etkiye sahiptir. Faz dönüşümü sırasında çinko ferrit nanopartikülleri PSf’ye göre su ile daha fazla etkileşimde olduğundan, membran içerisine hidrofilik nanopartikül eklenmesi suyun difüzyon hızını artırır. Difüzyon hızının gözenek boyutu ve membran gözenekliliğini iyileştirdiği bilinmektedir (Moradihamedani vd., 2014). Yüksek miktarda çinko ferrit içeren membranlarda (ağırlıkça %3.5 çinko ferrit) polimerik çözeltilerin viskozitesi de artar. Viskozite değerleri tam olarak ölçülmemesine rağmen, viskozitenin artması, çözücü ve çözücü olmayan maddenin değişim hızını düşüreceğinden gözeneklerin yapısının bozulmasına neden olduğu düşünülmektedir.



Şekil 5. Hazırlanan membranların kesitsel FESEM görüntüleri

3.2.4. AFM

Hazırlanan membranların üç boyutlu AFM görüntüleri alınarak ortalama pürüzlülük değerleri belirlenmiştir. Şekil 6’daki üç boyutlu AFM görüntülerinde parlak alanlar yükseltileri, karanlık alanlar ise gözenekleri göstermektedir. Ağırlıkça %2.5’luk membranda hidrofilik nanokompozit malzemenin varlığı membranın sahip olduğu gözenekleri artırmıştır. Çinko ferrit miktarının artışıyla birlikte membranların üst yüzeyinin ortalama pürüzlülük değeri (Ra) artarak sırasıyla 17.1, 33, 42.8, 90.8 ve 102 şeklinde bulunmuştur. Bu artışın, membran oluşurken faz değişimi sırasında su ile DMF arasındaki hızlı yer değişiminden kaynaklandığı düşünülmektedir.

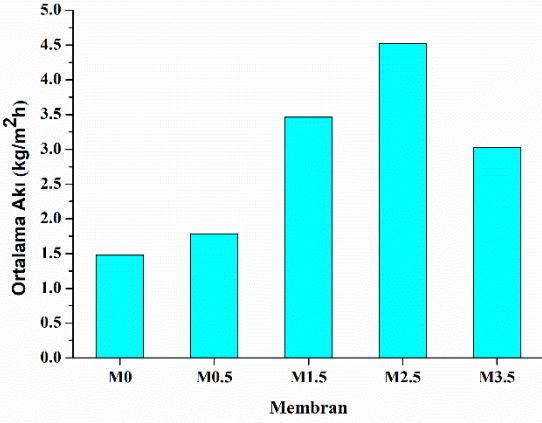


Şekil 6. Hazırlanan membranların AFM görüntüleri

3.3. Kompozit Membranların Performansları

3.3.1. Saf su akısı

Hazırlanan tüm membranlar için ortalama akı değerleri Şekil 7’de gösterilmiştir. Şekil 7’de çinko ferrit ile katılanmış membranların saf su akılarının boş PSf membranın saf su akısından daha yüksek olduğu görülmektedir. PSf membranın akı değeri 1,5 kg/m²h iken kütlece %2.5 çinko ferrit içeren membranın akısı en yüksek değer olan 4,5 kg/m²h’a yükselmiştir. Akıdaki bu artış membran hidrofilikliği ve membran gözenekliliği ile açıklanabilir (Hosseini vd., 2018). Membran yüzeyinin hidrofilikliğinin artması, membranın ıslanabilirliğini artırarak su moleküllerinin membran yüzeyine ve matrisine daha fazla geçmesine yol açar (Zareei ve Hosseini 2019).

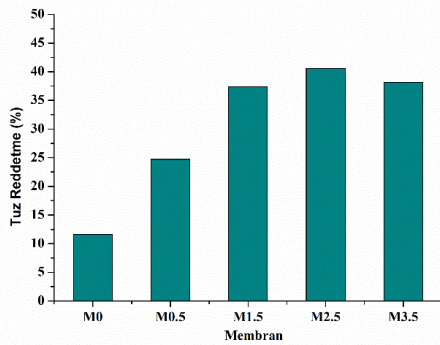


Şekil 7. Hazırlanan membranların ortalama akıları

Şekil 7’de görüldüğü gibi ZnFe₂O₄ miktarı %3.5 olduğunda akı değeri 3.30’a düşmüştür. Bu durum, ağırlıkça %3.5 ZnFe₂O₄ eklendiğinde membranın hidrofiliğinin artmasına rağmen membran gözenekliliğindeki düşüşten kaynaklanmaktadır. Bu azalma daha yoğun ve daha az gözenekli membran yapısının oluşmasını sağlayarak akının düşmesine neden olmaktadır.

3.3.2. Tuz reddetme

Membranların ayırma performansları çeşitli tuz çözeltilerinin kullanılmasıyla belirlenebilir. Şekil 8’de farklı miktarda çinko ferrit içeren membranların Na₂SO₄ tuzunu reddetme değerleri verilmiştir. PSf membranın tuz reddetme oranı %11.6 iken, bu oran PSf/ZnFe₂O₄ membranlarda artarak %40.6’ya ulaşmıştır. Nanopartikül miktarının artmasıyla ayırma verimliliğindeki artışın ana nedeni negatif yüklü membranlar tarafından tuz moleküllerinin Donnan dışlanmasından kaynaklanıyor olmasıdır. Ayrıca, nanopartikül katkılı hidrofilik yüzeye sahip membranlar, iyi tuz giderimi ile birlikte membran yüzeyinde kirletici birikiminin azalmasına yol açar. Bunun nedeni, hidrofilik yüzeydeki su tabakasının membran yüzeyine yaklaşan iyonları uzaklaştırarak membran tuz reddini iyileştirmesi ve konsantrasyon polarizasyonunu azaltması olarak ifade edilmiştir (Zareei ve Hosseini 2019).

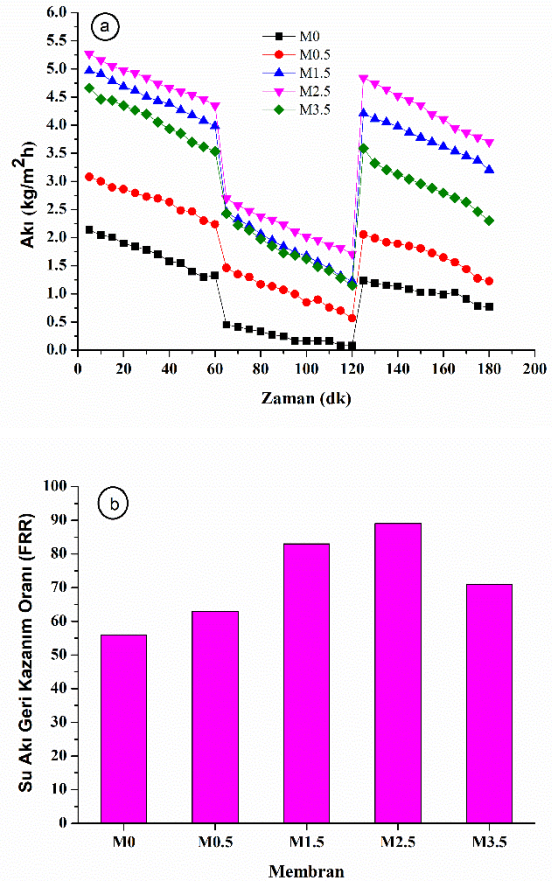
Şekil 8. Membranların Na₂SO₄ tuzunu reddetme oranları

3.3.3. Kirlenmeye karşı direnç

Membran kirlenmesi, membran uygulamalarını sınırlayan, akının azalmasına, bakım maliyetlerinin artmasına ve membran e-ISSN: 2148-2683

yüzeyinin bozulmasına neden olan en önemli problem olarak kabul edilmektedir (Jalali vd., 2016).

PSf ve ZnFe₂O₄ katkılı membranların BSA çözeltilisi kullanılmadan önce ve sonraki saf su akılarının zamanla değişimi Şekil 9a’da verilmiştir. Başlangıçta saf su ile yapılan ölçümlerde akının yüksek olduğu, BSA filtrasyonundan sonra saf su akısında düşüşler olduğu görülmüştür. Akı düşüşü en fazla PSf membranda olurken, çinko ferrit içeren membranlardaki akı düşüşü daha az olmuştur. Buda nanopartiküllerin membran kirlenmesini önlemedeki etkisini açıkça göstermektedir. Bu etki hazırlanan membranların hidrofilik özelliği ile ilişkilendirilebilir. Şekil 9b’de gösterilen akı geri kazanım oranının (FRR) sayısal değeri, membranın kirlenmeye karşı direnci ile orantılıdır. Çinko ferrit katkılı PSf membranların FRR değerleri, PSf membranın %56 olan FRR değerinden daha yüksektir. Bu durum nanopartikül eklenmesinin membranın kirlilik önleyici yapısını önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermektedir. En yüksek FRR değeri % 89 ile ağırlıkça %2.5 çinko ferrit katkılı membran için elde edilmiştir. Bunun sebebi su moleküllerinin hidrofilik membran yüzeyi tarafından adsorbe edilmesi ve ince bir su tabakası oluşturularak proteinin tutulmasını önlemesidir (Zinadini vd., 2014a).

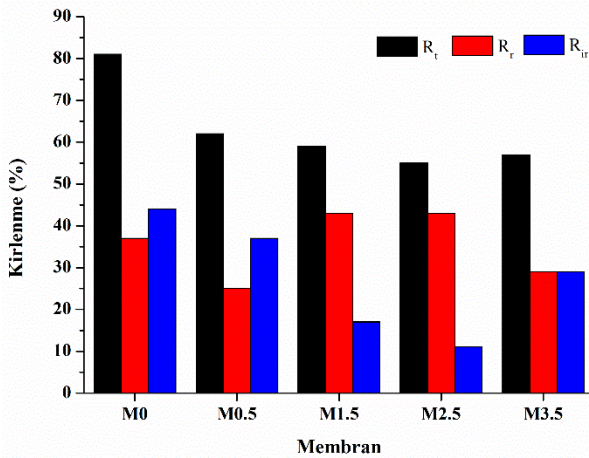


Şekil 9. a) Su-BSA-su ortamlarındaki akı değişim grafiği, b) Su akısı geri kazanım oranları

FRR değişiklikleri, hazırlanan membranların temas açısı ve hidrofiliği ile tam olarak uyumludur (Koulivand vd., 2019). Daha fazla hidrofilik yüzeye sahip olan membran, daha düşük

kirlenme ve daha yüksek geri kazanım oranı sunmaktadır (Daraei vd. 2013).

Membranın kirlenme direncini daha detaylı incelemek için tersinir kirlenme oranı (R_r), tersinmez kirlenme oranı (R_{ir}) ve ikisinin toplanmasıyla elde edilen toplam kirlenme (R_t) değerleri hesaplanmıştır. Çinko ferrit katkılı membranların toplam kirlenme oranı (R_t) ve tersinmez kirlenme oranları boş PSf membrana kıyasla daha düşüktür. Şekil 10'daki sonuçlar, toplam kirlenme (R_t) ve tersinmez kirlenmenin PSf ve %2.5 çinko ferrit içeren membran için sırasıyla %80 den %55 ve %45 den %15 e düştüğünü göstermektedir. Boş PSf ve %2.5 çinko ferrit için tersinir kirlenme sırasıyla %35 ve %45 olarak hesaplanmıştır. Tersinir kirlenme, membran yüzeyindeki konsantrasyon polarizasyonundan kaynaklanmaktadır ve kolayca giderilebilmektedir. Tersinmez kirlenme ise kirleticilerin membran yüzeyinde adsorpsiyon/desorpsiyonu şeklinde olur. Tersinmez kirlenme membranın hidrofobik yapısından kaynaklanır ve yüzey hidrofilitliğinin geliştirilmesiyle giderilebilir. Yani membran hidrofilitliğindeki artış membran kirliliğini azaltır.



Şekil 10. Hazırlanan membranların kirlenme direnci parametreleri

PSf/ $ZnFe_2O_4$ membranların PSf membrana kıyasla daha gelişmiş kirlenme önleyici özellikleri, çinko ferrit içeren membranların daha az temas açısı ve daha fazla hidrofilitliğinden kaynaklanmaktadır. %3.5 lik membranda pürüzlülük artarken hidrofilitlikteki azalma yüzey kirliliğinin artmasına neden olmuştur. Bidsorkhi vd., (2016) yılında yaptıkları çalışmada membranların yüksek pürüzlülük değerlerine rağmen, eklenen nanopartiküllerin hidrofilitliği artırarak yüzey pürüzlülüğüne baskın geldiğini belirtmiştir. Sonuç olarak eklenen çinko ferrit nanopartiküllerin PSf membranının özelliklerinin iyileştirilmesi ve membran performansı üzerinde büyük bir etkisi olduğu görülmektedir.

4. Sonuç

Çalışmada $ZnFe_2O_4$ nanopartikül sentezlenerek nanopartikülün membran uygulamalarına yaptığı katkı araştırılmıştır. Bu doğrultuda, faz değişim metoduyla farklı miktarda çinko ferrit içeren PSf kompozit membranlar

hazırlanarak saf su, tuz ve BSA çözeltileri ile membran performansları araştırılmıştır. Hazırlanan membranların AFM, FESEM, temas açısı ve gözeneklilik ölçümleri ile karakterizasyonları yapılarak şu sonuçlara ulaşılmıştır.

- $ZnFe_2O_4$ katkılı membranların saf su geçirgenliği PSf membrandan daha yüksek bulunmuştur. Özellikle ağırlıkça %2.5 nanopartikül içeren membranın PSf'ye göre saf su akısında yaklaşık 3 kat iyileşme gözlenmiştir. Bu durumun nanopartikül içeren membranın gösterdiği hidrofilitlikten ve gözeneklilikten kaynaklandığı belirlenmiştir.
- PSf/ $ZnFe_2O_4$ membranların Na_2SO_4 çözeltisi ile tuz reddetme performansları incelenmiştir. %2.5 bileşime sahip kompozit membranın en yüksek tuz reddetme oranı %40.6 olarak bulunmuştur.
- Membranların kirlenme direncinin belirlenmesi için su ve BSA kullanılarak yapılan çalışmalarda, sistemden BSA çözeltisi geçirildikten sonra çinko ferrit içeren membranlardaki saf su geçirgenliğinin PSf membrandan daha yüksek olduğu görülmüştür. Buda çinko ferrit içeren membranların daha az kirlendiğini ve nanopartiküllerin membran kirlenmesini önlemedeki rolünü açıkça göstermektedir.
- FRR değeri PSf membran için %56 iken ağırlıkça %2.5 nanopartikül içeren membran için %89 bulunmuştur. Bu sonuç %2.5'lük nanopartikül içeren membranın kirlenmeye karşı diğerlerinden daha dirençli olduğunu göstermiştir.
- Membranların kirlenme direncini daha detaylı belirlemek için R_r , R_{ir} ve R_t değerleri hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalarda toplam kirlenme (R_t) ve tersinmez kirlenme oranlarının (R_{ir}) boş PSf membrana kıyasla daha düşük olduğu, bunun yanında tersinir kirlenmenin diğerlerinden büyük olması nedeniyle kirlenmenin az olduğu ve membranın yıkanarak tekrar kullanılabilceğini ortaya koymaktadır.

Kaynakça

- Agenson, K.O., & Urase, T. (2007). "Change in membrane performance due to organic fouling in nanofiltration (NF)/reverse osmosis (RO) applications", *Separation and Purification Technology*, 55(2), 147–156.
- Ansari, S., Moghadassi, A.R., & Hosseini, S.M. (2015). "Fabrication of novel poly(phenylene ether ether sulfone) based nanocomposite membrane modified by Fe_2NiO_4 nanoparticles and ethanol as organic modifier", *Desalination*, 357, 189–196.
- Arumugham, T., Amimodu, R.G., Kaleekkal, N.J., & Rana, D. (2019). "Nano CuO/g- C_3N_4 sheets-based ultrafiltration membrane with enhanced interfacial affinity, antifouling and protein separation performances for water treatment application", *Journal of Environmental Sciences (China)*, 82, 57–69.
- Ba-Abbad, M.M., Mohammad, A.W., Takriff, M.S., Rohani, R., Mahmoudi, E., Faneer, K.A., & Benamo, A. (2017). "Synthesis of iron oxide nanoparticles to enhance polysulfone ultrafiltration membrane performance for salt rejection", *Chemical Engineering Transactions*, 56(1), 1699–1704.
- Bidsorkhi, H.C., Riazi, H., Emadzadeh, D., Ghanbari, M., Matsuura, T., Lau, W.J., & Ismail, A.F. (2016). "Preparation and characterization of a novel highly hydrophilic and antifouling polysulfone/nanoporous TiO_2 nanocomposite membrane", *Nanotechnology*, 27(41), 415706.

- Chung, Y.T., Mahmoudi, E., Mohammad, A.W., Benamor, A., Johnson, D., & Hilal, N. (2017). "Development of polysulfone-nanohybrid membranes using ZnO-GO composite for enhanced antifouling and antibacterial control", *Desalination*, 402, 123–132.
- Daraei, P., Madaeni, S. S., Ghaemi, N., Khadivi, M. A., Astinchap, B., & Moradian, R. (2013). "Fouling resistant mixed matrix polyethersulfone membranes blended with magnetic nanoparticles: Study of magnetic field induced casting", *Separation and Purification Technology*, 109, 111–121.
- Han, M. J., Baroña, G. N. B., & Jung, B. (2011). "Effect of surface charge on hydrophilically modified poly(vinylidene fluoride) membrane for microfiltration", *Desalination*, 270(1–3), 76–83.
- Hong, J., & He, Y. (2014). "Polyvinylidene fluoride ultrafiltration membrane blended with nano-ZnO particle for photocatalysis self-cleaning", *Desalination*, 332(1), 67–75.
- Hosseini, S. M., Amini, S. H., Khodabakhshi, A. R., Bagheripour, E., & Van der Bruggen, B. (2018). "Activated carbon nanoparticles entrapped mixed matrix polyethersulfone based nanofiltration membrane for sulfate and copper removal from water", *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 82, 169–178.
- Jalali, A., Shokravi, A., Vatanpour, V., & Hajibeygi, M. (2016). "Preparation and characterization of novel microporous ultrafiltration PES membranes using synthesized hydrophilic polysulfide-amide copolymer as an additive in the casting solution", *Microporous and Mesoporous Materials*, 228, 1–13.
- Koulivand, H., Shahbazi, A., & Vatanpour, V. (2019). "Fabrication and characterization of a high-flux and antifouling polyethersulfone membrane for dye removal by embedding Fe₃O₄-MDA nanoparticles", *Chemical Engineering Research and Design*, 145, 64–75.
- Luo, M. L., Zhao, J. Q., Tang, W., & Pu, C. S. (2005). "Hydrophilic modification of poly(ether sulfone) ultrafiltration membrane surface by self-assembly of TiO₂ nanoparticles", *Applied Surface Science*, 249(1–4), 76–84.
- Manohar, A., Krishnamoorthi, C., Naidu, K. C. B., & Pavithra, C. (2019). "Dielectric, magnetic hyperthermia, and photocatalytic properties of ZnFe₂O₄ nanoparticles synthesized by solvothermal reflux method", *Applied Physics A: Materials Science and Processing*, 125(7), 477.
- Moradihamedani, P., Ibrahim, N. A., Ramimoghadam, D., Yunus, W. M. Z. W., & Yusof, N. A. (2014). "Polysulfone/zinc oxide nanoparticle mixed matrix membranes for CO₂/CH₄ separation", *Journal of Applied Polymer Science*, 131(16).
- Nasrollahi, N., Vatanpour, V., Aber, S., & Mahmoodi, N.M. (2018). "Preparation and characterization of a novel polyethersulfone (PES) ultrafiltration membrane modified with a CuO/ZnO nanocomposite to improve permeability and antifouling properties", *Separation and Purification Technology*, 192(October 2017), 369–382.
- Oliveira, F.C.C., Rossi, L.M., Jardim, R.F., & Rubim, J. C. (2009). "Magnetic fluids based on γ -Fe₂O₃ and CoFe₂O₄ nanoparticles dispersed in ionic liquids", *Journal of Physical Chemistry C*, 113(20), 8566–8572.
- Reddy, D.H.K., & Yun, Y.S. (2016). "Spinel ferrite magnetic adsorbents: Alternative future materials for water purification", *Coordination Chemistry Reviews*, 315, 90–111.
- Safarpour, M., Vatanpour, V., & Khataee, A. (2016). "Preparation and characterization of graphene oxide/TiO₂ blended PES nanofiltration membrane with improved antifouling and separation performance", *Desalination*, 393, 65–78.
- Semblante, G.U., Tampubolon, S.D.R., You, S.J., Lin, Y.F., Chang, T.C., & Yen, F.C. (2013). "Fouling reduction in membrane reactor through magnetic particles", *Journal of Membrane Science*, 435, 62–70.
- Seyyed Shahabi, S., Azizi, N., Vatanpour, V., & Yousefimehr, N. (2020). "Novel functionalized graphitic carbon nitride incorporated thin film nanocomposite membranes for high-performance reverse osmosis desalination", *Separation and Purification Technology*, 235, 116134.
- Tyczkowski, J., Krawczyńska, M., & Kazimierski, P. (2007). "Modification of Poly(propylene) Membranes for Electrochemical Cells by Low-Temperature Plasma Treatment", *Plasma Processes and Polymers*, 4(S1), S1086–S1090.
- Vatanpour, V., Faghani, S., Keyikoglu, R., & Khataee, A. (2020). "Enhancing the permeability and antifouling properties of cellulose acetate ultrafiltration membrane by incorporation of ZnO@graphitic carbon nitride nanocomposite", *Carbohydrate Polymers*, 11(7), 413.
- Xie, T., Xu, L., Liu, C., & Wang, Y. (2013). "Magnetic composite ZnFe₂O₄/SrFe₁₂O₁₉: Preparation, characterization, and photocatalytic activity under visible light", *Applied Surface Science*, 273, 684–691.
- Yang, Z., Wan, Y., Xiong, G., Li, D., Li, Q., Ma, C., Luo, H. (2015). "Facile synthesis of ZnFe₂O₄/reduced graphene oxide nanohybrids for enhanced microwave absorption properties", *Materials Research Bulletin*, 61, 292–297.
- Yu, H. Y., Xu, Z. K., Yang, Q., Hu, M. X., & Wang, S. Y. (2006). "Improvement of the antifouling characteristics for polypropylene microporous membranes by the sequential photoinduced graft polymerization of acrylic acid", *Journal of Membrane Science*, 281(1–2), 658–665.
- Zareei, F., & Hosseini, S.M. (2019). "A new type of polyethersulfone based composite nanofiltration membrane decorated by cobalt ferrite-copper oxide nanoparticles with enhanced performance and antifouling property", *Separation and Purification Technology*, 226, 48–58.
- Zhang, D., Karkooti, A., Liu, L., Sadzadeh, M., Thundat, T., Liu, Y., & Narain, R. (2018). "Fabrication of antifouling and antibacterial polyethersulfone (PES)/cellulose nanocrystals (CNC) nanocomposite membranes", *Journal of Membrane Science*, 549, 350–356.
- Zinadini, S., Rostami, S., Vatanpour, V., & Jalilian, E. (2017). "Preparation of antibiofouling polyethersulfone mixed matrix NF membrane using photocatalytic activity of ZnO/MWCNTs nanocomposite", *Journal of Membrane Science*, 529, 133–141.
- Zinadini, S., Zinatizadeh, A.A., Rahimi, M., Vatanpour, V., & Zangeneh, H. (2014a). "Preparation of a novel antifouling mixed matrix PES membrane by embedding graphene oxide nanoplates", *Journal of Membrane Science*, 453, 292–301.
- Zinadini, S., Zinatizadeh, A. A., Rahimi, M., Vatanpour, V., & Zangeneh, H. (2014b). Preparation of a novel antifouling mixed matrix PES membrane by embedding graphene oxide nanoplates. *Journal of Membrane Science*, 453, 292–301.



Yerel Eğrilikli Dört Duvarlı Karbon Nanotüplerde Lineer Durumda Gerilme Dağılımı

Fatma Çoban KAYIKÇI^{1*}

^{1*} Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4417-7740), fatmacbn@yildiz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.848831)

ATIF/REFERENCE: Çoban Kayıkçı, F. (2021). Yerel Eğrilikli Dört Duvarlı Karbon Nanotüplerde Lineer Durumda Gerilme Dağılımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 167-175.

Öz

Son derece yüksek mukavemete sahip olan nanotüpler, nanoteknolojik uygulamalarda kullanılan nanomalzemelerin en önemli yapısal elemanlarıdır ve nanokompozit malzemelerin üretiminde kullanılırlar. Kompozitlerin matris malzemelerine yerleştirilerek üstün mekanik özellikler kazanmalarını sağlarlar. Kompozit malzemeler güçlendirilirken, yapısal nedenlerden veya teknolojik işlemlerden dolayı oluşan ilkel eğrilik, kendi kendini dengeleyen gerilmelerin ortaya çıkmasına neden olur. Bu gerilmelerin büyüklükleri, malzemenin güvenlik sınırlarının aşılmasına neden olabilir. Bu nedenle malzemelerin yük altında mekanik davranışlarının teorik olarak incelenmesi mühendislik açısından önemlidir. Bu çalışmada, yerel eğrilikli dört duvarlı karbon nanotüp içeren kompozit malzeme, üç boyutlu elastisite teorisinin kesin geometrik lineer denklemleri kullanılarak parçalı homojen cisim modeli kapsamında incelenmiştir. Çözüm için sınır formu pertürbasyon yöntemi bu probleme adapte edilerek yaklaşık analitik bir metod geliştirilmiştir. Çalışma çözüm yönteminin sıfırinci ve birinci yaklaşımı için çözümü kapsamaktadır ve yeterlidir. Araştırma, karbon nanotüpün (CNT) dış katmanının dış yüzeyi ile matris malzemesinin kesişim yüzeyindeki normal ve kayma gerilmelerinin analizini içerir. Ayrıca karbon nanotüp ile matris arasında ideal temas koşulları kullanılmıştır. Sonuçlar, geometrik lineer durum için araştırılmıştır. Karbon nanotüp katmanları arasında ortaya çıkan Van der Waals kuvvetleri dikkate alınmış ve gerilmeler üzerindeki etkisi sayısal sonuçlar ile açıklanmıştır. Diğer problem parametrelerinin de gerilme dağılımı üzerindeki etkisine ilişkin sayısal sonuçlar sunulmuş ve tartışılmıştır. Ayrıca nanotüp en dış yarıçapının artması ile gerilim değerlerinin monoton olmayan şekilde değiştiği gözlenmiştir. Bununla birlikte, elastisite sabitlerinin oranının artmasının gerilmeleri önemli ölçüde etkilediği tespit edilmiştir. Karbon nano tüpün orta çizgisinin denkleminde bulunan ve salınım frekansını gösteren parametreye göre değişim de araştırılmış ve gerilmeler üzerindeki etkisi sunulmuştur. Bunun dışında önemli bir bulgu olarak karbon nanotüplerde de duvar sayısının artmasının gerilme değerlerini düşürdüğü tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Karbon nanotüp, Gerilme Analizi, Yerel Eğrilik.

Stress Distribution in Linear State in Four-Walled Carbon Nanotubes with Local Curvature

Abstract

Nanotubes, which have extremely high strength, are the most important structural elements of nanomaterials used in nanotechnological applications and are used in the production of nanocomposite materials. They enable composites to gain superior mechanical properties by being placed in matrix materials. When composite materials are being strengthened, the primitive curvature caused by structural reasons or technological processes causes self-balancing stresses to appear. The magnitude of these stresses can cause the safety limits of the material to be exceeded. Therefore, it is important for engineering to examine the mechanical behavior of materials under load in terms of theoretically. In this study, the composite material containing four-walled carbon nanotube with local curvature was investigated within the scope of the piecewise homogeneous body model using the geometrical linear exact equations of the three-dimensional elasticity theory. An approximate analytical method has been developed for the solution by using the

* Sorumlu Yazar: fatmacbn@yildiz.edu.tr

boundary form perturbation method. The study covers the solution for the zero and first approximation of the solution method and it is sufficient. The research involves the analysis of normal and shear stresses at the intersection surface of the matrix material with the outer surface of the carbon nanotube (CNT) outer layer. In addition, ideal contact conditions between the carbon nanotube and the matrix were used. The results were investigated for the geometric linear case. Van der Waals forces occurring between carbon nanotube layers were taken into account and their effect on stresses was explained with numerical results. Numerical results regarding the effect of other problem parameters on the stress distribution are presented and discussed. In addition, it has been observed that the stress values change non-monotonously with the increase of nanotube outermost radius. Moreover, it has been found that increasing the ratio of elasticity constants significantly affects the stresses. The change of the parameter showing the oscillation frequency in the equation of the centerline of the carbon nanotube is also investigated and its effect on stresses is presented. Apart from this, as an important finding, it has been determined that increasing the number of walls in carbon nanotubes decreases the stress values.

Keywords: Carbon nanotubes, Stress analysis, Local curvature.

1. Giriş

1991 yılında karbon nanotüplerin (CNT) keşfi (Iijima, 1991), polimer kompozitlerin matris malzemelerine eklenerek mekanik özelliklerinin artırılmasını sağlamıştır (Mantazeri ve Naghdabadi, 2009). Teorik ve deneysel olarak karbon nanotüplerin son derece yüksek sertliğe ve mukavemete sahip olduğu gösterilmiştir (Breuer ve Sundararaj, 2004). Ayrıca nanotüplerin bu özellikleri, havacılık sanayi, malzeme ve imalat sanayi, spor malzemeleri, savunma sanayi, biyoteknoloji, kompozit aynalar, otomotiv parçaları gibi çeşitli uygulamalarda avantaj sağlamaktadır.

Nano seviyedeki performans ve kontrol deneyleri çok pahalı ve zor bir iş olduğundan, bilim adamları ve mühendisler dikkatlerini teorik modellerin geliştirilmesine yöneltmektedir (Karličić ve diğerleri, 2017). CNT'lerin mekanik özelliklerinin teorik çalışmaları için kullanılan moleküler dinamik metodu, moleküler mekanik modeli, sonlu eleman modeli ve klasik süreklilik modeli gibi çeşitli metotlar vardır (Shi ve diğerleri, 2012: 1). Moleküler dinamik simülasyon, ayrık yapıları nedeniyle nanomalzemelerin analizi için diğer yöntemlere göre daha uygun olsa da, nano ölçekte deney yapmak zordur. Ayrıca atomistik modelleme, büyük boyutlu atomik sistemler için hesaplama açısından pahalıdır. Bu nedenle, sürekli modelleme, nano yapıların mekanik özelliklerinin analizinde önemli bir role sahiptir (Arefi ve Nahvi, 2017). Nano yapıların incelenmesinde süreklilik mekaniklerinin uygulanabilirliği (Guz, 2012 ve Duan ve diğerleri, 2009) 'da tartışılmıştır.

Birçok deneysel gözlemden elde edilen sonuca göre, CNT'ler (çoğu nano yapı) çoğunlukla eksonel yönleri boyunca belirli bir dalgalanma derecesiyle tanımlanır. Bu geometrik kusur, karbon nanotüplerin mekanik davranışı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Başlangıç kusurları olan CNT'lerin düz olanlardan farklı mekanik davranışları vardır (Arefi and Nahvi, 2017). Kusurlar tübülün kıvrılmasına neden olur ve CNT'ler şimdiye kadar gözlemlenen ve sentezlenen düz, dalgalı, sarmal ve dalı gibi çeşitli tübül formlarına sahiptir (Zhang ve Li, 2009). Eğrilikli nanotüpler, mühendislik alanlarındaki birçok uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır (Mantazeri ve Naghdabadi, 2009). Çok duvarlı karbon nanotüpler (MWCNT) için de benzer çalışmalar mevcuttur ve genellikle MWCNT'ler kabuk veya kolon olarak modellenmiştir. Örneğin (Ru, 2001) 'de çift duvarlı CNT yerleştirilmiş elastik cismin eksonel basınç altında burkulması çalışılmıştır. (Yan ve diğerleri, 2010) 'de, üç duvarlı karbon nanotüplerin (TWCNT) davranışı başlangıç eksonel gerilme altında incelenmiştir. Ayrıca, TWCNT'lerin üç elastik kabuktan oluştuğu ve van der Waals kuvvetleri ile bağlandıkları varsayılmıştır.

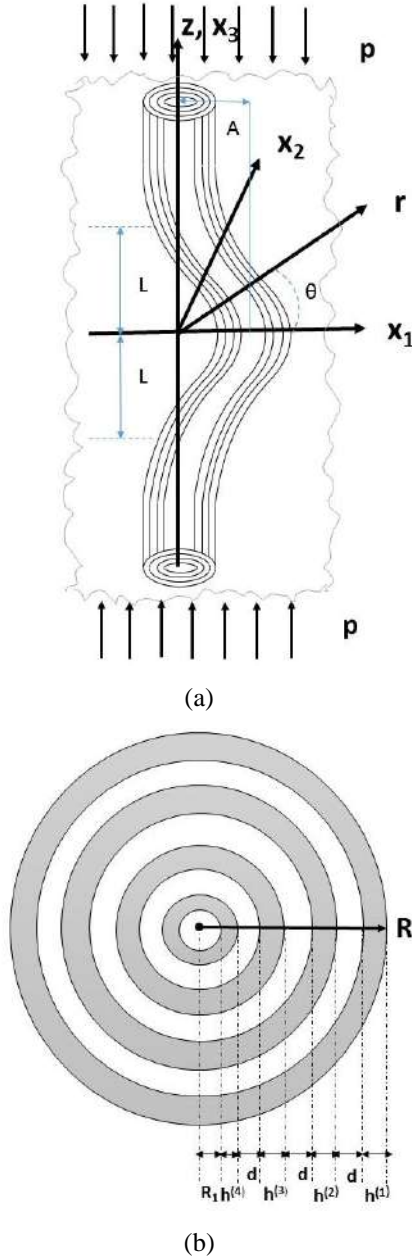
Kompozit malzemelerdeki bu bahsedilen ilkel eğrilik durumu, periyodik eğrilikli ve yerel eğrilikli olarak düşünülebilir. Periyodik eğrilikler tasarım sırasında oluşurken yerel eğrilikler teknolojik işlemler neticesinde ortaya çıkar. Kompozit malzemelerin üretimden sonra uygulamada başarılı olabilmesi, bahsedilen bu eğriliğin hesaplamalara dahil edilerek, malzemedeki gerilme-şekil değiştirme bağıntılarının belirlenmesine de bağlıdır. (Akbarov ve Kosker, 2001, 2003a, 2003b, 2003c, 2004), ve (Akbarov ve diğerleri., 2006, 2011) kaynaklarından görülebileceği üzere, bahsedilen eğrilikler kendini dengeleyen gerilmelerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Bu gerilmeler, eğriliğe ve diğer ilgili mekanik parametrelere bağlı olarak oldukça büyük değerlere ulaşarak kompozitin mukavemet sınırını aşabilmektedir. Bundan ve diğer sebeplerden ötürü, uygun fiziksel problemlerin matematiksel modellerinin yapılıp teorik olarak araştırılması, teorik açıdan da kompozitlerin uygulaması bakımından da oldukça önemlidir. (Coban, 2009)'de sonsuz ortam içerisinde düşük yoğunluklu sonsuz uzunluklu ve tek katlı karbon nanotüp olması durumu ele alınmış, çeşitli parametrelere bağlı olarak gerilme dağılımı incelenmiştir. Çalışma, üç boyutlu elastisite teorisi ile parçalı homojen cisim modeli kapsamında yapılmıştır. (Coban, 2016)'de iki katlı ve üç katlı CNT içeren elastik cismin gerilme ve stabilite analizi yapılmıştır.

Bu çalışmada ise literatürde yer almayan dört duvarlı karbon nanotüplerin üç boyutlu elastisite teorisine ait kesin geometrik nonlineer denklemler kullanılıp, parçalı-homojen cisim modeli çerçevesinde gerilme analizi ele alınmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Matematiksel Yöntemin Geliştirilmesi

Bu çalışmada, sonsuz uzunluklu, düşük yoğunluklu, sonsuz elastik cisme gömülü yerel eğrilikli çok duvarlı karbon nanotüp (MWCNT) göz önüne alınmıştır. Şekil 1'de olduğu gibi, MWCNT dört katmanlı olarak düşünülmüş ve dört içi boş yerel eğriliğe sahip silindirin eş merkezli olarak iç içe yerleştirilmesiyle modellenmiştir. Ayrıca silindirlerin arasında boşluk olduğu varsayılmıştır. Silindirlerin bitişik yüzeylerinde van der Waals kuvvetleri dikkate alınmıştır (Akbarov, 2013). Bahsedilen modelde, karbon nanotüpün uzunlamasına yönünde (Oz) homojen olarak dağılmış, p yoğunluğuna sahip normal kuvvetlerin etkisinde olduğu varsayılmaktadır. Buna ek olarak, karbon nanotüpün yüzeyine dik olan bölümlerin yarıçaplarının nanotüp boyunca sabit kaldığı varsayılmaktadır. Çalışmadaki karbon nanotüp, sürekli bir malzeme olarak kabul edilmektedir (Kalamkarov, 2006).



Şekil 1. Dört duvarlı CNT içeren sonsuz elastik cismin geometrisi (a) ve enine kesiti (b)

Koordinat sistemi olarak $O\theta z$ silindirik ve $Ox_1x_2x_3$ kartezyen koordinat sistemleri seçilmiş ve bu koordinatlar Lagrange koordinatları olarak kabul edilmiştir. Şekil 1'de gösterildiği gibi koordinatların başlangıcı iç içe geçmiş nanotüplerin (MWCNT) merkez çizgisi üzerinde olacak şekilde yerleştirilmiştir. Nanotüp yönünde (Ox_3 (Oz)) yönünde düzgün dağılmış normal kuvvetlerin, yukarıda modellenen sonsuz elastik cismi etkilediği düşünülmektedir. Ayrıca,

$$R_1 = R - h^{(1)} - 3d - h^{(2)} - h^{(3)} - h^{(4)},$$

$$R_2 = R - h^{(1)} - 3d - h^{(2)} - h^{(3)} \quad R_3 = R - h^{(1)} - 2d - h^{(2)} - h^{(3)},$$

$$R_4 = R - h^{(1)} - 2d - h^{(2)}, \quad R_5 = R - h^{(1)} - d - h^{(2)},$$

$$R_6 = R - h^{(1)} - d \quad R_7 = R - h^{(1)}, \quad R_8 = R$$

yarıçaplarının nanotüpün merkez hattına dik dairesel kesitleri olduğu ve tüp boyunca sabit kaldığı varsayılmaktadır. Dört duvarlı olarak tasarlanan karbon nanotüp (MWCNT) ile matris malzemelerinin birbirinden farklı ve lineer elastik olduğu varsayılp, incelemeler

sürekli ortamlar mekaniğinin kesin geometrik lineer üç boyutlu denklemleri uygulanarak yapılmıştır. Şekil 1' deki cismin geometrisini göz önüne alarak nanotüpün ortak merkez (orta) çizgisinin denklemi aşağıdaki gibi dikkate alınmıştır.

$$x_1 = F(x_3) = \varepsilon \delta(x_3), \quad x_2 = 0 \quad (1)$$

Belirtmek gerekir ki (1)' deki ε , $0 \leq \varepsilon < 1$ olmak üzere, karbon nanotüpün eğilme genliğini ifade eden küçük bir parametredir. $\delta(x_3)$ fonksiyonu ise karbon nanotüpün yüklemenden önceki eğilmesinin formunu göstermektedir. (1) denkleminde görüldüğü gibi, başlangıç yerel eğriliğe sahip dört duvarlı karbon nanotüpün orta çizgisi $x_2=0$ düzlemi üzerindedir. Yüklemenden sonra da karbon nanotüpün orta çizgisinin bu düzlem üzerinde kaldığı varsayılacaktır. (1) ile verilen nanotüpün orta çizgisinin denklemi ve nanotüp kesitinin sağladığı koşullardan yararlanarak, (Akbarov ve Güz, 2000) kaynağında gösterildiği gibi nanotüp ve matris ara yüzeyi olan S_8 'in (nanotüpün en dış yüzeyi) denklemi aşağıdaki gibi elde edilebilmektedir:

$$r(\theta, t_3) = \frac{\varepsilon \delta(t_3) (1 + \varepsilon^2 (\delta'(t_3))^2) \cos \theta}{1 + (\delta'(t_3))^2 \varepsilon^2 \cos^2 \theta} + \left\{ \frac{\varepsilon^2 (\delta(t_3))^2 (1 + \varepsilon^2 (\delta'(t_3))^2)^2 \cos^2 \theta}{(1 + (\delta'(t_3))^2 \varepsilon^2 \cos^2 \theta)^2} + R^2 - (\delta(t_3))^2 \varepsilon^2 (1 + \varepsilon^2 (\delta'(t_3))^2) \right\}^{1/2}$$

$$x_3(\theta, t_3) = t_3 - \varepsilon \delta'(t_3) (r(\theta, t_3) - \varepsilon \delta(t_3)), \quad \delta'(t_3) = \frac{d\delta(t_3)}{dt_3} \quad (2)$$

Burada t_3 bir parametredir ve $t_3 \in (-\infty, +\infty)$ dir. (2) denklemleri aracılığı ile S_8 yüzeyinin birim dış normalinin bileşenleri için aşağıdaki denklemleri elde edilir (Akbarov ve Güz, 2000):

$$n_r = r(\theta, t_3) \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial t_3} [A(\theta, z)]^{-1}$$

$$n_\theta = \left[\frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial \theta} \frac{\partial r(\theta, t_3)}{\partial t_3} - \frac{\partial r(\theta, t_3)}{\partial \theta} \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial t_3} \right] [A(\theta, z)]^{-1}$$

$$n_z = r(\theta, t_3) \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial t_3} [A(\theta, t_3)]^{-1} \quad (3)$$

Burada,

$$A(\theta, t_3) = \left[\left(r(\theta, t_3) \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial t_3} \right)^2 + \left(r(\theta, t_3) \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial t_3} \right)^2 \right] + \left[\left(\frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial \theta} \frac{\partial r(\theta, t_3)}{\partial t_3} - \frac{\partial r(\theta, t_3)}{\partial \theta} \frac{\partial z(\theta, t_3)}{\partial t_3} \right)^2 \right] \quad (4)$$

Şeklinde. Bu aşamadan itibaren; matris malzemesi ile ilgili büyüklükler (1), dört duvarlı karbon nanotüpün en dış katmanı ile ilgili büyüklükler (2), dıştan ikinci katmanı ile ilgili büyüklükler (3), bir içteki katman ile ilgili büyüklükler (4) ve en iç katmanı ile ilgili büyüklükler (5) üst indisleriyle gösterilecektir. Ele alınan çok duvarlı karbon nanotüpün tüm katmanlarında ve matris malzemesinin her birinde sağlanmak koşuluyla; denge denklemleri, şekil değiştirme-yer değiştirme ilişkileri ve bünye denklemlerinin sağlandığı varsayılacaktır:

$$\nabla_i \left[\sigma^{(k)in} \left(g_n^j + \nabla_n u^{(k)j} \right) \right] = 0$$

$$2\varepsilon_{jm}^{(k)} = \nabla_j u_m^{(k)} + \nabla_m u_j^{(k)} + \nabla_j u^{(k)n} \nabla_m u^{(k)n}$$

$$\sigma_{(ip)}^{(k)} = (\lambda^{(k)} e^{(k)}) \delta_1^p + 2(\mu^{(k)} \varepsilon_{(ip)}^{(k)}),$$

$$e^{(k)} = \varepsilon_{11}^{(k)} + \varepsilon_{22}^{(k)} + \varepsilon_{33}^{(k)} \quad (5)$$

Burada (5)' de verilen $\sigma_{(in)}^{(k)}$ 'lar ve $\varepsilon_{(in)}^{(k)}$ 'lar sırasıyla gerilme ve şekil değiştirme tansörlerinin fiziksel bileşenlerini ifade etmektedir. Aynı zamanda karbon nanotüp ve matris ara yüzeyi olan S_8 yüzeyinde ideal temas koşullarının sağlandığı varsayılacaktır. S_8 yüzeyinin dış normal vektörü bileşenleri n_j olmak üzere bu koşullar aşağıdaki gibi verilmektedir:

$$\sigma^{(1)ip} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(1)j} \right) \Big|_{S_8} n_j = \sigma^{(2)ip} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(2)j} \right) \Big|_{S_8} n_j,$$

$$u^{(1)j} \Big|_{S_8} = u^{(2)j} \Big|_{S_8} \quad (6)$$

En dıştaki tüpün iç yüzeyi (S_7) ile dıştan ikinci tüpün dış yüzeyi (S_6) arasındaki sınır koşulları $n_j^{(k)}$ ($k=2,3$) yüzeylerinin dış normalleri olmak üzere aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$(R_7) \sigma^{(2)pp} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(2)j} \right) \Big|_{S_7} n_j^{(k)} = c(u_p^{(2)} \Big|_{S_7} - u_p^{(3)} \Big|_{S_6})$$

$$\sigma^{(2)ip} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(2)j} \right) \Big|_{S_7} n_j^{(k)} = 0, \quad i = \tau, e$$

$$(R_7) \sigma^{(2)pp} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(2)j} \right) \Big|_{S_7} n_j^{(k)} = (R_6) \sigma^{(3)pp} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(3)j} \right) \Big|_{S_6} n_j^{(k)}$$

$$\sigma^{(3)ip} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(3)j} \right) \Big|_{S_6} n_j^{(k)} = 0, \quad i = \tau, e \quad (7)$$

Dıştan ikinci tüpün iç yüzeyi (S_5) ile dıştan üçüncü tüpün dış yüzeyi (S_4) arasındaki sınır koşulları $n_j^{(k)}$ ($k=3,4$) yüzeylerinin dış normalleri olmak üzere aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$(R_5) \sigma^{(3)pp} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(3)j} \right) \Big|_{S_5} n_j^{(k)} = c(u_p^{(3)} \Big|_{S_5} - u_p^{(4)} \Big|_{S_4})$$

$$\sigma^{(3)ip} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(3)j} \right) \Big|_{S_5} n_j^{(k)} = 0, \quad i = \tau, e$$

$$(R_5) \sigma^{(3)pp} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(3)j} \right) \Big|_{S_5} n_j^{(k)} =$$

$$(R_4) \sigma^{(4)pp} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(4)j} \right) \Big|_{S_4} n_j^{(k)}$$

$$\sigma^{(4)ip} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(4)j} \right) \Big|_{S_4} n_j^{(k)} = 0, \quad i = \tau, e \quad (8)$$

Dıştan üçüncü tüpün iç yüzeyi (S_3) ile en içteki tüpün dış yüzeyi (S_2) arasındaki sınır koşulları $n_j^{(k)}$ ($k=4,5$) yüzeylerinin dış normalleri olmak üzere aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$(R_3) \sigma^{(4)pp} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(4)j} \right) \Big|_{S_3} n_j^{(k)} = c(u_p^{(4)} \Big|_{S_3} - u_p^{(5)} \Big|_{S_2})$$

$$\sigma^{(4)ip} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(4)j} \right) \Big|_{S_3} n_j^{(k)} = 0, \quad i = \tau, e$$

$$(R_3) \sigma^{(4)pp} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(4)j} \right) \Big|_{S_3} n_j^{(k)} =$$

$$(R_2) \sigma^{(5)pp} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(5)j} \right) \Big|_{S_2} n_j^{(k)}$$

$$\sigma^{(5)ip} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(5)j} \right) \Big|_{S_2} n_j^{(k)} = 0, \quad i = \tau, e \quad (9)$$

En içteki tüpün iç yüzeyindeki (S_1) sınır koşulları ise aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$\sigma^{(5)ip} \left(g_p^j + \nabla_p u^{(5)j} \right) \Big|_{S_1} n_j^{(k)} = 0 \quad (10)$$

Ayrıca,

$$\sigma_{zz}^{(1)} \xrightarrow{z \rightarrow \infty} p, \quad \sigma_{ij}^{(1)} \xrightarrow{r \rightarrow \infty} 0, \quad (ij) = rr, r\theta, rz, \theta\theta, \theta z, zz \quad (11)$$

koşullarının sağlandığı da varsayılacaktır.

Bu şekilde ele alınan fiziksel problemin matematik formülasyonu genel hatlarıyla verilmiş olmaktadır. Böylece, sonsuz elastik bir ortamdaki yerel eğrilikli sonsuz uzun dört duvarlı karbon nanotüp içeren kompozit malzemenin nanotüpün boyuna yönünde etki eden dış kuvvetler altında incelenmesi, (5) denklemlerinin (6)-(11) sınır koşulları çerçevesinde araştırılmasına getirilmektedir.

2.2. Çözüm Yönteminin Geliştirilmesi

Önceki bölümde matematiksel formülasyonu verilen, nonlinear kısmi diferansiyel denklem takımı haline gelen sınır-değer probleminin çözümü için, (Akbarov ve Guz, 2000) ve (Akbarov ve Guz, 1985)'de detayları verilmiş olan sınır formu pertürbasyon yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntemde aranan büyüklükler (1)' de verilen karbon nanotüpün orta çizgisinin denkleminde yer alan ve onun eğilme derecesini gösteren oldukça küçük ε parametresinin serisi halinde (12)'de olduğu gibi yazılabilmektedir.

$$\sigma_{rr}^{(k)} = \sum_{q=0}^{\infty} \varepsilon^q \sigma_{rr}^{(k),q} \quad \varepsilon_{rr}^{(k)} = \sum_{q=0}^{\infty} \varepsilon^q \varepsilon_{rr}^{(k),q} \quad u_r^{(k)} = \sum_{q=0}^{\infty} \varepsilon^q u_r^{(k),q} \quad (12)$$

(12)'deki ifadeler (5) denklemlerinde yerlerine yazılır, ε^k 'nın katsayıları ε 'nın aynı derecelerine göre gruplandırılır ve (R, θ, t_3) civarında seriye açılırsa her bir yaklaşım için S_1, S_2, \dots, S_8 yüzeylerinde sağlanan temas koşulları elde edilir. Birinci ve daha sonraki yaklaşımlar için elde edilen denklemler önceki yaklaşımların büyüklüklerini de içermektedirler. Bu çalışmada sıfıncı ve birinci yaklaşım için çözüm aranmıştır. Yapılan çalışmalarda ikinci ve daha sonraki yaklaşımların sayısal sonuçlar üzerinde önemli bir etkisi olmadığı görülmüştür (Akbarov ve Güz, 2000).

Sıfıncı ve birinci yaklaşımın çözümünü ele alalım. Sadelik açısından $v^{(1)}$ matris malzemesinin, $v^{(2)}, v^{(3)}, v^{(4)}, v^{(5)}$ sırasıyla dıştan içeri doğru karbon nanotüpün katmanlarının Poisson oranları olmak üzere $v^{(1)} = v^{(2)} = v^{(3)} = v^{(4)} = v^{(5)}$ olduğunu varsayılacaktır. Poisson oranlarının eşit alınması, sayısal sonuçlara önemli bir etki yapmamaktadır (Akbarov ve Güz, 2000). Bu nedenle, sadece işlemleri kolaylaştırmak için Poisson oranları eşit alınmıştır. Sıfıncı yaklaşım için (5) denklemlerinin çözümü aşağıdaki gibi elde edilir:

$$\begin{aligned}
 \varepsilon_{zz}^{(1),0} &= \varepsilon_{zz}^{(2),0} = \varepsilon_{zz}^{(3),0} = \varepsilon_{zz}^{(4),0} = \varepsilon_{zz}^{(5),0} = \frac{p}{E^{(1)}}, \quad \sigma_{zz}^{(1),0} = p, \\
 u_z^{(1),0} &= u_z^{(2),0} = u_z^{(3),0} = u_z^{(4),0} = u_z^{(5),0} = \frac{p}{E^{(1)}} z, \\
 u_r^{(5),0} &= -v^{(5)} \varepsilon_{zz}^{(5),0} r, \quad u_r^{(4),0} = -v^{(4)} \varepsilon_{zz}^{(4),0} r, \\
 u_r^{(3),0} &= -v^{(3)} \varepsilon_{zz}^{(3),0} r, \quad u_r^{(2),0} = -v^{(2)} \varepsilon_{zz}^{(2),0} r, \\
 u_r^{(1),0} &= -v^{(1)} \varepsilon_{zz}^{(1),0} r \\
 u_\theta^{(1),0} &= u_\theta^{(2),0} = u_\theta^{(3),0} = u_\theta^{(4),0} = u_\theta^{(5),0} = 0, \\
 \sigma_{rr}^{(1),0} &= \sigma_{rr}^{(2),0} = \sigma_{rr}^{(3),0} = \sigma_{rr}^{(4),0} = \sigma_{rr}^{(5),0} = 0, \\
 \sigma_{\theta\theta}^{(1),0} &= \sigma_{\theta\theta}^{(2),0} = \sigma_{\theta\theta}^{(3),0} = \sigma_{\theta\theta}^{(4),0} = \sigma_{\theta\theta}^{(5),0} = 0, \\
 \sigma_{zz}^{(2),0} &= p \frac{E^{(2)}}{E^{(1)}}, \quad \sigma_{zz}^{(3),0} = p \frac{E^{(3)}}{E^{(1)}}, \\
 \sigma_{zz}^{(4),0} &= p \frac{E^{(4)}}{E^{(1)}}, \\
 \sigma_{\theta z}^{(1),0} &= \sigma_{\theta z}^{(2),0} = \sigma_{\theta z}^{(3),0} = \sigma_{\theta z}^{(4),0} = \sigma_{\theta z}^{(5),0} = 0, \\
 \sigma_{rz}^{(1),0} &= \sigma_{rz}^{(2),0} = \sigma_{rz}^{(3),0} = \sigma_{rz}^{(4),0} = \sigma_{rz}^{(5),0} = 0, \\
 \sigma_{r\theta}^{(1),0} &= \sigma_{r\theta}^{(2),0} = \sigma_{r\theta}^{(3),0} = \sigma_{r\theta}^{(4),0} = \sigma_{r\theta}^{(5),0} = 0
 \end{aligned} \tag{13}$$

Birinci yaklaşım için problemin çözümünü ele alalım. Yukarıda bahsedilen tüm kabuller çerçevesinde ve (13) ifadelerinin dikkate alınmasıyla (5)'deki denge denklemlerinin silindirik koordinatlardaki ifadesi aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \sigma_{rr}^{(1),1}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{r\theta}^{(1),1}}{\partial \theta} + \frac{\partial \sigma_{rz}^{(1),1}}{\partial z} + \frac{1}{r} (\sigma_{rr}^{(1),1} - \sigma_{\theta\theta}^{(1),1}) &= 0 \\
 \frac{\partial \sigma_{r\theta}^{(1),1}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{\theta\theta}^{(1),1}}{\partial \theta} + \frac{\partial \sigma_{\theta z}^{(1),1}}{\partial z} + \frac{2}{r} \sigma_{r\theta}^{(1),1} &= 0 \\
 \frac{\partial \sigma_{rz}^{(1),1}}{\partial r} + \frac{1}{r} \frac{\partial \sigma_{\theta z}^{(1),1}}{\partial \theta} + \frac{\partial \sigma_{zz}^{(1),1}}{\partial z} + \frac{1}{r} \sigma_{rz}^{(1),1} &= 0
 \end{aligned} \tag{14}$$

Elde edilen (14) denklemlerinin üç boyutlu lineerize edilmiş elastisite denklemleri oldukları görülür (Güz, 1999). Karbon nanotüpün orta çizgisinin denklemi,

$$\begin{aligned}
 x_1 &= A \exp\left(-\left(\frac{x_3}{L}\right)^2\right) \cos\left(m \frac{x_3}{L}\right) = \varepsilon \delta(x_3); \\
 \varepsilon &= \frac{A}{L}, L > A
 \end{aligned} \tag{15}$$

şeklinde tanımlanmıştır. Yukarıdaki ifadeler dikkate alınırsa, (6)-(11) sınır koşulları ilk yaklaşım için aşağıdaki gibi olur:

$$\begin{aligned}
 (\sigma_{rr}^{(1),1} - \sigma_{rr}^{(2),1}) \Big|_{r=R} &= 0, \quad (\sigma_{r\theta}^{(1),1} - \sigma_{r\theta}^{(2),1}) \Big|_{r=R} = 0, \\
 (\sigma_{rz}^{(1),1} - \sigma_{rz}^{(2),1}) \Big|_{r=R} &= (\sigma_{zz}^{(1),0} - \sigma_{zz}^{(2),0}) \frac{d\delta(t_3)}{dt_3} \cos \theta, \\
 (u_r^{(1),1} - u_r^{(2),1}) \Big|_{r=R} &= 0, \quad (u_\theta^{(1),1} - u_\theta^{(2),1}) \Big|_{r=R} = 0, \\
 (u_z^{(1),1} - u_z^{(2),1}) \Big|_{r=R} &= 0,
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \sigma_{r\theta}^{(2),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}} &= 0, \\
 (R-h^{(1)}) \sigma_{rr}^{(2),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}} &= c(u_r^{(2)}) \Big|_{r=R-h^{(1)}} - u_r^{(3)} \Big|_{r=R-h^{(1)}-d} \\
 \sigma_{rz}^{(2),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}} &= \sigma_{zz}^{(2),0} \frac{d\delta(t_3)}{dt_3} \cos \theta, \\
 (R-h^{(1)}) \sigma_{rr}^{(2),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}} &= (R-h^{(1)}-d) \sigma_{rr}^{(3),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-d}, \\
 \sigma_{rz}^{(3),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-d} &= \sigma_{zz}^{(3),0} \frac{d\delta(t_3)}{dt_3} \cos \theta, \quad \sigma_{r\theta}^{(3),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-d} = 0 \\
 (R-h^{(1)}-h^{(2)}-d) \sigma_{rr}^{(3),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-d} &= c(u_r^{(3)}) \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-d} \\
 -u_r^{(4)} \Big|_{r=R-h^{(1)}-2d-h^{(2)}} & \\
 \sigma_{r\theta}^{(3),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-d} &= 0, \\
 \sigma_{rz}^{(3),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-d} &= \sigma_{zz}^{(3),0} \frac{d\delta(t_3)}{dt_3} \cos \theta \\
 (R-h^{(1)}-h^{(2)}-d) \sigma_{rr}^{(3),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-d} &= \\
 (R-h^{(1)}-h^{(2)}-2d) \sigma_{rr}^{(4),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-2d} & \\
 \sigma_{r\theta}^{(4),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-2d} &= 0, \\
 \sigma_{rz}^{(4),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-2d} &= \sigma_{zz}^{(4),0} \frac{d\delta(t_3)}{dt_3} \cos \theta \\
 (R-h^{(1)}-h^{(2)}-2d-h^{(3)}) \sigma_{rr}^{(4),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-2d-h^{(3)}} &= \\
 c(u_r^{(4)}) \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-2d-h^{(3)}} - u_r^{(5)} \Big|_{r=R-h^{(1)}-3d-h^{(2)}-h^{(3)}} & \\
 \sigma_{r\theta}^{(4),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-2d-h^{(3)}} &= 0, \\
 \sigma_{rz}^{(4),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-2d-h^{(3)}} &= \sigma_{zz}^{(4),0} \frac{d\delta(t_3)}{dt_3} \cos \theta, \\
 (R-h^{(1)}-h^{(2)}-2d-h^{(3)}) \sigma_{rr}^{(4),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-2d-h^{(3)}} &= \\
 (R-h^{(1)}-h^{(2)}-3d-h^{(3)}) \sigma_{rr}^{(5),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-3d-h^{(3)}} & \\
 \sigma_{r\theta}^{(5),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-3d-h^{(3)}} &= 0, \\
 \sigma_{rz}^{(5),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-3d-h^{(3)}} &= \sigma_{zz}^{(5),0} \frac{d\delta(t_3)}{dt_3} \cos \theta, \\
 \sigma_{rr}^{(5),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-h^{(3)}-h^{(4)}-3d} &= 0, \\
 \sigma_{r\theta}^{(5),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-h^{(3)}-h^{(4)}-3d} &= 0 \\
 \sigma_{rz}^{(5),1} \Big|_{r=R-h^{(1)}-h^{(2)}-h^{(3)}-h^{(4)}-3d} &= \sigma_{zz}^{(5),0} \frac{d\delta(t_3)}{dt_3} \cos \theta
 \end{aligned} \tag{16}$$

Çözümü için aşağıdaki gösterilim kullanılacaktır (Güz, 1999).

$$\begin{aligned}
 u_r^{(l)} &= \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \gamma^{(l)} - \frac{\partial^2}{\partial r \partial z} \beta^{(l)} \quad u_\theta^{(l)} = -\frac{\partial}{\partial r} \gamma^{(l)} - \frac{1}{r} \frac{\partial^2}{\partial \theta \partial z} \beta^{(l)} \\
 u_z^{(l)} &= (\lambda^{(l)} + \mu^{(l)})^{-1} \left((\lambda^{(l)} + 2\mu^{(l)}) \Delta_1 + (\mu^{(l)} + \sigma_{zz}^{(l),0}) \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \beta^{(k)}
 \end{aligned}$$

$$\Delta_1 = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta^2} \quad (17)$$

(17) ifadelerindeki $\gamma^{(i)}$, $\beta^{(i)}$ fonksiyonları

$$\left(\Delta_1^{(i)} + (\xi_1^{(i)})^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \gamma^{(i)} = 0$$

$$\left(\Delta_1^{(i)} + (\xi_2^{(i)})^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \left(\Delta_1^{(i)} + (\xi_3^{(i)})^2 \frac{\partial^2}{\partial z^2} \right) \gamma^{(i)} = 0 \quad (18)$$

(18)' deki eşitliklerini sağlamaktadır. Burada $\xi_i^{(k)}$ ($k=1,2 ; i=1,2,3$) aşağıdaki şekilde ifade edilebilirler.

$$\xi_1^{(k)} = \sqrt{\frac{\mu^{(k)} + \sigma_{zz}^{(k,0)}}{\mu^{(k)}}} \quad \xi_2^{(k)} = \sqrt{\frac{\mu^{(k)} + \sigma_{zz}^{(k,0)}}{\mu^{(k)}}}$$

$$\xi_3^{(k)} = \sqrt{\frac{\lambda^{(k)} + 2\mu^{(k)} + \sigma_{zz}^{(k,0)}}{\lambda^{(k)} + 2\mu^{(k)}}} \quad (19)$$

İlgili sınır değer probleminin çözümü için bütün denklemlere

$$\bar{f}(s) = \int_{-\infty}^{\infty} f(z) e^{-isz} dz \quad (20)$$

ile verilen üstel Fourier dönüşümü $z = \frac{x_3}{L}$ 'ye göre uygulanır.

Fourier transformasyonu uyguladıktan sonra, (18) diferansiyel denklemleri, denge denklemleri ve temas koşulları göz önünde bulundurulur çözülür

$$\bar{\gamma}^{-(1),1} = \bar{A}_1^{(1)}(s) K_1(\xi_1^{(1)} s \frac{r}{L}) \sin \theta$$

$$\bar{\beta}^{(1),1} = i \left[\bar{A}_2^{(1)}(s) K_1(\xi_2^{(1)} s \frac{r}{L}) + \bar{A}_3^{(1)}(s) K_1(\xi_3^{(1)} s \frac{r}{L}) \right] \cos \theta$$

$$\bar{\gamma}^{-(2),1} = \left[\bar{B}_{11}^{(2)}(s) I_1(\xi_1^{(2)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{12}^{(2)}(s) K_1(\xi_1^{(2)} s \frac{r}{L}) \right] \sin \theta$$

$$\bar{\beta}^{(2),1} = i \left[\begin{array}{l} \bar{B}_{21}^{(2)}(s) I_1(\xi_2^{(2)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{22}^{(2)}(s) K_1(\xi_2^{(2)} s \frac{r}{L}) \\ + \bar{B}_{31}^{(2)}(s) I_1(\xi_3^{(2)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{32}^{(2)}(s) K_1(\xi_3^{(2)} s \frac{r}{L}) \end{array} \right] \cos \theta$$

$$\bar{\gamma}^{-(3),1} = \left[\bar{B}_{11}^{(3)}(s) I_1(\xi_1^{(3)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{12}^{(3)}(s) K_1(\xi_1^{(3)} s \frac{r}{L}) \right] \sin \theta$$

$$\bar{\beta}^{(3),1} = i \left[\begin{array}{l} \bar{B}_{21}^{(3)}(s) I_1(\xi_2^{(3)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{22}^{(3)}(s) K_1(\xi_2^{(3)} s \frac{r}{L}) \\ + \bar{B}_{31}^{(3)}(s) I_1(\xi_3^{(3)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{32}^{(3)}(s) K_1(\xi_3^{(3)} s \frac{r}{L}) \end{array} \right] \cos \theta$$

$$\bar{\gamma}^{-(4),1} = \left[\bar{B}_{11}^{(4)}(s) I_1(\xi_1^{(4)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{12}^{(4)}(s) K_1(\xi_1^{(4)} s \frac{r}{L}) \right] \sin \theta$$

$$\bar{\beta}^{-(4),1} = i \left[\begin{array}{l} \bar{B}_{21}^{(4)}(s) I_1(\xi_2^{(4)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{22}^{(4)}(s) K_1(\xi_2^{(4)} s \frac{r}{L}) \\ + \bar{B}_{31}^{(4)}(s) I_1(\xi_3^{(4)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{32}^{(4)}(s) K_1(\xi_3^{(4)} s \frac{r}{L}) \end{array} \right] \cos \theta$$

$$\bar{\gamma}^{-(4),1} = \left[\bar{B}_{11}^{(4)}(s) I_1(\xi_1^{(4)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{12}^{(4)}(s) K_1(\xi_1^{(4)} s \frac{r}{L}) \right] \sin \theta$$

$$\bar{\beta}^{-(4),1} = i \left[\begin{array}{l} \bar{B}_{21}^{(4)}(s) I_1(\xi_2^{(4)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{22}^{(4)}(s) K_1(\xi_2^{(4)} s \frac{r}{L}) \\ + \bar{B}_{31}^{(4)}(s) I_1(\xi_3^{(4)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{32}^{(4)}(s) K_1(\xi_3^{(4)} s \frac{r}{L}) \end{array} \right] \cos \theta$$

$$\bar{\gamma}^{-(5),1} = \left[\bar{B}_{11}^{(5)}(s) I_1(\xi_1^{(5)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{12}^{(5)}(s) K_1(\xi_1^{(5)} s \frac{r}{L}) \right] \sin \theta$$

$$\bar{\beta}^{-(5),1} = i \left[\begin{array}{l} \bar{B}_{21}^{(5)}(s) I_1(\xi_2^{(5)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{22}^{(5)}(s) K_1(\xi_2^{(5)} s \frac{r}{L}) \\ + \bar{B}_{31}^{(5)}(s) I_1(\xi_3^{(5)} s \frac{r}{L}) + \bar{B}_{32}^{(5)}(s) K_1(\xi_3^{(5)} s \frac{r}{L}) \end{array} \right] \cos \theta \quad (21)$$

elde edilir. Burada $K_n(x)$ Macdonald ve $I_n(x)$ Bessel fonksiyonu fonksiyonudur. (21) fonksiyonları ilgili yerlerde yerine yazıldığında 27x27 lineer denklem sistemi elde edilir. Bu sistem çözüldüğünde $\bar{A}_1^{(1)}(s), \bar{A}_2^{(1)}(s), \bar{B}_{21}^{(4)}(s), \dots, \bar{B}_{32}^{(5)}(s)$ bilinmeyenleri elde edilerek, gerilme değerlerinin fourier dönüşümlü hallerine ulaşılmış olur. Daha sonra ters fourier dönüşümü uygulanarak gerçek değerler elde edilir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Gerilme analiziyle ilgili çalışmalar $\sigma_{tt}, \sigma_{ne}, \sigma_{te}$ kayma gerilmeleri ve $\sigma_{mm}, \sigma_{ee}, \sigma_{tt}$ normal gerilmelerine çeşitli parametrelere bağlı nümerik sonuçlar elde etmek ve bu sonuçların yorumlanması kapsamında yapılmıştır. Bu gerilmeler, matris ve karbon nanotüp arakesit yüzeyi S_8 üzerinde n birim normal vektörü ve τ, e teğet vektörleri doğrultusundaki ve bu vektörlerin oluşturduğu düzlemlerdeki gerilmelerdir.

Sayısal sonuçlar için R en dış yarıçap, $h^{(1)}$ en dıştaki tüpün kalınlığı, $h^{(2)}$ dıştan ikinci tüpün kalınlığı, $h^{(3)}$ dıştan üçüncü tüpün kalınlığı, $h^{(4)}$ en içteki tüpün kalınlığı ve d tüpler arasındaki uzaklık olmak üzere $R/L, h^{(1)}/R, d/h^{(1)}$ boyutsuz parametreleri tanımlanmıştır. Karbon nanotüpün duvarlarının kalınlıkları eşit $h^{(1)} = h^{(2)} = h^{(3)} = h^{(4)}$ kabul edilmiştir. Malzemenin karbon nanotüp olması dikkate alınarak hesaplamalarda kullanılacak olan bu parametreler için aşağıdaki aralıklar belirlenmiştir (Akbarov, 2013: 2587)

$$400 \leq E^{(2)}/E^{(1)} \leq 1000, \quad 0.015 \leq h^{(1)}/R \leq 0.4,$$

$$1 \leq d/h^{(1)} \leq 2 \quad (22)$$

Tüpler arasında van der Waals kuvvetinin oluşabilmesi için $d \leq 0.34$ nm olması gerekmektedir (Xiaohu ve diğerleri, 2006). Bu kuvvetleri temsil eden c sabiti için $0 < c \leq 9.92$ TPa aralığı alınmıştır (Akbarov, 2013: 2587). Bundan başka F parametresi ile van der Waals kuvvetlerinin parametreler üzerindeki etkisi ölçülmüştür ve F aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$F = \frac{\mu_{CNT}}{c} \left(1 - \frac{h^{(1)}}{R} \right) \quad (23)$$

$F=0$ olduğunda karbon nanotüpün tüpleri arasındaki van der Waals kuvveti sıfırdır ve tüplerin radyal doğrultuda yaptığı yer değiştirme birbirine eşittir. $F=\infty$ ise karbon nanotüpün tüpleri arasında temas ($d > 0.34$ nm) yok demektir (Akbarov, 2013). Burada μ_{CNT} parametresinde geçen CNT simgesi karbon nanotüpü temsil etmektedir ve $\mu_{CNT} = \mu^{(2)} = \mu^{(3)}$. Ayrıca hesaplamalarda $v^{(1)}=v^{(2)}=v^{(3)}=v^{(4)}=v^{(5)}=0.3$, $\varepsilon=0.07$ olarak kullanılmıştır.

Gerilmelerin R/L parametresine göre değişimini gösteren tablolarda ve grafiklerde σ_{nn} , σ_{ne} , σ_{nr} , σ_{ee} için $\theta=0$; σ_{nr} ve σ_{te} için $\theta=\pi/2$ değeri kullanılmıştır. Şekil 2 grafiklerinde $h/R=0.125$, $d/h=1$, $E^{(2)}/E^{(1)}=500$ ve $F=0$ değerlerinde $\sigma_{nn}/|p|$, $\sigma_{ne}/|p|$ ile R/L parametresi arasındaki ilişki görülmektedir. Bu grafiklerden, $\sigma_{nn}/|p|$, $\sigma_{ne}/|p|$ gerilmelerinin mutlak değerinin nanotüpün dış yarıçapı ile olan ilişkisinin monoton olmadığı izlenmektedir. Bu sonuç, iki ve üç duvarlı yerel eğrilikli CNT sonuçlarıyla benzerdir (Coban, 2016).

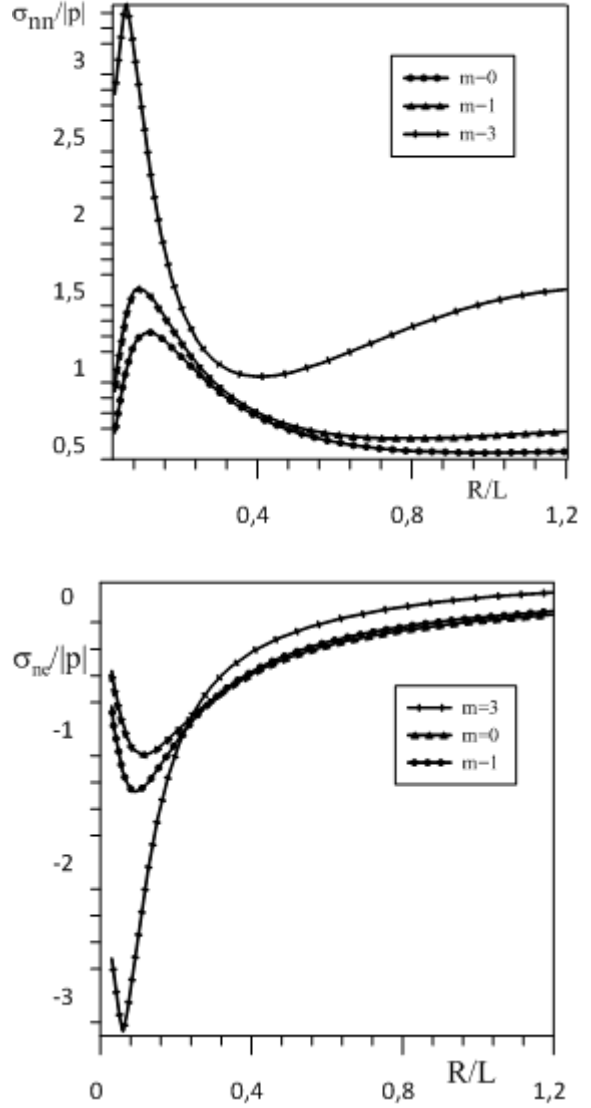
Tablo 1’de sırası ile $\sigma_{nn}/|p|$, $\sigma_{nr}/|p|$, $\sigma_{ne}/|p|$, $\sigma_{te}/|p|$, $\sigma_{ee}/|p|$ değerleri çeşitli m ve $E^{(2)}/E^{(1)}$ parametrelerine göre verilmiştir. Bu çizelgelerden $E^{(2)}/E^{(1)}$ değeri büyüdükçe $\sigma_{nn}/|p|$, $\sigma_{ne}/|p|$, $\sigma_{nr}/|p|$, $\sigma_{ee}/|p|$, $\sigma_{te}/|p|$ gerilmelerinin de mutlak değerce büyüdüğü izlenmektedir. $\sigma_{te}/|p|$ gerilmesinin değerleri ise aynı durumda düşmektedir. Not edilmelidir ki $\sigma_{nr}/|p|$ değerlerinde artış diğer gerilmelere göre daha azdır ve $\sigma_{ee}/|p|$ gerilmesinin değeri $m=3$ ’de daha fazla düşüş göstermektedir. $E^{(2)}/E^{(1)}$ ve gerilme değerleri arasındaki ilişki literatür ile uyumludur. İki ve üç duvarlı yerel eğrilikli CNT için de sonuçlar benzerdir (Coban, 2016).

Tablo 2’de sırası ile $\sigma_{nn}/|p|$, $\sigma_{ne}/|p|$, $\sigma_{nr}/|p|$, $\sigma_{te}/|p|$, $\sigma_{ee}/|p|$ değerleri çeşitli m ve F parametrelerine göre verilmiştir. Bu çizelgelerden F değeri büyüdükçe $\sigma_{nn}/|p|$, $\sigma_{ne}/|p|$, $\sigma_{nr}/|p|$, $\sigma_{te}/|p|$, $\sigma_{ee}/|p|$ gerilmelerinin mutlak değerce azaldığı görülmektedir. $\sigma_{te}/|p|$ gerilmesinin değerleri ise aynı durumda artmaktadır. Ayrıca $\sigma_{ee}/|p|$ gerilmesinin değeri $m=3$ ’de daha fazla düşüş göstermektedir.

Tablo 1. Çeşitli $E^{(2)}/E^{(1)}$ ve m değerleri için, $\sigma_{nn}/|p|$, $\sigma_{nr}/|p|$, $\sigma_{ne}/|p|$, $\sigma_{te}/|p|$, $\sigma_{ee}/|p|$ değerleri ($F=100$, $R/L=0.6$, $h/R=0.125$, $d/h=1$)

$E^{(2)}/E^{(1)}$	m	$\sigma_{nn}/ p $	$\sigma_{nr}/ p $	$\sigma_{ne}/ p $	$\sigma_{te}/ p $	$\sigma_{ee}/ p $
500	0	0.51325	0.23430	-0.37296	0.99780	0.01653
	1	0.56183	0.26640	-0.34719	0.98609	0.02017
	3	1.05739	0.22483	-0.19617	0.95862	0.01548
700	0	0.56581	0.24375	-0.42284	1.00703	0.01432

Bu grafikler ve tablolarda sıfırinci ve birinci yaklaşım sonucunda elde edilen gerilme değerlerinin sayısal sonuçları görülmektedir. F değerinin arttıkça gerilme değerlerinin düşmesi literatür ile uyumlu bir sonuçtur. İki ve üç duvarlı yerel eğrilikli CNT için de sonuçlar benzerdir (Coban, 2016).



Şekil 2. Çeşitli m değerleri için (a) $\sigma_{nn}/|p|$ (b) $\sigma_{ne}/|p|$ ve R/L arasındaki bağımlılık

	1	0.60654	0.27501	-0,38853	0.99333	0.01794	0.12811
	3	1,07730	0.22831	-0,20639	0.95976	0.01392	0.01874
1000	0	0.62354	0.25275	-0.47831	1,01859	0.01241	0.17150
	1	0.65471	0.28302	-0.43393	1,00244	0.01605	0.14613
	3	1,09480	0.23124	-0.21638	0,96118	0.01268	0.02234

Tablo 2. Çeşitli F ve m değerleri için, $\sigma_{nn}/|p|$, $\sigma_{nr}/|p|$, $\sigma_{ne}/|p|$, $\sigma_{tr}/|p|$, $\sigma_{te}/|p|$, $\sigma_{ee}/|p|$ değerleri ($E^{(2)}/E^{(1)} = 700$, $R/L=0.6$, $h/R=0.125$, $d/h=1$)

F	m	$\sigma_{nn}/ p $	$\sigma_{nr}/ p $	$\sigma_{ne}/ p $	$\sigma_{tr}/ p $	$\sigma_{te}/ p $	$\sigma_{ee}/ p $
100	0	0,56581	0,24375	-0,42284	1,00703	0,01432	0,14940
	1	0,60654	0,27501	-0,38853	0,99333	0,01794	0,12811
	3	1,07730	0,22831	-0,20639	0,95976	0,01392	0,01874
300	0	0,52742	0,23523	-0,38950	1,00275	0,01650	0,13853
	1	0,57426	0,26766	-0,36056	0,98984	0,01988	0,11900
	3	1,07202	0,22628	-0,20001	0,95936	0,01450	0,01665
500	0	0,51129	0,23222	-0,37496	1,00048	0,01716	0,13357
	1	0,56097	0,26512	-0,34859	0,98800	0,02046	0,11493
	3	1,06975	0,22567	-0,19761	0,95909	0,01466	0,01582

4. Sonuç

Bu çalışmada günümüz teknolojisinde çok önemli yere sahip olan nanomalzemelerin en önemli üyesi olarak kabul edilen karbon nanotüpün dört katlı olarak elastik matris malzemesi içine gömülmesiyle elde edilen kompozit malzemenin düzgün yayılmış normal kuvvetler altındaki gerilme analizi ile ilgili çeşitli parametrelere bağlı sonuçları verilmiştir.

Karbon nanotüpler sürekli bir malzeme olarak ele alınmış dolayısıyla sürekli ortam mekaniği kanunlarına göre çözüm aranmıştır. Fiziksel ve matematiksel modellemesi yapılan problemde, karbon nanotüplerin katmanlarının içi boş ortak merkezli dört silindirin içe içe geçmesiyle oluştuğu varsayılmıştır. Katmanlar arasında van der Waals kuvvetlerinin ortaya çıktığı düşünülmüştür. Bahsedilen nanotüpün başlangıç ilkel bir kusuru olduğu kabul edilerek yerel eğrilikli olarak modellenmiş ve hesaplamalar bu kapsamda yapılmıştır. Çalışma kapsamında, ilgili sınır-değer problemleri için elastisite teorisine ait kesin geometrik lineer denklemler kullanılıp, parçalı-homojen cisim modeli sınırları dahilinde matematiksel formülasyonu yapılmıştır. Dört duvarlı karbon nanotüpün üç boyutlu olarak modellenerek yaklaşık analitik bir metotla gerilme dağılımının incelenmesi ilk defa yapılmaktadır. Ayrıca bu araştırmada karbon nanotüplerin arasındaki boşluğu ifade eden d uzaklığı limit olarak sifıra götürüldüğünde, problem tek duvarlı karbon nanotüp problemine dönüşür ve (Coban, 2009)'de elde edilen gerilme değerleri ile aynı sonuca ulaşılmıştır. Bu da yapılan algoritma ve kodlamanın doğruluğunu gösterir. Ayrıca dört duvarlı CNT için elde edilen gerilme değerleri (Coban, 2016)'de üç katlı için elde edilen değerlerden daha düşüktür. Yine (Coban, 2016)'de üç katlı CNT için elde edilen değerlerinden iki katlı CNT için elde edilen değerlerden daha düşük olduğu gösterilmiştir. Dolayısıyla CNT' ler için duvar sayısı arttıkça gerilme değerlerinin düşeceği söylenebilir.

Bu çalışmada ($E^{(2)}/E^{(1)}$) değeri 300, 500 ve 1000 olarak alınmıştır ve normal gerilmeler ile kayma gerilmeleri geometrik lineer durumda incelenmiştir. Ulaşılan değerler sıfırcı ve bir yaklaşımın çözümünden elde edilmiştir. Çalışma ile ilgili sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:

- Nanotüpteki duvar sayısı artırıldığında gerilme değerlerinin düştüğü görülmüştür.
- Dört duvarlı karbon nanotüpün dış yarıçapa göre değişimine bakıldığında, $\sigma_{nn}/|p|$ ve $\sigma_{ne}/|p|$ gerilmelerinin mutlak değerinin, dış yarıçap ile monoton olmayan şekilde değiştiği görülmektedir.
- Elastisite modülü ($E^{(2)}/E^{(1)}$) değeri büyüdükçe $\sigma_{nn}/|p|$, $\sigma_{ne}/|p|$, $\sigma_{nr}/|p|$, $\sigma_{te}/|p|$, $\sigma_{tr}/|p|$ gerilmelerinin de mutlak değerce büyüdüğü izlenmektedir. $\sigma_{te}/|p|$ gerilmesinin değerleri ise aynı durumda düşmektedir.
- Van der Waals kuvvetlerinin etkisinin artmasıyla (F ile temsil edilir) $\sigma_{nn}/|p|$, $\sigma_{ne}/|p|$, $\sigma_{nr}/|p|$, $\sigma_{ee}/|p|$, $\sigma_{tr}/|p|$ gerilmelerinin mutlak değerce azaldığı görülmektedir. $\sigma_{te}/|p|$ gerilmesinin değerleri ise aynı durumda artmaktadır.
- Karbon nanotüpün orta çizgisinin denkleminde yer alan ve salınım frekansını gösteren m değerine göre gerilmeler araştırılmıştır. Salınım frekansı ile gerilme değerleri arasında monoton olmayan bir ilişki olduğu görülmüştür.

5. Kaynakça

- Akbarov, S.D. (2013). Microbuckling of a doublewalled carbon nanotube embedded in an elastic matrix. *International Journal of Solids and Structures*, 50, 2584-2596
- Akbarov, S.D. ve Guz, A.N. (1985). Method of Solving Problems in the Mechanics of Fiber Composites with Curved Structures. *Soviet Applied Mechanics*, 20(9), 777-790. Akbarov, S.D. ve Guz, A.N. (2000). *Mechanics of Curved Composites*, Amsterdam: Kluwer Academic Publishers.
- Akbarov, S.D. ve Kosker, R. (2001). Fiber Bucling in a Viscoelastic Matrix. *Mechanics of Composite Materials*, 37(4), 299-306.
- Akbarov, S.D. ve Kosker, R. (2003a). On a Stresss Analysis in the Infinite Elastic Body with Two Neighbouring Curved Fibers. *Composites Part B*, 34, 143-150.
- Akbarov, S.D. ve Kosker, R. (2003b). Influence of the Interaction Two Neighbouring Curved Fibers. *Mechanics of Composite Materials*, 39, 165-176.
- Akbarov, S.D. ve Kosker, R. (2003c). Stress Distribution Caused by Anti-Phase Periodical Curving of Two Neighbouring Fibers in a Composite Materials. *European Journal of Mechanics A/Solids*, 22, 243-256.
- Akbarov, S.D. ve Kosker, R. (2004). Internal Stability Loss of Two Neighboring Fibers in a iscoelastic Matrix. *Internal Journal of Engineering Science*, 42, 1847-1873.
- Akbarov, S.D., Kosker, R. and Cinar, N. (2011). Stress Distribution in an Infinite Body Containing Two Neighboring Locally Curved Nanofibers, *CMC-Computers, Materials&Continua*, 21(2), 119-146.
- Akbarov, S.D., Kosker, R. and Ucan, Y. (2006). Stress Distribution in a Composite Material With the Row of Anti-Phase Periodically Curved Fibres, *International Applied Mechanics*, 42 (4), 486-493.
- Arefi, A. ve Nahvi, H. (2017). Stability analysis of an embedded single-walled carbon nanotube with small initial curvature based on nonlocal theory. *Mechanics of Advanced Materials and Structures*, 24(11), 962-970.
- Breuer, O. ve Sundararaj, U. (2004). Big Returns From Small Fibers: A Review of Polymer/Carbon Nanotube Composites. *Polymer Composites*, 25(6), 630-645.
- Coban, F. (2009). *İçi Boş Yerel Eğrilikli Tek Lif İçeren Sonsuz Elastik Ortamda Gerilme Dağılımı*. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Coban, F. (2016) Yerel Eğrilikli İki ve Üç Duvarlı Karbon Nanotüplerin Gerilme Ve Stabilite Analizi. (Yayımlanmamış Doktora Tezi). Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Duan, H.L., Wang, J., ve Karihaloo, B.L. (2009). Theory of elasticity at the nanoscale. *Advanced Applied Mechanics*, 42(1), 1-68.
- Guz, A.N. (1999). *Fundamentals of the Three-Dimensional Theory of Stability of Deformable Bodies*, Berlin: Springer-Verlag.
- Guz, I.A. (2012). Continuum solid mechanics at nano-scale: how small can it go? *Journal of Nanomaterials and Molecular Nanotechnology*, 1 (1).
- Iijima, S. (1991). Helical microtubules of graphitic carbon. *Nature*, 354, 56-58. *International Journal of Solids and structures*, 43:, 6832-6854
- Kalamkarov, A.L., Georgiades, A.V., Rokam, S.K., Veedu, V.P. ve Ghasemi-Nejhad, M.N. (2006). Analytical and numerical techniques to predict carbon nanotubes properties.
- Karličić, D., Kozić, P., Pavlović, R. ve Nešić, N. (2017). Dynamic stability of single-walled carbon nanotube embedded in a viscoelastic medium under the influence of the axially harmonic load. *Composite Structures*, 162, 227-243.
- Mantazeri, A. ve Naghdabadi, R. (2009). Study the Effect of Viscoelastic Matrix Model on the Stability of CNT/Polymer Composites by Multiscale Modeling. *Polymer Composites*, 30(11), 1545-1551.
- Ru, C.Q. (2001). Axially compressed buckling of a double walled carbon nanotube embedded in an elastic medium. *Journal of Mechanics, Physics and Solids*, 49, 1265-1279
- Shi, J.X., Natsuki, T., Lei, X.W. ve Ni, Q.Q. (2012). Buckling Instability of Carbon Nanotube Atomic Force Microscope Probe Clamped in an Elastic Medium, *Journal of Nanotechnology in Engineering and Medicine*. 3(2), 1-5.
- Xiaohu, Y. ve Qiang, H. (2006). Investigation of Axially Compressed Buckling of a Multi-Walled Carbon Nanotube Under Temperature Field. *Composite Science and Technology*, 67, 125-134.
- Yan Y, Wang W.Q. ve Zhang, L.X. (2010) Nonlocal effect on axially compressed buckling of triple-walled carbon nanotubes under temperature field. *Applied Mathematical Modelling*, 34, 3422-3429.
- Zhang, M. ve Li, J. (2009). Carbon Nanotube in Different Shapes. *Materials Today*, 12(6), 12-18.



Makine Öğrenmesi Metodolojisi Kullanılarak Yüksek Hızlı Rulmanlarda Sağlık Göstergesinin Belirlenmesi

Erkan Caner Özkat^{1*}

^{1*} Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Rize, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0530-5439), erkancaner.ozkat@erdogan.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.843465)

ATIF/REFERENCE: Ozkat, E. C. (2021). Makine Öğrenmesi Metodolojisi Kullanılarak Yüksek Hızlı Rulmanlarda Sağlık Göstergesinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 176-183.

Öz

Makine sağlığı göstergesi, bir makine parçasının bozulma aşamalarını ve ortaya çıkacak nihai arızasını gösterir. Bu çalışmanın temel amacı, makine öğrenmesi metodolojisi kullanarak titreşim verilerinden makine sağlığı göstergesini belirlemektir. Tespit edilen bu sağlık göstergesi daha sonra kalan faydalı ömür tahmininde kullanılacaktır. Makine sağlık göstergesini hesaplamak için gerekli adımlar, özellik çıkarma, normalleştirme ve temel bileşen analizi olarak listelenmiştir. Bu çalışmada titreşim sinyalleri zaman alanından frekans alanına Welch yöntemi kullanılarak dönüştürülmüş ve ardından sıralanan öznelikler basıklık, çarpıklık, etkin değer, tepe faktörü ve etki faktörü hesaplanmıştır. Özneliklerin gürültüsü z-skor ve Savitzky-Golay yöntemleri kullanılarak azaltılmıştır. Sonrasında, temel bileşen vektörlerini hesaplamak için düzeltilmiş özneliklere temel bileşen analizi uygulanmıştır. Bu vektörlerden monoton eksponansiyel artış eğilimine en iyi uyum vektörleri kullanışlı temel bileşen vektörlerdir. Sağlık göstergesi, faydalı temel bileşen vektörlerinin ortalama değeridir ve kalan faydalı ömrü tahmin etmek için kullanılmıştır. Tahminin başarısı determinasyon katsayısı (R^2) ve kök ortalama kare hata (RMSE) değerleri ile belirlenmiştir. Sonuçlara göre, R^2 ve RMSE değerleri: prior eğitim seti için sırayla 0.6625 ve 17.8925; posterior eğitim seti için sırayla 0.9947 ve 1.7688; test seti için sırayla 0.9897 ve 2.2025'tir.

Anahtar Kelimeler: Kestirimci Bakım, Makine Öğrenmesi, Sağlık Göstergesi, Temel Bileşen Analizi, Mekanik Titreşimler.

Determination of Health Indicator in High Speed Bearings Using Machine Learning Methodology

Abstract

The machine health indicator shows the deterioration stages of a machine part and its failure. The main purpose of this study is to determine the machine health indicator from vibration data using machine learning. The determined health indicator will then be used in the remaining useful life estimation. The necessary steps to calculate the indicator are listed as feature extraction, normalization, and principal component analysis. In this study, vibration signals are transformed from time domain to frequency domain using the Welch method then the listed features kurtosis, skewness, effective value, crest factor and impact factor are calculated. The noise of these features has been reduced utilizing z-score and Savitzky-Golay methods. Subsequently, principal component analysis is applied to compute principal component vectors. Of these vectors, vectors that best match the monotone exponential upward trend are chosen as useful principal component vectors. The health indicator is the mean value of the useful principal component vectors and it has been used to estimate the remaining useful life. The success of the prediction is determined by the determination coefficient (R^2) and root mean square error (RMSE) values. According to the results, R^2 and RMSE values are: 0.6625 and 17.8925 for the prior training set, respectively; 0.9947 and 1.7688 for posterior training set, respectively; for the test set it is 0.9897 and 2.2025, respectively.

Keywords: Predictive Maintenance, Machine Learning, Health Indicator, Principal Component Analysis, Mechanical Vibrations.

* Sorumlu Yazar: erkancaner.ozkat@erdogan.edu.tr

1. Giriş

Kestirimci bakım, bir makinenin sağlık durumunu tahmin etme ve sensörler yardımıyla toplanan verileri/ölçümleri makine öğrenimi yöntemleriyle entegre ederek bakım eylemleri hakkında en iyi kararı verme süreci olarak tanımlanır. Ayrıca, kestirimci bakım ile arızayı başlangıç aşamasında tespit edildiğinden, zincir hasarları ve yıkıcı arızalar olasılığını azaltılır ve bakım planlamasında ve hangi parçaların düzeltilmesi gerektiğinin belirlenmesine yardımcı olur. Buna ek olarak, ekipmanın gelecekteki koşulu veya kalan faydalı ömrü için bir tahmin de verebilir.

Son yıllarda teknolojinin gelişmesine bağlı olarak, birçok kestirimci bakım çalışmasında sıcaklık, basınç, yağ kalitesi, gürültü ve titreşim sensör verileri kullanılmaktadır. Hangi sensör verisinin kullanılacağına ilişkin karar hem incelenecek sorunun türüne hem de makinenin çalışma koşullarına bağlıdır. Dönen ekipmanların çeşitli nedenlerle yük altında olması ve zorlanması, makinelerde güç tüketimini etkileyen ana faktörlerden biridir. Titreşim analizi, endüstride her tür dönen ekipman için kullanılan en yaygın durum izleme teknolojisidir ve rulman arızalarını teşhis etmek için etkili bir araçtır. Çünkü titreşim makinenin çalışmasını engelleyecek ve hatta rezonans ile makinenin tahrip olmasına yol açacaktır.

Rulman arızalarını etkili bir şekilde tespit etmek ve titreşim davranışlarının tam olarak anlaşılması için gelişmiş titreşim tabanlı algoritmalar geliştirmek gerekir. Literatürde makinelerde rulman arızasına yol açabilecek kusurları önceden tespit edip giderebilmeye yönelik çeşitli yöntemler anlatılmıştır. Bu titreşim analizi yöntemleri, zaman tabanlı, frekans tabanlı ve zaman-frekansa tabanlı yaklaşımlar olarak sınıflandırılabilir.

Tao vd. (2020) tarafından yürütülen bir çalışmada; dönen makinalarda yataklarda yuvarlanan elemanların durumunu belirlemek için Fourier ve Ayrık Dalgacık dönüşümü kullanılmış, önceden işlenen sinyaller birkaç seviyeye ayrılarak hatalı ve sağlıklı rulmanlar arasında bir sınıflandırma gerçekleştirmiştir. Sun vd. (2013) ayrık dalgacık dönüşümü ve zarf analizi yöntemlerini birleştirerek rulmanlı yatak titreşim verilerinden bir spektrum çıkarmayı hedeflemiştir. Rulmanlardaki farklı arızaları teşhis etmek için kullanılan yöntemin yüksek performans ve doğruluk gösterdiği tespit etmiştir. Oldukça güçlü bir analiz yöntemi olan zarf analizi; yüksek frekanslı rezonans tekniği (HFRT) olarak da adlandırılır ve klasik spektrumda belirlenen rezonansları sınıflandırmak için kullanılır (Saidi vd., 2017). Ancak özellikle ana rezonansların sınıflandırılması zor bir işlemdir ve klasik spektrumda belirlenen tüm rezonansları analiz etmemiz gerektiğinden hesaplama süreleri uzayacaktır. Basıklık bu işlemi daha kolay bir hale getiren; sinyaldeki geçici akımların yerini belirlememizi sağlayan skaler bir ölçümdür. Spektral Kurtosis (SK) ise bundan yola çıkarak geliştirilen ve optimum bant frekansını belirlememizi sağlayan bir yöntemdir (Saidi vd., 2017). Villwock vd. (2008) ise elektrikli arabalardan elde edilen sinyallerin frekans cevabının hesaplanmasında Welch yöntemini kullanmış ve deneysel sonuçlar yöntemin etkinliğini ve esnekliğini ortaya koymuştur. Bektaş (2020) ise havacılık alanında verilerin değerlendirilmesinde Welch metodu vasıtasıyla oluşturulan alt veri setlerinde titreşime dayalı olarak hesaplamayı ve fourier dönüşüm sonuçlarıyla gözlem yapabilmeyi hedeflemiştir. Öznitelik çıkarımı; ölçülmüş verilerden elde edilen bir başlangıç veri seti girdi olarak

kullanılarak bazı türetilmiş değerler (“öznitelikler”) oluşturulmasıdır. Basıklık faktörü, çarpıklık, ortalama değer, standart sapma, tepe faktörü, şekil faktörü, etki faktörü, marjinal faktörü ve tepe noktasından zirve noktasına (pikten pike) literatürde sıklıkla kullanılan özniteliklerdir (Ali vd., 2018; Muratet vd., 2014; Villwock vd., 2008). Bu özniteliklerin çıkarımı için farklı yöntemlerden faydalanılmıştır. Liu vd. (2014), yerel ortalama dekompozisyon teknolojisini kullanarak; bir makaralı yatağın durağan olmayan titreşim sinyalinin bir dizi ürün fonksiyonuna ayrıştırılmayı ve her ürünün büyük ölçekte entropisine ait fonksiyonun öznitelik vektörü olarak hesaplanmasını sağlayan bir hata öznitelik çıkarma yöntemi önermiştir. Yöntemin etkinliği ise pratik yatak titreşim sinyallerinden elde edilen analiz sonuçları ile kanıtlanmıştır. Guo vd. (2014) ise, rulmanlı yatak üzerinde öznitelik çıkarımı için bir zarf çıkarma ve bağımsız bileşen analizi (ICA) yöntemlerinin kombinasyonunu kullanmıştır. Ali vd. (2018), rüzgâr türbinlerinde yüksek hızlı şaft rulmanlarında yürüttükleri çalışmada öznitelik çıkarımı için geleneksel istatistiksel özniteliklerden faydalanmıştır.

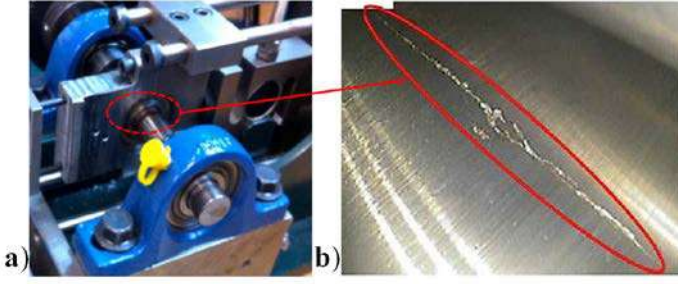
Kestirimci bakımının amacı makinenin kalan faydalı ömrünü (KFÖ) (“*remaining useful life*”) tahmin etmektir. KFÖ hatanın erken tespitinin sağlanması, bakım planlarının düzenlenmesi bu sayede işletim maliyetlerinden tasarruf edilmesi açısından oldukça önemlidir (Elasha vd., 2019; Teng vd., 2017; Tibaduiza vd., 2011). Genel olarak, KFÖ’ü tahmin etmek için üç model vardır: (i) hayatta kalma modeli; yalnızca arıza zamanına ait veriler bilindiğinde, (ii) bozulma modeli; arıza verileri mevcut olmadığında, ancak arızayı gösteren bir güvenilir eşik bilindiğinde ve (iii) benzer modeli: makinelerin tam geçmişi yani sağlıklı durumundan arızaya kadar olan tüm veriler bilindiğinde (Ozkat, 2019).

Bu çalışmanın ana amacı, kestirimci bakım bozulma modelinde kullanılmak üzere makine öğrenmesi metodolojisi kullanılarak sağlık göstergesinin tespitidir. Bu çalışma dört bölüme ayrılmıştır. İkinci bölüm, kullanılan materyal ve metotla ilgili çalışmalar incelenecektir. Takip eden bölüm ise veri setine metodun uygulanmasını ve elde edilen sonuçların analizini içermektedir. Son kısım ise önerilen çalışmanın kısıtları ve potansiyel kullanım önerilerini içermektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Deneysel Düzenek ve Veri Seti

Bu çalışmada kullanılan titreşim sinyalleri, 2MW rüzgâr türbini jeneratörüne takılan yüksek hızda çalışmak için tasarlanmış şaft yatağındaki rulmandan elde edilmiştir. Bu titreşim deneyi, Green Power ABD tarafından gerçekleştirilmiş ve deney sonuçları açık kaynak olacak şekilde araştırmacılara sunulmuştur (Ali vd., 2017; Saidi vd., 2017). Bu deneyde, iç çapı 200 mm, bore çapı 100 mm, toplam uzunluğu 56 mm ve 16° açığa sahip olan 32222-J2-SKF konik rulman kullanılmıştır. Deney koşulları sayesinde 50 gün boyunca her gün 6 saniyelik bir titreşim sinyali toplanmıştır. Titreşim verileri 32 kHz bant genişliğine ve 22 kHz’de rezonansa sahip bir MEMS ivmeölçer ile ölçülmüştür. Sensör, dişli kutusu yatak desteğinin üzerine yüksek hız miline radyal olarak monte edilmiş ve şafta dik olarak titreşimi sinyalleri almıştır. Şekil 1’de Green Power ABD tarafından gerçekleştirilen deney düzenek ve rulman iç yuvasında meydana gelen arıza gösterilmiştir.



Şekil 1. Deney düzeneği **a)** Yüksek hızda dönen rulman, **b)** Rulman iç yuvasında meydana gelen arıza (Ali vd., 2017; Saidi vd., 2017).

2.2. Metot

Bu çalışmanın temel amacı meydana gelen bozulmayı makine öğrenmesi metodolojisi kullanarak sağlık göstergesinde karakterize edilme bilmektir. Tespit edilen bu sağlık göstergesi daha sonra kalan faydalı ömür tahmininde kullanılacaktır. Sağlık göstergesi hesaplamak için gerekli işlem adımları (i) öznelilik çıkarma, (ii) normalizasyon, (iii) temel bileşenlerin tespiti ve (iv) sağlık göstergesinin elde edilmesi şeklinde sıralanmaktadır.

2.2.1. Öznelilik çıkarma

Ham titreşim sinyallerden faydalı bilgilerin çıkarılması prosedürü, özellik çıkarmadır. Rulmanlar genellikle zorlu çevre koşulları altında çalışır ve bu nedenle birkaç tür hataya maruz kalırlar. Mekanik titreşimlerin analizinde ivmeölçerler tarafından zaman alanında toplanan titreşim sinyali, hataya duyarlı özellikleri ayıklamak ve yararlı bilgileri elde etmek için frekans alanı başta olmak üzere farklı alanlara dönüştürülür. Bu çalışmada, Welch yöntemi kullanılarak titreşim sinyalleri zaman alanından frekans alanına dönüştürülmüştür.

Welch yöntemi (Akçay & Türkay, 2019; Jin vd., 2019), hızlı Fourier dönüşümü temelli bir yöntem olup güç spektral yoğunluğunu elde etmek için kullanılır. Welch yöntemine göre, zaman alanındaki titreşim sinyali belirli bölümlere (*pencerelere*) ayrılır. Daha sonra her bölümün iyileştirilmiş periyodogramı alınıp, elde edilen bu bölümlere ait periyodogramların ortalaması alınarak güç spektral yoğunluğu bulunur. İyileştirilmiş periyodogramların ortalaması tüm verinin tek bir periyodogram kestirimine göre varyansını azaltır. Fakat, bölümlerin uzunluğunun önceden kestirilmesi zordur, bölümün uzunluğu artıca güç spektral yoğunluğu daha düz bir hale ("*smooth*") gelmektedir.

İstatistiksel öznelilikler, arıza meydana geldiğinde makine titreşim sinyallerinin değişimini karakterize eden güçlü bir araçtır (Liu & Zhang, 2020). Bununla beraber, istatistiksel özneliliklerin çıkarmanın basitliği, düşük hesaplama süresi ve hem frekans alanında hem de zaman alanında doğrudan kullanılabilir (Elasha vd., 2019; Teng vd., 2017). Bu çalışmada kullanılan zaman alanı sinyallerinden ve güç spektrumundan türetilen istatistiksel özneliliklerle ilgili daha fazla matematiksel ayrıntı Tablo 1'de verilmiştir (Teng vd., 2017). Burada zaman veya frekans alanında örneklenen titreşim sinyalini $x(k)$, örnek indeksi k , toplam örnek sayısı N_k , örneklenmiş sinyalin ortalamasını x_m ve standart sapmasını x_{std} ile gösterilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada kullanılan istatistiksel öznelilikler

İstatistiksel Öznelilik	Denklem
Basıklık	$x_{kurtosis} = \frac{\sum_{k=1}^{N_k} (x(k) - x_m)^4}{(N_k - 1)x_{std}^4}$ (1)
Çarpıklık	$x_{skewness} = \frac{\sum_{k=1}^{N_k} (x(k) - x_m)^3}{(N_k - 1)x_{std}^3}$ (2)
Etkin Değer	$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{N_k} \sum_{k=1}^{N_k} (x(k))^2}$ (3)
Tepe Faktörü	$CF = \frac{\max(x(k))}{x_{rms}}$ (4)
Etki Faktörü	$IF = \frac{\max(x(k))}{(1/N_k \sum_{k=1}^{N_k} x(k))}$ (5)

2.2.2. Normalizasyon

Her bir zaman adımı için elde edilen öznelilikler farklı ölçeklerdedir. Bozulma davranışının doğruluğunu en üst düzeye çıkarmak için uygun ortak bir ölçeğe göre tüm özneliliklerin normalizasyonu gerekmektedir. Bu alanda yaygın olarak kullanılan z-skoru normalizasyon uygulanmış ve Denk (6) gösterilmiştir (Kappal, 2019). Burada $z(k)$, $x(k)$ sinyalinin z-skoru yöntemine göre dönüştürülmüş halidir.

$$z(k) = \frac{x(k) - x_m}{x_{std}} \quad (6)$$

Tablo 1'de verilen öznelilik, arıza teşhisinde kullanılacak önemli bilgileri ifade eder. Ancak genellikle hataya karşı hassasiyeti artıracak gürültü içerir. Böylelikle, kalan faydalı ömür tahmininde hatalara neden olabilir. Bu nedenle, literatürde sıklıkla karşılaşılan hareketli ortalama (Banerjee vd., 2020), hareketli medyan (Kollmann vd., 2020) ve Savitzky-Golay (Abdelli vd., 2020) yöntemleri kullanılarak özneliliklere düzeltme işlemi uygulanır. Sinyal eğilimini bozmadan verilerin hassasiyetini artırmak amacıyla Savitzky-Golay yöntemi bu çalışmada esas alınmıştır. Savitzky-Golay yöntemi ile sinyal üzerine belirli genişlikte bir pencere oluşturulur ve bu pencere içerisinde bir polinomyal regreasyon yapılır. Bunu sonucunda sinyal içerisindeki gürültü uniform olarak temizlenir (Abdelli vd., 2020).

2.2.3. Temel bileşenlerin tespiti

Bir makinenin ve makine parçasının kalan faydalı ömrü mevcut sağlık durumundan arızaya kadar olan süre olarak tanımlanır. Uygulamada, makinenin tüm yaşam döngüsünün (*başlangıçtan arızaya kadar*) verileri mevcut değildir, ancak yaşam döngüsünün erken aşamasında bazı verilerin toplandığını varsaymak mantıklıdır. Buna ilave olarak makine öğrenmesindeki temel yaklaşım deneysel olarak el edilen veri setini, eğitim seti ve test seti diye ikiye bölünmesidir. Çünkü tüm veri setine yüksek uyumluluk göstermiş modeller yani veri setini gereğinden fazla iyi öğrenmiş (*ezberlemiş*) modeller, yeni bir örnek ile karşılaştığında yüksek hata yapmaya başlarlar. Bu nedenle, 50 gün boyunca toplanan titreşim sinyallerinin ve Tablo 1'de bulunan özneliliklerin %60'ı eğitim verileri olarak kabul edilmiştir. İlk önce, z-skoru ile normalleştirilmiş daha sonra da Savitzky-Golay yöntemiyle düzeltilmiş tüm öznelilikleri (z) Denk.7'deki gibi bir küme altında toplayalım.

$$\mathbf{z} = \{z_{i,j}\} \quad i = 1, \dots, N_i \quad j = 1, \dots, N_j \quad (7)$$

Burada, i ölçümün yapıldığı günü, N_i ölçümün yapıldığı toplam gün sayısını, j öznelik indeksini ve N_j toplam öznelik sayısını ifade etmektedir. Bu çalışmada toplam gün sayısı 50 ve toplam öznelik sayısı 4 zaman alanında ve 4 frekans alanında olmak üzere 8'dir. İkinci adım olarak herbir öznelikler için Denk 8, 9 ve 10 yardımıyla eğitim veri setinde kullanmak üzere ortalama değer ve standart sapma bulunmuştur. Burada, N_i^* toplam gün sayısının %60'ı kadarıdır.

$$\mathbf{z}_{\text{Train}} = \{z_{i^*,j}\} \quad i^* = 1, \dots, N_i^* \quad j = 1, \dots, N_j \quad (8)$$

$$\mu_{z_{\text{Train},j}} = \frac{1}{N_i^*} \sum_{i^*=1}^{N_i^*} z_{i^*,j} \quad (9)$$

$$\sigma_{z_{\text{Train},j}} = \sqrt{\frac{\sum_{i^*=1}^{N_i^*} (z_{i^*,j} - \mu_{z_{\text{Train},j}})^2}{N_i^*}} \quad (10)$$

Kestirimci bakım, sinyal işleme, biyoinformatik gibi alanlarda boyut indirgenmesi için sıkça kullanılan yöntemlerden biri temel bileşen analizi (TBA)'dır (Yıldız vd., 2010). TBA'nın amacı, değişkenler arasındaki ilişkiyi tanımlamak ve tespit etmektir. Güçlü bir korelasyon varsa boyutluluğu azaltabilirsiniz. TBA yöntemi ile yüksek boyutlu orijinal veriseti maksimum varyans yönüne dönüştürülerek ifade edilebilir. Böylece yüksek boyutlu orijinal veriseti, daha küçük boyutlu bir alt uzaya yansıtılır. Ek olarak, TBA'nın bir zayıflığı ise verilerdeki aykırı değerlerden oldukça etkilenir.

Bu çalışmada, temel bileşen katsayıları (TBK), ortalama ve standart sapma eğitim verilerinden elde edilmekte ve tüm veri setine uygulanarak temel bileşen vektörü (TBV) hesaplanmaktadır. Temel bileşen katsayıları (TBK) ve vektörlerini (TBV) hesaplamak için kullanılan matematiksel ifadeler kapalı olarak sırasıyla Denk. 11 ve Denk. 12'de verilmiştir.

$$TBK_j = f_{TBA}(z_{i^*,j}) \quad j = 1, \dots, N_j \quad (11)$$

$$TBV_{i,j} = \frac{z_{i,j} - \mu_{z_{\text{Train},j}}}{\sigma_{z_{\text{Train},j}}} TBK_j \quad \begin{matrix} i = 1, \dots, N_i \\ j = 1, \dots, N_j \end{matrix} \quad (12)$$

2.2.4. Makine sağlık göstergesi

Bu bölümde, kullanışlı temel bileşen vektörlerini tek bir sağlık göstergesinde birleştirilmesine odaklanılmıştır. Makine sağlık göstergesi ("health indicator"), bir makine parçasının veya sistemin, sağlıklı durumdan bozulma durumuna geçişi ve sonunda başarısızlıkla sonuçlanan aşamalarını gösterir. Ancak, eğitim aşamasından miras kalan bazı gürültüleri içerir (Orhan vd., 2003; Kızrak vd., 2019). Bu nedenle, yöntemdeki önemli bir adım, kullanışlı temel bileşen vektörleri ile sağlık göstergelerini tahmin etmektir. Bazı temel bileşen vektörleri, sağlıklı bir durumdan başarısızlığa doğru tekdüze bir artış eğilimi göstermez (bkz. Şekil 5). Genellikle bir makine parçasının veya sistemin bozulması eksponansiyel bir artış göstermektedir. Bu nedenle, kullanışlı temel bileşen vektörlerini belirlemek için Denk. 13 yardımıyla tüm öznelikler (j) için eğim hesaplanır. Bu eğim

eksponansiyel artışı ifade etmeye kullanılır. Eğimler hesaplandıktan sonra, en büyük eğimli vektörler kullanışlı temel bileşen vektörler olarak seçilirler. Sağlık göstergesi, her seferinde her bir kullanışlı temel bileşen vektörlerin ortalama değeri alınarak oluşturulur.

$$eğim_j = \frac{1}{N_i} \sum_{i=1}^{N_i} \left| \frac{TBV_{i,j} - TBV_{N_i,j}}{1 - N_i} \right| \quad j = 1, \dots, N_j \quad (13)$$

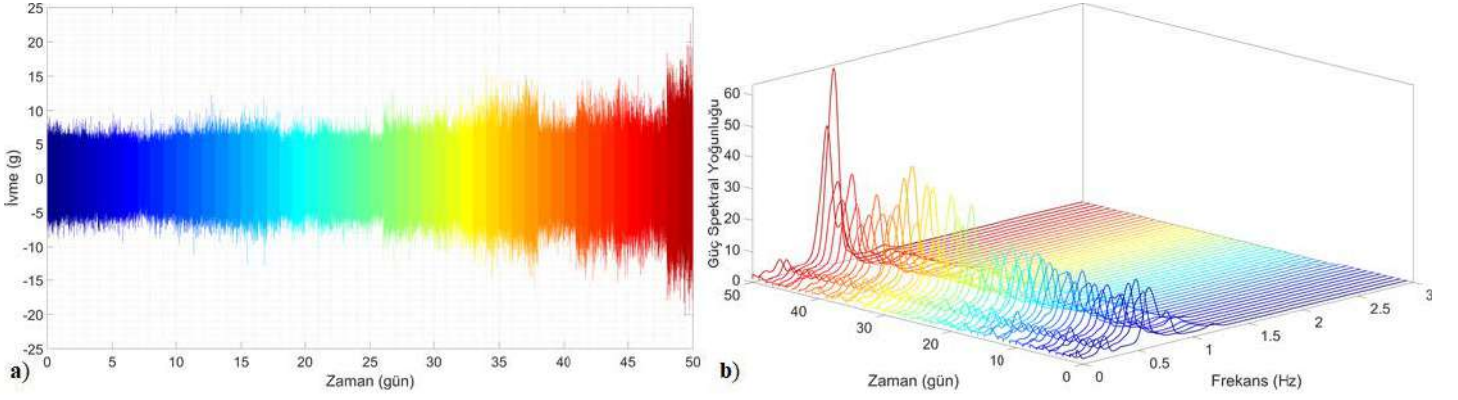
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada makine öğrenimi metodolojisi kullanılarak yüksek hızlı rulmanlarda sağlık göstergesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Green Power ABD tarafından gerçekleştirilen ve açık kaynak olacak şekilde araştırmacılara sunulan deneysel titreşim sinyali kullanılmıştır. Bu deney koşullarına göre, her gün örnekleme hızı 97656 Hz olacak şekilde birbirlerini izleyen 50 gün boyunca yüksek hızda dönen milin shaft yatağındaki rulmandan titreşim sinyali ivme ölçer yardımıyla toplanmıştır (Bkz. Şekil 1). Kaydedilen işlenmemiş titreşim sinyali her bir renk farklı günü temsil edecek biçimde Şekil 2a'da gösterilmiştir. Şekil 2a'da görüleceği üzere titreşim sinyali sırasıyla üç gruba ayrılabilir: (i) sağlıklı çalışma aşaması (0-26 günler arası), (ii) arızalı çalışma aşaması (26-38 günler arası) ve (iii) arıza bozulma aşaması (38-50 günler arası).

Zaman alanındaki titreşim sinyalleri, artan bir sinyal eğilimini ortaya koymaktadır. Öte yandan, Welch yöntemi, frekans alanında güç spektral yoğunluğu tahmini için güçlü bir araç olarak kabul edilir. Welch yönteminde kullanılan parametreler sırasıyla; (i) uzunluğu 128 olan dikdörtgensel pencere ("window size"), (ii) 4 pencerenin çakışması ("number of overlap") ve (iii) titreşim sinyalinin örnekleme hızı 97656 Hz ("sampling frequency")'dir. Şekil 2b'de herbir gün için hesaplanan güç spektral yoğunluğu verilmiştir. Her bir gün için maksimum güç spektral yoğunluğu 0.67 Hz'de bulunmuş ve maksimum güç spektral yoğunluğu (63.318 W/Hz) 49'uncu günde elde edilmiştir.

Titreşim sinyali ivmeölçerler tarafından ölçüldükten sonra, hataya duyarlı özellikleri ayıklamak üzere titreşim sinyallerinden Tablo 1'de tanımlanan istatistiksel öznelikleri çıkarılmış ve Şekil 3'te gösterilmiştir. Elde edilen istatistiksel öznelikler incelendiğinde genel olarak bir artış gözükmektedir. Bu artan eğilimi iyi gözlemleyebilmek ve özellikleri birbiriyle daha iyi karşılaştırabilmek için z-skor yöntemine göre normalizasyon işlemi yapılmış ve normalize edilmiş öznelikler Şekil 4'te gösterilmiştir.

Basıklık bir sinyalin tepe noktasının, yani pikin normal dağılımın tepe noktasından daha yüksek veya daha düşük olup olmadığını ölçer. Benzer bir şekilde, çarpıklık, sinyalinin normal durumunun dağılımının soluna veya sağına eğik olup olmadığını ölçer. Şekil 4 incelendiğinde, zaman alanında çarpıklık gün geçtikçe artarken, basıklık arıza meydana gelene kadar sabit bir değer (0 genlik değerleri) etrafında dalgalanmaktadır (Bkz. Şekil 4). Böylece erken dönemde sağlık göstergesinin tahmini zorlaştıracaktır. Deney sonuçlarından elde edilen zaman alandaki titreşim daha önce üç gruba ayrılmıştı ve frekans alanındaki basıklığa ve çarpıklığa bakıldığında sağlıklı çalışma alanından arızalı çalışma alanına geçiş (26. gün) net bir şekilde belirmektedir.



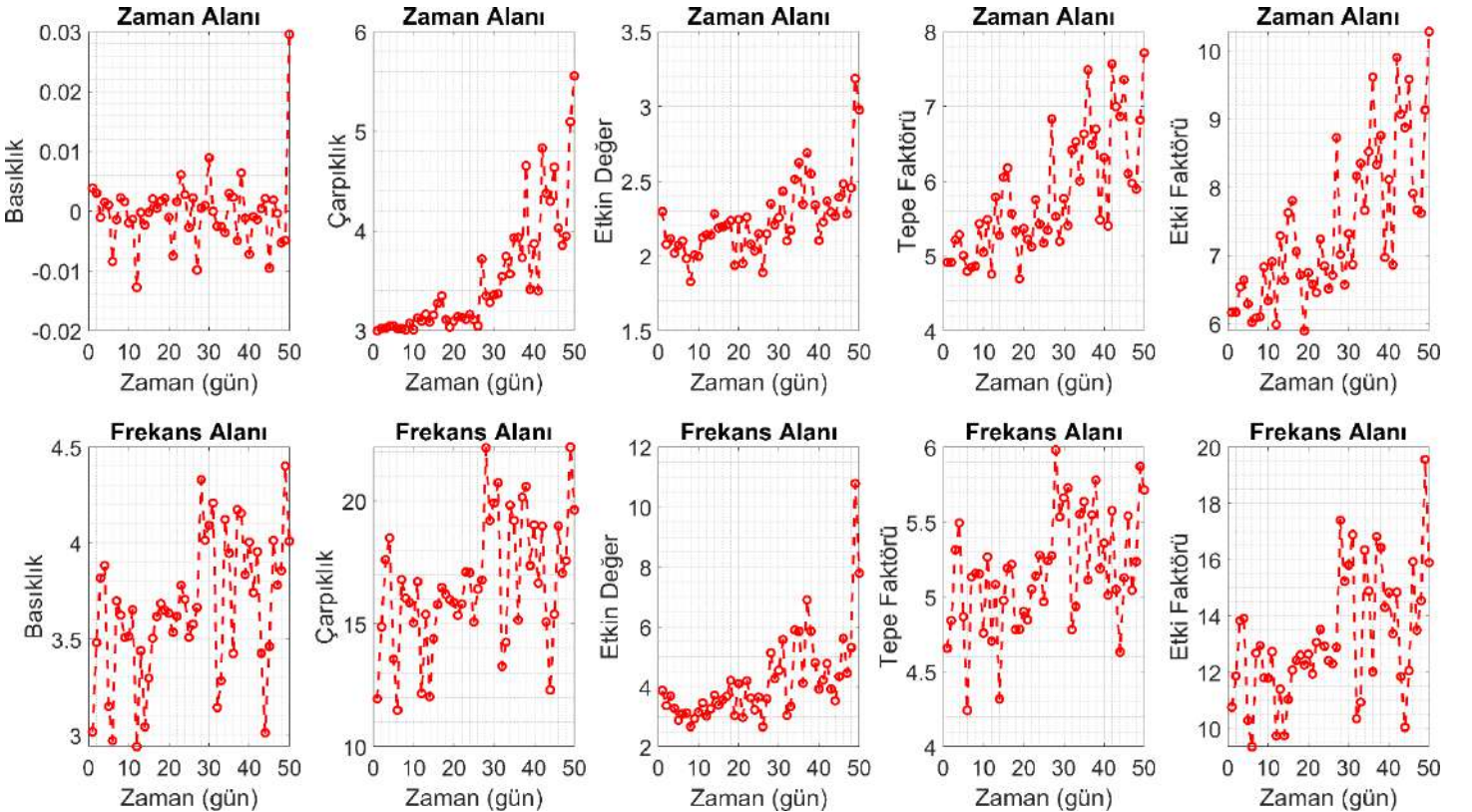
Şekil 2. a) İşlenmemiş titreşim sinyali (zaman alanı), b) güç spektral yoğunluğu (frekans alanı)

Buna ek olarak, etkin değer, bir sinyalin güç içeriğini gösterir ve hem zaman alanında hem de frekans alanında sinyalin gücü artmaktadır. Ayrıca, tepe faktörü, genellikle bir hata durumunun erken aşamalarını tespit etmede yararlıdır. Etki faktörü, titreşim sinyalinde üretilen bir hatanın etkisinin ölçülmesinde faydalıdır. Tepe ve etki faktörleri hem zaman alanında hem de frekans alanında paralellik göstermekte arıza durumuna yaklaştıkça artmaktadır. Buna ek olarak, arızanın gerçekleştiği günde (49'uncu günde) etkin değer hem zaman hem de frekans alanında en yüksek değere (11 genlik değerine) ulaşmıştır. Fakat, arıza bozulma aşamasında (42'nci günde) tüm özneliliklerde ani bir düşüş görülmüştür. Bunun nedeni, rejimler arası geçişte genliğinin azalmasıdır (Bkz. Şekil 2a).

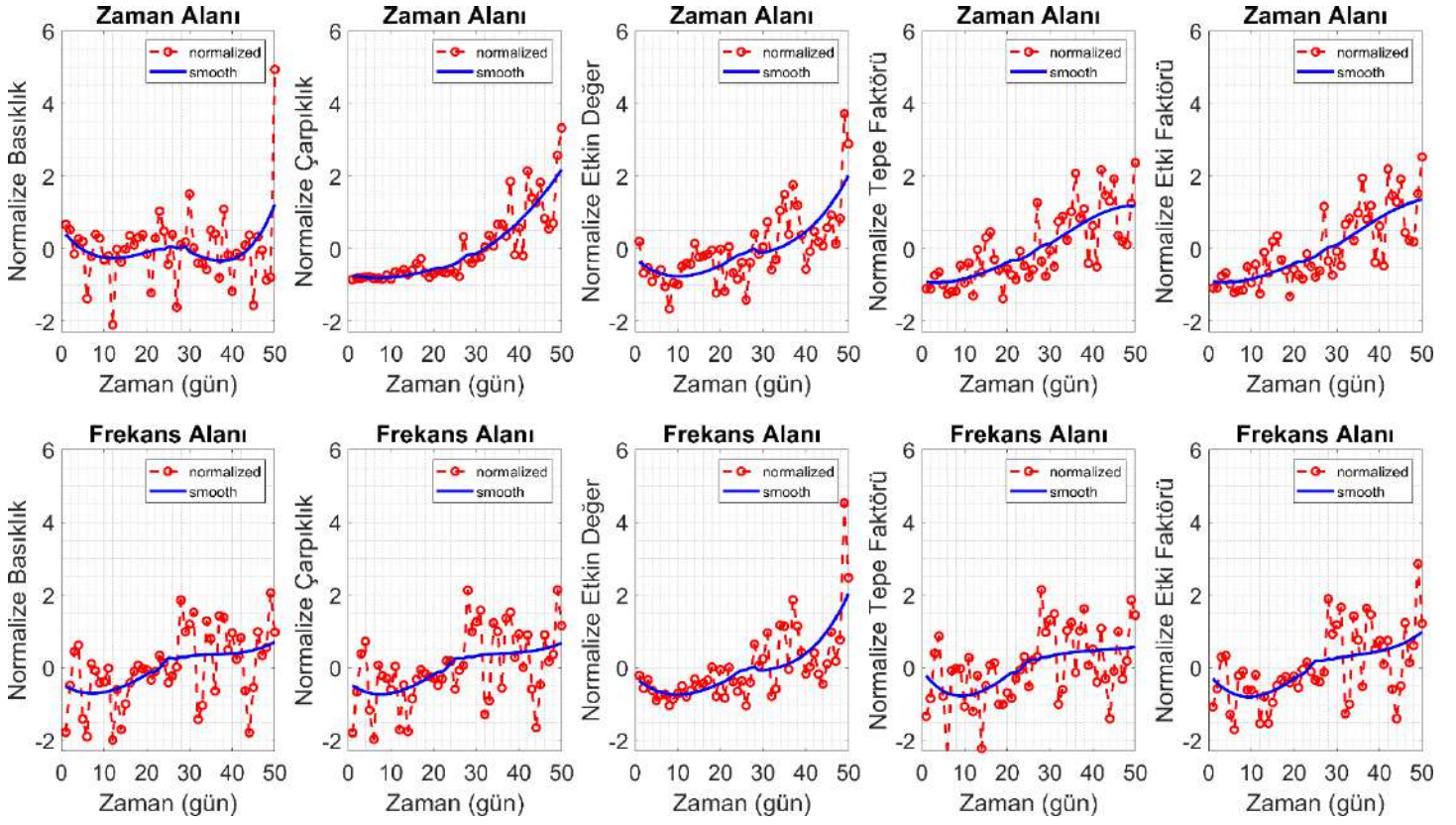
Savitzky-Golay yöntemi ile eğitim ve ölçüm aşamasından miras kalan tüm özneliliklerdeki gürültüler giderilmiş ve düzeltilmiş ("smooth") öznelilikler Şekil 4'te gösterilmiştir. Düzeltilmiş öznelilikler esas alınarak TBA yöntemi ile TBV hesaplanmıştır. Her bir TBV, her bir özneliliğe karşılık

gelmemekte, aksine Savitzky-Golay yöntemiyle düzeltilmiş tüm öznelilikler TBV üzerine projeksiyon yaparak ifade edilmektedir. Denk. 11 ve Denk. 12'e göre hesaplanan TBV'ların 50 gün boyunca gelişimi Şekil 5'te verilmiştir.

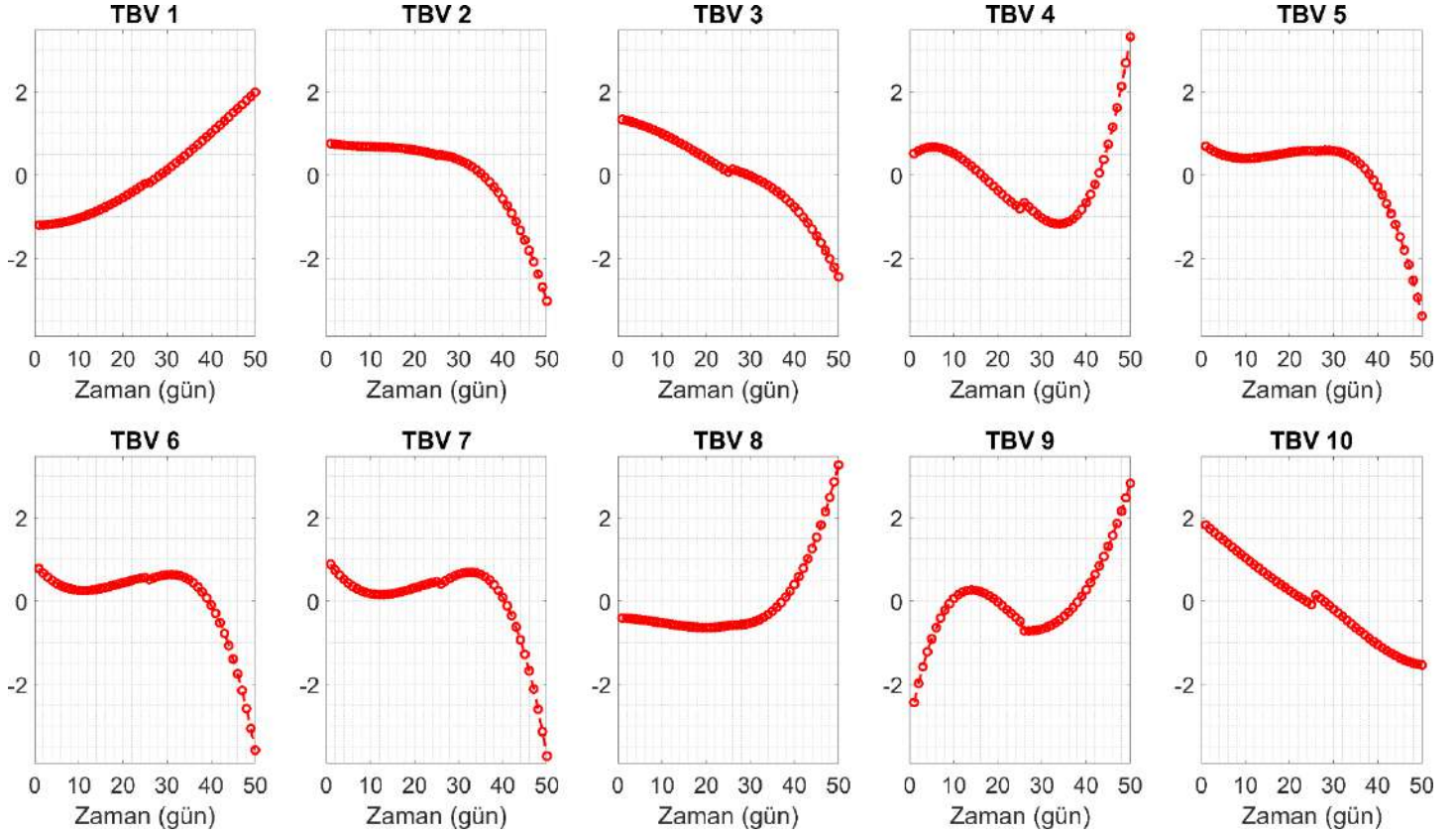
Tüm TBV'ler, Z-skoru normalizasyonu kullanılarak aynı ölçekte çizilebilir, böylece birbirleri ile karşılaştırmak daha kolay olur. TBV'ler incelendiğinde 30'uncu günde bir sıçrama gözükmektedir. Bunun sebebi eğitim için ayrılan %60'lık kısımın etkisini TBV göstermesidir. Bundan başka TBV 1,4,8 ve 9 eksponansiyel artış göstermekte olup ve potansiyel sağlık göstergeleri olarak seçilebilir. Fakat, TBV 4 ve TBV 9'da 10'uncu ve 30'uncu günler arasında, eğitim setinde olmasına rağmen, ters yönde bir eğim mevcuttur. İlâveten, TBV 8'de 30'uncu güne kadar sabit bir durum söz konusudur. Sağlık göstergesi monoton bir artış göstermesi gerekmektedir. Dolayısıyla, TBV 1 kestirimci bakım ve kalan faydalı ömür hesabında kullanılmak üzere potansiyel sağlık göstergesi olarak seçilebilir.



Şekil 3. Zaman ve frekans alanlarındaki istatistiksel özneliliklerin 50 gün boyunca gelişimi



Şekil 4. Normalize edilmiş istatistiksel özneliklerin 50 gün boyunca gelişimi



Şekil 5. Temel Bileşen Vektörlerin (TBV) 50 gün boyunca gelişimi

Titreşim sinyalleri Green Power ABD tarafından gerçekleştirilen deney vasıtasıyla yüksek hızda çalışmak için tasarlanmış rulmandan elde edilmiştir (Ali vd., 2017; Saidi vd., 2017). Yürüttükleri deneyde rulmanın 5'inci günde bozulmaya başladığı, 49'uncu günde ise tamamen bozulduğu ("time to failure") tespit edilmiştir. Bu deney sonucunda ise rulmanın KFÖ'nün lineer olarak hergün 1 gün eksilecek şekilde azaldığı belirlenmiştir. Bu çalışmanın amacı, kestirimci bakımda kullanılmak üzere sağlık göstergesinin tespitidir. Tespit edilen sağlık göstergesi eksponansiyel bozulma modelinde kullanılarak rulman için KFÖ tahmin edilmiştir. Makine öğrenmesi metodolojisi kullanılarak tahmin edilen KFÖ, deneysel olarak belirlenen gerçek KFÖ ile karşılaştırılarak tespit edilen sağlık göstergesinin başarısı belirlenmiştir.

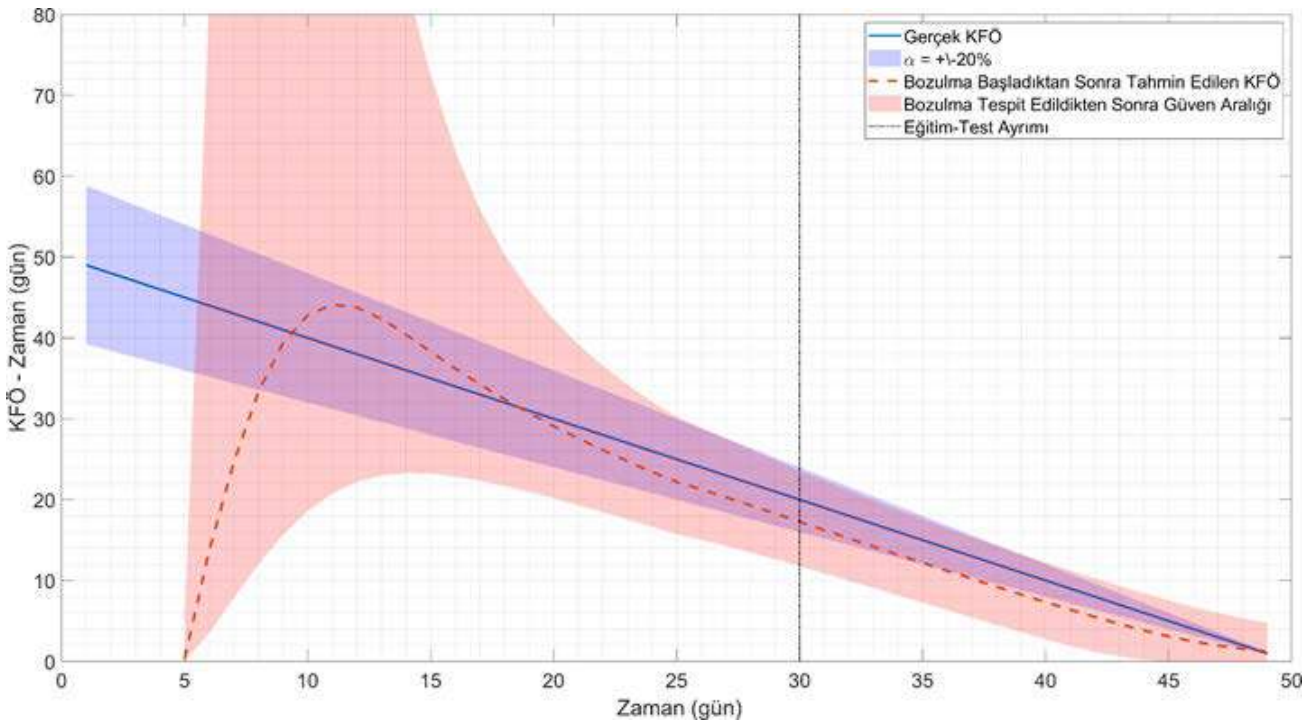
Şekil 6'da tahmin edilen ve deneysel olarak belirlenen gerçek KFÖ gösterilmiştir. Tahmin edilen KFÖ'yu iki ana bölüme; (i) eğitim veri seti kullanılarak tahmin (5'inci ve 30'uncu günler arası) ve (ii) test veri seti kullanılarak tahmin (30'uncu ve 50'nci günler) diye ayırabiliriz. Ayrıca, eğitim veri seti kullanılarak tahmini de iki sınıfa bölmekte mümkündür. Bu iki sınıf 5'inci ve 15'inci günleri kapsayan prior eğitim seti ve 15'inci ve 30'uncu günleri kapsayan posterior eğitim setidir. Şekil 6'da görüldüğü gibi 5'inci ve 15'inci günleri arasında KFÖ tahmini gerçek KFÖ'den uzakken daha fazla veri noktası mevcut oldukça tahmin daha doğru hale gelmektedir.

İstatistikte sıklıkla kullanılan determinasyon katsayısı (R^2) ve kök ortalama kare hata (RMSE) değerleri ile KFÖ tahmininin ve dolayısıyla seçilen sağlık göstergesinin başarısı prior eğitim seti, posterior eğitim seti ve test seti için tespit edilmiştir. Buna göre, prior eğitim setinin R^2 ve RMSE değerleri sırasıyla 0.6625 ve 17.8925; posterior eğitim setinin R^2 ve RMSE değerleri sırasıyla 0.9947 ve 1.7688; test setinin R^2 ve RMSE değerleri sırasıyla 0.9897 ve 2.2025'tir. Eğitim veri setinin için elde edilen R^2 ve RMSE değerleri, test veri seti için elde edilenlerden daha iyi olmasının sebebi 15'inci – 30'uncu günler arasında makine öğrenmesinin gerçekleşmesi ve 30'uncu günden sonra KFÖ'nün bu öğrenme ile hesaplanmasıdır.

4. Sonuç

Bu çalışmada kestirimci bakımda kullanılmak üzere sağlık göstergesi bulunması amaçlanmıştır. Arıza artış aşamalarının tanımlanması için ivmeölçer kullanılarak ölçülen titreşim sinyallerine sırasıyla Welch yöntemi, temel istatistiksel öznitelikler ve temel bileşenler analizi yöntemi uygulanmış ve temel bileşen vektörleri bulunmuştur. Sonrasında, bu vektörlerden monoton eksponansiyel artış eğilimine en iyi uyum vektör seçilerek bozulmayı temsil etmek için sağlık göstergesi belirlenmiştir. Bu çalışmada, iyi bir kalan faydalı ömür tahmini yapmak için ilk önce iyi bir sağlık göstergesini hesaplanması gerektiği belirtilmiştir. Bunu kanıtlamak içinde tahmin edilen kalan faydalı ömürü gerçek deney sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Sonuçlardan görüleceği gibi posterior eğitim setinde oldukça yüksek neredeyse birebir korelasyon sağlanmıştır (R^2 ve RMSE değerleri sırasıyla 0.9947 ve 1.7688). Bunun sebebi eğitim setinin tüm verileri bu noktada makine öğrenmesinde kullanılmasıdır. Diğer yandan, test veri setine bakıldığında, R^2 ve RMSE değerleri sırasıyla 0.9897 ve 2.2025 elde edilmiş ve tahmin edilen KFÖ her zaman gerçek KFÖ'nün altında çıkmıştır. Böylece, herhangi bir arıza olmadan shaft yatağındaki rulmana müdahale edilebilmekte ve bakımı yapılabilmektedir.

Kestirimci bakım yöntemleri karar alıcılar açısından belirsizlik durumunu azaltmaktadır. Arızaları belirlemede sistemin ürettiği durum verileri (titreşim, akustik, termal, vb.) değerlendirme işini otomatikleştirmeye dönük çalışmalar makine öğrenmesi metodları (temel bileşenlerin tespiti, sınıflandırma, yapay sinir ağları, vb.) kullanılarak geliştirilebilir. Doğru karar sonucu yapılan işlemler; işletmelerin makine, yedek parça ve personel verimliliğine katkıda bulunmaktadır. Bu çalışmayla yüksek hızlı rulmanlar ve benzer şekilde titreşim üreten sistemlerde durum verileriyle sağlık göstergesinin tanımlanabileceği gösterilmiştir. Bu sebeple, öne sürülen metod kestirimci bakım için önemli bir potansiyele sahip olup ve kalan faydalı ömür tahmininde kullanılabilir. Dolayısıyla, gelecekteki çalışmalarda, dişli kutusu tasarımlarında arıza tespiti için bu yöntem araştırılacaktır.



Şekil 6. Sağlık göstergesi kullanılarak kalan faydalı ömür (KFÖ) tahmini ve gerçek KFÖ

Kaynakça

- Abdelli, K., Griebner, H., & Pachnicke, S. (2020). Machine Learning Based Data Driven Diagnostic and Prognostic Approach for Laser Reliability Enhancement. In *22nd International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)* (pp. 1-4). IEEE.
- Akçay, H., & Türkay, S. (2019). Power spectrum estimation in innovation models. *Mechanical Systems and Signal Processing*, *121*, 227-245.
- Ali Ben, J., Saidi, L., Harrath, S., Bechhoefer, E., & Benbouzid, M. (2018). Online automatic diagnosis of wind turbine bearings progressive degradations under real experimental conditions based on unsupervised machine learning. *Applied Acoustics*, *132* (2017), 167–181.
- Banerjee, A., Gupta, S. K., & Datta, D. (2020). Remaining Useful Life as a Cognitive Tool in the Domain of Manufacturing. In *Emotion and Information Processing* (pp. 171-183). Springer, Cham.
- Bektaş, O. (2020). Kestirimci Bakım İçin Döner Mekanizma Bozulma Eğrisinin Tanımlanması. *European Journal of Science and Technology*, 420–428.
- Elasha, F., Shanbr, S., Li, X., & Mba, D. (2019). Prognosis of a wind turbine gearbox bearing using supervised machine learning. *Sensors (Switzerland)*, *19*(14), 1–17.
- Guo, Y., Na, J., Li, B., & Fung, R. F. (2014). Envelope extraction based dimension reduction for independent component analysis in fault diagnosis of rolling element bearing. *Journal of Sound and Vibration*, *333*(13), 2983–2994.
- Jin, X., Wang, Y., & Hong, W. (2019). Power Spectrum Estimation Method Based on Matlab. In *Proceedings of the 3rd International Conference on Vision, Image and Signal Processing* (pp. 1-5).
- Kappal, S. (2019). Data Normalization Using Median Median Absolute Deviation MMAD based Z-Score for Robust Predictions vs. Min–Max Normalization. *London Journal of Research in Science: Natural and Formal*.
- Kızrak, M. A., & Bolat, B. (2019). Uçak Motoru Sağlığı için Uzun-Kısa Süreli Bellek Yöntemi ile Öngörücü Bakım. *International Journal of InformaticsTechnologies*, *12*(2).
- Kollmann, S., Estaji, A., Bratukhin, A., Wendt, A., & Sauter, T. (2020). Comparison of Preprocessors for Machine Learning in the Predictive Maintenance Domain. In *IEEE 29th International Symposium on Industrial Electronics (ISIE)* (pp. 49-54). IEEE.
- Liu, H., & Han, M. (2014). A fault diagnosis method based on local mean decomposition and multi-scale entropy for roller bearings. *Mechanism and Machine Theory*, *75*, 67–78.
- Liu, Z., & Zhang, L. (2020). A review of failure modes, condition monitoring and fault diagnosis methods for large-scale wind turbine bearings. *Measurement*, *149*, 107002.
- Muratet, L., Doncieux, S., & Meyer, J. A. (2004). A biomimetic reactive navigation system using the optical flow for a rotary-wing UAV in urban environment. *Proceedings of the International Session on Robotics*, 2262-2270.
- Orhan, S., Aktürk, N., & Çelik, V. (2003). Bir santrifüj pompa rulmanlarının çalışabilirliğinin titreşim analizi ile belirlenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, *16*(3), 543-552.
- Ozkat, E. C. (2019). “The Comparison of Machine Learning Algorithms in Estimation of Remaining Useful Life.” In *IX. International Maintenance Technologies Congress*. pages, 614–619. Denizli, Turkey: UCTEA CHAMBER OF MECHANICAL ENGINEERS, ISBN NO: 978-605-01-1288-7
- Saidi, L., Ben Ali, J., Bechhoefer, E., & Benbouzid, M. (2017). Wind turbine high-speed shaft bearings health prognosis through a spectral Kurtosis-derived indices and SVR. *Applied Acoustics*, *120*, 1–8.
- Sun, W., Yang, G. A., Chen, Q., Palazoglu, A., & Feng, K. (2013). Fault diagnosis of rolling bearing based on wavelet transform and envelope spectrum correlation. *JVC/ Journal of Vibration and Control*, *19*(6), 924–941.
- Tao, X., Ren, C., Wu, Y., Li, Q., Guo, W., Liu, R., ... & Zou, J. (2020). Bearings fault detection using wavelet transform and generalized Gaussian density modeling. *Measurement*, *155*, 107557.
- Teng, W., Zhang, X., Liu, Y., Kusiak, A., & Ma, Z. (2017). Prognosis of the remaining useful life of bearings in a wind turbine gearbox. *Energies*, *10*(1).
- Tibaduiza, D. A., Mujica, L. E., & Rodellar, J. (2011). Structural Health Monitoring based on principal component analysis: damage detection, localization and classification. *Advances in Dynamics, Control, Monitoring and Applications, Universitat Politècnica de Catalunya, Departament de Matemàtica Aplicada*, *3*(1), 8–17.
- Villwock, S., & Pacas, M. (2008). Application of the welch-method for the identification of two- and three-mass-systems. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, *55*(1), 457–466.
- Yıldız, K., Çamurcu, Y., & Doğan, B. (2010). Veri madenciliğinde temel bileşenler analizi ve Negatifsiz matris çarpanlarına ayırma tekniklerinin karşılaştırmalı analizi. *Akademik Bilişim*, 10-12.



Nörobilim Yaklaşımıyla Girişimcilikte Farklı Bir Boyut: Nörogirişimcilik

Abdullah Ballı¹, Ali Aycı²

¹, Milli Savunma Bakanlığı, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-2689-6610), dr1240201073@gmail.com

² Ankara Yıldırım Beyazıt Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8173-1152), aayci@ybu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.849788)

ATIF/REFERENCE: Ballı, A., Aycı, A., (2021). Nörobilim Yaklaşımıyla Girişimcilikte Farklı Bir Boyut: Nörogirişimcilik. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 184-194.

Öz

Nörobilim (Sinirbilim), sinir sisteminin nasıl geliştiğini, yapısını ve ne yaptığını incelemekte olup matematik, dilbilim, mühendislik, kimya, felsefe, psikoloji ve tıp gibi diğer disiplinlerle yakın ilişki kuran disiplinler arası bir bilimdir. İşletme disiplininde nörobilimsel yaklaşım nöropazarlama ve nörogirişimcilik olarak yer almaktadır. Sosyo-ekonomik önemleri nedeniyle girişimcilik araştırmaları literatür zenginliğinin yanı sıra bulgularının uygulamaya aktarılması ile ülkelerin refah seviyelerinin artırılmasında büyük önem taşımaktadır. Nörogirişimcilik girişimci davranışlarını ve bu davranışlarla ilgili değişimleri anlamak ve analiz etmek için nörobilimsel yöntemlerin uygulanması olup araştırmacılar ile nörobilim uzmanlarının bir araya gelerek multidisipliner bir yaklaşımla araştırmalar yürütmesi neticesinde nörogirişimcilik alanında önemli kazanımlar elde edilmiştir. Dopamin hormonu ile girişimcilik davranışı ilişkisi, girişimcilerin girişimci olmayan bireylere göre farklı zihinsel kaynakları ve sinirsel yapıları kullanmaları gibi literatür sonuçları girişimcilik disiplinine farklı bir boyut getirmektedir. Nörogirişimcilik literatürünün yeni oluşması bu çalışmanın kısıtını oluşturmaktadır olup konunun artan önemi ve nörobilimdeki farklı disiplinlerde yürütülen çalışmalar ile yakın gelecekte nörogirişimciğe ilişkin yürütülen çalışmaların sayısında da önemli bir artış olacağı öngörülmektedir. Nörobilimde kullanılan görüntüleme ve diğer teknolojik araştırma imkânlarının hızla gelişmesi ve araştırmacılar için ulaşılabilir olması nörogirişimciliğin gelişme sürecini hızlandırmaktadır. Araştırmaları daha öncelerde başlayan ve bulguları pratik uygulamalarda çok fazla kabul gören nöropazarlama araştırmaları ile nöropazarlama araştırmalarında kullanılan teknolojiler nörogirişimciliğin gelişmesine zemin hazırlamaktadır. Bu çalışmada dünyada henüz emekleme döneminde olan nörogirişimcilik literatürüne bilgi ve bulguların derlenmesi yolu ile katkı sağlanması amaçlanmaktadır. Gelecekte yapılacak olan çalışmalar, duygusal, davranışsal, kültürel, hesaplamalı, sosyal sinirbilim, nöroinformatik ve sistem sinirbiliminin girdilerini hesaba katarak, özellikle girişimci karar almanın arkasındaki mekanizmalar ve genel olarak girişimcilik sürecinin bilişsel, motivasyonel, duyuşsal ve hormonal süreçlerin derin bir analizine imkân sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Nörobilim, Nörogirişimcilik, Nöropazarlama.

A Different Dimension in Entrepreneurship with a Neuroscience Approach: Neuroentrepreneurship

Abstract

Neuroscience is an interdisciplinary science that studies how the nervous system develops, structure and does what it does, and establishes close relationships with other disciplines such as mathematics, linguistics, engineering, chemistry, philosophy, psychology, and medicine. In the business discipline, neuroscientific approach takes place as neuromarketing and neuroentrepreneurship. Due to their socio-economic importance, entrepreneurship researches are of great importance in increasing the welfare of countries by putting their findings into practice as well as the richness of the literature. Neuro-entrepreneurship is the application of neuroscientific methods to understand and analyze entrepreneurial behavior and the changes associated with these behaviors. Significant gains have been achieved in the field of neuro-entrepreneurship as a result of conducting research with a multidisciplinary approach by gathering

researchers and neuroscientists. The literature results such as the relationship between dopamine hormone and entrepreneurial behavior, the use of different mental resources and neural structures by entrepreneurs compared to non-entrepreneurs bring a different dimension to the entrepreneurship discipline. The new formation of neuroentrepreneurship literature is the limitation of this study. With the increasing importance of the subject and studies carried out in different disciplines in neuroscience, it is predicted that there will be a significant increase in the number of studies on neuro-entrepreneurship in the near future. The rapid development of scanning and other technological research facilities used in neuroscience and their availability for researchers accelerates the development process of neuroscience. Neuromarketing researches, whose researches have started earlier and whose findings are widely accepted in practical applications, and technologies used in neuromarketing researches lay the groundwork for the development of neuroentrepreneurship discipline. In this study, it is aimed to contribute to neuroentrepreneurship literature, which is still in its infancy in the world, by compiling information and findings. Future studies will allow for a deep analysis of the cognitive, motivational, affective and hormonal processes of the entrepreneurial process in general and the mechanisms behind entrepreneurial decision-making in particular, taking into account the inputs of emotional, behavioral, cultural, computational, social neuroscience, neuroinformatics and systems neuroscience.

Keywords: Neuroscience, Neuroentrepreneurship, Neuromarketing

1. Giriş

Nörobilim (Sinirbilim), sinir sisteminin nasıl geliştiğini, yapısını ve ne yaptığını incelemekte olup matematik, dilbilim, mühendislik (bilgisayar, elektronik vb.) kimya, felsefe, psikoloji ve tıp gibi diğer disiplinlerle yakın ilişki kuran disiplinler arası bir bilimdir (Nordqvist, 2014). Nörobilim alanında bireylerin düşünce, duygu ve davranışları ile ilgili nörolojik süreçler, neden sonuç ilişkileri bağlamında yapılan çalışmalarla incelenmektedir. Ancak duygu analizi oldukça zor bir alandır. Bunun en temel nedeni ise birçok farklı duygunun aynı anda var olabilmesi ve yüz mimikleri açısından birbirlerine çok benzeyen duyguların bulunmasıdır (Arıç ve Turan, 2020). Bilişsel nörobilim, akıl yürütme, duygu, bellek, karar verme ve benzeri gibi düşünceler ardındaki sinirsel mekanizmaları anlamaya (Custodio, 2010: 1-2), nörobilimsel yöntem/araçlar, beyin yapısı ve işlevini açıklamaya çalışmaktadır. Teknolojik gelişmeler sayesinde biyolojik bilimlerin en hızlı büyüyen alanlarından biri haline gelen nörobilim, sosyal bilimlerde iktisat sosyoloji ve psikoloji gibi farklı disiplinlerde büyük çığır açan bir güç haline gelmiştir (McMullen vd., 2014). Nörobilim tıp başta olmak üzere matematik, kimya, mühendislik, sosyal bilimler, dilbilim, felsefe ve psikoloji gibi birçok farklı bilim dalı ile ilişki içerisindedir. İşletme disiplini nörobilimsel yaklaşım nöropazarlama ve nörogirişimcilik olarak yer almaktadır. Nöropazarlama içerisinde hedef kitlenin anlaşılması amacıyla farklı yöntemlerle ve uyaran etkisiyle vücut tepkilerinin ölçülerek hedef kitlenin davranışlarını anlama, hedef kitlenin talep ettiği pazarlama iletişimini sağlama ve nihayetinde işletme amaçları doğrultusunda yönlendirme bulunmaktadır. Nöropazarlama konusu uzun yıllardır araştırılmakta ve elde edilen yöntem ve bulgular özel sektörde aktif olarak kullanılmaktadır. Tüketici davranışları ile nörobilim arasında köprü kuran nöropazarlama, 2002'de ilk ortaya çıktığında tartışılmalıyken güvenilirliği ve uygulama alanındaki etkinliği ile pazarlama profesyonelleri tarafından benimsenmiştir ve alan çok hızlı gelişmektedir (Morin, 2011, s. 131). Pratik uygulamaları o kadar kabul görmüştür ki Türkiyede yürütülen bir araştırmada nörologların ve pazarlama profesyonellerinin nöropazarlamayı pazarlama akademisyenlerine göre daha olumlu algıladıklarını ortaya koymaktadır (Eser vd., 2011, s. 854).

Nörogirişimcilik girişimci davranışlarını ve bu davranışlarla ilgili değişimleri analiz etmek ve anlamak için nörobilimsel yöntemlerin uygulanması olarak tanımlanmaktadır (Miljkovic ve Alcakovic, 2010: 274). Nörogörüntüleme ve diğer sinirbilim yöntem ve araçlarıyla sinirbilimin farklı alt dallarından yararlanarak, girişimci zihniyet, düşünce (fikir), karar ve davranışlarının arkasındaki bilişsel, davranışsal, psikolojik,

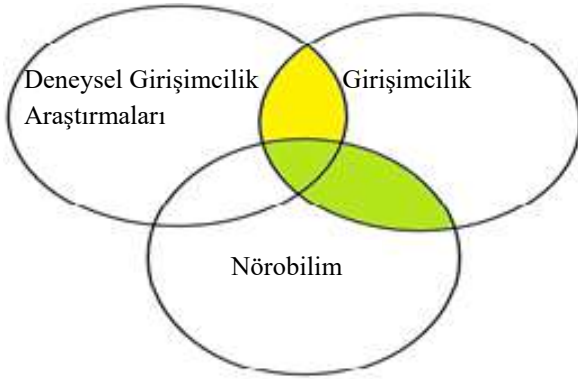
fizyolojik, biyolojik, duygusal, nörolojik, sosyolojik ve kültürel etkenlerin anlaşılması için yapılan bilimsel çalışmaların bir bütünü olan nörogirişimcilik konusu uluslararası literatürde çok yeni bir kavramdır. Nörogirişimcilik kavramının ele alındığı bu derleme çalışmada öncelikle nörogirişimcilik kavramı ve boyutları ele alınacak, girişimcilik davranışı içerisinde nörogirişimcilik ilişkisi irdelenecek sonrasında dünyada nörogirişimciliğe yönelik yürütülen çalışmalar değerlendirilerek tartışılacak ve önerilerde bulunulacaktır. Nörogirişimcilik literatürünün yeni oluşması bu çalışmanın kısıtını oluşturmakta olup konunun artan önemi karşısında yakın gelecekte nörogirişimciliğe ilişkin yürütülen çalışmaların sayısında da önemli bir artış olacağı öngörülmektedir. Gelecekte yapılacak olan çalışmalar, duygusal, davranışsal, kültürel, hesaplamalı, sosyal sinirbilim, nöroinformatik ve sistem sinirbiliminin girdilerini hesaba katarak, özellikle girişimci karar almanın arkasındaki mekanizmalar ve genel olarak girişimcilik sürecinin bilişsel, motivasyonel, duyuşsal ve hormonal süreçlerin derin bir analizine imkân sağlayacaktır.

2. Nörogirişimciliğin Kavram ve Boyutları

Gelişen teknolojiler sayesinde, insan bilincinde meydana gelen farklılık, değişiklik ve algıların görsel hale getirilerek kişilerin nasıl düşündüğü, nasıl karar verdiği, dili ve sembolleri nasıl kullandığı, elde ettiği bilgileri nasıl yorumladığı ve depoladığı, daha sonra elde edilen bilgi ve tecrübeleri nasıl kullandığının anlaşılması mümkündür (Baron, 1998: 275-278). Araştırmacılar, girişimcilerin nasıl düşündüğünü, davrandığını ve karar verdiklerini daha iyi anlamak ve test etmek için nörobilim, nöropsikoloji ve nöroekonomi alanlarındaki çalışmalardan faydalanmaktadır (Blair, 2010). Sinirbilimsel yaklaşım ile herhangi bir girişimcilik temasının araştırılması, iyi tasarlanmış bir deneyin detaylandırılmasına dayanmaktadır. Bunun yanı sıra teknolojik bileşenler de aynı oranda öneme sahiptir. Belirli bir girişimcilik araştırması sorusunu ele almak için nörobilimsel tekniklerin ve yöntemlerin başarılı bir şekilde uygulanması, aslında iyi tasarlanmış bir deneydir (Patel ve Fiet, 2010). Bu yaklaşım nörogirişimcilik (Krueger ve Welp, 2014), girişimci sinirbilim (Mitchell vd., 2014) ve daha yakın zamanda ise beyin odaklı girişimcilik araştırması (Perez, 2017) olarak adlandırılmıştır. Bazı bilim adamlarına göre ise nörogirişimcilik girişimcilerin nasıl düşündüklerini, nasıl davrandıklarını ve kararları nasıl aldıklarını daha iyi anlamak ve test etmek için nörobilim, nöropsikoloji ve nöroekonomi alanlarındaki

çalışmalardan bilgileri ödünç alınmış yeni bir alan olarak tanımlanmaktadır (Blair, 2010). Nörogirişimcilik deneysel girişimcilikten farklıdır, çünkü bu yaklaşım girişimci davranışlarını, ekonomi, bilişsel, sosyal, gelişimsel psikoloji, sinirbilim, felsefe ve evrimsel antropoloji perspektiflerinden araştırmaktadır. (Krueger ve Welppe, 2008). Bilişsel sinirbilimin girişimcilik çalışmalarıyla birlikte, bilişsel sinirbilim araç ve tekniklerinin kullanılmasıyla girişimcilik davranışının incelenmesi “nörogirişimcilik” olarak ifade edilmektedir (Krueger, 2011). Nörobilim yöntem/araç/tekniklerinin girişimcilik araştırmalarında kullanılması ile girişimci zihniyet/davranış/düşünce /hareket/karar verme konularında mevcut bilgilerin sınanarak, yeni bilgi ve yaklaşımların ortaya çıkmasında etkili bir bilim alanı olan nörogirişimciliği Krueger ve Welppe (2014), girişimcilik alanındaki deneysel araştırmaların nörobilimle kesişmesi olarak nitelendirmektedir (Şekil 1).

Şekil 1. Nörogirişimcilik ve deneysel girişimcilik alanları

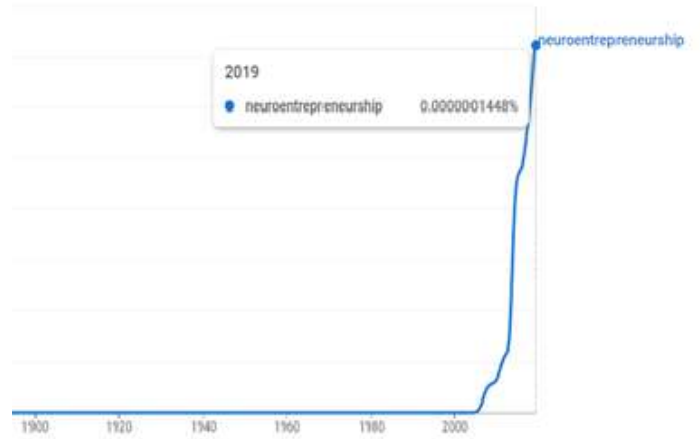


- Deneysel girişimcilik alanları
- Nörogirişimcilik

Kaynak: Krueger ve Welppe, (2014)

Nörogirişimcilik alanının nihai amacı, davranış başarı gibi girişimcilik unsurlarını belirleyen psikolojik ve biyolojik faktörlerin anlaşılması olduğundan, girişimcilik araştırmacıları ve iş bilim insanları, psikofizyolojik indeksleri keşfederek müthiş iç görüler elde edebileceklerdir (Colosio vd., 2017). Nörogirişimcilik kavramı literatürde ilk olarak 2006 yılından itibaren kullanılmaya başlanmıştır. Literatürde İngilizce kaynaklarda kullanıldığı anlaşılabilir şekilde, ilk yıllarda fazla ilgi görmediği ancak yıllar içerisinde giderek arttığı özellikle 2012 yılından itibaren alanda birçok çalışmanın yapıldığı anlaşılmaktadır. Bu rakam 2019 yılına gelindiğinde tepe noktasına ulaşmıştır. Bunun en önemli nedeni girişimcilik araştırmacılarının geçmiş teorik yaklaşımlardan bilimsel verilere dayanan nörobilim araçlarını kullanmaya başlaması olarak gösterilmektedir. Nörogirişimciliğin ortaya çıkışı ve yıllar içerisinde giderek kullanımının yaygınlaşmasına dair bilgiler grafik 1’de verilmiştir.

Grafik 1. Yıllara göre nörogirişimcilik kavramının kullanımı (2019)



Kaynak:(Ngrams, 2020)

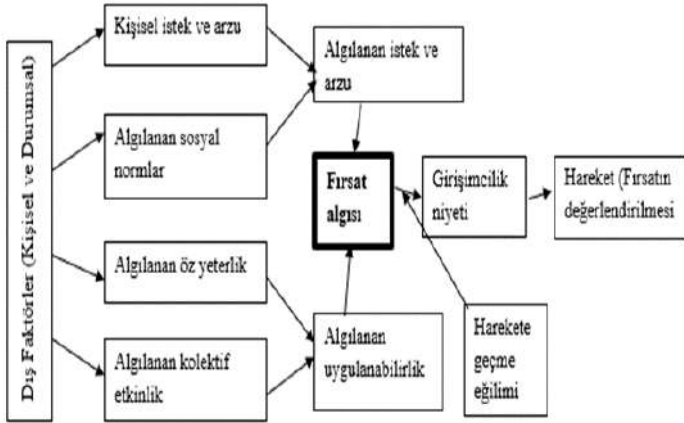
Girişimcilikle ilgili nörobilim alt dalları; bilişsel sinirbilim, duygusal sinirbilim, davranışsal sinirbilim, kültürel sinirbilim, hesaplamalı sinirbilim, nöroinformatik, sistem sinirbilimi ve sosyal sinirbilim olarak sıralanabilecektir. Bilişsel sinirbilim, insanlarda var olan yüksek bilişsel işlevleri ve bunların altında yatan sinir temellerini incelemektedir. Duygusal sinirbilim, nöronların duygularla ilişkili olarak nasıl davrandıklarını ve nasıl hareket ettiklerini ele almaktadır. Davranışsal sinirbilim, davranışın biyolojik temellerini incelerken, kültürel sinirbilim, inançların, uygulamaların ve kültürel değerlerin beyin, zihin ve genler tarafından farklı dönemlerde nasıl şekillendirildiğini araştırmaktadır. Hesaplamalı sinirbilim, beyin işlevini simüle etmek ve modellemek için bilgisayarları kullanarak beyin nasıl hesapladığını anlamaya çalışacak model ve öneriler sunmaktadır. Nöroinformatik, beyni anlamaya ve hastalıkları tedavi etmeye yardımcı olmak için sinirbilimin tüm alanlarındaki verileri entegre etmektedir. Nöroinformatik veri edinmeyi, bilgiyi paylaşmayı, yayınlamayı ve depolamayı, analiz, modelleme ve simülasyonu içermektedir. Sistem sinirbilimi, beyinde devam eden işlem türlerini tanımlamak için merkezi sinir sistemi içindeki veri akışı yollarını takip eder ve bu bilgiyi davranışsal işlevleri açıklamak için kullanmaktadır. Sosyal sinirbilim, biyolojik sistemlerin sosyal süreçleri ve davranışı nasıl uyguladığını anlamaya çalışan disiplinler arası bir alandır (Nordqvist, 2014). Girişimci zihniyet üzerine yapılan araştırmalar, girişimci eylemin dayandığı bilişsel ve duygusal temeller olduğunu ve bu temellerin bilinenden daha derinde olduğunu göstermektedir. Girişimci zihniyet, öğrenilmesi gereken bir dizi gerçek ya da öğretilecek bir dizi beceri değil, bir düşünme ve hissetme biçimidir. Girişimci zihniyeti gerçekten anlamak için nörobilimin zorlayıcı teori ve yöntemlerinden faydalanarak, daha derin bir perspektiften konuyu ele almak gereklidir.

3. Girişimcilik Davranışı ve Nörogirişimcilik

İnsanlar doğası gereği meraklıdır ve bilim insan davranışlarının arkasındaki sebebi arama eğilimindedir. İnsanları girişimci olmaya yönlendiren sebep nedir? Yemek yemeye yönlendiren duygu açlık, su içmeye yönlendiren susuzluk ise girişimciliğe

yönlendiren nedir? Girişimcilik faaliyetlerinin ortaya çıkmasında sosyal çevre, ekonomik çevre, politik düzen, kişisel geçmiş ve kişilik gibi birçok faktör etkileyici role sahiptir (Bird, 1988; Arenius and Minniti, 2005). Girişimcilik araştırmaları, fırsatlar ve bireylerin etkileşimine yönelik kapsamlı deneyler yaparak, bu etkileşimi karşılaştırmanın ölçütlerini sağlıklı bir zeminde oluşturmalıdır. Her iki faktörün ortak araştırılması, Shane (2000, 2003) tarafından savunulan bireysel fırsat bağının araştırılması için kritik öneme sahiptir. Girişimcilik belirli kişilerin yalnızca sabit bir özelliği değildir bu nedenle fırsatların varlığına gösterdikleri tepkiyi içermelidir (Shane, 2003). Ancak bugüne kadar, çok az araştırma bulmacanın her iki bölümünü de eşit bir şekilde bir araya getirmiştir. Girişimci karar verme süreçleri ile ilgili farklı teoriler ortaya atılmıştır. Ancak bu teorilerin birçoğu bireyin kişisel özellikleri ve dış faktörler üzerine odaklanmıştır. Alınan girişimcilik kararlarının merkezinde algılanan fırsat karşımıza çıkmaktadır. Fırsat/fırsatların algılanması girişimci niyetin belirgin hale gelmesini sağlayarak, bireyin harekete geçmesine neden olmaktadır. Girişimsel karar verme ve girişimci davranış modelinin en yaygın örneği şekil 2'de yer almaktadır.

Şekil 2. Girişimci Fırsat Algısı ve Girişimci Davranış

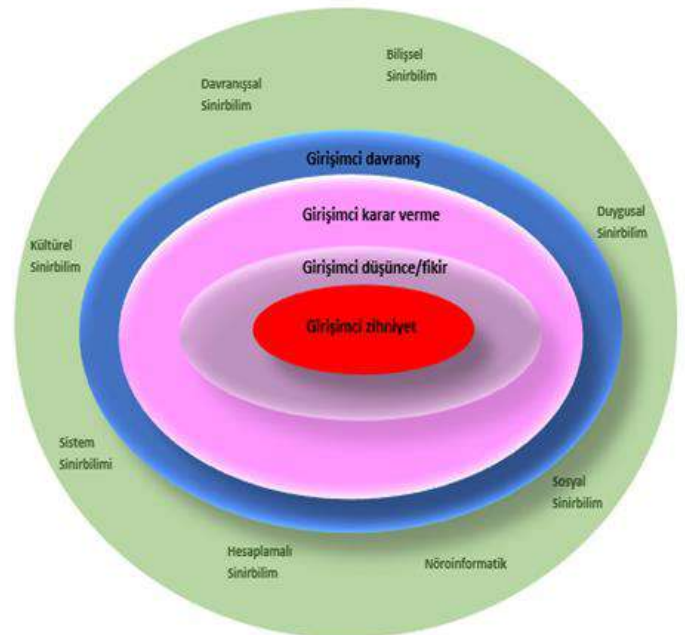


Kaynak: Krueger ve Brazeal, 1994; Krueger, 2000; Krueger vd., 2000; Shapero, 1985

Girişimcilik araştırmaları içerisinde en belirleyici olan girişimcilik niyetidir (Ajzen 2005; Krueger vd. 2000). Girişimcilik niyeti, rasyonel/analitik ve sezgisel/bütünsel düşünce (vizyon) içeren zihinsel bir süreçtir ve bu zihinsel süreç iş planının oluşturulması, fırsat analizleri yapılması diğer amaç odaklı davranışları yönlendirmektedir (Boyd ve Vozikis, 1994, s. 63). Girişimcilik literatüründegirişimci olay modeli, girişimci niyet modeli ve planlı davranış teorisi olmak üzere girişimcilik niyetini açıklamaya çalışan üç önemli teori bulunmaktadır (Şeşen ve Basım, 2012, s. 22). Shapero ve Sokol'un (1982), girişimci olay modelinde girişimcilik, sosyal değişkenlerin (etnik gruplar gibi) gruplandırılması ve sosyo kültürel çevre tarafından şekillendirilmesidir. Girişimcilik olayı, inisiyatif alma, kaynakların konsolidasyonu, yönetim, göreceli özerklik ve risk alma ile ifade edilir. Girişimcilik niyeti algılardan ibarettir ve girişimcilik niyeti kişilerin arzu edilme algılarına, fizibilite

algılarına ve harekete geçme eğilimine bağlıdır (Shapero ve Sokol, 1982). Bird (1988), girişimcilik niyetini girişimci niyet modeli ile açıklamıştır. Bird'e göre niyet kişinin dikkatini başarıya ulaşmak için özel bir amaç ya da yola yönlendiren bir zihnin halidir. Niyet süreci girişimcinin kişisel ihtiyaçları, değerleri, istekleri, alışkanlıkları, inançları ile başlamaktadır. Bu beş unsur zamansal gerilim, stratejik odaklanma ve duruş olmak üzere 3 zihinsel (intrapşşik) niyetel ve davranışsal çıktıyı sağlamaktadır (Bird., 1988, s. 445).Girişimcilik niyetini açıklayan teorilerin üçüncüsü ve en sık kullanılanı Ajzen'nin (1991) planlı davranış teorisidir. Yeni işletmeler zamanla ortaya çıkıp önemli planlamalar gerektirdiğinden girişimcilik bir planlı davranış türü olarak görülmektedir (KruegerJR vd., 2000, s. 410). Planlı Davranış Teorisi (TPB), bir bireyin belirli bir zaman ve yerde bir davranışta bulunma niyetini tahmin etmek için 1980'de gerekçeli eylem teorisi olarak başlamış, insanların kendi kendini kontrol etme yeteneğine sahip olduğu tüm davranışları açıklamayı amaçlamıştır (Wayne, 2019). Planlı davranış teorisinde girişimcilik niyetinin çıkış noktası olarak kişisel tutum, öznel norm ve algılanan davranış kontrolü olmak üzere üç unsur bulunmaktadır. Genel bir kural olarak, bir davranışla ilgili olarak tutum ve öznel norm ne kadar olumlu olursa ve algılanan davranışsal kontrol ne kadar büyükse, bireyin söz konusu davranışı gerçekleştirme niyeti o kadar güçlü olacaktır (Ajzen I., 1991, s. 188). Girişimcilik niyetine ilişkin teoriler niyetin farklı değişkenlerin etkisinde zihinsel bir süreç olduğuna vurgu yapmaktadır. Zihinsel bir süreç olan girişimcilik niyetini daha iyi anlamının yolu insan beyninin daha iyi anlaşılması ile doğru orantılıdır ve günümüzün gelişmiş tıbbi araçlarının sayesinde insan beyninin, hormonların girişimcilik unsurlarıyla ilişkilendirilmesi ile girişimcilik araştırmaları yeni ve çok disiplinli bir boyut kazanmış bu boyut nörogirişimcilik olarak adlandırılmıştır.

Şekil 3. Nörogirişimcilik



Kaynak: Yazarlar

Girişimcilik araştırmalarında alışılagelmiş uygulamalarda sınırlı sayıdaki örneklem grubunun ifadeleri ve davranışları dikkate alınmakta örneklem grubunun ifadeleri üzerinden yapılan tartışmalar literatüre taşınmaktadır. Burada en önemli kısıtların başında kasıtlı olarak veya anketörün baskısı, anket uygulanan kişinin anlık psikolojisi gibi farklı değişkenlerin etkisinde gerçek duygu ve düşüncelerin ifade edilip edilmediği gelmektedir. Bilimsel araştırma içerisindeki sebep sorgulamasının sonucu en son beyinsel süreçler noktasına kadar gelebilmektedir. Bu noktadan sonra nörobilimsel çalışmalarla karar sürecinin kaynağına ulaşma ihtiyacı doğmaktadır. Sinirbilimsel metodoloji, girişimcilik teorisi ve uygulamalarındaki kısıtlamaların üstesinden gelmek için potansiyel bir araçtır. Özellikle girişim öncesi karar süreçleri, bilişsel ve duyuşsal süreçleri araştırmak ve bazı metodolojik eksiklikleri gidermek için uygun olasılıklar dizisi sunmaktadır. Son yıllarda girişimcilik üzerine yapılan araştırmaların artması nörobilime olan ilgiyi de artırmıştır (Baron, 2006). Örneğin, beynin farklı bölümlerinde rasyonel ve duyuşsal bilişlerin gerçekteşiğine dair nörobilimsel kanıtlar düşünöldüğünde, nörobilimin beynin içerisinde gerçekteşen olaylar ve birbirleriyle olan ilişki ve farklılıkları ortaya koyma konusunda başarılı olduğu anlaşılmaktadır. Girişimcilik bağlamında yapılan çalışmaların odağında yer alan fırsat kavramı ve fırsatların girişimciler tarafından nasıl algılandığına dair yaklaşım biçimlerinin anlaşılması oldukça önemlidir. Bu nedenle nörobilimin, gerçek zamanlı fırsat algısı ve öncüllerinin belirgin nörolojik belirteçlerini titizlikle tanımlanması gerekmektedir (Cacioppo vd., 1985; Camerer ve Fehr 2006). Çünkü girişimcileri diğer bireylerden ayıran en önemli spesifik özelliklerden biri fırsatları görme ve değerlendirme davranışıdır. Bu davranışın arkasında bulunan özelliklerin nörobilimsel olarak ortaya konulması girişimci davranış biçimlerinin nedenlerinin ve etkilerinin tam olarak anlaşılmasını sağlayacaktır. Girişimciler ve girişimcilik alanında yapılacak olan çalışmalar sayesinde, girişimciliğin gelişmesi bağlamında yapılması gerekenlerle ilgili önemli kazanımlar elde edilebilecektir.

Girişimcileri, sinirbilimciler bakımından ilgi çekici hale getiren etken, belirsiz ve karmaşık ortamlarda (Peelen ve Kastner 2014) fırsatları nasıl belirledikleridir. Girişimcilik fırsatlarının algılanması ve olumlu değerlendirilmesi, herhangi bir girişimcilik faaliyetinin önkoşuludur, bu nedenle bugüne kadar yapılan çoğu girişimcilik araştırmasının, bir girişimcilik fırsattan yararlanma kararının alınmasından sonraki süreci ele alması ile ilgilidir (Shane, 2000). Kısacası asıl önemli olan bu kararın alınması süreci ve bu sürecin bileşenlerinin doğru anlaşılmasıdır. Çünkü fırsatın değerlendirilmesi bu sürecin ve bileşenlerinin bir sonucudur. Potansiyel girişimcilerin fırsatları değerlendirme süreci öncesi veya girişim öncesi karar süreçleri hakkında yeterince bilgi bulunmamaktadır. Bu nedenle çalışmaların çoğu, girişimci olarak hareket etme kararının öncüllerine bakmamış, ancak zaten girişimci olmaya karar vermiş bireyleri araştırmaya odaklanmıştır. Girişimcilik fırsatlarından yararlanmak için gerçek kararı inceleyen araştırmalar, mevcut girişimcilik anlayışını *e-ISSN: 2148-2683*

büyük ölçüde geliştirecektir. Karar öncesi süreçleri deneysel yöntemlerle incelemek, yüzeysel olarak ele alınan konuların daha derinlemesine incelenmesine olanak sağlayacak ve olumlu katkılar sunacaktır. Girişim öncesi karar süreçlerinin daha iyi anlaşılması, akademisyenler tarafından ileri sürölen kavramsal teorilerin kabul veya reddedilmesi bakımından önemli rol oynayacaktır. Örneğin, Shane (2003), girişimciliğin, katılımcılar tarafından piyasada standart kaynakları alıp satmak için kullandıklarından niteliksel olarak farklı bir karar verme süreci kullandığını savunmakla birlikte bu teorik açıklama henüz test edilmemiş ve bu nedenle ampirikaraştırma tarafından desteklenmemektedir. şu anda, girişimcilik akademisyenleri, girişimcilerin kullandığı yargısal karar verme süreçlerinin yalnızca teorik açıklamalarını sunmaktadır (Sarasvathy vd., 1998). Ardichvili vd. (2003), son yıllarda bilişsel psikoloji başta olmak üzere bir dizi disiplinden ödünç alınan çelişkili varsayımlara dayanarak girişimcilik öncesi süreçle ilgili bir dizi kavramsal modelin önerildiğini belirtmektedir.

Girişimci biliş, "insanların fırsat değerlendirme, girişimleri oluşturma ve büyümeyi içeren değerlendirme, yargı veya kararlar verme için kullandıkları bilgi yapıları"nı ifade etmektedir (Mitchell vd., 2002: 97). Girişimci biliş, girişimcilerin girişimci davranış ve düşünceden sorumlu zihinsel mekanizmalarının ve yapılarının gelişimini açıklamak için yararlı olan bilişsel psikoloji ve sosyal biliş literatüründen teoriler, deneysel kanıtlar ve kavramları ödünç almaktadır (Santos vd., 2016). Girişimci biliş üzerine araştırmalar son dönemde artmakla birlikte (Tumasjan vd., 2012), mevcut araştırmalar, "girişimcilik fırsatlarını algılayan, değerlendiren ve kullanan kim" sorusunun henüz tam olarak yanıtlayamamaktadır (Shane, 2003). Öncü girişimcilerde derin bilişsel süreçlerin incelenmesi araştırmalarının öncüsü olan yazarlar (Mitchell ve Chesteen 1995; Mitchell vd. 2007) girişimci bilişi, insanların fırsat değerlendirme, girişim yaratma, büyümeyi içeren değerlendirme, yargı ve kararlar vermek için kullandıkları bilgi yapıları olarak tanımlamaktadır. Mitchell vd. (2007), fırsatların keşfedilip keşfedilmeyeceğini ve kullanılıp kullanılmayacağını belirleyen şeyin esas olarak bilgi farklılıkları olduğunu ileri sürmektedir. Girişimci biliş araştırması bakımından, yaklaşan fırsatları öngörerek, duygular ve etkilerin yanı sıra, daha ileri analizler için girişimci eylemlerinin araştırılması gerektiği ifade edilmektedir. Girişimci biliş araştırmalarında önemli bir soru, girişimcilerin bilgiyle nasıl başa çıktığıdır. Girişimcilik sürecinin anlaşılmasında fırsat keşfini açıklamanın önemi düşünöldüğünde, keşif sürecini destekleyen veya çüröten ampirik kanıtlar önemlidir (Shane, 2000).

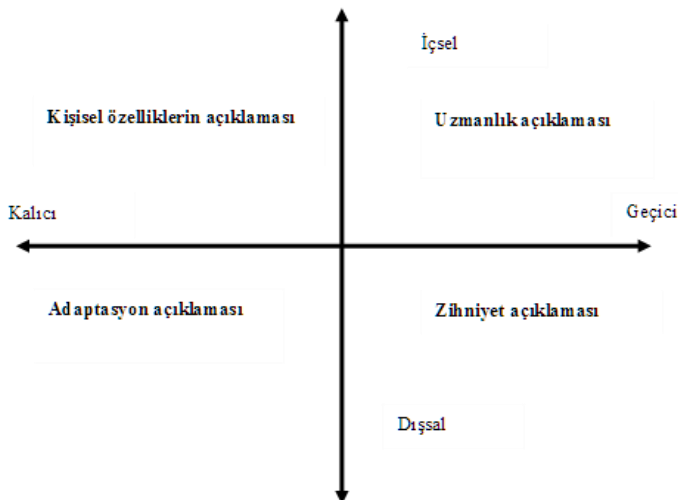
Simon (1963), bilişsel karar verme sürecinin birbiriyle ilişkili üç süreçten meydana geldiğini iddia etmiştir. Bunlar semantik, sembolik ve nörolojik bileşenlerdir. Semantik, bireyin ne söylediği ve ne yaptığı, sembolik, bireyin sahip olduğu tutum, inanç ve niyetler, nörolojik ise tüm bunların biyolojik olarak işlenmesi ile birlikte karar verme eyleminin gerçekteşmesidir. Girişimcilikle ilgili bilişsel olaylar, Simon'un üç seviyesinde nasıl birbiriyle ilişkili olduğuna dair yapılacak olan deneysel yaklaşımlarla daha iyi anlaşılacaktır. Örneğin, fırsat algısının

altında yatan "sembolik" düzey yapıları ile "anlamsal" düzey ipuçlarının hangi düzeyde ilişkili olduğunun anlaşılması, girişimci düşünce yapısının tam olarak anlaşılması bakımından büyük fayda sağlayacaktır.

Wood ve Williams (2014), girişimcilerin bir durumu yargılamak için kullandıkları kriterlerin fırsat, yenilik, kaynak verimliliği ve en kötü durum senaryosu olduğunu öne sürmüştür. Bir girişimcinin bir fikir üzerine hareket edip etmemeyi seçmesi için, başarılı sonuçlara güçlü bir şekilde inanması, belirgin olsa bile bazen uyumsuz unsurları görmezden gelerek, en azından kolayca temin edebileceği bilgileri elde etmesi gerekmektedir. Bu tür bir akıl yürütme, normatif/rasyonel düşünme modelini takip etmediği için olağan ihtiyatlı yaklaşımın tersi olarak kabul edilmektedir (Mitchell vd., 2007). Nitekim, son araştırmalar, yüksek belirsizlik bağlamında karar vermenin, beynin ön kısmında bulunan dorsolateral prefrontal korteksi içeren karmaşık bir sinir ağı sistemini kullandığını göstermiştir (Ernst ve Steinhauser, 2015).

McMullen vd., (2014), girişimcilerin fırsat belirleme sistemlerini ve zihinsel teorilerini nasıl oluşturduklarını iki boyutlu olarak dört ana paradigma altında belirlemiştir (Şekil 4). Birinci boyut, fırsatların dışsal veya içsel olarak tanımlanmasıdır (fırsat inançlarının oluşumu ve başarılı bir şekilde uygulanmasının öncelikle bireyin içsel veya dışsal bir uyarandan tetiklenip tetiklenmediğinin bilinmesi). İkinci boyut ise farklılıkların yarattığı kalıcı veya geçici olaylardır. Bu iki boyut dört paradigma altında incelenmektedir. Bunlardan ilki kişilik özellikleri ve hatta genetik gibi kalıcı iç tutumu destekleyen özellik açıklamaları (Nicolaou ve Shane, 2014); ikincisi adaptasyon açıklamaları, bilişsel temelli yaklaşımları yeniden gruplandıran ve kişinin girişimci olarak doğmadığı, daha çok olumlu bilişsel yatkınlıklar sayesinde girişimci davranışları benimsediği fikri; üçüncüsü bilginin rolüne, günlük öğrenmeye ve herhangi bir yatkınlık üzerinde deneyime değer veren uzmanlık açıklamaları; ve dördüncü paradigma ise girişimcilerin benzersiz bir düşünce yapısına sahip olduğunu açıklayan zihniyet yaklaşımlarıdır.

Şekil 4. Fırsat Belirleme ve Zihin Teorileri



Kaynak: McMullen vd., (2014)

Girişimcilik fırsatlarının algılanması ve olumlu değerlendirilmesi, herhangi bir girişimcilik faaliyetinin önkoşuludur, bu nedenle bugüne kadarki çoğu girişimcilik araştırmasının, bir girişimcilik fırsattan yararlanma kararının alınmasından sonra başlaması şaşırtıcıdır (Shane, 2000). Önemli olan fırsatların nasıl algılandığı, girişimci davranış biçimi, fırsatların değerlendirilmesi kararı, harekete geçme ve uygulamalar sonrası yaşanan gelişmelerle ilgili aydınlatılmayan kısımların açığa çıkarılmasıdır. Ancak sosyal bilimlerin sahip olduğu yöntem ve araçlar bu soruların cevabını verebilecek yeterliliğe sahip değildir. Bu nedenle nörobilim yöntem ve araçlarının sosyal bilimlere entegre (uyumlaştırılması) edilmesi ile birlikte bu soruların cevabını bulmak mümkün olacaktır. Girişimci davranış, karar ve algılarının nedenlerini inceleyen nörobilim alt dalları; bilişsel sinirbilim, duygusal sinirbilim, davranışsal sinirbilim, kültürel sinirbilim, hesaplamalı sinirbilim, nöroinformatik, sistem sinirbilimi ve sosyal sinirbilimdir. Her bir farklı nörobilim alt dalı, girişimci bireyleri fiziksel, duygusal, sosyolojik, psikolojik, davranışsal, bilişsel, zihinsel ve kültürel bakımdan incelemektedir. Girişimci düşüncenin anlaşılması girişimcilik niyeti, karar verme ve girişimci davranışın anlaşılmasına olanak sağlamaktadır.

Nörogirişimcilik alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde, bunların bir kısmının nörogörüntüleme yöntem ve araçlarıyla yapıldığı, bir kısmının vücut kimyasalları ve hormonlar bağlamından ele alındığı ve bazılarının nörobilişsel yöntemlerle değerlendirilmeye çalışıldığı görülmektedir. Bu kapsamda yapılan çalışmalardan biri Lawrence vd., (2008), tarafından yapılan, girişimciler ve yöneticilerin karar verme süreçleri bakımından karşılaştırılmasına dayanan yapmış oldukları nörobilişsel çalışmadır. Çalışmada, duygusal ve riskli kararların alındığı beyin kısmı "sıcak biliş" olarak, akılcı ve duygusal olmayan kararların alındığı bölge ise "soğuk biliş" olarak ifade edilmiştir. İşletmeye personel alımı gibi düşük risk düzeyi gerektiren kararların alınmasında girişimciler ve yöneticiler benzer özellikler gösterirken her iki araştırma grubunun da soğuk biliş olarak adlandırılan kısmı kullandıkları anlaşılmaktadır. Ancak sıcak bilişle ilgili riskli karar verme süreçleri bakımından girişimciler yöneticilerden farklı davranış göstermişlerdir. Nitekim son araştırmalara göre, yüksek belirsizlik bağlamında karar verme sürecinde, beynin ön kısmında bulunan dorsolateral prefrontal korteksi içeren karmaşık bir sinir ağını kullanılmaktadır (Ernst ve Steinhauser, 2015). Her iki durumda da beynin görüntüleme yöntemleriyle gözlemlenmesi sayesinde (soğuk bilişsel süreç ve sıcak bilişsel süreç) soğuk bilişsel karar verme esnasında beyindeki dorsolateral prefrontal korteksi olarak adlandırılan alanın, sıcak bilişsel karar verme durumunda ise orbital frontal kortekstin aktif olduğu görülmektedir. Çalışma neticesinde elde edilen önemli bulgulardan biri, girişimcilerin ve girişimci olmayan bireylerin karar verme süreçleri bakımından farklı nörolojik özelliklere sahip oldukları ve bu durumu karar verme esnasında kullandıkları yapılan nörogörüntüleme sonucunda anlaşılmıştır. Beyinde yer alan farklı sinirsel ağlar ve bölgeler, bireylerin karar verme süreçleri anında farklı hareket ettikleri ve bu sayede girişimci karar verme süreçleri ile ilgili önemli bilgilerin elde edilebileceği sonucuna varılmıştır. Gelecekte ise yapılacak olan araştırmalarda, beyinde yer alan farklı bölgeleri harekete geçirmek bakımından dışardan bir uyarıcı ile bunun yapılabileceğinin araştırılması gerekmektedir.

Nörobilim teknik ve yöntemleriyle nörogirişimcilik alanında yapılan çalışmalardan biri de hormonlarla yapılan çalışmalardır. Bu çalışmaların en büyük özelliği, girişimci davranışı tahmin edebilen, belirleyebilen veya buna yol açabilen en bilinen kimyasalların (hormonların) neler olduğu ve bu kimyasalların, bir girişimcinin başarılı olup olmamasında belirleyici olan sinirsel ve biyolojik temellerin esaslarının neler olduğunun anlaşılmasına yardımcı olmasıdır. White vd., (2006), girişimciliği testosteron hormonu ve girişimcilikle ilişkilendirilebilecek davranışlar arasında ilişki kurarak açıklamaya çalışmıştır. Testosteron hormonu ile ilişkilendirilebilen birçok davranış girişimci davranışla paralellik göstermektedir. Çalışmada testosteron seviyesi yüksek olan bireyler korkusuz, ısrarlı, kendine güvenen, odaklanmış, bağımsız, eylem odaklı, hareketli, ben merkezli ve itaatkâr olmayan kişiler olarak tanımlanmaktadır. Bu benzerlik farklı araştırma sonuçlarıyla da desteklenmektedir. Benzer şekilde Guiso ve Rustichini (2011), doğum öncesi testostereona daha fazla maruz kalan girişimcilerin daha fazla çalışana, daha yüksek gelire sahip olduğunu ve daha hızlı büyüyen firmaları yönettiğini bulmuştur. Testosteron ve kortizol gibi hormonlar, insanların girişimci olma eğilimini etkilemektedir (Nicolaou vd., 2018; Wolfe ve Patel, 2017). Daha yüksek testosteron düzeyine sahip bireylerin girişimsel davranma olasılığı daha yüksektir. Coates ve Herbert (2007), yapmış oldukları çalışmada, T stres hormonları ve profesyonel hisse senedi tüccarlarının ticaret performansı arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Sabah saatlerinde daha yüksek seviyede olan T'nin daha yüksek ortalama getiri ile ilişkili olduğunu ve kortizolün piyasa oynaklığıyla arttığını bulmuşlardır. Bireylerin herhangi bir durum karşısında korku duymaları halinde amigdala adı verilen bir hormon salgılanmaktadır. Benzer durumun herhangi bir girişimcinin belirsiz bir ortamda hareket ederek maddi kazanç elde etme ihtimalini bilmediği durumda da yaşandığı ve bu hormonun salgılandığı bilinmektedir. Beynin acı veya tikslenme hissettiğinde ise insula adı verilen bir hormon salgılamakta olup benzer durum tıpkı kumar oynayan bir kişinin kazanma veya kaybetme olasılığını kestiremediği anda bu hormonun güçlü biçimde harekete geçmesiyle aynıdır (Singh ve Ronch, 2011: 96). Vücutta bulunan dopamin ise hareket, hafıza, dikkat, uyku ve duygu durum düzenleme gibi çeşitli işlevlerle bağlantılı bir nörotransmitterdir (sinir hücrelerindeki bilgi akışını sağlayan küçük kimyasal iletkenler). Dopamin, beyni "memnun ederek" ve "ödüllendirerek" davranışı güçlendirmede merkezi bir rol oynar, bu da bir eylemin sinirsel temsiline pekişmesine ve bu eylemin bir zevk duygusuyla ilişkilendirilmesine yol açmaktadır (Berridge ve Kringelbach, 2008). Lawrence vd., (2008) ise dopamin adı verilen hormonun beyinde yer alan sıcak ve soğuk bilişsel süreçlerde etkili olduğunu ifade etmiştir. Treadway vd., (2009), girişimcilerin daha fazla risk alma eğiliminde olduklarını ve bu nedenle girişimcilerin serebral kortekslerinde dopamin reseptörü sayısı ve yoğunluklarında değişikliklerin meydana geldiğini ortaya koymuştur. Treadway vd., (2012), dopamin hormonu seviyesi artışının ekonomik karar verme süreci üzerinde doğrudan bir etkisinin olduğu ve daha fazla kazanç veya kâr elde etme isteği ile dopamin seviyesinin artması arasında pozitif yönlü bir ilişki bulunduğunu belirtmiştir. Bu kapsamda nörotransmitter (sinir hücrelerindeki bilgi akışını sağlayan küçük kimyasal iletkenler) üzerine yapılacak olan çalışmalar girişimcilik hakkında önemli nörobiyolojik bilgiler elde edilmesine olanak sağlayacaktır. Ancak girişimcilik araştırmaları kapsamında henüz araştırma yapılmayan hormonlar, oksitosin ve serotoninidir. Özellikle bu ve benzeri hormonların girişimcilik araştırmaları bakımından ele alınması gerekmektedir (Nofal vd., 2017).

Zaro vd., (2016), girişimci olan ve girişimci olmayan bireylerden nörogörüntüleme araçlarından biri olan EEG ile yapılan yapmış oldukları çalışmalarında, fırsatları görme ve riskli karar verme süreçlerinde her iki grubun farklı sinirsel ağlar ve farklı nöral yapıları kullandıklarını tespit etmiştir. Özellikle girişimcilerin riskli finansal kararlar alırken belirli bir içeriğin tamamını veya belirli bir kısmını değerlendirdiği, girişimci olmayan kişilerin ise belirli bir risk alıp alamayacağı konusunda daha kişisel bir bağlam üzerine yoğunlaştığı görülmüştür. Bir diğer önemli farklılık ise girişimcilerin fırsatları görme ve riskli kararlar alma konusunda beyin sağ ve sol frontal bölgelerinde bulunan bilişsel bölgelerden yararlanmalarındadır. Girişimcilerin fırsatları görme ve riskli kararlar alma süreçleri bakımından farklı nöral organizasyonları kullandıkları bilindiği için, nörogirişimcilik bağlamında yapılacak olan çalışmalar sayesinde girişimcilerin fırsatları görme ve riskli karar verme süreçleri hakkında net ve somut bilgilere ulaşılacaktır. Bu sayede sonradan girişimci olunup olunamayacağı veya girişimci bireyler yetiştirmek için hangi bilimsel yöntemlerin kullanılabilirliği araştırılabilir.

Transkraniyal manyetik stimülasyon (TMS), insan beyninin invaziv olmayan uyarımına izin veren nörofizyolojik bir tekniktir. Bu teknik, beyin belirli bölgelerinin aktivitesini düzenlemek için manyetik indüksiyon adı verilen araçlar kullanmaktadır. Beyne bağlandığında, nöronları uyarmak ve nöral aktiviteyi takip etmek için elektriksel akım üretme yeteneği bulunan demir bir çekirdek yer almaktadır. TMS, dikkat, katılım, tanıma gibi davranış değişikliklerini ölçmede, belirli beyin bölgelerinin geçici olarak çevrimdışı duruma getirilmesinin nedensel rolünü incelemeye kullanılmaktadır (Gani vd., 2015: 297). Carter vd., (2019), yaratıcılığın frontal lobda gerçekleştiğini iddia etmiş ve yapmış oldukları çalışmada TMS (Transkraniyal manyetik stimülasyon) adı verilen bir yöntemle (beyindeki nöronları uyaran noninvaziv bir yöntem), beyin gamma dalgalarıyla üretilen dikkatli düşünme sürecinde yaratıcılığının düşük olduğu ancak alfa dalgalarıyla üretilen beyin boş durma evresine geçtiğinde yaratıcılığının yüksek olduğunu ileri sürmüştür. Bu sayede girişimcilik anlamında yaratıcılığı artırılabilmenin mümkün olup olmayacağı araştırılabilir.

Erkek ve kadın girişimcilerdeki farklılıkları araştırmak için davranışsal genetik yaklaşımları kullanan Zhang vd., (2009), iki psikolojik özelliği değerlendirerek, cinsiyet farklılıklarının ve genetik katkının girişimci davranışlarda bulunma eğilimi üzerindeki etkisini araştırmış ve iki etken üzerinde durmuşlardır. Bunlar, dışa dönüklük ve nevroz (önemli bir biyolojik temeli olan bir kişilik özelliği) olma özellikleridir. Çalışma kapsamında gerek tek yumurta gerekse çift yumurta ikizleri üzerinde yapılan araştırmalar, kadınların girişimci olma eğiliminin güçlü bir şekilde genetik temelli olduğunu ve büyük ölçüde hem dışa dönüklük hem de nevroz tarafından belirlendiğini göstermiştir. Erkeklerde ise bu durum tam aksine, paylaşılan çevre ve dışadönüklüğün temel bir katkısı olduğunu iddia eden bir model önerisinde bulunmuşlardır.

Martinez vd. (2014) girişimci ve yöneticiler arasında karar verme verimliliğinin arkasındaki nörobiyolojik mekanizmaları inceleyerek, karar verme verimliliğini, toplam getirinin yanıt süresine bölünmesiyle elde etmeye çalışmıştır. Hızlı karar alma yeteneğinin, değişen hızlı çevresel koşullara uyum sağlamada, işletmelerin varlığını sürdürmelerinde ve pazar koşullarında rekabet edebilme yetenekleri üzerinde önemli pay sahibi olduğunu ileri sürmüştür. Teran vd. (2014) ise, girişimci karar vermede nörofizyolojik ve kişilik özellikleri arasındaki ilişkiyi

inceleyerek, karar vermenin kurucu girişimciler ve kurucu olmayan girişimciler arasında nasıl farklılaştığına odaklanmıştır. Kurucu girişimciler tüm süreçleri (fırsatların görülmesi, değerlendirilmesi, karar verilmesi, girişimcilik faaliyetlerinde bulunulması ve sonuçların gözden geçirilmesi) en başından itibaren göz önüne alarak karar verirler. Ancak kurucu olmayan girişimciler ise girişimcilik sürecinin belirli bir noktasından itibaren sürece dahil olurlar. Karar vermeyi kalite ve zaman açısından değerlendirirken, karar verme hızı olarak da bilinen tepki süresi ve arkasındaki bilişsel mekanizmaları ele almıştır. Çalışma sonucunda kurucu girişimcilerin, kurucu olmayan girişimcilere göre daha hızlı kararlar aldıkları tespit edilmiştir. Kurucu girişimciler fırsat tanımaya ve yakalamaya daha fazla yönelmiş olduğu için hangi fırsatların peşinden gidecekleri konusunda daha hızlı kararlar verebilmektedir. Bununla birlikte, Barnea vd., (2010), çevrenin finansal durumlarda davranışı etkilediğini, aile ortamı ile genç yatırımcıların davranışları arasında önemli bir ilişki bulunduğunu ancak aile etkisinin belirli bir süre devam ettiğini ve zaman içerisinde bu etkinin yerini deneyime bıraktığını iddia etmiştir. Bireylerin girişimci olmaları bakımından doğup büyüdüğü aile, sosyal ve koşullar önemlidir. Bu durum bireyin girişimci olmasında çevresel faktörlerin daha etkili olduğunu düşündürmektedir. Ancak gelecekteki araştırmalar, genetik ve çevresel faktörlerin bireylerin girişimci olmaları bakımından detaylı olarak karşılaştırılmasına olanak sağlayacaktır. Örneğin, genetik ve deneyim, farklı yaşam aşamalarında davranışı farklı şekilde etkiler mi? Birbirlerini güçlendiriyorlar mı? Girişimciliğin önündeki kültürel engellerin bazı genetik etkiler nedeniyle aşılması mümkün müdür? Vb soruların cevabı bulunabilecektir.

Karar verme süreçleri ile ilgili yapılan diğer ilginç bir çalışmada, beynin farkındalığı yöneten kısmına bir karar girmeden on saniye öncesine kadar tespit edilebilir beyin aktiviteleri olduğunu göstermiştir. Gözlemlenen beyin elektrik modellerinin analizleri sayesinde araştırmacılar, katılımcıların seçmek üzere oldukları şeye erişmeden önce, iki farklı seçenek arasındaki kararın ne olabileceğini yüksek doğrulukla tahmin etmeyi başarmıştır (Soon vd., 2008). Bu çalışmanın bir varyasyonunun, girişimcilerin fırsatların değerlendirilmesi sırasında nasıl karar verdiklerini ve kararlarına nasıl ulaştıklarını test etmek için kullanılabileceği varsayılmaktadır (Holan ve Couffe, 2017). Girişimcilerin beyinleri fizyolojik olarak diğer kişilerin beyinleriyle aynıdır, ancak deneyimler ve bilgi açısından farklıdır (Baucus vd., 2014). Holan vd., (2013), girişimcilerin ve girişimci olmayanların bir sorunu çözmek için farklı zihinsel kaynakları kullandıklarını, girişimcilerin uyarana hızlı tepki verirken ve çok fazla düşünmeden bir karar aldığını ancak girişimci olmayanların ise karar vermeden önce sorunun bilişsel olarak detaylandırılmasına ihtiyaç duyduklarını belirtmiştir. Bu durum, beynin farklı alanlarının harekete geçirilmesi, iki grubun görevi tamamlamak için ihtiyaç duyduğu zamandaki farkı (girişimciler daha hızlıdır) girişimcileri girişimci olmayanlardan ayırmak için açıklamaya yardımcı olan “belirli bilişsel faktörlerin var olduğu” hipotezini de desteklemektedir (Hoskisson vd., 2011). Aynı şekilde, Gaglio ve Katz (2001), girişimcilerin fırsatları tespit etmelerine ve harekete geçmelerine izin veren benzersiz bir algısal ve bilgi işleme becerilerine sahip oldukları hipotezine dayanan detaylı bir fırsat tanımlama modeli önermektedir. Bu model, girişimcilerin uyanıklık veya tepki vermeye hazır olma durumuna dayanarak, piyasadaki dengesizlikleri fark etme konusunda oldukça başarılı olduklarını iddia ederek bu konunun nörogirişimcilik için bir araştırma programına çevrilebileceğini öne sürmüştür.

4. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

İnsan hayatı üzerinde önemli etkiye sahip birçok farklı bilim dalında kullanılan nörobilim, bireylerin davranış biçimleri ve bunların arka planında yer alan nedenlerin açıklanması ve davranış biçimlerinin şekillendirilmesi bakımından yol gösterici özelliğe sahiptir. Bu nedenle girişimcilik alanında yapılan ve yapılacak olan çalışmalarda, girişimcilerin davranış biçimleri, kişilik özellikleri, girişimci tipolojilerinin analiz edilmesi, girişimcilerin ortak özellikleri ve davranış/yaklaşım biçimlerinin anlaşılması, girişimci karar verme süreçleri ve fırsatların değerlendirilmesi ile ilgili girişimci tutumlarının anlaşılması, girişimci kişiliğin gelişimine etki eden faktörlerin belirlenmesi, girişimci eğitimlerinin nasıl olması gerektiği gibi daha birçok konuda nörobilim alanının önemli bir potansiyeli bulunmaktadır. Araştırmacılar ile nörobilim uzmanlarının bir araya gelerek multidisipliner bir yaklaşım benimsemesi neticesinde nörogirişimcilik alanında önemli kazanımlar elde edilmiştir. Elde edilen bilgiler sayesinde mevcut teori ve uygulamaların bir kısmının doğruluğu veya yanlışlığı teyit edilmeye başlanmıştır. Bu sayede yirmi birinci yüzyılın “girişimcilik anlayışı” geçmiş klasik girişimcilik anlayışından oldukça farklı bir noktaya doğru ilerlemektedir. Ülke ekonomilerinin dinamosu olan girişimciler üretmiş oldukları mal ve hizmetlerle yalnızca toplumsal refahın artmasına katkı sağlamakla kalmayıp aynı zamanda sosyal ve çevresel yönden de katkılar sağlamaktadır. Bu nedenle işletmelerin daha nitelikli hale gelmesi sadece işletmelerin kendi sorumlulukları olarak görülmemekte sosyo-ekonomik önemleri nedeniyle nitelikli girişimcilik konusu ülkeler için milli bir mesele haline gelmektedir. Bu sorumlulukla ülke yönetimleri tarafından uygulanan destek ve teşviklerle girişimciliğin güçlendirilmesi yeni yüzyılın en önemli politika araçlarındanır.

Nörogirişimciliğin, girişimcilik araştırma ve uygulamalarını ilerletmek için psikolojik mekanizmalar sağlama potansiyeline sahip olduğu bilinmektedir. Nörogirişimcilik alanında yapılan çalışma sayısının oldukça az olduğu görülmekle birlikte Horman, beyin, gen gibi konularda yapılan çalışmaların sonuçları nörogirişimliliğin gelişme potansiyelinin oldukça fazla olduğunu göstermektedir. Gelecekte yapılacak olan çalışmalar, duygusal, davranışsal, kültürel, hesaplamalı, sosyal sinirbilim, nöroinformatik ve sistem sinirbiliminin girdilerini hesaba katarak, özellikle girişimci karar almanın arkasındaki mekanizmalar ve genel olarak girişimcilik sürecinin bilişsel, motivasyonel, duyuşsal ve hormonal süreçlerin derin bir analizine imkân sağlayacaktır. Bu sayede hormonal (Nicolaou ve Shane, 2014) ve genetik farklılıkların beynin kablolanmasını, yapısını ve işlevini nasıl etkilediğine dair araştırmaları yapmak mümkün olacaktır (Toga ve Thompson, 2005)

Nörobilim teorisi ve metodolojisinin uygulanmasının, girişimciliğin geliştirilmesine nasıl yardımcı olabileceğini tartışmak için mevcut girişimcilik araştırmalarındaki kronik eksiklikleri, zorlukları ve gelişme potansiyellerini dikkate almak gerekmektedir. Bu ihtiyaç tespiti sonrası girişimcilik bağlamında elde edilen bilgilerin nörobilim yöntem, araç ve tekniklerine entegre edilerek, girişimciler veya potansiyel girişimciler üzerinde uygulanması sonrası literatüre kazandırılması hem nörobilimin gelişmesine hem girişimcilik literatürünün gelişmesine katkı sağlayacaktır. Bu noktada bir diğer önemli unsur olarak nörogirişimcilğe dair bulguların destek kuruluşları, girişimciler, sivil toplum kuruluşları gibi aktörlerce teyit edilmesi ile uygulamaya aktarma çabaları öne çıkmaktadır. İnsan davranışları ile ilgili olan ve ağırlıklı tıp dünyası tarafından

yürütülen nörobilim çalışmalarının ve nörobilimde kullanılan teknolojik ürün ve yöntemlerinin işletme literatüründe en önemli takipçisi ve uygulamacısı nöropazarlama disiplindir. Nöropazarlama akademik araştırmalarından sağlanan bulgular iş dünyası tarafından yakından takip edilmekte tüketici araştırmaları ve pazarlama iletişim stratejileri bu sonuçlara göre şekillendirilmektedir. Sosyalbilimlerde literatürüzenginleşen ve uygulamacılar tarafından büyük kabul gören nöropazarlamada kullanılan araç, yöntem ve bulguların nörogirişimciliğe olan ilgiyi de arttıracığına kesin gözüyle bakılmaktadır.

Nörogirişimciliğin mevcut araştırmalardaki başarılı sonuçları ve önemli gelişme potansiyeli ile birlikte bazı sorunların da mevcudiyeti göze çarpmaktadır. En önemli sorunlardan biri, girişimci eylemlerinin her zaman bireysel bir eylem olmaması, aynı zamanda bir grubun eylemlerinden de kaynaklı olabilmesidir. Bu nedenle nörogirişimciliğe dair metodolojiler grup karar süreçlerini açıklamak için yeterli olmayabilir. Holan (2014), girişimcilik araştırmacılarının üç nedenden ötürü nörobilimi benimseme konusunda isteksiz davrandıklarını iddia etmektedir. Bunlar; multidisipliner araştırma yürütmedeki zorluk, yüksek maliyetler, çalışmaların karmaşıklığı ve yeniliğidir. Girişimcilik araştırmalarının nörobilimi benimseme konusundaki isteksizliğinin bir diğer nedeni, nörobilimin talep edeceği girişimcilik araştırma modelindeki değişikliklerden kaynaklanmaktadır. Nörobilim araştırmaları, sosyal bilimlerde talep edilenlerden oldukça farklı beceriler gerektirmektedir. Bilişsel bilimin teorik kavramları ve deneysel araçlarını etkili bir biçimde kullanmanın oldukça zor olması, girişimcilik akademisyenlerinin bu alanda gelişme sürecini uzatmaktadır. Mevcut bilim insanların çalışmalarında nörobilimden yararlanması için ciddi anlamda yeniden düzenlemeler yapılması ve farklı eğitim almaları gerekecektir. Girişimcilik alanının nörobilimi daha fazla benimsemesi, alanın daha paradigmatik çoğulculuğu kabul etmesinden geçmektedir. Nörobilim, bir zihinsel durum ile bir beyin aktivasyonu bölgesi arasında ilişki kurmayı ve daha sonra benzer bir beyin aktivasyonu biçimi tespit edildiğinde, söz konusu zihinsel durumun varlığını çıkarmayı içeren potansiyel ters çıkarım problemleriyle doludur (Theodoridis ve Nelson, 2012). Poldrack'ın (2008: 224) öne sürdüğü gibi, "tüm dengelim mantığı açısından, ters çıkarım, sonucu onaylamanın mantıksal yanlılığını yansıtır". Bu yüzden nörogirişimciliğin gelişmesinin önünde birtakım engeller bulunmaktadır. Ancak girişimcilikle ilgili daha derin bilimsel verilere ulaşmanın, girişimci düşünce/davranış/karar vermeyi daha iyi anlamının ve girişimci bir toplum yaratmanın birinci kuralı "girişimci zihniyeti" anlamaktan geçmektedir. Nörogirişimcilik çalışmalarında dikkat edilmesi gereken hususlar bulunmaktadır. Bunların başında etik davranış ihlallerinin ortaya çıkabilmesidir. Çünkü nörobilim ve araçları sayesinde bireylerin yalnızca davranış nedenlerine dair veriler elde edilmekle kalmayıp, beynin belirli konularda manipüle edilmesi durumu bulunmaktadır. Bu durumun farklı çevrelerce değişik amaçlarla kullanılabilmesi düşüncesi beraberinde bazı endişeleri de getirmektedir. Bu nedenle nörogirişimcilik araştırma ve çalışmalarında sosyal ve toplumsal endişeler dikkate alınarak, bilimsel etik kurallar çerçevesinde çalışılması gerekmektedir. Nörolojik ve biyolojik temelli yöntemlerin birlikte kullanılması farklı disiplinlerin bir araya gelerek uzlaşma sağlaması, nörogirişimciliğin ve sosyal bilimlerin farklı bilim dallarının gelişmesine olanak sağlayacaktır.

5. Sonuç

Sinirbilimleri ve girişimciliği birleştirerek, girişimciliğin bilişsel veya üstbilişsel yönleriyle ilgili hemen hemen her konunun nörofizyolojik ölçümler kullanılarak çalışılabilmesine ve incelenmesine olanak sağlayan nörogirişimcilik, girişimciliğe dair birçok problemin çözülmesi ve girişimci zihniyet/düşünce/karar/davranışlarının bütüncül bir yaklaşımla anlaşılmasını mümkün kılmaktadır. Nörogirişimcilik ayrıca nörobilimin olanaklarından faydalanmak suretiyle girişimci zihniyetin şifrelerini çözerek, toplumsal hayatın gelişimine katkı sağlamaktadır. Nörogirişimcilik alanında kısıtlı sayıda yapılan çalışmalara bakıldığında, henüz emekleme döneminde olduğu söylenebilir.

Nörogirişimcilikte kullanılan teknolojik araçların sayısının artması ve fiyatlarının araştırmacılar tarafından karşılanabilir olması ile nörogirişimciliğe yönelik akademik araştırmalarda önemli bir artış olacaktır. Elde edilen bilgilerin pratikte uygulanabilir olması, nitelikli girişimciliğin gelişmesine de önemli katkılar sağlayacaktır. Çok yönlü bir perspektiften bakıldığında bir taraftan nörobilim içerisinde gelişen yazın ve teknolojik imkân ve tekniklerden neogirişimcilik altdisiplini faydalanırken diğer taraftan nörogirişimcilik anlamında yapılacak olan çalışmalar sayesinde elde edilecek olan teknoloji ve yöntemler, sosyal bilimlerin diğer alanlarında da kullanılabilir olacaktır.

Kaynakça

- Ardichvili, A., Cardozo, R., ve Ray, S. (2003). A theory of entrepreneurial opportunity identification and development. *Journal of Business Venturing*, 18(1), 105–23.
- Arıç, E.ve Turan M. (2020). Video Duygu Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Special Issue), 59-67.
- Arenius, P. ve Minniti, (2005). M. Perceptual Variables and Nascent Entrepreneurship. *Small Bus Econ* 24, 233–247
- Ajzen, I. (2005). *Attitude, Personality and Behavior* (2nd ed.). Poland, EU: Open University Press.
- Barnea, A., H. Cronqvist ve S. Siegel (2010), "Nature or nurture: what determines investor behavior?" *Journal of Financial Economics*, 98 (3), 583–604.
- Baron, R. (1998). Cognitive mechanisms in entrepreneurship: Why and when entrepreneurs think differently than other people. *Journal of Business Venturing*, 13, 275–294.
- Baron, R.A. (2006). Opportunity recognition as pattern recognition: How entrepreneurs 'connect the dots' to identify new business opportunities. *Academy of Management Perspectives*, 20(1), 104–19.
- Baucus, D.A., M.S. Baucus ve R.K. Mitchell (2014), "Lessons from the neural foundation of entrepreneurial cognition: the case of emotion and motivation," in J.R. Mitchell, R.K. Mitchell, and B. Randolph-Seng (eds), *Handbook of Entrepreneurial Cognition*, Cheltenham: Edward Elgar, pp. 254–315.
- Berridge, K.C. ve M.L. Kringelbach (2008), "Affective neuroscience of pleasure: reward in humans and animals," *Psychopharmacology*, 199 (3), 457–80.
- Bird., B. (1988). The operation of intentions in time: The emergence of the new venture. *Entrepreneurship Theory and Practice.*, 17(1), s. 11-20.
- Blair, E.S. (2010), "What you think is not what you think: unconsciousness and entrepreneurial behavior," in A.A.

- Stanton, M. Day, and I.M. Welp (eds), *Neuroeconomics and the Firm*, Cheltenham, UK: Edward Elgar, pp. 50–65.
- Boyd, N. ve Vozikis, G. (1994). "The Influence of Self-Efficacy on the Development of Entrepreneurial Intentions and Actions". *Entrepreneurship Theory and Practice*, s. 63-75.
- Carter, R., Aldridge, S., Page ve M., Parker, S. (2019). *The Human Brain Book*. Division of Penguin Random House LLC, New York.
- Camerer, C.F., ve Fehr, E. (2006). When does 'economic man' dominate social behavior? *Science*, 311(5757), 47–52.
- Cacioppo, J.T., Petty, R.E. ve Morris, K.J. (1985). Semantic, evaluative, and self-referent processing: Memory, cognitive effort, and somatovisceral activity. *Psychophysiology*, 22(4), 371–84.
- Coates J ve Herbert J (2007). Endogenous steroids and financial risk taking on a london trading floor. *PNAS* 105(16):6167–6172.
- Custodio, P. (2010). Use of EEG as a Neuroscientific Approach to Advertising Research. *Nature Reviews. Neuroscience*, 11(4) 284-292.
- Day M., Boardman M.C. ve Krueger N.F. (2017). *Handbook of Research Methodologies and Design in Neuroentrepreneurship*. In Colosio, M., Bellavitis, C., and Gorin, A.A., "Human psychophysiological and genetic approaches in neuroentrepreneurship". Elgar Publishing, Massachusetts.
- Day M., Boardman M.C. ve Krueger N.F. (2017). *Handbook of Research Methodologies and Design in Neuroentrepreneurship*. In Holan P.B. and Couffe C., "Unpacking neuroentrepreneurship: conducting entrepreneurship research with EEG Technologies". Elgar Publishing, Massachusetts.
- Ernst, B. ve M. Steinhauser (2015), "Effects of invalid feedback on learning and feedback-related brain activity in decision-making," *Brain and Cognition*, 99, 78–86.
- Eser, Z., Isin, F. B. ve Tolon, M. (2011). Perceptions of marketing academics, neurologists, and marketing professionals about neuromarketing. *Journal of Marketing Management*, 27(7-8), s. 854-868.
- Gani, M., Reza, S., Rabi, M. ve Reza, S. (2015). *Neuromarketing: Methodologies of Marketing Science*. *International Journal of Business and Management Study – IJBMS*, Volume 2: Issue 2 294-298.
- Guiso, L. ve Rustichini, A. (2011). Understanding the size and profitability of firms: The role of a biological factor (European University Institute Working Paper ECO 2011-01). Retrieved from <http://cadmus.eui.eu/handle/1814/15642>.
- Martin de Holan, P., E. Ortiz-Terán, A. Turrero ve T. Alonso (2013), "Towards neuroentrepreneurship? Early evidence from a neuroscience study," *Frontiers of Entrepreneurship Research*, 33 (5); <http://digitalknowledge.babson.edu/fer/vol33/iss5/12>.
- Hoskisson, R.E., J. Covin, H.W. Volberda ve R.A. Johnson (2011), "Revitalizing entrepreneurship: the search for new research opportunities," *Journal of Management Studies*, 48 (6), 1141–68; <http://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2010.00997.x>
- Krueger, N. (2000). The cognitive infrastructure of opportunity emergence. *Entrepreneurship Theory & Practice*, 24(3): 5–23.
- Krueger, N. ve Brazeal, D. (1994). Entrepreneurial potential and potential entrepreneurs. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 18(3): 91–104.
- Krueger, N., Reilly, M. ve Carsrud, A. (2000). Competing models of entrepreneurial intentions. *Journal of Business Venturing*, 15(5/6): 411–532.
- Krueger, N. ve I. Welp (2008), "Experimental entrepreneurship: a research prospectus and workshop," paper presented at the USASBE Annual Conference, San Antonio, TX, 10–13 January.
- Krueger, N. (2011). Neuroentrepreneurship: what can entrepreneurship educators (& practitioners) learn from neuroscience? December, 2011. *NeuroPsychoEconomics Conference Proceedings*.
- Krueger, N. ve I. Welp (2014), "Neuroentrepreneurship: what can entrepreneurship learn from neuroscience?" in M.H. Morris (ed.), *Annals of Entrepreneurship Education and Pedagogy*, Cheltenham, Edward Elgar, pp. 60–90.
- Lawrence, A., Clark, L., Labuzetta, N.J. ve Sahakian, B. (2008). *The Innovative Brain*. *Nature*, 456, 168-169.
- Laureiro-Martínez, D., N. Canessa, S. Brusoni, M. Zollo, T. Hare, F. Alemanno ve S.F. Cappa (2014), "Frontopolar cortex and decision-making efficiency: comparing brain activity of experts with different professional background during an exploration/exploitation task," *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 927; <http://doi.org/10.3389/fnhum.2013.00927>.
- McMullen, J.S., Wood M.S. ve Palich L.E. (2014), "Entrepreneurial cognition and social cognitive neuroscience," in J.R. Mitchell, R. Mitchell, and B. Randolph-Seng (eds), *Handbook of Entrepreneurial Cognition*, vol. 29, Cheltenham, UK/Northampton, MA: Edward Elgar, pp. 723–40.
- Miljkovic, M. ve Alcakovic, S. (2010). *Neuromarketing: Marketing research future*. Menadzment, Marketing, Trgovina, 274-883.
- Mitchell, R.K., ve Chesteen, S.A. (1995). Enhancing entrepreneurial expertise: Experiential pedagogy and the new venture expert script. *Simulation & Gaming*, 26(3), 288–306.
- Mitchell, R. K., Smith, B., Morse, E., Seawright, K., Peredo, A., ve McKenzie, B. (2002). Are entrepreneurial cognitions universal? *Entrepreneurship Theory and Practice*, 27(2).
- Mitchell, R.K., Busenitz, L., Bird, B., Gaglio, C., McMullen, J., ve Morse, E. (2007). The central question in entrepreneurial cognition research. *Entrepreneurship Theory & Practice*, 31(1), 1–27.
- Morin, C. (2011). *Neuromarketing: The New Science of Consumer Behavior*. Symposium: Consumer Culture In Global Perspective Springer Science+Business Media, s. 131-135.
- Ngrams, (2020). Analiz Raporları, <https://books.google.com/ngrams/>Erişim:29.12.2020
- Nicolaou, N. ve S. Shane (2014), "Biology, neuroscience, and entrepreneurship," *Journal of Management Inquiry*, 23 (1), 98–100.
- Nicolaou, N., Patel, P. C. ve Wolfe, M. T. (2018). Testosterone and Tendency to Engage in Self-Employment. *Management Science*.
- Nofal, A. M., Nicolaou, N. ve Symeonidou, N. (2017). *Biology and Entrepreneurship*. In G. Ahmetoglu, T. Chamorro-Premuzic, B. Klinger and T. Karcisky (Eds.), *The Wiley Handbook of Entrepreneurship*: Wiley.
- Nordqvist, C. (2014), "What is neuroscience?" *Medical News Today*, <http://www.medicalnewstoday.com/>. Erişim:29.12.2020

- Ortiz-Terán, E., A. Turrero, J.M. Santos, P.T. Bryant, T. Ortiz, E. Ortiz-Terán ve T. Ortiz (2014), "Brain cortical organization in entrepreneurs during a visual Stroop decision task," *Clinical, Cosmetic and Investigational Dentistry*, 6, 45–56.
- Patel, P.C. ve J.O. Fiet (2010), "Enhancing the internal validity of entrepreneurship experiments by assessing treatment effects at multiple levels across multiple trials," *Journal of Economic Behavior and Organization*, 76, 127–40.
- Peelen, M.V., ve Kastner, S. (2014). Attention in the real world: toward understanding its neural basis, *Trends in Cognitive Sciences*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.tics>.
- Perez, V. (2017), "Brain-driven entrepreneurship research: a review and research agenda," in M. Day, M. Boardman, and K. Norris (eds), *Handbook of Research Methodologies and Design in Neuro-entrepreneurship*, Cheltenham: Edward Elgar.
- Poldrack, R. A. (2008). The role of fMRI in cognitive neuroscience: Where do we stand? *Current Opinion in Neurobiology*, 18, 223-227.
- Santos, Susana C., Sílvia F. Costa, Xaver Neumeier ve António Caetano. (2016). Bridging Entrepreneurial Cognition Research and Entrepreneurship Education: What and How. In *Annals of Entrepreneurship Education and Pedagogy*, ed. Michael H. Morris and Eric Liguori, 83–108. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
- Sarasvathy, D.K., Simon, H.A. ve Lave, L. (1998). Perceiving and managing business risks: Differences between entrepreneurs and bankers, *Journal of Economic Behavior & Organization*, 33(2), 207–25.
- Shane, S. (2000). Prior knowledge and the discovery of entrepreneurial opportunities. *Organization Science*, 11(4), 448–69.
- Shane, S. (2003). *A General Theory of Entrepreneurship: The Individual–Opportunity Nexus*. Cheltenham, UK and Northampton, MA, USA: Edward Elgar.
- Shapiro, A., (1985). Why entrepreneurship? *Journal of Small Business Management*, 23(4): 1–5.
- Shapiro, A. ve Sokol, L. (1982). The social dimensions of entrepreneurship. In *The Encyclopedia of entrepreneurship*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Singh, R.P. ve Ronch, J.L. (2011). Changing Entrepreneurial Cognitive Processes with Age: A Conceptual Discussion Based on Neuroscience. *Journal of Marketing Development and Competitiveness*, Vol. 5(6), 94-103.
- Soon, C.S., M. Brass, H.-J. Heinze ve Haynes J.-D. (2008), "Unconscious Determinants of Free Decisions In The Human Brain," *Nature Neuroscience*, 11 (5), 543–5; <http://doi.org/10.1038/nn.2112>.
- Simon, H. 1997/1963. *Administrative Behaviour* (4th ed.). New York: Free Press.
- Şeşen, H. ve Basım, N. (2012). Demografik Faktörler ve Kişiliğin Girişimcilik Niyetine Etkisi: Spor Bilimleri Alanında Öğrenim Gören Üniversite Öğrencileri Üzerine Bir Araştırma. *Ege Akademik Bakış*, 12, s. 21-28.
- Theodoridis, A. G. ve Nelson, A. J. (2012). Of BOLD claims and excessive fears: A call for caution and patience regarding political neuroscience. *Political Psychology*, 33, 27-43.
- Toga, A.W. ve P.M. Thompson (2005), "Genetics of brain structure and intelligence," *Annual Review of Neuroscience*, 28 (1), 1–23.
- Treadway MT, Buckholtz JW, Schwartzman AN, Lambert WE, Zald DH (2009) Worth the 'EEfRT'? The Effort Expenditure for Rewards Task as an Objective Measure of Motivation and Anhedonia. *PLoS ONE* 4(8): e6598.
- Treadway, M. T., Buckholtz, J. W., Cowan, R.L., Woodward, N.D., Li, R., Ansari, M.S., Baldwin, R. M., Schwartzman, A. N., Kessler, R. M. ve Zald, D. H. (2012). Dopaminergic Mechanisms of Individual Differences in Human Effort-based decision-making. *The Journal of Neuroscience*, 32 (18), 6170–6176.
- Tumasjan, A., Welpel, I.M., and Spörrle, M. (2012). Easy now, desirable later: The moderating role of temporal distance in opportunity evaluation and exploitation. *Entrepreneurship Theory and Practice*, 37(4), 859–88.
- White, R.E., Thornhill S. ve Hampson, E. (2006). Entrepreneurs and evolutionary biology: The relationship between testosterone and new venture creation. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 100, 21–34.
- Wood, M.S. ve D.W. Williams (2014), "Opportunity evaluation as rule-based decision making," *Journal of Management Studies*, 51 (4), 573–602; <http://doi.org/10.1111/joms.12018>.
- Wolfe, M. T. ve Patel, P. C. (2017). Two Are Better Than One: Cortisol As a Contingency In The Association Between Epinephrine and Self-employment. *Journal of Business Venturing Insights*, 8: 78-86.
- Zaro, M.A., Fagundes, L.C., Rocha, F.T. and Nunes, W.S. (2016). Cognitive brain mapping used in the study of entrepreneurial behavior – pilot test with the use of electroencephalogram-EEG during the process of identification of business opportunities. *American Journal of Educational Research*, 2016, 4 (6), 472-478.
- Zhang, Z., M.J. Zyphur, J. Narayanan, R.D. Arvey, S. Chaturvedi, B.J. Avolio ve G. Larsson (2009), "The genetic basis of entrepreneurship: effects of gender and personality," *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 110 (2), 93–107.



Tatlı Sorgum (*Sorghum Bicolor* (L)) Biyokütlesinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi

Ömer Eren^{1*}, Hasan Huseyin Öztürk²

^{1*} Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Hatay, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4578-3187), oren@mku.edu.tr
² Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Müh. Bölümü, Adana, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6904-5539), hhozturk@cu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.852286)

ATIF/REFERENCE: Eren, Ö. & Öztürk H. H. (2021). Tatlı Sorgum (*Sorghum Bicolor* (L)) Biyokütlesinin Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi ile Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 195-203.

Öz

Enerji bitkileri, fosil yakıt tüketimini ve sera gazı emisyonlarını azaltma da ümit vadeden biyoyakıtların hammaddelerindedir. Kuraklığa dayanıklı olan ve marjinal alanlarda kısa bir sürede yetiştirilebilen tatlı sorgum bu enerji bitkilerinden biridir. Bu çalışmada, tatlı sorgum (*Sorghum Bicolor* (L)) biyokütlesi üretimindeki çevresel etkiler belirlenmiştir. Tatlı sorgum üretiminin çevresel etkileri yaşam döngüsü değerlendirmesiyle değerlendirilmiştir. Çevresel etki kategorileri, CML 2001 metodolojisine göre on kategoriye ayrılmıştır. Sonuçta, tatlı sorgum üretiminde ortalama kuru biyokütle verimi 9135 kg ha⁻¹ ve biyokütlenin kalorifik (ısı) değeri ise 18.53 MJ kg⁻¹ olarak saptanmıştır. Biyokütle üretimi amacıyla tatlı sorgum yetiştirilmesinin yaşam döngüsü etki değerlendirmesine göre, en fazla çevresel etkinin % 51.03 oranıyla, deniz canlılarının ekotoksitesine sebep olduğu belirlenmiştir. Yaşam döngüsü yorumlanmasına göre de, % 80.02 oranıyla yerel etkiye sebep olduğunda saptanmıştır. Ayrıca, küresel ısınma değeride, 0.114 kg CO₂-eş kg^{biyokütle}⁻¹ (1043.51 kg CO₂-eş ha⁻¹) olarak hesaplanmıştır. Yetiştiricilikteki gübre uygulamalarının çevresel etkileri oldukça olumsuz etkilediği de tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda belirlenen bu bulgulara bağlı olarak, mevcut üretimin iyileştirilmesine yönelik çözüm önerileri de verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokütle, Energy crops, Kalorifik (Isı) Değer, Tatlı sorgum, Yaşam döngüsü değerlendirme

Determination of Environmental Impacts with Life Cycle Assessment of Sweet Sorghum (*Sorghum Bicolor* (L)) Biomass

Abstract

Energy crops are among the raw materials of biofuels that are promising to reduce fossil fuel consumption and greenhouse gas emissions. Sweet sorghum, which is drought resistant and can be grown in marginal areas in a short time, is one of these energy crops. In this study, environmental effects on sweet sorghum (*Sorghum Bicolor* (L)) biomass production were determined. Environmental effects of sweet sorghum production were evaluated by life cycle assessment. Environmental impact categories are divided into ten categories according to the CML 2001 methodology. As a result, the average dry biomass yield in sweet sorghum production and higher calorific (heating) value of biomass were determined as 9135 kg ha⁻¹ and 18.53 MJ kg⁻¹, respectively. According to the life cycle impact assessment of sweet sorghum cultivation for biomass production, it was determined that the highest environmental impact was 51.03%, causing the marine aquatic ecotoxicity. According to the life cycle interpretation, it has been determined that it causes local effect with a rate of 80.02%. Also, the value of global warming was calculated as 0.114 kg CO₂-eq kg^{biomass}⁻¹ (1043.51 kg CO₂-eq ha⁻¹). It has also been determined that fertilizer applications in breeding have an extremely negative impact on environmental effects. Based on these findings determined because of the study, solution suggestions for improving the current production are also given.

Keywords: Biomass, Enerji bitkileri, Calorific (Heating) Value, Sweet sorghum, Life cycle assessment

* Sorumlu Yazar: oren@mku.edu.tr

1. Giriş

Türkiye’de son 10 yılda toplam yenilenebilir enerji üretim kapasitesi yaklaşık olarak % 156 oranında artmıştır (IRENA, 2020). Birincil enerji kaynağı içindeki yenilenebilir enerji kaynaklarının payı, IRENA (2017) yılı göstergelerine göre % 13’lere çıkmıştır. Bu yenilenebilir enerji kaynaklarının % 15’ni biyoenerji kaynakları oluşturmaktadır.

Biyoenerji, biyokütle yakıtlardan (biyoyakıt) elde edilen enerjidir. Biyokütle yakıtlar, canlı organizmada bulunan ve C bazlı ürünlerden üretilen organik (biyokütle, bioetanol ve biyogaz) yakıtlardır. Enerji bitkileri, hayvan atıkları ve kentsel katı atıklar biyoyakıtların kaynaklarıdır. Bu yakıtlar, fosil yakıt tüketimini ve sera gazı emisyonlarını azaltma da da ümit vadeden yakıtlardır.

Tatlı sorgum (*Sorghum Bicolor* (L)), C4 metabolizmasına sahip, tek yıllık, hızlı büyüyen bir enerji bitkisidir. Aynı zamanda çok etkili bir kök sistemine sahiptir. Bu kök sistemi sayesinde kuraklığa dayanıklıdır ve su gereksinimi düşüktür (Köppen ve ark, 2009). Enerji bitkisi olmasının yanında, ekmek yapımında, konsantr şurup üretiminde ve yem bitkisi kaynağı olarak da kullanılabilir.

Biyoyakıt üretimi sürdürülebilir olmalıdır; yani çevresel, sosyal, ekonomik ve enerji bakımından uygulanabilir olmalıdır. Biyoyakıtlar, kırsal alanlarda (ve komşu belediyelerde) işleme tesislerinin varlığı nedeniyle sosyoekonomik fayda sağlama potansiyeline de sahiptir, ekonomik dinamizmi teşvik eder, istihdam yaratır ve ayrıca diğer ilgili endüstrileri de etkiler (Gilio ve Moraes, 2016; Moraes ve ark., 2016).

Biyoyakıt kaynağı olan enerji bitkileri, tarımsal üretim sistemlerinde üretilir. Tarımsal üretim sistemlerinde çevresel etkileri azaltmak ve enerji tasarrufu sağlamak amacıyla tarımsal girdilerin kullanımını optimize etmek önemli bir gerekliliktir. Tarımsal üretim sistemlerinde kaynakların etkin kullanımı ve enerji etkinliği ile ilgili çalışmalar da (Mutlu, 2020; Baran ve Gökdoğan, 2020; Karaağaç ve ark., 2019) önem arz etmektedir.

Tarımsal üretimdeki çevresel etkileri azaltabilmek için çevresel etkileri belirlemek gerekir. Bu çevresel etkileri belirlemede tarımsal yaşam döngüsü değerlendirme (YDD) yönteminden faydalanılmaktadır. Tarımsal YDD, toprağın işlenmesinden ürünün hasat edilmesine kadar geçen süreçteki tarımsal üretim sistemindeki girdilerin çevreye etkilerinin, çevresel etki kategorileri bazında belirlenmesi ile ilgili bir yöntemdir. Dünya’da tarımsal YDD ile ilgili ilk çalışmalar, 1993 yılında Weidama tarafından tarımsal YDD ile ilgili seminerler verilerek başlamıştır. 1995-1997 yılları arasında, Avrupa komisyonunun AIR3-CT94-2028 uyumlu eylemi kapsamında, buğday üretiminde uygulanan üç farklı yetiştirme şeklinin (geleneksel, entegre ve organik) çevresel etkilerini birbirleriyle kıyaslayarak belirlemek amacıyla tarımsal YDD yönteminden faydalanmışlardır. Daha sonraları araştırmalar iyi tarım uygulamaları için genişletilerek tarımsal YDD’ler yapılmış ve ülkeler kendi destekledikleri projelerle tarımsal YDD veri tabanları oluşturmuşlardır (Eren, 2011).

Tarımsal ürünlerin üretim sırasında oluşturduğu çevresel etkileri belirlemek amacıyla yapılan bazı tarımsal YDD çalışmalarında; ayçiçeği (Vatsanidou ve ark., 2020), dallı darı (Miller ve ark., 2020), enerji bitkileri (Christoforou ve ark., 2016), mısır (Frank ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2018; Boone ve ark.,

2016) ve yulaf (Vatsanidou ve ark., 2020) ürünlerinin üretimi sırasında oluşturdukları çevresel etkileri belirlemişlerdir.

Bu çalışma, tatlı sorgum (*Sorghum Bicolor* (L)) biyokütlesi üretimi sırasında oluşan çevresel etkileri belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çevresel etkileri belirlemede tarımsal YDD yönteminden faydalanılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Deneme Arazisi

Denemeler, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği (Adana) arazisinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Deneme arazisi

Akdeniz ikliminin hâkim olduğu deneme alanında, deneme dönemlerindeki (mayıs, haziran, temmuz, ağustos ve eylül ayları) toplam yağış miktarı 83 mm ve ortalama sıcaklık ise yaklaşık 26.8 °C civarında olmuştur. Tatlı sorgumun yetiştirilmesi süresince 20-35 °C sıcaklık isteği ve 500-600 mm su ihtiyacı olmaktadır (Guiying ve ark., 2003). Deneme süresince, deneme alanındaki mevsimsel sıcaklık bitkinin ihtiyaç duyduğu sıcaklığı karşılamıştır. Ama, yeterli kadar yağış olmadığından bitkinin su ihtiyacı karşılanamamış ve yetiştirme süresince sulamaya ihtiyaç duyulmuştur. Deneme arazisinin toprak analizi sonuçlarına göre; toprağın pH değeri (7.32), bitkinin yetiştirilebilmesi için gerekli olan ideal pH değeri (5.0-8.5) arasında bir değer olarak belirlenmiştir. Toprağın P₂O₅ içeriği 2.56 kg da⁻¹ olarak ölçülmüş ve yetersiz olarak belirlenmiştir. Dolayısıyla üretim sırasında P₂O₅ gübresi atılmıştır. Toprağın K₂O içeriği 106.30 kg da⁻¹ olarak ölçülmüş ve toprak için yeterli görülmüş, üretim sırasında K₂O gübresinin atılmasına gerek duyulmamıştır.

2.1.2. Tatlı Sorgum Üretimi Kültürel Uygulamaları

Tatlı sorgum üretimindeki kültürel uygulamalar ve bakım işleri aşağıdaki gibi gerçekleştirilmiştir.

Toprak işleme: Toprak, 20-25 cm derinlikte pullukla sürülmüş ve daha sonra toprakta oluşan kesekler goble diskaroyla parçalanmıştır. Son olarak ise toprak tapanla düzeltilmiştir.

Ekim: Mayıs ayının ilk haftasında, sıra arası 45 cm ve sıra üzeri 20 cm alınarak, pnömatik ekim makinasıyla 4-5 cm derinliğe birim alana (ha) 5 kg olacak şekilde ekim yapılmıştır.

Bakım: Ekim sırasında pnomatik ekim makinasının gübreleme ünitesiyle birim alana (ha) 200 kg olacak şekilde toprak altına 20-20-0 (DAP) gübresi atılmıştır. Daha sonra, ara çapa işlemi sırasında gübreli ara çapa makinasıyla birim alana (ha) 400 kg olacak şekilde AN (% 33) gübresi de atılmıştır. Ekimden 45 gün sonra ve bitkinin boyu 35 cm olduğunda, ara çapa makinasıyla çapalama yapılarak yabancı ot mücadelesi yapılmıştır. Bitkiler, 1 m boylanıncaya kadar 7 gün arayla ve 1 m boylandıktan sonra hasat gününe kadar 12 gün arayla yağmurlama ünitesiyle birim alana (ha) toplam 680 m³ sulama yapılmıştır. .

Hasat: Eylül ayının ilk haftasında ve bitki tam olum dönemine (tohumun nem içeriği % 8-12) geldiğinde, tamburlu çayır biçme makinasıyla bitki hasat edilmiştir. Anız boyu 5 cm bırakılmıştır.

2.2. Metot

2.2.1. Tatlı Sorgum Biyokütlesinin Isıl Değerinin Belirlenmesi

Biyokütle, bitki hasat edildikten ve tohumlar salkımlarından ayrıldıktan sonra arta kalan kuru ürün olarak tanımlanmıştır. Biyokütle, sap, yaprak ve tohumuz salkımlardan oluşmuştur. Biyokütle miktarı da kuru biyokütlenin birim alan (ha) başına kütlesi olarak hesaplanmıştır.

Biyokütlenin üst ısıl değeri (HHV (MJ kg_{KM}⁻¹)), Yin (2011)'in bulmuş olduğu eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır.

$$HHV = 0.2949 \times C + 0.8250 \times H \quad (1)$$

Burada;

C : Kuru biyokütlenin karbon içeriği (%),
H : Kuru biyokütlenin hidrojen içeriğidir (%).

C ve H içerikleri, TÜBİTAK-MAM Enerji Enstitüsünde yaptırılan elementel analiz sonuçlarına göre belirlenmiştir.

McKendry (2002)'ye göre biyoyakıt olarak kullanılan kuru biyokütlerde hiç nem bulunmadığı varsayılmaktadır. Bu nedenle kuru biyokütle için hesaplanan HHV değerleri, alt ısıl değere (LHV) eşit kabul edilmektedir. Bu varsayımdan yola çıkarak, tatlı sorgum biyokütlesinin HHV değeri LHV değerine eşit olarak alınmıştır.

2.2.2. Çevresel Etkilerin Belirlenmesi

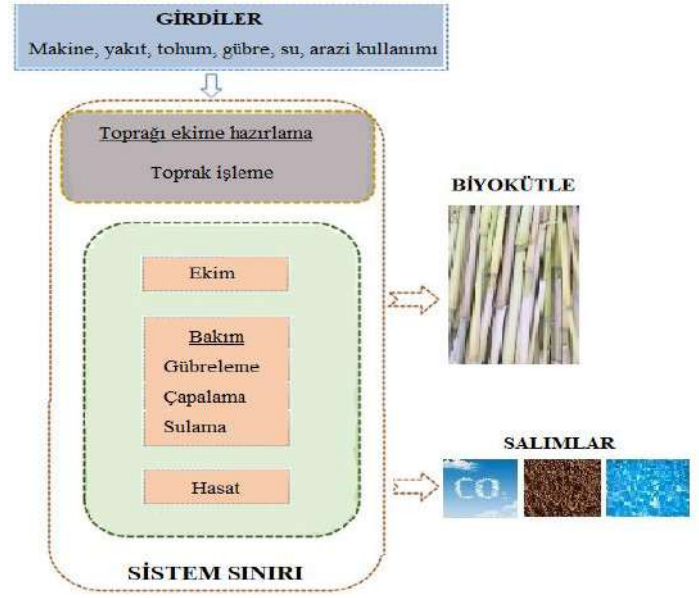
Tatlı sorgum biyokütlesi üretiminde oluşan çevresel etkilerin belirlenmesinde tarımsal yaşam döngüsü değerlendirmesi (YDD) yönteminden yararlanılmıştır. Tarımsal YDD, tarımsal aktivitelerin çevresel etkilerini belirlemek amacıyla, YDD yönteminin beşikten mezara kadar (cradle to grave) değil de sadece beşikten kapıya kadar (cradle to gate) uygulanmasıdır. Elde edilen tarımsal ürün, başka bir ürünün hammaddesi olduğu için YDD ürün elde edilmesine kadar yapılır.

Tarımsal YDD, TSE 14040 standartına göre amaç ve kapsam tanımı, envanter analizi, etki değerlendirme ve yorumlama olmak üzere dört ana adımda gerçekleştirilmiştir.

i. Amaç ve Kapsam Tanımı

Tarımsal YDD'ye göre, Adana'da tatlı sorgum biyokütlesi üretim sisteminde üretim sırasındaki kültürel uygulamalar ve bakım işlemlerinden dolayı oluşan çevresel etkilerin belirlenmesi amacıyla bu çalışma yapılmıştır. Çalışmanın sonuçları ile çiftçiler, ziraat odaları, akademisyenler ve yerel politikacılar biyokütle üretimiyle ilgili olumlu ya da olumsuz çevresel etkiler, kültürel uygulamalar ve bakım işlemlerinin optimize edilebilecek

kısımları hakkında bilgilendirilmiş olacaktır. Belirlenen amaç doğrultusunda, Şekil 2'deki bir sistem sınırı tanımlanmıştır.



Şekil 2. Üretim sisteminin sistem sınırları

Tanımlanan sistem sınırına göre, kullanılan tarım makinaları, yakıt kullanımı, gübre kullanımı, tohum, sulamada su kullanımı girdi olarak kabul edilmiştir. Çıktı olarak da hasat edilen ürünün biyokütlesi ve emisyonlar (havaya, toprağa ve suya) kabul edilmiştir.

Fonksiyonel birim, değerlendirmedeki etki kategorilerini ve tüm verileri normalleştirerek referans sağlayan bir birimdir. Tarımsal YDD'lerde farklı fonksiyonel birimler seçilebilir. Tarımsal YDD ile ilgili birçok literatür çalışması incelendiğinde, fonksiyonel birim olarak birim alanın (1 ha) kabul edildiği saptanmıştır. Bu çalışmada, fonksiyonel birim olarak, tatlı sorgum yetiştirme alanı (1 ha) ve kuru biyokütle miktarı (1 kg_{biyokütle}) kabul edilmiştir.

ii. Yaşam Döngüsü Envanter Analizi (YDEA)

Üretim sisteminin YDEA'nın yapılabilmesi için aşağıda verilmiş olan genel varsayımlarda bulunulmuştur.

- Deneme arazisindeki tarla eğimsiz ve ekilebilir bir arazidir.
- Deneme arazisinde sulu tarım yapılmaktadır. Ama drenaj sistemi bulunmamaktadır.
- Deneme arazisinin toprağının kil içeriği % 51 (killi bünyeli) ve organik madde (humus) içeriği % 1.5 olarak analiz edilmiştir.
- Bitkinin potansiyel kök derinliği, El Bassam (2010)'a göre 190 cm kabul edilmiştir.
- Deneme arazisinin, tarla toprağının aşınım faktörü (K faktörü) orta düzeyde olduğu için göz ardı edilmiştir.
- Denemeler sırasınca mineral gübreleme (20-20-0 DAP ve % 33 AN) yapılmıştır.
- Toprak erozyonunu ve amonyak kayıplarını önlemek için makine kullanılmamıştır.

Daha sonra, üretim sisteminin envanterleri çıkarılmıştır. Üretim sistemindeki kütle dengesi envanter (üretim sırasında kullandığımız tarımsal girdiler ve çıktılar) değerleri Tablo 1'de ve kullanılmış olan makinaların/traktörlerin envanter verileri ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Kütle Dengesi Envanteri

Girdiler	Birim	Hektar başına miktar (birim ha ⁻¹)
Arazi kullanımı	ha	1.00
Dizel Yakıt	l	92.60
Gübre (Amonyum Nitrat %33)	kg	400.00
Gübre (20-20-0)	kg	200.00
Su	m ³	680.00
Tohum	kg	5.00
Çıktılar		
Biyokütle	kg	9135.00

Tablo 2. Tarım Makinaları ve Traktör Envanterleri

Makina	Kütle (kg)	Ekonomik Ömür (h)	İş Genişliği (m)	Yakıt Tüketimi (L ha ⁻¹)
<u>New Holland (95 BG) Traktör</u>	3770	10000	-	-
Pulluk	1220	2000	1.10	36.90
Goble Diskaro	2220	2000	2.10	17.40
Tapan	1300	2000	3.50	7.00
Ekim Makinası	1900	1500	2.10	13.30
<u>John Deere (53 BG) Traktör</u>	2300	10000	-	-
Ara Çapa Makinası	720	2000	2.10	8.00
Tamburlu Çayır Biçme Makinası	370	2000	1.65	10.00

iii. Yaşam Döngüsü Etki Değerlendirmesi (YDED)

YDEA'den elde edilen sonuçlara göre, biyokütlenin üretim sisteminin çevresel etkilerinin değerlendirilmesinde, ISO 14040 Standartlarına uygun olarak 2001 yılında Leiden Üniversitesi Çevre Bilimleri Merkezindeki birkaç bilim insanı tarafından geliştirilen CML 2001 metodolojisinden yararlanılmıştır.

Potansiyel çevresel etkiler (karakterizasyon değerleri), CML 2001 metodolojisi baz alınarak SimaPro 7 yazılımıyla hesaplanmıştır. Bu CML 2001 metodolojisi, küresel ısınma potansiyeline ek olarak abiyotik bozunma, asitleşme, ötrofikasyon, ozon tabakasının incelmeye, fotokimyasal oksidasyon, insan zehirlenmesi, kara canlılarının ekotoksitesitesi, temiz su canlılarının ekotoksitesitesi ve deniz canlılarının ekotoksitesitesinden oluşan 9 adet daha çevresel etki kategorileri içermektedir.

Karakterizasyon değerleri hesaplandıktan sonra yazılımda normleştirme yapılarak normleştirme değerleri hesaplanmıştır. Etki kategorilerini kendi aralarında değerlendirebilmek için normleştirme yapılmıştır.

iv. Yorumlama

Normleştirme değerlerine göre, tatlı sorgum biyokütlesi üretim sisteminin küresel, bölgesel ve yerel ölçekte etkileri değerlendirilerek yorumlama yapılmıştır.

Küresel etkisini değerlendirebilmek için küresel ısınma potansiyeli, ozon tabakasının incelmeye ve abiyotik bozunma değerlerinden, bölgesel etkilerini değerlendirebilmek için fotokimyasal oksidasyon ve asitleşme değerleri ve yerel etkilerini değerlendirebilmek için ise ötrofikasyon ve insan/canlıların zehirlenmeleri dikkate alınmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Isıl Değer

TÜBİTAK-MAM'da yaptırılan elementel analizi sonuçlarına göre, tatlı sorgum biyokütlesinin karbon (C), oksijen (O₂), Hidrojen (H), azot (N) ve kükürt (S) içerikleri sırasıyla % 47.68, % 40.03, % 5.42, % 0.60 ve % 0.15 olarak belirlenmiştir. Kısa analiz sonuçlarına göre; uçucu madde, bağlı karbon, nem ve kül miktarları sırasıyla % 70.54, % 16.72, % 7.06 ve % 5.69 olarak saptanmıştır

Bu elementel analiz sonuçlarına göre, % 47.68 oran ile C biyoküttelede en fazla bulunan element olarak saptanmıştır. Biyokütteledeki C içeriği, daha önce 86 adet farklı biyokütle (Vassilev ve ark., 2010) için bulunan (% 42-71) değerler arasında ve katı fosil yakıtların (% 56-87) değerlerinin oldukça altında tespit edilmiştir. Biyokütlesindeki C içeriği nedeniyle tatlı sorgum biyokütlesi, sera gazı salımlarının yoğunluğunu ve biyoyakıtın ısıl değerini, yüksek C içeriğine sahip biyoyakıtlara göre azaltıcı bir etkiye sahiptir. Bu sonucun yanında, % 0.15 oran ile S biyoküttelede en az bulunan element olarak saptanmıştır. Biyokütteledeki S içeriği, daha önce 86 adet farklı biyokütle (Vassilev ve ark., 2010) için bulunan (% 0.01-2.3) değerleri arasında ve katı fosil yakıtların (% 0.2-9.8) değerlerinin altında tespit edilmiştir. Biyokütlesindeki S içeriği nedeniyle tatlı sorgum biyokütlesi, biyoyakıtın yanmasından dolayı oluşan asitleşme gibi çevreyi kirletme etkisine, yüksek S içeriğine sahip biyoyakıtlara göre azaltıcı bir etkiye de sahiptir.

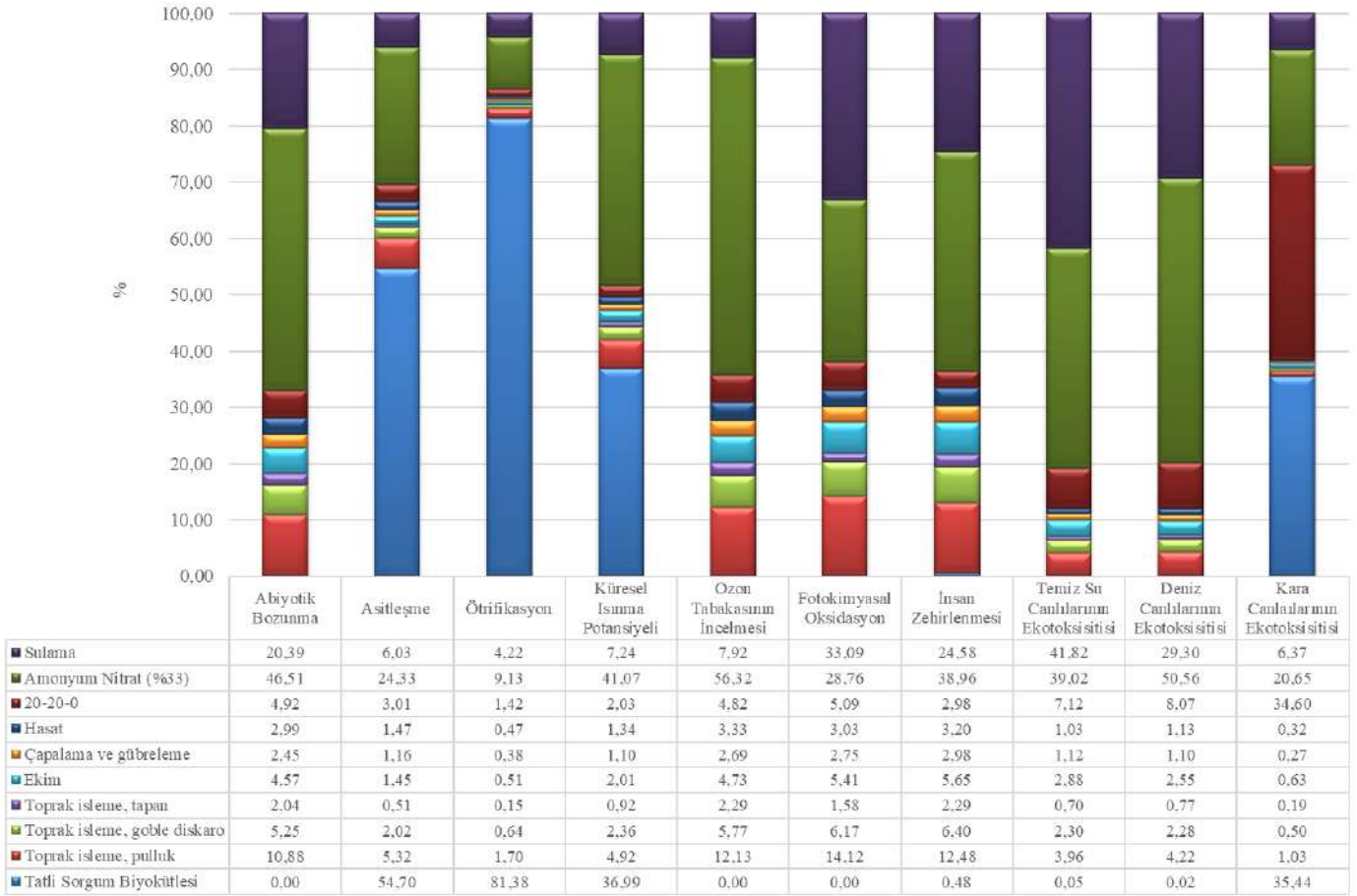
Biyokütlenin HHV değeri 18.53 MJ kg⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Biyokütlenin HHV'si kuru ürüne göre belirlendiği için LHV değeri de 18.53 MJ kg⁻¹ kabul edilmiştir. Literatürde (Yin, 2011), buğday samanının, mısır sapının ve pamuğun HHV değerlerinin sırasıyla, 17.99 MJ kg⁻¹, 17.93 MJ kg⁻¹ ve 17.40 MJ kg⁻¹ olarak hesaplandıkları saptanmıştır. Tatlı sorgum biyokütlesinin HHV değeri (18.53 MJ kg⁻¹), literatürdeki değerlerden yüksek olarak tespit edilmiştir.

3.2. Potansiyel Çevresel Etkiler

3.2.1. Karakterizasyon Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tablo 3. Tatlı sorgum biyokütlesi üretiminin yaşam döngüsü etki göstergeleri (üretilen ürünün fonksiyonel birimi başına)

Etki Kategorileri	BİRİM	Birim $\text{kg}_{\text{biyokütle}}^{-1}$	Birim ha^{-1}
Abiyotik Bozunma	kg Sb-eş	0.0003163	2.89
Asitleşme	kg SO_2 -eş	0.0005456	4.89
Ötrofikasyon	kg PO_4 -eş	0.0004493	4.10
Küresel ısınma potansiyeli	kg CO_2 -eş	0.1142321	1043.51
Ozon tabakasının incelməsi	kg CFC11-eş	0.0000000561	0.000051
Fotokimyasal oksidasyon	kg C_2H_4 -eş	0.00000503	0.05
İnsan zehirlenmesi		0.0289497	264.46
Temiz su canlılarının ekotoksitesitesi	kg 1.4-DCB-eş	0.0085001	77.65
Deniz canlılarının ekotoksitesitesi		0.0071871	65.65
Kara canlılarının ekotoksitesitesi		0.00001257	0.12



Şekil 3. Karakterizasyon değerlerinin %'lik olarak karşılaştırılması

Tatlı sorgum biyokütlesi üretiminin etki değerlendirmesi sonucunda, Tablo 3'teki karakterizasyon değerleri ve Şekil 3'teki grafik elde edilmiştir. Tablo 3 ve Şekil 3 birlikte değerlendirildiğinde;

- Abiyotik bozunma etkisi, $0.0003163 \text{ kg Sb-eş kg}_{\text{biyokütle}}^{-1}$ olarak hesaplanmış ve en fazla sebep olan kültürel uygulama AN gübre uygulaması (% 46.51) olarak saptanmıştır.

- Asitleşme etkisi, $0.0005456 \text{ kg SO}_2\text{-eş kg}_{\text{biyokütle}}^{-1}$ olarak hesaplanmış ve bu etkiye en fazla sebep olanın tatlı sorgum biyokütlesi (% 54.70) olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebi, bitkinin biyolojik aktiviteleri yani dokularının küçük toprak

canlıları tarafından ayrıştırılması sonucunda üretilen organik asitlerin toprakta artmasıdır. Wang ve ark. (2014) ise bu değeri, $0.00927 \text{ kg SO}_2\text{-eş kg}_{\text{biyokütle}}^{-1}$ olarak hesaplamışlardır.

- Ötrofikasyon etkisi, $0.0004493 \text{ kg PO}_4\text{-eş kg}_{\text{biyokütle}}^{-1}$ olarak hesaplanmış ve bu etkiye en fazla sebep olanın tatlı sorgum biyokütlesi (% 81.38) olduğu belirlenmiştir. Bunun sebebi, bitkinin yetiştirilmesi sırasında gübrelemeden kaynaklı nitratı bünyesinde fazla tutamadığı ve tutulmayan nitratın toprağa süzülmesinden kaynaklandığı sonucuna varılmıştır. Wang ve ark. (2014) ise bu değeri, $0.0035 \text{ kg PO}_4\text{-eş kg}_{\text{biyokütle}}^{-1}$ olarak hesaplamışlardır.

- Küresel ısınma potansiyeli, 0.1142321 kg CO₂-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplanmış ve en fazla sebep olan kültürel uygulama AN gübre uygulaması (% 41.07) olarak saptanmıştır. Wang ve ark. (2014) ise bu değeri, 0.517 kg CO₂-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplamışlardır.

- Ozon tabakasının incilmesi, 0.0000000561 kg CFC11-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplanmış ve en fazla sebep olan kültürel uygulama AN gübre uygulaması (% 56.32) olarak saptanmıştır.

- Fotokimyasal oksidasyon, 0.00000503 kg C₂H₄-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplanmış ve en fazla sebep olan kültürel uygulama sulama (% 33.09) olarak saptanmıştır. Wang ve ark. (2014) ise bu değeri, 0.00005474 kg C₂H₄-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplamışlardır.

- İnsan zehirlenmesi, 0.0289497 kg 1.4-DCB-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplanmış ve en fazla sebep olan kültürel uygulama AN gübre uygulaması (% 38.96) olarak saptanmıştır. Wang ve ark. (2014) ise bu değeri, 0.04085 kg 1.4-DCB-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplamışlardır.

- Temiz su canlılarının ekotoksitesitesi, 0.0085001 kg 1.4-DCB-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplanmış ve en fazla sebep olan kültürel uygulama sulama (% 41.82) olarak saptanmıştır. Wang ve ark. (2014) ise bu değeri, 0.023895 kg 1.4-DCB-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplamışlardır.

- Deniz canlılarının ekotoksitesitesi, 0.0071871 kg 1.4-DCB-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplanmış ve en fazla sebep olan kültürel uygulama AN gübre uygulaması (% 50.36) olarak saptanmıştır. Wang ve ark. (2014) ise bu değeri, 0.45675 kg 1.4-DCB-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplamışlardır.

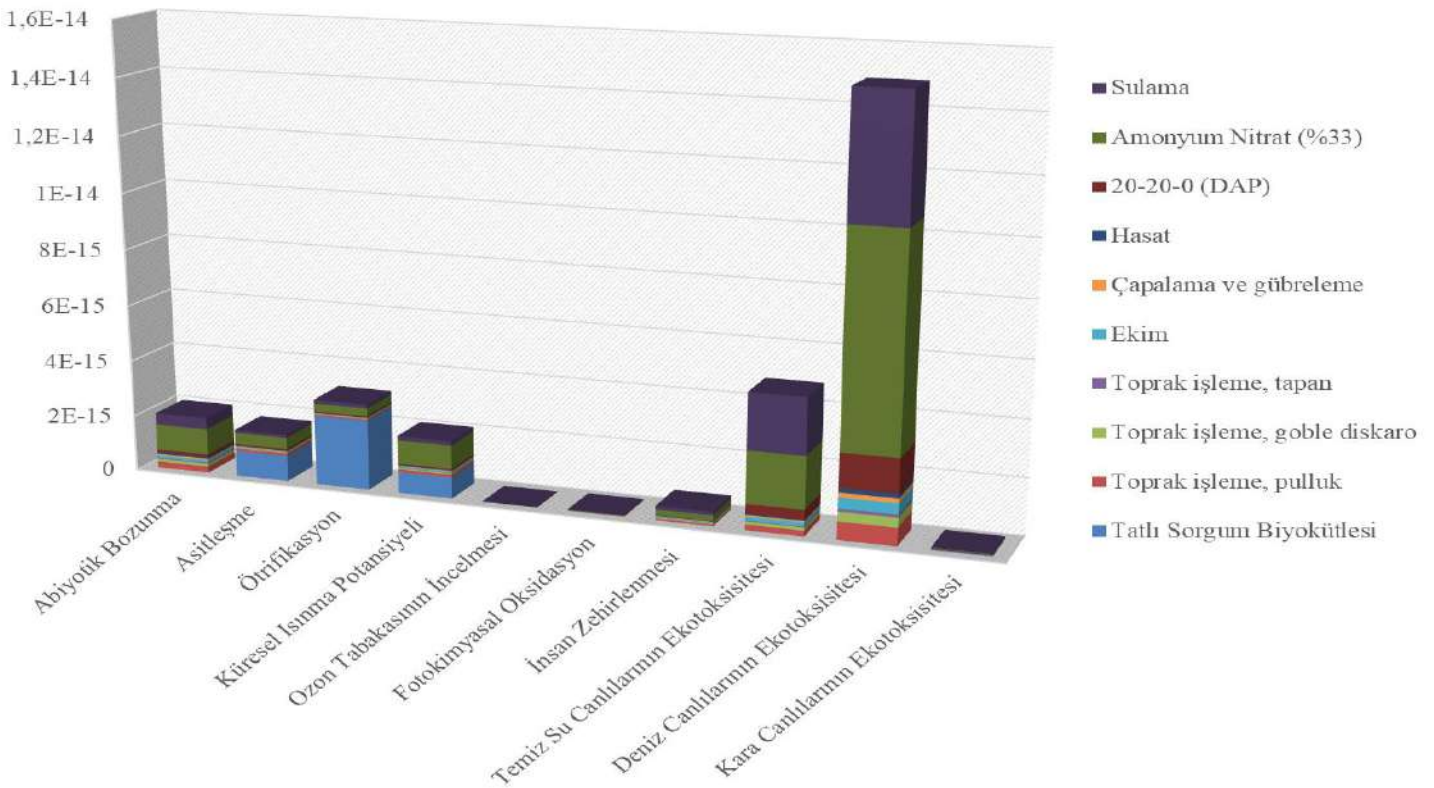
- Kara canlılarının ekotoksitesitesi, 0.00001257 kg 1.4-DCB-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplanmış ve bu etkiye en fazla sebep olanın tatlı sorgum biyokütlesi (% 35.44) olduğu belirlenmiştir. Wang ve ark. (2014), 0.003886 kg 1.4-DCB-eş kg_{biyokütle}⁻¹ olarak hesaplamışlardır.

3.2.2. Normalleştirme Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Çevresel etkilerin kendi aralarında kıyaslanabilmesi için normalleştirme yapılmıştır. Normalleştirme sonuçlarıyla etki kategorileri kendi aralarında kıyaslanmış (Şekil 4) ve %'lik olarak dağılımları değerlendirilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Etki kategorilerinin kendi aralarında kıyaslanmalarının %'lik dağılımı

Etki Kategorileri	%
Abiyotik Bozunma	6.93
Asitleşme	5.81
Ötrofikasyon	10.56
Küresel ısınma potansiyeli	7.07
Ozon tabakasının incilmesi	0.03
Fotokimyasal oksidasyon	0.20
İnsan zehirlenmesi	1.75
Temiz su canlılarının ekotoksitesitesi	16.30
Deniz canlılarının ekotoksitesitesi	51.03
Kara canlılarının ekotoksitesitesi	0.32
<i>Toplam</i>	<i>100.00</i>



Şekil 4. Normalleştirme değerlerinin etki kategorileri bazında karşılaştırılması

Tablo 4 ve Şekil 4 birlikte değerlendirildiğinde, tatlı sorgum biyokütlesi üretiminin % 51.03 ile deniz canlılarının ekotoksitesitesine daha çok sebep olduğu belirlenmiştir. Deniz canlılarının ekotoksitesitesini sırasıyla temiz su canlılarının ekotoksitesitesi (% 16.30) ve ötrofikasyon (% 10.56) etkilerinin

takip ettikleri saptanmış ve üretim sistemin de etkileri % 2.00'den küçük çıkan insan zehirlenmesi, kara canlılarının ekotoksitesitesi, fotokimyasal oksidasyon ve ozon tabakasının incilmesi etkilerinin de gözardı edilebileceği tespit edilmiştir.

3.2.3. Yorumlama

Küresel Ölçekte Etkiler

Üretim sisteminde küresel ölçekte etkiye sebep olan etkiler kendi aralarında değerlendirildiğinde (Şekil 5), küresel ölçekte en fazla sebep olan etkinin küresel ısınma potansiyeli (% 51.00) olduğu tespit edilmiştir. Küresel ısınma potansiyelini ise en çok AN gübre uygulamasının (% 41.07) arttırdığı saptanmıştır (Şekil 3). Bu nedenle; kutuplarda erime, rüzgar ve okyanus hareketlerinde değişimler ve mevsimlerde farklılık gibi iklimsel değişiklikler görülebilir.



Şekil 5. Etki kategorilerinin küresel ölçekte olan etkilerinin dağılımı

Küresel ölçekte etkiye sebep olan diğer bir etkinin de abiyotik bozunma (% 48.78) etkisi olduğunda saptanmıştır. Abiyotik bozunmayı ise en çok AN gübre uygulamasının (% 46.51) arttırdığı da belirlenmiştir (Şekil 3). Bu nedenle; yakın bir gelecekte doğal kaynakların tükenme/azalma ihtimali olabilir.

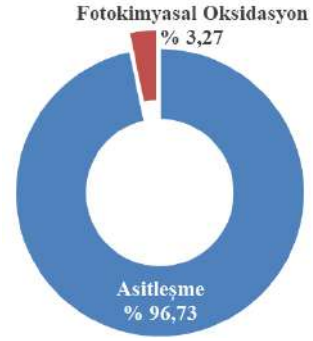
Hem küresel ısınma potansiyelini hem de abiyotik bozunmaya sebep olan küresel ölçekteki etkileri azaltmak amacıyla, üretim sisteminde sürdürülebilir gübreleme yapılmalıdır.

Ayrıca ozon tabakasının incelmesinin küresel ölçekteki etkisinin, göz ardı edilebilecek bir seviyede (% 0.22) olduğunda tespit edilmiştir.

Bölgesel Ölçekte Etkiler

Üretim sisteminde bölgesel ölçekte etkiye sebep olan etkiler kendi aralarında değerlendirildiğinde (Şekil 6), bölgesel ölçekte etkiye en fazla sebep olan etkinin asitleşme (% 96.73) olduğu tespit edilmiştir. Asitleşmeyi ise en çok tatlı sorgum biyokütlesinin (% 54.70) arttırdığı saptanmıştır (Şekil 3). Bu nedenle; biyokütlenin yetiştirildiği bölgenin topraklarında ve sulak alanlarında asitleşme görülebilir.

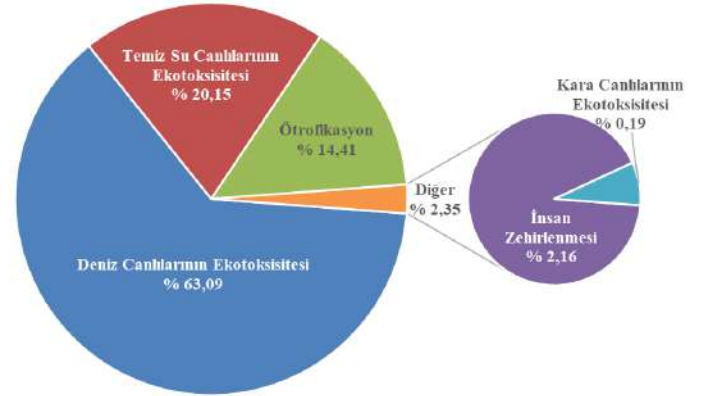
Ayrıca fotokimyasal oksidasyonun bölgesel ölçekte olan etkisinin, göz ardı edilebilecek bir seviyede (% 3.27) olduğunda tespit edilmiştir.



Şekil 6. Etki kategorilerinin bölgesel ölçekte olan etkilerinin dağılımı

Yerel Ölçekte Etki

Üretim sisteminde yerel ölçekte etkiye sebep olan etkiler kendi aralarında değerlendirildiğinde (Şekil 7), küresel ölçekte en fazla sebep olan etkinin deniz canlılarının ekotoksitesitesinin (% 63.09) olduğu tespit edilmiştir. Deniz canlılarının ekotoksitesitesini ise en çok AN gübre uygulamasının (% 50.56) arttırdığı saptanmıştır (Şekil 3). Bu nedenle; biyokütlenin yetiştirildiği lokaldeki deniz canlılarında bir azalma görülebilir ve biyoçeşitlilik değişebilir.

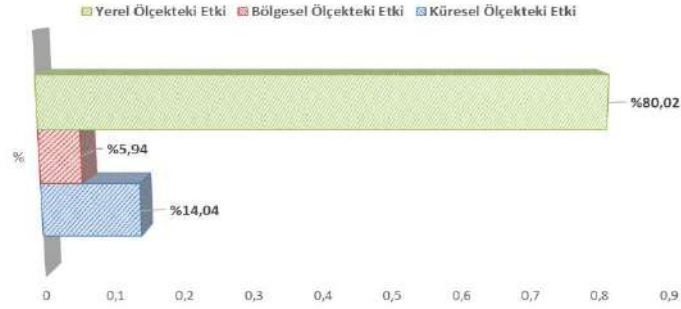


Şekil 7. Etki kategorilerinin yerel ölçekte olan etkilerinin dağılımı

Yerel etkiyi en fazla etkileyen deniz canlılarının ekotoksitesitesi dışında, temiz su canlılarının ekotoksitesitesi (% 20.15) ve ötrofikasyon da (% 14.41) sebep olmaktadır. Temiz su canlılarının ekotoksitesitesinin artmasına sulama (% 41.82) ve AN gübre uygulamaları (% 39.02) neden olmaktadır (Şekil 3). Bu nedenle; biyokütlenin yetiştirildiği yerdeki temiz su canlıları azalabilir/tükenebilir ve biyoçeşitlilik değişebilir. Ötrofikasyonun artmasına ise en fazla tatlı sorgum biyokütlesi (% 81.38) neden olmuştur (Şekil 3). Aşırı nitrat süzülmesi sebebiyle; biyokütlenin yetiştirildiği lokaldeki göllerde/nehirlerde aşırı bitki büyümesi olur ve biyoçeşitlilik zarar görebilir.

Ayrıca insan zehirlenmesi ve kara canlılarının ekotoksitesitesinin yerel ölçekte olan etkilerinin de göz ardı edilebilecek bir seviyede (sırasıyla % 2.16 ve % 0.19) olduklarında tespit edilmiştir.

Bütün ölçekteki etkiler birlikte değerlendirildiğinde (Şekil 8), tatlı sorgum biyokütlesi üretiminin en fazla yerel ölçüde etkiye (% 80.02) sebep olduğu saptanmıştır.



Şekil 8. Etki ölçeklerinin birbirleri ile kıyaslanması

Yerel ölçekteki etkiyi, küresel ölçekteki etki (% 14.04) ve bölgesel ölçekteki etkilerin (% 5.94) takip ettikleride tespit edilmiştir.

4. Sonuç

Tatlı sorgum üretiminde ortalama kuru biyokütle verimi 9135 kg ha⁻¹ saptanmış ve ısı değeri 18.53 MJ kg⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Biyokütle üretimi amacıyla tatlı sorgum yetiştirilmesinin tarımsal yaşam döngüsü etki değerlendirmesinin normalleştirilmiş değerlerinin %'lik dağılımına göre, en fazla çevresel etkinin % 51.03 oranıyla deniz canlılarının ekotoksitesine sebep olduğu belirlenmiştir. Tarımsal yaşam döngüsü yorumlanmasına göre, üretimin % 80.02 oranıyla yerel etkiye sebep olduğu saptanmıştır. Ayrıca, küresel ısınma potansiyeli de 0.114 kg CO₂-eş kg^{biyokütle}⁻¹ (1043.51 kg CO₂-eş ha⁻¹) olarak hesaplanmıştır.

Normalleştirme sonuçlarına göre; gübre uygulamalarının (yaklaşık % 50 oranla) en fazla çevre kirleticiler oldukları belirlenmiştir. Bu nedenle, toprak analizleri iyi yapılmalı, gübre uygulamalarını azaltıcı önlemler alınmalıdır. Sulama yapılmasının gübre uygulamalarından sonra yaklaşık % 25 oranla çevreyi kirlenmekte ikinci sırada geldiği saptanmıştır. Bu nedenle, bitkinin yetişme sürecindeki su gereksinimi iyi araştırılmalıdır. Sulama teknolojileri çevresel etkilerini azaltıcı bir biçimde optimize edilmelidir. Literatürlerde biyokütle ürünlerinin çevreyi kirlenmediği bildirilmesine rağmen yapılan değerlendirme sonucunda tatlı sorgum biyokütlesinin, asitleşmeye, küresel ısınma potansiyeline, kara canlılarının ekotoksitesine ve ötrofikasyona neden olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle, birçok ürünle ilişkili tarımsal YDD'leri yapılarak ürünlerin yetiştirilmesi sürecindeki çevresel etkileri saptanmalıdır. Özellikle, Türkiye için tarım ürünleri bazında tarımsal YDD envanteri veri tabanlarının oluşturulması ile ilgili çalışmalar artırılmalıdır.

Ek Bilgi

Bu çalışma, doktora tez çalışmasından türetilmiştir. Ayrıca 13. Uluslararası Tarım Makinaları ve Enerji Kongresinde (13-15 Eylül 2017 / İzmir) İngilizce ve sözlü özet olarak sunulmuştur.

Kaynakça

- 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.
- Boone, L., Van Linden, V., De Meester, S., Vandecasteele, B., Muylle, H., & ark. (2016). Environmental life cycle assessment of grain maize production: An analysis of factors causing variability. *Science of The Total Environment*, 553, 551-564.
- Christoforou, E., Fokaides, P. A., Koroneos, C. J. & Lucia R. (2016). Life cycle assessment of first generation energy crops in arid isolated island states: The case of Cyprus. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 14, 1-8.
- Eren, Ö. (2011). *Çukurova Bölgesinde Tatlı Sorgum (Sorghum Bicolor (L.) Moench) Üretiminde Yaşam Döngüsü Enerji ve Çevresel Etki Analizi*. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- El Bassam, N. (2010). *Handbook of Bioenergy Crops A Complete Reference to Species Development and Applications*. ISBN: 978-1-84407-854-7
- Frank M., Laginess T. & Schöneboom J. (2020) *Social life cycle assessment in agricultural systems – U.S. corn production as a case study*. In: Traverso M., Petti L., Zamagni A. (eds) *Perspectives on Social LCA*. SpringerBriefs in Environmental Science. Springer, Cham.
- Gilio L. & Moraes M. A. F. D. (2016) Sugarcane industry's socioeconomic impact in São Paulo, Brazil: A spatial dynamic panel approach. *Energy Econ*, 58, 27–37.
- Guiying, L., Weibin, G., Hicks, A. & Chapman, K. R. (2003). *A training manual for sweet sorghum. development of sweet sorghum for grain, sugar, feed, fiber, and value-added by-products, in the arid, saline-alkaline regions of China*. FAO - TCP/CPR/0066.
- IRENA (2017). *Energy Profile (Turkey)*. https://www.irena.org/IRENADocuments/Statistical_Profiles/Eurasia/Turkey_Eurasia_RE_SP.pdf erişim: 31.12.2020
- IRENA (2020). *Renewable Energy Statistics 2020*. ISBN 978-92-9260-246-8
- 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.
- Köppen, S., Reinhardt, G. & Gartner, S. (2009). Assessment of energy and greenhouse gas inventories of sweet sorghum for first and second generation bioethanol. *Environment and Natural Resources Management Series*, 30, FAO, Rome.
- McKendry, P. (2002). Energy production from biomass (Part 1): Overview of biomass. *Bioresource Technology*, 83, 37–46.
- Miller, S. A., Sharp, B. E., Chamberlain, J. F., Sarkar, S. & Keerthi, S. (2020). Exploring adoption price effects on life cycle inventory results. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 25, 1078-1087.
- Moraes M. A. F. D., Piedade Bachi M. R. & Caldarelli C. E. (2016) Accelerated growth of the sugarcane, sugar, and ethanol sectors in Brazil (2000–2008): effects on municipal gross domestic product per capita in the south-central region. *Biomass Bioenergy*, 91, 16–125.

- Mutlu, N. (2020). Tarımsal üretim için entegre kaynak verimliliği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , 20, 293-298.
- Vassilev, S.V., Baxter, D., Andersen, L.K. & Vassileva, C.G.. 2010. An overview of the chemical composition of biomass. *Fuel*, 89, 913-933.
- Vatsanidou, A., Kavalaris, C., Fountas, S., Katsoulas, N. & Gemtos, T. (2020). A life cycle assessment of biomass production from energy crops in crop rotation using different tillage system. *Sustainability*, 12, 6978.
- Wang, M., Chen, Y., Xia, X., Li, J. & Liu, J. (2014). Energy efficiency and environmental performance of bioethanol production from sweet sorghum stem based on life cycle analysis. *Bioresource Technology*, 163, 74-81.
- Yin, C. Y. (2011). Prediction of Higher Heating Values of Biomass from Proximate and Ultimate Analyses. *Fuel*, 90, 1128-1132.
- Zhang, W., He, X., Zhang, Z., Gong, S., Zhang, Q., & ark. (2018). Carbon footprint assessment for irrigated and rainfed maize (*Zea mays* L.) production on the Loess Plateau of China. *Biosystems Engineering*, 167, 75-86.



Zamansal Evrişimli Ağlarla Siber Saldırı Tespiti: Karşılaştırmalı Bir Analiz

Berna Çakır¹, Pelin Angin^{2*}

¹ Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9610-459X), bernacakir01@gmail.com

^{2*} Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6419-2043), pangin@ceng.metu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.848784)

ATIF/REFERENCE: Çakır, B. & Angin, P. (2021). Zamansal Evrişimli Ağlarla Siber Saldırı Tespiti: Karşılaştırmalı Bir Analiz. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 204-211.

Öz

Son yıllarda Nesnelerin İnterneti paradigmasının hızlı yükselişi ve bu yükselişin yarattığı büyük siber saldırı yüzeyi, otomatik saldırı tespit sistemlerinin önemini arttırmıştır. Özellikle daha önce gözlenmemiş sıfırıncı gün saldırılarının tespitinde klasik imza tabanlı saldırı tespit sistemleri yetersiz kalmaktadır. Bu durum siber güvenlik araştırmacılarını özellikle anomali tespiti için makine öğrenme tabanlı yöntemlere yönlendirmiştir. Literatürde derin öğrenme yöntemlerini bilgisayar ağlarında saldırı tespiti için kullanan birçok yöntem önerilmiş ve yüksek başarımlar elde edilmiştir. Yakın zamanda ilk olarak videolarda aksiyon segmentasyonu için önerilen zamansal evrişimli ağlar (TCN), zaman serisi içeren öğrenme görevlerinde yüksek başarımlar elde ettiği halde, siber saldırı tespiti alanındaki etkinlikleri detaylı analiz edilmemiştir. Bu çalışmada TCN'nin saldırı tespiti konusunda başarımlarını irdelenmiştir. TCN'nin hem ikili sınıflandırma hem de anomali tespiti problemlerindeki başarımları, birçok saldırı tespiti probleminde yüksek başarımlar elde etmiş tekrarlayan sinir ağları ve tam bağlı sinir ağları yöntemleriyle kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar TCN'nin yüksek doğruluklu saldırı tespiti için ümit vaat eden bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Derin sinir ağları, Zamansal evrişimli ağlar, Saldırı tespiti.

Cyber Attack Detection Using Temporal Convolutional Networks: A Comparative Analysis

Abstract

The rapid rise of the Internet of Things paradigm in recent years and the large attack surface created by this rise have increased the importance of automated detection of cyber attacks. Legacy signature-based intrusion detection systems are inadequate in detecting especially zero-days, which are attacks previously unobserved in computer networks. This has directed cyber security researchers towards machine learning based methods, especially for anomaly detection. Intrusion detection methods based on deep learning algorithms have been proposed, achieving high performance in a variety of tasks. Recently, temporal convolutional networks (TCN) were proposed for action segmentation in videos and have achieved great success in a variety of learning tasks on time series data. Their performance in intrusion detection tasks has not been analyzed in depth though. In this paper we analyze the performance of TCN for attack detection in networks. We compare the performance of TCN in both binary classification and anomaly detection problems with the performance of recurrent neural networks and fully connected feedforward neural networks. The results demonstrate that TCN is a promising method for high-accuracy attack detection.

Keywords: Deep neural networks, Temporal convolutional networks, Attack detection.

* Sorumlu Yazar: pangin@ceng.metu.edu.tr

1. Giriş

Son yıllarda Nesnelerin İnterneti paradigmasının hızlı yükselişi ve bu yükselişin yarattığı büyük siber saldırı yüzeyi, otomatik saldırı tespit sistemlerinin önemini arttırmıştır. Özellikle daha önce gözlenmemiş sıfırcı gün saldırılarının tespitinde klasik imza tabanlı saldırı tespit sistemleri yetersiz kalmaktadır. Bu durum siber güvenlik araştırmacılarını özellikle anomali tespiti için makine öğrenme tabanlı yöntemlere yönlendirmiştir. Geçtiğimiz yıllarda derin öğrenme alanında yaşanan gelişmeler, birçok alanda (Eldem, 2020; Erduman vd., 2020) gözlemlenen yüksek başarımdan sonra bilgisayar ağlarında saldırı tespiti için de derin öğrenme yöntemlerini popüler bir araç haline getirmiştir.

Alanyazında derin öğrenme yöntemlerini bilgisayar ağlarında saldırı tespiti için kullanan birçok yöntem önerilmiştir (Thapa vd., 2020; Su vd., 2020). Gao vd. (2014) saldırı tespiti için derin inanç ağlarına dayalı bir model geliştirmiş ve destek vektör makineleri (SVM) ve çok katmanlı algılayıcılara (MLP) kıyasla üstün performansını göstermişlerdir. Derin sinir ağları ve spektral kümelemeden oluşan hibrit bir model Ma vd. (2016) tarafından önerilmiştir. Bu model NSL-KDD veri kümesinde %72 doğruluk elde etmiştir. Chuan-long vd. (2017), zaman bağımlılıkları olan verilerde saldırı tespitinde tekrarlayan sinir ağları (RNN) kullanmayı önermiş ve başarılı sonuçlar elde etmiştir. Yin vd. (2017) RNN tabanlı saldırı tespit modelleriyle KDD Cup'99 veri kümesinde yüksek doğruluk elde etmişlerdir. Evrişimli sinir ağları (CNN) tabanlı bir saldırı tespit modeli Li vd. (2017) tarafından önerilip, NSL-KDD üzerinde başarılı sonuçlar elde etmiştir. Behera vd. (2018) ağlarda izinsiz giriş tespiti için yine CNN kullanımını önermiş ve NSL-KDD veri kümesinde yüksek doğruluk elde etmiştir. Ayrıca, yaklaşımlarının sıfırcı gün saldırılarını tespit edecek şekilde uyarlanabileceğini de belirtmişlerdir. Özel bir RNN yapısı olan uzun kısa-süreli bellek ağları (LSTM) tabanlı bir model Li vd. (2019) tarafından NSL-KDD veri kümesinde denenmiş ve %83 doğruluk ve F-1 skoru elde etmiştir. Vinayakumar vd. (2019) tarafından derin sinir ağlarını kullanan ölçeklenebilir, hibrit bir saldırı tespit yaklaşımı önerilmiştir. Dağıtılmış derin sinir ağları tabanlı modelin, bir dizi kıyaslama üzerinde geleneksel makine öğrenme tabanlı sınıflandırıcılardan daha iyi performans elde ettiği gösterilmiştir. Lopez-Martin vd. (2020), NSL-KDD'de %80,10 doğruluk sağlayan, denetimsiz saldırı tespiti için koşullu değişken otomatik kodlayıcı tabanlı bir model önermiştir.

Lea vd. (2016) tarafından ilk olarak videolarda aksiyon segmentasyonu için önerilen zamansal evrişimli ağlar (TCN), bu alanın yanı sıra uydu görüntülerinden zaman serisi tahminlemesi (Yan vd., 2020), dinamik tavsiye sistemleri (You vd., 2019), fizyolojik zaman serilerinde hastalık tespiti (Sandhiya ve Palani, 2020) gibi alanlarda da yüksek başarımlı sonuçlar elde etmiştir. TCN'yi şimdiye kadar siber saldırı tespiti alanında uygulamış çok az çalışma bulunmaktadır (Li vd., 2019) ve derin öğrenme alanında nispeten yeni olan bu modelin ağ saldırısı tespitinde önemli metriklerin tamamı temelinde farklı modellerle karşılaştırmalı analizi yapılmamıştır.

Bu çalışmada, alanyazındaki diğer derin öğrenme algoritmalarına kıyasla yeni bir yöntem olan TCN'nin, bilgisayar ağlarında saldırı tespiti konusunda başarımlı irdelenmiştir. TCN'nin hem ikili sınıflandırma hem de anomali tespiti problemlerindeki başarımlı, birçok saldırı tespiti probleminde yüksek başarımlı elde etmiş tekrarlamalı sinir ağları ve tam bağlı

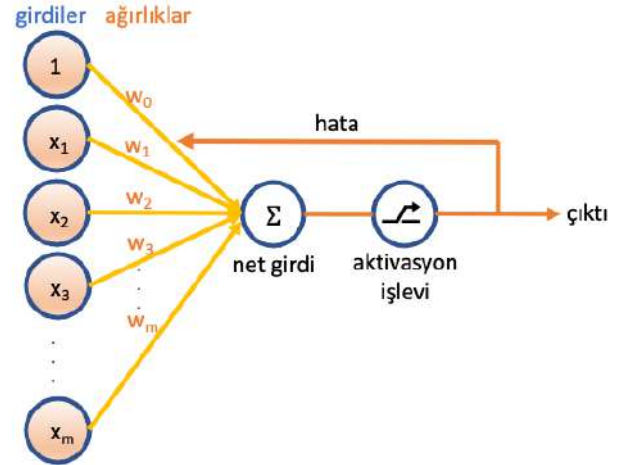
sinir ağları yöntemleriyle kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlar TCN'nin yüksek doğruluklu saldırı tespiti için ümit vaat eden bir yöntem olduğunu göstermektedir.

2. Materyal ve Metot

Bu bölümde öncelikle derin sinir ağları ve bu çalışmada karşılaştırılan çeşitleri anlatılmış, zamansal evrişimli ağların yapısı açıklanmıştır.

2.1. Yapay Sinir Ağları

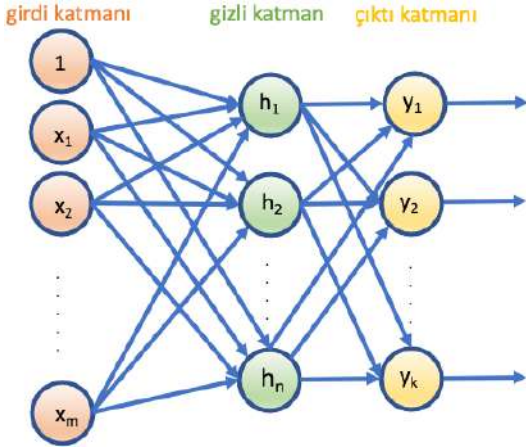
Yapay sinir ağları, tasarımı insan beyninin işleyişine benzeyen özel bir makine öğrenme modelleri kategorisidir. Sinyaller tarafından aktifleştirilen/engellenen karmaşık nöron ağları aracılığıyla bilginin işlenmesini ve iletilmesini simüle ederler (Goodfellow vd., 2016). Sinir ağı yapılarının ilk örneklerinden biri, bir çıkışa bağlı tek bir giriş katmanı içeren basit *algılayıcıdır*. Algılayıcı, Şekil 1'de gösterildiği gibi, bir aktivasyon işlevi ve bir dizi ağırlık kullanarak, nöronlardaki en basit süreçleri temsil eder. Bir algılayıcı ile makine öğrenimi, ağırlıkların her bir giriş düğümüne rastgele atanmasını ve çıktı değerini üretmek için giriş değerlerinin ağırlıklı toplamının bir etkinleştirme işlevi aracılığıyla geçişini içerir. Ağırlıklar eğitim süreci boyunca birden çok yinelemeyle ayarlanır ve eğitim sürecinin amacı çıktıdaki toplam hatayı en aza indirmektir. Hata, olması gereken çıktı ile model tarafından hesaplanan çıktı arasındaki fark olarak hesaplanır.



Şekil 1. Basit algılayıcı mimarisi

Çok katmanlı algılayıcılar (MLP), Şekil 2'de gösterildiği gibi, giriş ve çıkış katmanları arasında bir dizi gizli katman içeren ileri beslemeli sinir ağlarıdır. Şekil 2, her bir giriş düğümü her gizli düğümüne ve benzer şekilde her gizli düğüm her çıkış düğümüne bağlı, tek bir gizli katmana sahip, tam bağlı bir sinir ağını göstermektedir. Tam bağlı sinir ağı daha fazla gizli katmandan oluştuğunda, gizli bir katmandaki her düğüm, bir sonraki gizli katmandaki her düğümüne bağlanacaktır. Şekilde görüldüğü gibi, düğümleri birbirine bağlayan her kenar, minimum çıktı hatasını elde etmek için eğitim süreci boyunca güncellenen bir ağırlığa sahiptir. Her katmandaki gizli nöronların sayısı, giriş ve çıkış katmanları nöronlarının sayısından farklı olabilir. Ağ eğitimi, her bir yinelemede kenarların ağırlıklarını güncelleyen bir geri yayılma algoritması (Goodfellow vd., 2016) çalıştırmayı içerir. Giriş düğümlerinin sayısına giriş öznitelikleri vektörünün boyutuna göre karar verilirken, çıkış düğümlerinin sayısına öğrenme görevinin ne olduğuna (örn. çok sınıflı sınıflandırma, regresyon, ikili sınıflandırma vb.) göre karar

verilir. Bilgisayar ağlarında saldırı tespiti alanında uygulanması halinde, bu görev birkaç şekil alabilir. Örneğin, yalnızca saldırı varlığının tespiti için ikili sınıflandırma kullanılması görevinde çıktı, girdi verisinin normal ve saldırı sınıflarına ait olma olasılıkları; saldırı tiplerinin tespiti görevinde ise çıktının her bir saldırı sınıfına ve normal sınıfa ait olma olasılıkları olarak hesaplanır. Bir anomali tespiti görevinde ise modelin çıktısı, girdilerin eğitildiği sistem normalinden ne derece saptığını gösterecektir.



Şekil 2. Çok katmanlı sinir ağı mimarisi

Bir sinir ağının belirli bir girdi için doğru çıktıyı tahmin etme yeteneğini ölçmek için, *kayıp fonksiyonu* adı verilen bir fonksiyon kullanılır. Kayıp fonksiyonu, gerçek çıktı ile ağ tarafından tahmin edilen çıktı arasındaki farkı ölçer. En çok kullanılan kayıp fonksiyonlarından biri Ortalama Kare Hata (MSE)'dir (Goodfellow vd., 2016):

$$MSE(y, y') = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y'_i - y_i)^2 \quad (1)$$

Burada y gerçek çıktı değeri, y' model tarafından hesaplanan çıktı değeridir.

Başka bir kayıp fonksiyonu, ikili çapraz entropidir (BCE):

$$BCE(y, y') = -\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i \log(y'_i) + (1 - y_i)(1 - \log(y'_i))) \quad (2)$$

Bir yapay sinir ağını eğitmenin amacı, kenarların ağırlık ve önyargı değerlerini ayarlayarak, seçilen kayıp fonksiyonunun çıktısını en aza indirmektir. Eğitim, örnek verileri girdi ve çıktı çiftleri olarak alan geri yayılım adı verilen denetimli bir eğitim algoritması kullanılarak yapılır. Eğitim algoritması, ağı ağırlıklarını rastgele seçerek başlar. Daha sonra kayıp en aza indirilene kadar iki faz, *ileri geçiş* ve *geri geçiş*, tekrarlanır.

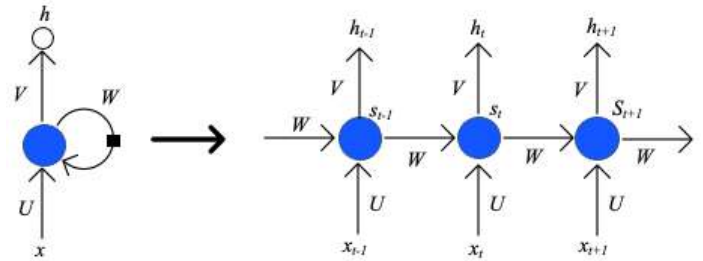
İleri geçiş aşamasında, ağı çıktısı ve kayıp fonksiyonunun değeri hesaplanır. Daha sonra geriye doğru geçiş aşamasında, ağırlıkların nasıl güncelleneceği ve böylece kaybın nasıl azaltılacağı bulunmakta ve ağırlıklar az miktarda güncellenmektedir. Kaybı azaltmak için ağırlıkların nasıl güncelleneceğini belirlemekte gradyan iniş algoritması kullanılır. Gradyan, bir ağırlık parametresi güncellendiğinde kayıp değerindeki değişiklik olarak tanımlanır. Gradyan iniş algoritması, zincir kuralı kullanarak kayıp fonksiyonuna göre her ağ parametresinin gradyanlarını hesaplar ve kayıp değerinin nasıl azaltılacağını belirlemek için gradyan yönünü kullanır.

Derin sinir ağları modelleri, yapay sinir ağlarındaki gizli katman sayısının klasik çok katmanlı algılayıcılara göre çok daha fazla olabildiği modellerdir. Tam bağlı ileri beslemeli bir derin sinir ağı (FCN), bir gizli katmandaki her nöron bir sonraki katmandaki her nörona bağlıdır ve ağı içinde döngüler (tekrarlamalar) bulunmamaktadır.

2.1.1. Tekrarlayan Sinir Ağları

İleri beslemeli sinir ağları, veri içindeki her örneğin birbirinden bağımsız olduğunu varsayar. Ancak bu varsayım her zaman doğru değildir. Doğal dil işleme, zaman serisi sınıflandırması vb. alanlarda veri noktaları arasında zaman içinde nedensel bir bağımlılık vardır. Bir siber saldırının ardışık adımlarının yarattığı ağ trafiğini veri olarak kabul ettiğimizde, yine veri noktaları arasında nedensel bir bağımlılık olacaktır. Diğer birçok makine öğrenme algoritmasına benzer ileri beslemeli sinir ağları, bu tür bağımlılıkları görmezden gelir. Tekrarlayan sinir ağları (RNN), bu bağımlılıkları gözönünde bulundurmak için ileri beslemeli sinir ağlarının genişletilmiş bir versiyonudur.

RNN, sıralı veriler üzerinde çalışır ve diziyi işlerken, dizideki geçmiş öğeler hakkındaki bilgileri saklar. Bunu yapmak için, RNN, değeri dizinin geçmiş öğeleri tarafından belirlenen gizli bir durum parametresi tutar. RNN mimarisi Şekil 3'te gösterilmektedir.



Şekil 3. Tekrarlayan sinir ağları (RNN) mimarisi

RNN, veri dizisinde t zaman adımındaki elemanı işlerken $t-1$ zaman adımındaki gizli durumu kullanır. Bir RNN'nin çıktısını hesaplamak için şu formül kullanılır:

$$s_t = \sigma(Ux_t + W s_{t-1} + b_s) \quad (3)$$

$$h_t = \sigma(Vx_t + b_h)$$

Bu formülde σ aktivasyon fonksiyonu, x_t , t anındaki girdi ve s_{t-1} gizli durumun önceki adımdaki girdisidir. Ağı t zamanındaki durumu ve çıktısı bu değerler kullanılarak hesaplanır. U , ileri besleme ağlarına benzer şekilde çıktı üzerinde o zaman adımındaki girdinin önemini belirleyen ağırlık parametreleridir. W ve V , geçmiş verilerin çıktı için önemini belirleyen ek ağırlık parametreleri, b önyargı parametresidir. Tekrarlayan sinir ağları için eğitim algoritması, tam bağlı sinir ağlarında olduğu gibi bu ağırlık parametrelerinin optimal değerlerini hesaplar.

Bir RNN, onu ileri beslemeli bir sinir ağına dönüştürmek için zamansal eksende Şekil 3'te sağ tarafta gösterildiği gibi açılabilir. Açma, her zaman adımı için RNN'nin bir kopyası oluşturularak yapılır (Goodfellow vd., 2016). Normal bir ileri beslemeli sinir ağı ile bir açılmış tekrarlayan sinir ağı arasındaki fark, açılmış ağı, ağırlıkların model boyunca paylaşılması gerektiğine dair ek kısıtlamaya sahip olmasıdır. Bu nedenle, tekrarlayan sinir ağları, geri yayılım algoritmasının Zaman Boyunca Geri Yayılım (BPTT) adı verilen bir varyantını kullanır (Williams ve Zipser, 1995).

BPTT'de, zincir kuralı aracılığıyla ağın her ağırlığına göre maliyet fonksiyonunun türevlerini hesaplamak için gradyanların tüm ağ boyunca geri yayılması gerekir. Ağın derinliği arttıkça, gradyanlar, zincir kuralını uygulamak için gereken birçok çarpma nedeniyle aşırı derecede büyük veya küçük hale gelebilir. Gradyanlar büyüdüğünde ağ, çok büyük ağırlık güncellemelerinin ağın dengesizliği ve ağırlıkların taşması gibi sorunlara neden olduğu *patlayan gradyan* probleminden muzdariptir. Öte yandan, çok küçük ağırlıklar *kaybolan gradyan* sorununa neden olur ve bu da ağı öğrenmesini sonlandırabilmek için çok küçük ağırlık güncellemelerine neden olur (Goodfellow vd., 2016). Kaybolan ve patlayan gradyanlar nedeniyle, RNN yalnızca kısa diziler üzerinde eğitilebilir.

Uzun kısa-süreli bellek ağları (LSTM), Hochreiter ve Schmidhuber (1997) tarafından RNN'nin kaybolan ve patlayan gradyan problemiyle mücadele etmek için önerilen bir RNN varyantıdır. LSTM, gizli durumdaki belirli bir öğenin saklanıp saklanmayacağını belirlemek için geçitler kullanır, bu da daha uzun bağımlılıkları hatırlamaya izin verir. Geçitler, çıktılar 0 ile 1 arasında olan sigmoid fonksiyonları kullanılarak gerçekleştirilir. Bir geçidin çıktısı 0'a yakınsa, LSTM, girdinin geçmesine izin vermez. LSTM klasik RNN'ye göre daha uzun dizileri modelleyebilmesinden dolayı birçok zamansal öğrenme probleminde başarılı sonuçlar elde eden bir model olmuştur. BPTT uzun zaman serilerinde yüksek bellek isteklerine sahiptir. LSTM'nin uzun zaman serilerine uygulanabilmesi için Sutskever (2013) *kesilmiş zamanda geri yayılım* (truncated BPTT) algoritmasını önermiştir. Bu çalışmada da LSTM modeli için tBPTT algoritması kullanılmıştır.

2.1.2. Zamansal Evrişimli Ağlar

RNN'ler zaman ve bellek bakımından yüksek isterli olduğundan, bunların yerini alması için çeşitli mimariler geliştirilmiştir. Böyle bir çözüm, Zamansal Evrişimli Ağlardır (TCN). TCN, RNN'ye benzer, aynı uzunlukta bir çıktı üretmek için herhangi bir uzunlukta bir girdi dizisi alabilen bir mimaridir.

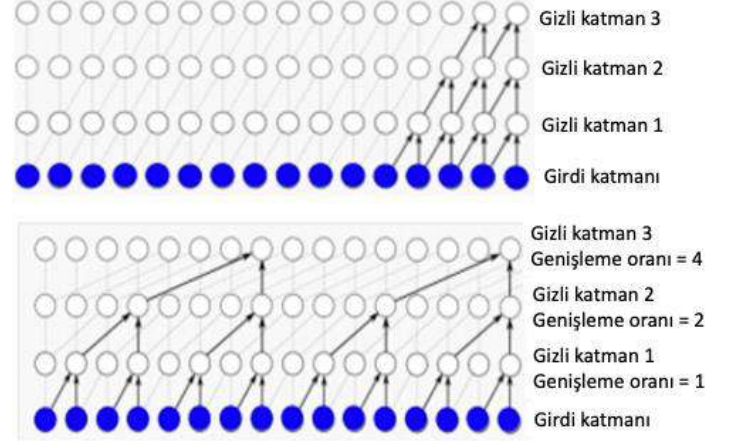
Evrişimli Sinir Ağları (CNN), girdinin ızgara benzeri bir yapıda düzenlendiği bir ileri beslemeli ağ türüdür ve özellikle bilgisayarlı görüde nesne tanıma alanında yüksek başarımla elde edilmiş bir modeldir. Bir CNN, evrişimli katmanlardan ve havuz katmanlarından oluşur. Evrişimli katman, bir dizi filtreden oluşur. İleri geçişte filtre, girdinin ızgara yapısı boyunca hareket ettirilir ve çıktısı üretmek için girdi değeri ile filtre arasındaki nokta çarpımı hesaplanır. Filtrenin boyutu çıktının boyutundan daha küçüktür, bu da uzamsal özelliklerin çıkarılmasına izin verir. Her bir girdi ögesi için ağırlık yerine, evrişimli katmanların filtreleri, eğitim yoluyla optimize edilen ağ parametreleridir (Vinayakumar vd., 2017). Standart CNN diziler üzerinde çalışmaz. TCN, dizileri işlemek için CNN üzerine inşa edilmiş bir mimaridir.

Bir diziyi işleyebilmek için TCN, evrişimli katmanlar ve ardından sıfır doldurma katmanları kullanır. Evrişimli bir katmanın çıktısının boyutu, girdi boyutundan daha küçüktür. Böylece, girdi ve çıktının boyutunu aynı tutmak için sıfır dolgu katmanları kullanılır ve çıktı boyutu evrişimlerden sonra değişmez (Lea vd., 2016).

TCN'nin bir başka özelliği, evrişimli katmanda, t zamanındaki çıktının yalnızca önceki katmanda t zamanı ve daha önceki öğeler kullanılarak hesaplanmasıdır. Bu tür bir evrişime "nedensel evrişim" denir. Nedensel evrişimler, gelecekteki

verilerin sonuçları etkilemesini engellediği için yalnızca geçmiş ve güncel bilgileri kullanarak dizi sınıflandırmasına izin verir.

TCN ayrıca verilere daha geriden itibaren bakabilmek için genişletilmiş evrişimler kullanır. Yalnızca nedensel evrişimler kullanıldığında, TCN ağ derinliğine doğrusal derinlikte bir geçmişe bakabilir. Genişletilmiş evrişimler, ağı geçmişte ağ derinliğine göre üssel derinlikte tutmasına izin verir. Şekil 4, genişletilmiş olan (altta) ve olmayan (üstte) nedensel evrişimleri göstermektedir.



Şekil 4. TCN'de nedensel evrişimli katmanlar

TCN, katmanlar arasında filtreleri paylaşır ve geri yayılım algoritmasının derinliği, yalnızca ağı derinliğine bağlıdır. Bu nedenle, TCN, tekrarlayan hücrelerinin tüm kapıları için kısmi sonuçları depolamak için belleğe ihtiyaç duyan tekrarlayan sinir ağlarına kıyasla düşük bellek gereksinimlerine sahiptir. Buna ek olarak, TCN ağının evrişimleri paralel olarak yapılabilirken, tekrarlayan mimariler paralelleştirilemez (TCN algoritmasının detaylı bir anlatımına Lea vd.'nin (2016) orijinal çalışmasında yer verilmiştir). Nesne tanıma alanında kullanılan evrişimli katmanlar iki boyutluyken, saldırı tespiti alanında tek boyutlu evrişimli sinir ağları (1D CNN) kullanılmaktadır (Li vd., 2019).

2.1.3. Otomatik Kodlayıcılar

Otomatik kodlayıcılar (autoencoders), kendi girdisini çıktı olarak yeniden oluşturabilmek üzere eğitilen bir yapay sinir ağı türüdür. Bir otomatik kodlayıcı iki bölümden oluşur:

- x girdisini $h = f(x)$ kullanarak eşleyen bir kodlayıcı
- Kodlayıcı h çıkışından girdiyi yeniden yapılandıran bir kod çözücü.

Bir otomatik kodlayıcıyı eğitmenin amacı, modelin girişini olabildiğince iyi çıkarmasına olanak tanıyan en uygun parametreleri bulmaktır (Goodfellow vd., 2016).

Otomatik kodlayıcılar, giriş veri kümesinin önemli özelliklerini çıkarmak için kullanılabilir. Bir veri kümesinden yararlı özellikleri öğrenmenin bir yolu, x'e kıyasla daha küçük bir boyuta sahip bir otomatik kodlayıcı kullanmaktır. Bu, kodlayıcıyı girdinin tanımlayıcı özelliklerini çıkarmaya zorlar, böylece kod çözücü bunları kullanarak girdiyi yeniden yapılandırabilir. Kodlayıcının çıktı alanı girdi boyutundan daha büyükse, kodlayıcı girdiyi öğrenmeden belleğe alır. Bu tür bir otomatik kodlayıcı, eksik tamamlanmamış otomatik kodlayıcı olarak adlandırılır.

Otomatik kodlayıcılarda hem ileri beslemeli hem de tekrarlayan derin sinir ağı mimarileri kodlayıcı/kod çözücü olarak kullanılabilir. Bir otomatik kodlayıcı, özellikleri hem ayrı girdi noktalarından hem de dizilerden çıkarmak için kullanılabilir.

Anomali tespitinde bir otomatik kodlayıcı kullanırken, modelin veri kümesindeki normal temelin ne olduğunu öğrenmesi için, eğitim kümesinin sadece anormal olmayan örneklerden oluşturulması gerekir. Daha sonra, örneklerin anormal olarak değerlendirildiği bir yeniden yapılandırma hatası eşiği bulunmalıdır. Alanyazında bu eşiği bulmak için kullanılan farklı yöntemler vardır. Bu yöntemler genellikle sırasıyla yalnızca normal veriler ve karışık verilerden oluşan iki doğrulama veri kümesi kullanır. Eşikler, genellikle ortalama, standart sapma, vb. istatistiksel özellikleri kullanılarak normal doğrulama verilerinin yeniden yapılandırma hataları kullanılarak seçilir. Seçilen eşikler daha sonra ikinci bir doğrulama veri kümesinde test edilir.

Modeller normal veriler üzerinde eğitildikten sonra, tüm dizi için bir anormallik skor eşiği hesaplanır. Bir dizinin puanı kararlaştırılan eşiğin üzerindeyse, dizi bir anormallik olarak kabul edilir. LSTM modeliyle oluşturulan bir otomatik kodlayıcı için pencere boyutu, kodlayıcı ve kod çözücüdeki LSTM katmanlarının sayısı, LSTM katmanlarının boyutları, normalleştirme, öğrenme hızı vb. ağ parametrelerine ek olarak anormallik skor eşiği dahil olmak üzere hiperparametrelerin ayarlanması gerekir. TCN hiperparametrelerinin de benzer şekilde ayarlanması gerekir.

Bu çalışmada FCN, LSTM ve TCN tabanlı otomatik kodlayıcılar geliştirilmiş, geliştirilen bu modeller KDD Cup'99 verisi üzerinde anomali tespiti için çalıştırılmıştır. LSTM ve TCN otomatik kodlayıcılar için yeniden yapılandırma tek tek örnekler için değil, diziler için yapılmıştır. Bu otomatik kodlayıcılar için sabit boyutlu diziler, kayan bir pencere kullanılarak tüm veri kümesinden çıkarılmıştır. Her pencerenin etiketine, pencerede anormal örnekler olup olmadığına göre karar verilmiştir. Anormalliğin konumuna bakılmaksızın bir pencere içinde anormal veriler mevcutsa, otomatik kodlayıcının bir pencere sırasını yeniden yapılandıramaması beklenir. Yeniden yapılandırma hataları hesaplanırken, dizinin tamamı kullanılmıştır.

2.2. KDD Cup'99 Veri Kümesi

KDD Cup'99 veri kümesi (KDD Cup 1999), Üçüncü Uluslararası Bilgi Keşfi ve Veri Madenciliği Araçları Yarışması için oluşturulmuş, etiketli bir saldırı tespit veri kümesidir. Veriler, ABD Hava Kuvvetleri ağının simülasyonundan toplanmıştır. Simülasyon sırasında, model eğitimi için 7 haftalık TCP dökümleri kaydedilmiş, ayrıca test için 2 haftalık ağ trafiği verileri kaydedilmiştir. Veri kümesinin oluşturulmasında kaydedilen ağ trafiğinden elde edilen 41 tane öznitelik kullanılmıştır. Bu öznitelikler içinde bir bağlantının başlangıcı ve bitişi arasında geçen süre, kullanılan iletişim protokolü, iletilen toplam veri miktarı gibi özelliklerin yanı sıra geçersiz giriş denemesi sayısı, sonucu hata oranı gibi özellikler yer almaktadır. Veri kümesinde toplam 4 ana kategoride 24 çeşit ağ saldırısına yer verilmiştir. Bu kategoriler şu şekildedir:

- Hizmet Reddi (DoS): Amacı ağın hizmetlerine erişimi engellemek olan saldırılardır.

- Araştırma (Probe): Amacı ağ hakkında bilgi toplamak olan saldırılardır. Bu saldırılar, hedefin güvenlik açıklarını tespit etmek için bağlantı noktalarını veya IP adreslerini taramak gibi yöntemler kullanır.
- Uzaktan yerele (R2L): R2L saldırıları, saldırganın ağ üzerinden hedefe paket gönderebildiği, ancak oturum açma haklarına sahip olmadığı saldırılardır. Saldırının amacı, makineye kullanıcı erişimi sağlamak için bir zafiyetten yararlanmaktır.
- Kullanıcıdan köke (U2R): U2R saldırıları, saldırganın hedefe normal kullanıcı erişimine sahip olmasına karşın kök erişimi sağlamaya çalıştığı türden saldırılardır. U2R saldırıları, erişim sağlamak için parola izleme gibi yöntemler kullanır.

KDD Cup'99 yaklaşık 20 yıllık bir veri kümesi olmasına rağmen, içerdiği saldırı çeşitliliği, toplam veri sayısının büyüklüğü ve zaman yayılımı gibi nedenlerle halen saldırı tespiti algoritmalarının başarımının sınanmasında temel kıyaslama veri kümelerinden biri olarak kullanılmaktadır. KDD Cup'99, 38 sürekli/ikili ve 3 kategorik özellik içermektedir. Kategorik özellikler şunlardır: 3 kategoriye (tcp, udp, icmp) sahip "Protokol türü", 70 kategoriye sahip (ftp, telnet, http vb.) "hizmet" ve 11 kategori içeren "İşaret". Yapay sinir ağları sayısal girdiler gerektirir; bu nedenle bu çalışmada kategorik özellikler tek sıcak kodlama kullanılarak sayısal değerlere dönüştürülmüştür. Numerik özellikler [0, 1] aralığında olacak şekilde normalize edilmiştir.

KDD Cup'99 veri kümesinin temel bir sorunu eğitim kümesindeki sınıfların dağılımının dengeli olmamasıdır. Eğitim veri kümesi %19,69 normal örnek, %79,24 DoS saldırıları, %0,83 Probe saldırıları, %0,23 R2L saldırıları ve %0,01 R2L saldırıları olacak şekilde toplam 494.019 örnek içermektedir. Bunun oluşturacağı yanlışlığı önlemek için sınıflandırma modelleri eğitilirken örnekleme yöntemi kullanılmıştır. Modeller eğitim kümesinin içinden zamansal bağlantılar korunarak her bir sınıf için 2000 örnek seçilerek eğitilmiştir. 2000'den az örnek sayısına sahip olan R2L ve U2R sınıfları için mevcut örneklerin tamamı eğitim kümesine dahil edilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

TCN modelinin KDD Cup'99 veri kümesi üzerinde üç tip saldırı tespiti görevi için başarımının değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu görevler, (1) denetimli öğrenmeyle eğitilen modellerle ağ trafiğinin normal ya da saldırı şeklinde ikili sınıflandırılması, (2) ağ trafiğinde değişik saldırı tiplerini tespit, (3) ağ trafiğinde anomalileri tespit etmedir. Sonuçlar aynı veri kümesi üzerinde LSTM ve FCN modellerinin başarımıyla karşılaştırılmıştır. Yukarıda da belirtildiği gibi, FCN modeli veri noktalarını birbirinden bağımsız olarak sınıflandırırken, LSTM ve TCN noktalar arasındaki zamansal bağlantıları dikkate alarak içinde saldırı noktaları bulunan dizileri saldırı olarak sınıflandırmıştır.

Sonuçların raporlanmasında saldırı tespiti alanyazınında sıklıkla kullanılan doğruluk (accuracy), kesinlik (precision), duyarlılık (recall) ve F-1 skoru metrikleri kullanılmıştır. Bu metrikler şu şekilde açıklanabilir:

- Gerçek pozitif (GP): Gerçekte saldırı olup model tarafından da saldırı olarak sınıflandırılan veri sayısı

- Yalancı negatif (YN): Gerçekte saldırı olup model tarafından normal olarak sınıflandırılan veri sayısı
- Yalancı pozitif (YP): Gerçekte normal olup model tarafından saldırı olarak sınıflandırılan veri sayısı
- Gerçek negative (GN): Gerçekte normal olup model tarafından da normal olarak sınıflandırılan veri sayısı

$$Doğruluk = (GP + GN)/(GP+GN+YP+YN)$$

$$Kesinlik = GP/(GP+YP)$$

$$Duyarlılık = (GP)/(GP+YN)$$

$$F1 = (2 * Kesinlik * Duyarlılık)/(Kesinlik+Duyarlılık)$$

3.1. İkili Sınıflandırma

İkili sınıflandırıcılar eğitim kümesini normal ve saldırı şeklinde iki sınıfa ayırıp, öğrenilen modelle test kümesindeki verileri bu iki sınıfta kategorize etmek için kullanılmıştır. Model eğitiminde en yüksek başarıyı sağlayacak parametreleri keşfetmek için her model için hiperparametre eniyileştirmesi uygulanmıştır.

Tam bağlı ileri beslemeli sinir ağları için denenmiş olan hiperparametre değerleri Tablo 1’de verilmiştir. En iyi sonuçlar 0,001 öğrenme hızı, sırasıyla 32-64-32 nörondan oluşan 3 gizli katmanla, Adam (Kingma ve Ba, 2015) en iyileştiricisiyle elde edilmiştir, katmanlar arası ReLU aktivasyon fonksiyonu kullanılmıştır.

Tablo 1. FCN için hiperparametre değerleri

Hiperparametre	Değerler
Öğrenme hızı	0,00001; 0,0001; 0,001; 0,1; 0,5
Gizli katman sayısı	1-5
Gizli katmandaki nöron sayısı	2^3 – 2^8
Eniyileştirici	Adam, SGD

LSTM için denenmiş olan hiperparametre değerleri Tablo 2’de verilmiştir. En iyi sonuçlar 0,001 öğrenme hızı, sırasıyla 32-20 nörondan oluşan 2 gizli katmanla, Adam en iyileştiricisi ve 64 tBPTT adım sayısı ile elde edilmiştir.

Tablo 2. LSTM için hiperparametre değerleri

Hiperparametre	Değerler
Öğrenme hızı	0,00001; 0,0001; 0,001; 0,1
Gizli katman sayısı	1-4
Gizli katmandaki nöron sayısı	32-256
Eniyileştirici	Adam, SGD
tBPTT adım sayısı	32-512

TCN için denenmiş olan hiperparametre değerleri ve en iyi performansı elde eden hiperparametre değerleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. TCN için hiperparametre değerleri

Hiperparametre	Değerler	En iyi değerler
Öğrenme hızı	0,00001-0,1	0,0001 – 0,001
Evrişimli katmanlarda filtre sayısı	16; 32; 64	64
Evrişimli katman çekirdek sayısı	2; 4; 8; 16	4
Katmanlar arası bırakma oranı	0,1; 0,3; 0,5	0,1
Artık blok sayısı	1, 2	1
Eniyileştirici	Adam, SGD	Adam
Evrişimli katmanlar için aktivasyon fonksiyonu	Linear, ReLU	ReLU
Dizi uzunluğu	32-256	64

Tablo 4 ikili sınıflandırma deney sonuçlarını özetlemektedir. TCN modeli F1 skoru açısından FCN modeline göre daha yüksek başarıyı sağlamış, LSTM’le de aynı başarıyı elde etmiştir. Kesinlik metriği açısından da durum benzerdir. Genel olarak LSTM modeliyle benzer performansa sahip olduğu gözlenmektedir. Eğitim süresi ve kaynak gereksinimlerinin LSTM modeline kıyasla daha az olması, ikili sınıflandırma içeren saldırı tespitinde tercih nedenidir.

Tablo 4. İkili sınıflandırma deney sonuçları

Model	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F1
FCN	0.935	0.927	0.992	0.958
LSTM	0.942	0.939	0.989	0.963
TCN	0.941	0.939	0.988	0.963

3.2. Saldırı Tipine Göre Tespit Performansı

Saldırı tiplerinin tespiti deneylerinde ağ trafiğindeki saldırıları tespit etmenin yanı sıra, modellerin bu saldırıların tiplerini de tespit etmedeki başarılarını sınamıştır. Tablo 5 modellerin her bir saldırı tipini tespit oranı açısından başarılarını göstermektedir. Sonuçlara göre FCN modelinin Probe, R2L, U2R saldırılarını tespit etmede diğer modellere göre daha başarılı olduğu gözlenmiştir. LSTM ve TCN birbirine benzer sonuçlar elde etmiştir. TCN modelinin veri kümesinde çok nadir sayıda bulunan R2L ve U2R saldırılarının tespitinde çok başarılı olmadığı gözlenmiştir. Her iki modelin de R2L ve U2R saldırılarını yüksek başarımlı tespiti için eğitim kümesinde daha fazla örneğe ihtiyaç olduğu değerlendirilmektedir.

Tablo 5. Saldırı tipi tespit oranları

Model	DoS	Probe	R2L	U2R
FCN	0.940	0.958	0.737	0.828
LSTM	0.970	0.892	0.517	0.7
TCN	0.961	0.874	0.518	0.714

3.3. Otomatik Kodlayıcı Modelleri

Bu deneylerde otomatik kodlayıcı tabanlı denetimsiz yöntemler, ağı normal davranışını öğrenmek ve normalden sapan örnekleri bulmaya çalışmak için yalnızca normal eğitim kümesinin tamamıyla eğitilmiştir. Test verisi normal davranışla uyumluluğuna göre sınıflandırılmış, eşik değerinde farklılıklar anomali olarak tespit edilmiştir. Otomatik kodlayıcı mimarisi olarak üç katmanlı bir kodlayıcıyı takiben üç katmanlı kod çözücü kullanılmıştır. Girdiden sonraki ilk katmanda 300 nöron, ikinci katmanda 200 nöron, üçüncü katmanda 75 nöron bulunmaktadır. Kodlayıcı çıktısı 10 nöronla temsil edilmektedir. FCN ve TCN modelleri için katmanlarda ReLU aktivasyon işlevi kullanılmış, LSTM için tanh işlevi kullanılmıştır. LSTM ve TCN modellerinde dizi uzunluğu önceki deneylerde olduğu gibi 64 olarak belirlenmiştir. Modellerin diğer parametreleri önceki deneylerdeki gibi belirlenmiştir.

Tablo 6 bahsedilen modellerle geliştirilen otomatik kodlayıcıların performanslarını göstermektedir. Tabloda görüldüğü gibi modellerin performansları genel olarak birbirine yakındır. Bunun yanında TCN'in LSTM'den duyarlılık metriği dışında iyi sonuç elde etmesi anomali tespiti problemlerinde tercih edilmesini sağlayacak bir faktördür.

Tablo 6. Otomatik kodlayıcı deney sonuçları

Model	Doğruluk	Kesinlik	Duyarlılık	F1
FCN-AE	0.953	0.982	0.959	0.970
LSTM-AE	0.916	0.940	0.971	0.955
TCN-AE	0.930	0.979	0.948	0.963

3.4. Diğer Makine Öğrenme Modelleri

KDD Cup'99 veri kümesinin üzerinde makine öğrenme yöntemleriyle sınıflandırma için yapılmış birçok çalışma bulunmaktadır. Tablo 7 alanyazındaki klasik makine öğrenme modelleri ve TCN'nin KDD Cup'99 tüm test veri kümesi üzerinde sınıflandırma performanslarını göstermektedir. TCN dışındaki modellerin sonuçları Özgür ve Erdem'in (2017) KDD Cup'99 üzerindeki analizinden alıntılanmıştır.

Model	Doğruluk	F1
AdaBoost M1	0.915	0.945
BayesNet	0.916	0.945
Karar tabloları	0.947	0.966
J48	0.934	0.957
Lojistik regresyon	0.815	0.871
MLP	0.918	0.947
Naïve Bayes	0.914	0.944
OneR	0.907	0.939
Rastgele Ormanlar	0.924	0.950
RBF	0.852	0.900
SGD	0.922	0.949
SMO	0.919	0.947
TCN	0.942	0.962

Tabloda görüldüğü gibi TCN KDD Cup'99 veri kümesi üzerinde karar tabloları haricinde klasik makine öğrenme yöntemlerine kıyasla da başarılı sonuçlar elde etmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada yakın zamanda özellikle bilgisayarlı görüş alanında yüksek başarı sağlamış bir derin öğrenme yöntemi olan zamansal evrişimli ağların bilgisayar ağlarında saldırı tespiti için etkinliği değerlendirilmiştir. Yöntemin başarımı saldırı tespiti alanyazınındaki temel kıyaslama veri kümelerinden biri olan KDD Cup'99 üzerinde ikili sınıflandırma, saldırı tipi tespiti ve anomali tespiti görevleri için yine zamansal bir derin öğrenme yöntemi olan LSTM ve tam bağlı ileri beslemeli sinir ağlarının başarımıyla karşılaştırılmıştır. TCN'nin özellikle ağ trafiğini normal ve saldırı şeklinde kategorize eden ikili sınıflandırmada en az LSTM kadar başarılı olduğu görülmüştür. Ayrıca birçok klasik makine öğrenme modelinden yüksek başarı elde ettiği de gözlenmiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda TCN'nin saldırı tespiti problemleri için ümit vaat eden bir model olduğunu söylemek mümkündür. LSTM gibi tekrarlayan sinir ağları modellerine kıyasla sağladığı performans avantajları, önümüzdeki yıllarda TCN'yi siber saldırı tespiti için tercih edilen bir yöntem haline getirebilecektir. TCN KDD Cup'99 üzerindeki performans analizinde yüksek başarı elde etmiş olsa da karşılaştırma yapılan modellerin bir kısmının performansının TCN performansından çok aşağıda olmadığı görülmüştür. Değerlendirmede kullanılan KDD Cup'99 veri kümesi sınırlı sayıda saldırı kategorisi içermektedir. Siber saldırıların basamaklarını belirgin şekilde farklı data noktalarıyla modelleyen ya da çok basamaklı saldırılar içeren veri kümelerinin oluşturulması ve değerlendirmede kullanılması durumunda TCN'nin etkinliğinin daha net bir şekilde gözlemlenmesi mümkün olabilecektir. Gelecek çalışmalarımızda TCN'nin farklı siber saldırı veri kümeleri üzerindeki etkinliği de değerlendirilerek, kullanımının özellikle hangi durumlarda yüksek performans sağladığı ortaya konulacaktır.

Kaynakça

- Bai, S., Kolter, J. Z., & Koltun, V. (2018). Convolutional sequence modeling revisited. In *International Conference on Learning Representations (ICLR) Workshop*. Vancouver, BC, Canada.
- Behera, S., Pradhan, A., & Dash, R. (2018). Deep neural network architecture for anomaly based intrusion detection system. In *5th International Conference on Signal Processing and Integrated Networks (SPIN 2018)* (270-274). Noida, India. DOI: 10.1109/SPIN.2018.8474162.
- Chuan-long, Y., Yue-fei, Z., Jin-long, F., & Xin-zheng, H. (2017). A deep learning approach for intrusion detection using recurrent neural networks. *IEEE Access*, 5, 21954-21961. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2762418.
- Eldem, A. (2020). An Application of Deep Neural Network for Classification of Wheat Seeds. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 213-220. DOI: 10.31590/ejosat.719048.
- Erduman, A., Yüzer, E., Durusu, A., Yıldız, F. (2020). An Educational Kit to Promote Teaching of Photovoltaic Systems. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 916-922. DOI: 10.31590/ejosat.745109.

- Gao, N., Gao, L., Gao, Q., & Wang, H. (2014). An intrusion detection model based on deep belief networks. In *IEEE International Conference on Advanced Cloud and Big Data* (247-252). Huangshan, China. DOI: 10.1109/CBD.2014.41.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep learning*. MIT Press. ISBN: 978-0262035613.
- Graves, A. (2012). *Supervised sequence labeling with recurrent neural networks*. Springer. ISBN: 978-3-642-24797-2.
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. *Neural Computation*, 9(8), 1735-1780. DOI: 10.1162/neco.1997.9.8.1735.
- KDD Cup (1999). [Data file and codebook]. <http://kdd.ics.uci.edu/databases/kddcup99/kddcup99.html>
- Khan, F. A., Gumaei, A., Derhab, A., & Hussain, A. (2019). TSDL: A twostage deep learning model for efficient network intrusion detection. *IEEE Access*, 7, 30373–30385. DOI: 10.1109/ACCESS.2019.2899721.
- Kim, J., & Kim, H. (2016). Applying recurrent neural network to intrusion detection with hessian free optimization. In H. Kim, D. Choi (Eds.), *Information Security Applications. WISA 2015. Lecture Notes in Computer Science* (1-14). Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-31875-2_30.
- Kingma, D. P., & Ba, J. (2015). Adam: A Method for Stochastic Optimization. In *3rd International Conference on Learning Representations (ICLR)* (1-15). San Diego, CA, USA.
- Lea C., Vidal R., Reiter A., & Hager G. D. (2016). Temporal convolutional networks: A unified approach to action segmentation. In G. Hua & H. Jégou (Eds.), *Computer Vision – ECCV 2016 Workshops. ECCV 2016. Lecture Notes in Computer Science* (47-54). Springer.
- Li, Z., Qin, Z., Huang, Z., Yang, X., & Ye, S. (2017). Intrusion detection using convolutional neural networks for representation learning. In D. Liu, S. Xie, Y. Li, D. Zhao, & E. M. El-Alfy (Eds.), *Neural Information Processing. ICONIP 2017. Lecture Notes in Computer Science*. (858–866). Springer. DOI: 10.1007/978-3-319-70139-4_87.
- Li, Z., Rios, A. L. G., Xu, G., & Trajkovic, L. (2019). Machine learning techniques for classifying network anomalies and intrusions. In *IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS)* (1–5). Sapporo, Japan. DOI: 10.1109/ISCAS.2019.8702583.
- Li, Z., Qin, Z., Shen, P., & Jiang, L. (2019) Intrusion Detection Using Temporal Convolutional Networks. In: Gedeon T., Wong K., Lee M. (eds) *Neural Information Processing. ICONIP 2019. Communications in Computer and Information Science*, vol 1142. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-36808-1_19.
- Lopez-Martin, M., Carro, C., Sanchez-Esguevillas, A., & Lloret, J. (2017). Conditional variational autoencoder for prediction and feature recovery applied to intrusion detection in IoT. *Sensors*, 17(9), 1967. DOI: 10.3390/s17091967.
- Ma, T., Wang, F., Cheng, J., Yu, Y., & Chen, X. (2016). A hybrid spectral clustering and deep neural network ensemble algorithm for intrusion detection in sensor networks. *Sensors*, 16(10), 1701. DOI: 10.3390/s16101701.
- Özgür, A. & Erdem, H. (2017). The impact of using large training data set KDD99 on classification accuracy. *PeerJ Preprints* 5 e2838v1. DOI: 10.7287/peerj.preprints.2838v1
- Pascanu, R., Stokes, J. W., Sanossian, H., Marinescu, M., & Thomas, A. (2015). Malware classification with recurrent networks. In *IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing* (1916-1920).
- Sandhiya, S., & Palani, U. (2020). An effective disease prediction system using incremental feature selection and temporal convolutional neural network. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 11, 5547–5560. DOI: 10.1007/s12652-020-01910-6.
- Staudemeyer, R. C. (2015). Applying long short-term memory recurrent neural networks to intrusion detection. *South African Computer Journal*, 56, 136–154. DOI: 10.18489/SACJ.V56I1.248.
- Su, T., Sun, H., Zhu, J., Wang, S., & Li, Y. (2020). BAT: Deep learning methods on network intrusion detection using NSL-KDD dataset. *IEEE Access*, 8, 29575–29585. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2972627.
- Sutskever, I. (2013). Training Recurrent Neural Networks. *PhD thesis*. University of Toronto, Ontario, Canada.
- Thapa, N., Liu, Z., KC, D. B., Gokaraju, B., & Roy, K. (2020). Comparison of machine learning and deep learning models for network intrusion detection systems. *Future Internet*, 12(10), 167. DOI: 10.3390/fi12100167.
- Vinayakumar, R., Alazab, M., Soman, K. P., Poornachandran, P., Al-Nemrat, A., & Venkatraman, S. (2019). Deep learning approach for intelligent intrusion detection system. *IEEE Access*, 7, 41525–41550. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2762418.
- Vinayakumar, R., Soman, K., & Poornachandran, P. (2017). Applying convolutional neural network for network intrusion detection. In *IEEE International Conference on Advances in Computing, Communications and Informatics (ICACCI)* (1222–1228). Udupi, India.
- Williams, R. J., & Zipser, D. (1995). Gradient-based learning algorithms for recurrent networks and their computational complexity. In Y. Chauvin & D. E. Rumelhart (Eds.) *Backpropagation: Theory, Architectures, and Applications* (433-486). L. Erlbaum Associates Inc. Hillsdale, NJ, USA.
- Yan, J., Chen, X., Chen, Y., & Liang, D. (2020). Multistep prediction of land cover from dense time series remote sensing images with temporal convolutional networks. *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 13, 5149-5161.
- Yin, C., Zhu, Y., Fei, J., & He, X. (2017). A deep learning approach for intrusion detection using recurrent neural networks. *IEEE Access*, 5, 21954–21961. DOI: 10.1109/ACCESS.2017.2762418.
- You, J., Wang, Y., Pal, A., Eksombatchai, P., Rosenburg, C., & Leskovec, J. (2019). Hierarchical temporal convolutional networks for dynamic recommender systems. In *The World Wide Web Conference* (2236-2246). Association for Computing Machinery. DOI: 10.1145/3308558.3313747.



Bulanık TOPSIS ve Bulanık AHP Yaklaşımlarıyla En Uygun Bakım Stratejisinin Belirlenmesi: Bir Gıda İşletmesinde Uygulama

Tolga Gedikli¹, Beyzanur Çayır Ervural^{2*}, Durmuş Tayyar Şen³

¹ Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Müh. – Mim. Fak., Endüstri Müh. Böl., Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0558-2439), tolga.gedikli@gidatarim.edu.tr

^{2*} Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Müh. – Mim. Fak., Endüstri Müh. Böl., Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0861-052X), beyzanur.ervural@gidatarim.edu.tr

³ Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, Müh. – Mim. Fak., Endüstri Müh. Böl., Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9632-0102), tayyar.sen@gidatarim.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.838168)

ATIF/REFERENCE: Gedikli, T., Çayır Ervural, B., & Şen, D.T. (2021). Bulanık TOPSIS ve Bulanık AHP Yaklaşımlarıyla En Uygun Bakım Stratejisinin Belirlenmesi: Bir Gıda İşletmesinde Uygulama. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 212-225.

Öz

Uygun bakım yönetim stratejisinin belirlenmesi, işletmelerin verimliliğini ve güvenilirliğini artırırken, uygun olmayan bakım faaliyetleri şirketlerin kazancını ve etkinliğini önemli ölçüde azaltmaktadır. Rekabet şartlarının kızıştığı günümüzde bakım planlama çalışmaları işletme giderlerinde önemli bir paya sahiptir. Bu nedenle işletmelerin ayakta kalmalarında uygun bakım stratejisi politikalarının doğru biçimde belirlenmesi ciddi önem taşımaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'de bir gıda işletmesi için bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solutions) ve bulanık analitik hiyerarşi süreci (AHP) yöntemleri kullanılarak en uygun bakım stratejisinin seçilmesi amaçlanmaktadır. En uygun bakım stratejisini belirlemek için dört ana kriter (güvenlik, maliyet, güvenilirlik ve katma değer), on iki alt kriter ve beş alternatif (düzeltici bakım, periyodik bakım, fırsatçı bakım, duruma dayalı bakım ve kestirimci bakım) tanımlanmıştır. Elde edilen sonuçlar karşılaştırılmış ve işletme için en uygun bakım stratejisi seçilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bakım stratejisi seçimi, Çok kriterli karar verme, Bulanık TOPSIS, Bulanık AHP.

Selection of Optimum Maintenance Strategy Based on Fuzzy TOPSIS and Fuzzy AHP: An Application in A Food Company

Abstract

Determining the appropriate maintenance management strategy increases the efficiency and reliability of companies, while incorrect maintenance activities significantly reduce the profits and productivity of companies. In today's challenging competition conditions, maintenance planning activities have an important share of operating expenses. Therefore, it is important to correctly determine the ideal proper maintenance strategy for the survival of the businesses. In this study, it is aimed to select the most appropriate maintenance strategy utilizing fuzzy TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) and fuzzy AHP (Analytic Hierarchy Process) methods for a food company in Turkey. Four main criteria (safety, cost, reliability, and added value), twelve sub-criteria and five alternatives (corrective maintenance, time-based preventive maintenance, opportunistic maintenance, condition-based maintenance, and predictive maintenance) were defined to determine the most appropriate maintenance strategy. The obtained results were compared to each other and then the most appropriate maintenance alternative was selected for the company.

Keywords: Maintenance strategy selection, Multi criteria decision making, Fuzzy TOPSIS, Fuzzy AHP.

* Sorumlu Yazar: beyzanur.ervural@gidatarim.edu.tr

1. Giriş

Küresel rekabet koşulları işletmeleri, üretim maliyetlerini düşürmeleri için sürekli baskı altına almaktadır. İşletmelerin bakım maliyetleri, işletme maliyetlerinin önemli bir kısmını oluşturmaktadır (Bevilacqua ve Braglia, 2000; Özcan vd., 2017). Bakım yönetimi faaliyetleri, kullanılabilirlik ve güvenilirlik seviyelerinin korunmasında, ürün kalitesinin ve güvenlik gereksinimlerinin karşılanmasında önemli bir rol oynamaktadır.

Üretim tesisleri, farklı özelliklerde güvenilirlik ihtiyacı, güvenlik seviyesi ve arıza etkisine sahip makinelerle donatılmıştır. Bu nedenle her işletme kendi karakteristiğine uygun bir bakım stratejisi seçmelidir. Uygun bakım stratejisi seçimi, çok sayıda kriter ve alternatifi barındırmasının yanı sıra çeşitli bileşen ve fonksiyonları içermesi ve karar vericilerin subjektif değerlendirmelerini kapsaması nedeniyle karmaşık ve çok boyutlu bir karar verme problemi özelliği sergilemektedir (Cayir Ervural, Evren vd., 2018). Bu nedenle, bakım stratejisi seçim problemi, Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV) yöntemleri kullanılarak değerlendirilmektedir (Bevilacqua ve Braglia, 2000).

Son otuz yıldır, çeşitli uygulama sahalarında en uygun bakım stratejisi seçim problemine yönelik ÇKKV yöntemleri uygulanmıştır. Literatürde yapılan çalışmalar Tablo 1'de özetlenmiştir. Bu çalışmalarda en sık kullanılan yöntemler Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) (Bevilacqua ve Braglia, 2000; Gedikli ve Cayir Ervural, 2020; Wang vd., 2007), İdeal Çözüme En Yakın Tercih Sıralama Tekniği (TOPSIS) (Asuquo vd., 2019; Kirubakaran ve Ilangkumaran, 2016), Analitik Ağ Prosesi (ANP) (Aghae ve Fazli, 2012), Basit Toplam Ağırlıklandırma (SAW) (Al-Najjar ve Alsyouf, 2003), Çoklu Ölçüt Optimizasyonu ve Uzlaşma Çözümü (VIKOR) (Nezami ve Yıldırım, 2013), Eliminasyon ve Seçim Dönüştürme Gerçeği (ELECTRE) (Li vd., 2007), Karar Verme Deneme ve Değerlendirme Laboratuvarı (DEMATEL) (Aghae ve Fazli, 2012), Zenginleştirme Değerlendirmesi için Tercih Sıralaması Organizasyon Yöntemi (PROMETHEE) (Emovon vd., 2018), Ağırlıklı Çarpım (WP) (Gedikli ve Cayir Ervural, 2020) yöntemleridir. Bu çalışmalarda en sık olarak kullanılan alternatifler Periyodik Bakım (PB), Düzeltici Bakım (DB), Duruma Dayalı Bakım (DDB), Kestirimci Bakım (KB), Toplam Üretken Bakım (TÜB), Fırsatçı Bakım (FB), Güvenilirlik Merkezli Bakım (GMB) olduğu görülmektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde, bakım stratejisi seçim problemi, başta imalat sanayi (Li vd., 2007; Odeyale vd., 2013) ve enerji sektörü (Özcan vd., 2019; Özcan vd., 2017; Wang vd., 2007) olmakla birlikte taşımacılık (Emovon vd., 2018), kimyasal üretim (Kumar ve Maiti, 2012), madencilik (Pourjavad vd., 2013), kağıt endüstrisi (Kirubakaran ve Ilangkumaran, 2016), otomotiv (Aghae ve Fazli, 2012), tekstil (Ilangkumaran ve Kumanan, 2009), eğitim (Fazlollahtabar ve Yousefpoor, 2008), havacılık (Ahmadi vd., 2010), inşaat (Bertolini vd., 2004) ve tıbbi malzeme (Elseddawy ve Kandil, 2018) alanlarında uygulanmaktadır. Yapılan bakım stratejisi seçim çalışmaları değerlendirildiğinde, bakım stratejilerinin işletmenin niteliğine/özelliğine bağlı olarak kriter ve alternatiflerdeki çeşitlilikten dolayı farklılık gösterdiği görülmüştür.

Günümüzde gıda işletmelerinde fiyatların belirlenmesi ve tüketiciye uygun fiyatlı ürünlerin sunulmasındaki en büyük faktörlerden biri işletme maliyetleridir. Gıda üretiminin başarılı olabilmesi, üretim esnasında ürünlerin bozulmamasına bağlıdır. Makine/ekipmanlarda ortaya çıkan beklenmedik arızalar ürünlerin hatlarda beklemesine ve bozulmasına yol açabilir. Bu

nedenle, uygun bakım planlaması ile gıda üretim tesislerinde üretilen ürünlerin bekleme sürelerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Birden fazla karar vericinin olduğu, subjektif değerlendirmelere açık olan karmaşık ve çok boyutlu karar problemlerinde bulanık yaklaşımlar başarılı sonuçlar vermektedir (Cayir Ervural, Zaim vd., 2018).

Bu çalışmada, iki farklı, başarılı bulanık yaklaşım yöntemi (Bulanık TOPSIS ve Bulanık AHP) kullanılarak tutarlı ve karşılaştırılabilir bir seçim politikasının belirlenmesi amaçlanmaktadır. Çalışmanın bir gıda işletmesinde gerçek bir hayat problemi üzerinden desteklenerek bulanık koşullar altında bakım planlama faaliyetlerinin araştırılması açısından literatüre katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Makalenin geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde olası alternatif bakım stratejileri açıklanmaktadır. Üçüncü bölümde bulanık küme teorisi, Bulanık TOPSIS ve Bulanık AHP yöntemleri açıklanmaktadır. Dördüncü bölümde bir gıda işletmesinde en uygun bakım stratejisi seçmek için Bulanık TOPSIS ve Bulanık AHP yöntemlerinin uygulaması yapılmış ve karşılaştırılmıştır. Son bölümde sonuçlar ve öneriler paylaşılmıştır.

2. Alternatif Bakım Stratejileri

Bakım stratejisi seçimi, bakım yönetiminin en önemli aşamalarından biridir. Literatürde çok sayıda bakım stratejisi önerilmiştir (Bal ve Satoglu, 2014). Bu çalışmada, literatürde yapılan çalışmalar incelenerek uygulama yapılan işletme için kullanılacak beş bakım stratejisi karar vericilerle belirlenmiştir.

Bu bölümde, bu çalışmada ele alınan bakım stratejileri özetlenmektedir.

2.1. Düzeltici Bakım

Düzeltici bakım, bakım işlemlerinin yalnızca bir makine veya ekipmanın arızalandığında gerçekleştirilmesidir (Bevilacqua ve Braglia, 2000). Kar marjlarının yüksek olduğu durumlarda uygulanabilir bir strateji olarak kabul edilir. Ancak, böyle bir bakım yöntemi genellikle ilgili tesislere, personele ve çevreye ciddi zararlar verir. Ayrıca, artan rekabet ortamı şirketleri etkili ve güvenilir bakım stratejilerini uygulamaya zorlamaktadır (Wang vd., 2007).

2.2. Periyodik Bakım

Endüstride yaygın olarak kullanılan periyodik bakım, makine veya ekipmanların, belirli bir program dahilinde, arıza oluşma şartı aranmadan planlı ve koordineli olarak ekipmanların kullanılabilirlik süresini arttırmaya yönelik çalışmaları kapsamaktadır (Görener, 2013). Bu bakım stratejisinin temel amaçlarından biri, arıza oluşmadan önce makinenin arızalanmasına sebep olabilecek bileşenlerinin bakımının yapılmasıdır (Shyjith vd., 2008).

Bu bakım stratejisinde makine veya ekipmanın beklenmedik arızalarını azaltmak için bakım periyodik olarak planlanır ve gerçekleştirilir. Periyodik bakım, ekipmanların kullanım süresine bağlı ortaya çıkan sorunların üstesinden gelme konusunda etkilidir. Ancak, periyodik bakım stratejilerinin kullanıldığı birçok durumda, makineler arıza sınırında olmadığı halde bakımı yapılmış olur (Wang vd., 2007).

Tablo 1: Literatürde Yapılan Çalışmalar

Yazarlar	Alternatif Bakım Stratejileri	Uygulama Alanları	Kullanılan Yöntemler	Elde Edilen Sonuçlar
Bevilacqua ve Braglia (2000)	PB, DB, DDB, KB, FB	Petrol, gaz ve petrokimya	AHP	Her ekipman için farklı
Bertolini vd. (2004)	PB, DB, DDB, KB, FB	İnşaat sektörü	AHP	KB
Li vd. (2007)	PB, DB, DDB, KB	İmalat	Bulanık ELECTRE III	KB, DDB, PB, DB
Wang vd. (2007)	PB, DB, DDB, KB	Enerji Santrali	Bulanık AHP	KB, DDB, PB, DB
Pariazar vd. (2008)	PB, DB, DDB, FB	İmalat	AHP	DDB, FB, PB, DB
Shyjith vd. (2008)	PB, DDB, KB, GMB	Tekstil	AHP ve TOPSIS	KB, DDB, GMB, PB
Ilangkumaran ve Kumanan (2009)	PB, DDB, KB, GMB	Tekstil	AHP ve TOPSIS	KB, PB, GMB, DDB
Fathi vd. (2011)	PB, DB, DDB, KB, FB	Petrol, gaz ve petrokimya	Bulanık TOPSIS	PB, DB, KB, FB, DDB
Aghae ve Fazli (2012)	PB, DB, DDB, KB, TÜB, GMB	Otomotiv	ANP ve DEMATEL	TÜB, GMB, PB, KB, DDB, DB
Chan ve Prakash (2012)	PB, DB, DDB, TÜB, TKB	İmalat	Bulanık TOPSIS ve SAW	TÜB, TKB, DDB, PB, DB
Görener (2013)	PB, DB, DDB, KB	İmalat	Bulanık TOPSIS ve WSA	PB, KB, DDB, DB
Jayaswal vd. (2013)	PB, DB, DDB, KB, FB	Taşımacılık	Bulanık TOPSIS	DB, DDB, FB, PB, KB
Kumar Sagar vd. (2013)	PB, DB, DDB, KB, FB, Arıza bakım	Taşımacılık	Bulanık SAW	Arıza bakım, DB, DDB, FB, PB, KB
Nezami ve Yildirim (2013)	PB, DB, DDB, TÜB, GMB	Otomotiv	Bulanık VIKOR	DDB, TÜB, PB
Odeyale vd. (2013)	PB, DB, KB	İmalat	AHP	KB, PB, DB
Xie vd. (2013)	PB, DB, DDB, KB	Madencilik	Bulanık AHP ve Hedef Programlama (HP)	DDB, KB, PB, DB
Azizi ve Fathi (2014)	PB, DB, KB	Petrol, gaz ve petrokimya	Bulanık AHP	PB, KB, DB
Kirubakaran ve Ilangkumaran (2016)	PB, DB, DDB, KB	Kâğıt endüstrisi	Bulanık AHP ve GRA–TOPSIS	KB, DDB, PB, DB
Mey (2016)	PB, DB, DDB	Petrol, gaz ve petrokimya	AHP ve Bulanık AHP	PB, DDB, DB
Özcan vd. (2017)	PB, DB, KB, RB	Enerji Santrali	AHP, TOPSIS ve HP	Her ekipman için farklı
Pun vd. (2017)	PB, DB, KB	Katlı Otopark	Bulanık AHP	PB, KB, DB
Elseddawy ve Kandil (2018)	PB, DB, DDB	Tıbbi malzeme	AHP	PB, DDB, DB
Emovon, vd. (2018)	PB, DB, DDB	Taşımacılık	Delphi-AHP ve Delphi- AHP-PROMETHEE	DDB, PB, DB
Özcan vd. (2019)	PB, DB, KB, RB	Hidroelektrik Santrali	AHP, TOPSIS ve Tam Sayılı Programlama	Her ekipman için farklı
Asuquo vd. (2019)	PB, DB, DDB, GMB	Taşımacılık	Bulanık TOPSIS	DDB, PB, GMB, DB
Kundakcı (2019)	PB, DB, DDB, KB	İmalat	Bulanık MOORA	KB, PB, DDB, DB
Gedikli ve Cayir Ervural (2020)	PB, DB, DDB, KB, FB	Gıda	AHP, TOPSIS, SAW, WP	KB, PB, DDB, FB, DB; KB, DDB, PB, DB, FB
Gedikli, Ervural ve Sen (2021)	PB, DB, DDB, KB, FB, GMB	Gıda	Pisagor Bulanık TOPSIS	GMB, KB, PB, DDB, FB, DB

DB: Düzeltici Bakım, DDB: Duruma Dayalı Bakım, FB: Fırsatçı Bakım, GMB: Güvenilirlik Merkezli Bakım, KB: Kestirimci Bakım, PB: Periyodik Bakım, RB: Revizyon Bakım, TKB: Toplam Kalite Bakımı, TÜB: Toplam Üretken Bakım

2.3. Fırsatçı Bakım

Fırsatçı Bakım, işletmede bir makine veya ekipmanın bakımı yapılırken, diğer yandan bakım zamanı yaklaşan makine veya ekipman bakımlarının yapıldığı bakım stratejisidir. İlgili tüm bakım müdahalelerini aynı anda yapmak, üretim tesisin belirli bir

süre kapalı kalmasına neden olabilir (Bevilacqua ve Braglia, 2000).

2.4. Duruma Dayalı Bakım

Duruma dayalı bakım stratejisi kullanılırken makine performansını gerçek zamanlı izlemek için bir dizi ölçüm ve veri

toplama sistemi kullanılır ve bakım kararı verilir (Bevilacqua ve Braglia, 2000). Çalışma koşullarının sürekli olarak incelenmesi, geçmiş verilere ve ekipmanın mevcut durumuna göre bakım kararları alınmasını sağlar. Böylece gereksiz bakımdan kaçınarak makinelerin arızadan hemen öncesine kadar çalışması sağlanır. Ancak elde edilen bilgilerin yetersiz ve yanlış olması, duruma dayalı bakım stratejisinin etkinliğini azaltır (Al-Najjar ve Alsyouf, 2003). Makine ve ekipmanların izlenmesi ve verilerin toplanmasını amaçlayan bu bakım stratejisinin ilk yatırım maliyeti genellikle yüksektir. Ancak etkili ve verimli bir şekilde kullanılırsa, makine ve ekipman kaybı ve ani duruşlar sebebi ile ortaya çıkabilecek maliyetler azalmaktadır (Görener, 2013). Duruma dayalı bakım stratejisi, yüksek maliyetli, karmaşık ve uzun süreli kullanımı olan ekipmanlar için oldukça uygundur (Shyjith vd., 2008).

2.5. Kestirimci Bakım

Kestirimci bakım, izlenen parametrelerin verilerini analiz ederek performans düşüşünü ve makinelerin arızalanma zamanlarını tahmin edebilen bir bakım stratejisidir (Wang vd., 2007). Duruma dayalı bakım stratejisinin aksine, kestirimci bakımda elde edilen veriler makine ve ekipmanlar üzerinde olası bir arıza eğilimi bulmak için analiz yapılır ve böylece kontrol edilen parametre değerlerinin eşik değerlere ne zaman ulaşacağı veya aşacağı tahmin edilebilir. Böylece bakım personeli çalışma koşullarına bağlı kalarak, bakımın gerekli olduğu bir anda bakım planlaması yapabilir (Bevilacqua ve Braglia, 2000). Arızalanma zamanını doğru tahmin etmek yüksek maliyetlere ve güvenlik tehlikelerine neden olabilecek durumlarla karşı karşıya gelmeyi engeller (Shyjith vd., 2008).

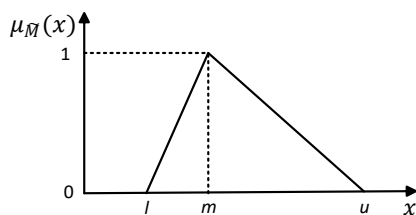
3. Materyal ve Yöntem

3.1 Bulanık Küme Teorisi

Bulanık küme teorisi, insan düşüncelerindeki belirsizlikle başa çıkmak için Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında ortaya atılmıştır. Genel olarak bakıldığında bulanık mantık, klasik mantığın kesin yargılarını ara kavramlarla ifade edebilmektedir. Böylece insan düşüncelerindeki belirsizlik daha iyi ifade edilebilmektedir. Bulanık küme teorisinde üyelik fonksiyonları olarak genelde üçgensel üyelik fonksiyonları kullanılmaktadır (Chen, 2000).

Bir üçgensel bulanık sayı, Şekil 1'deki gibi bir üçlü (l, m, u) ile gösterilmektedir. Üyelik fonksiyonu ise Denklem 1'deki gibi tanımlanmaktadır.

$$\mu_{\tilde{M}}(x) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m, \\ \frac{x-u}{m-u}, & m \leq x \leq u \\ 0, & x > u. \end{cases} \quad (1)$$



Şekil 1: \tilde{M} Üçgensel Bulanık Sayısı

$\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$ ve $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$ şeklinde iki üçgensel sayı ve p 'de pozitif bir doğal sayı olsun. İki pozitif üçgen bulanık sayılar için ana aritmetik işlemler aşağıdaki gibidir (Seçme vd., 2009):

$$\tilde{M}_1 + \tilde{M}_2 = (l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2) \quad (2)$$

$$\tilde{M}_1 \otimes \tilde{M}_2 = (l_1 l_2, m_1 m_2, u_1 u_2) \quad (3)$$

$$p \otimes \tilde{M}_1 = (p l_1, p m_1, p u_1), \quad p > 0, p \in R \quad (4)$$

$$\tilde{M}_1^{-1} = \left(\frac{1}{u_1}, \frac{1}{m_1}, \frac{1}{l_1} \right) \quad (5)$$

İki üçgensel bulanık sayı arasındaki uzaklık Denklem 6 ile hesaplanır (Chen, 2000):

$$d(\tilde{M}_1, \tilde{M}_2) = \sqrt{\frac{1}{3} [(l_1 - l_2)^2 + (m_1 - m_2)^2 + (u_1 - u_2)^2]} \quad (6)$$

Bu çalışmada, karar vericilerin, kriter ağırlıklarının belirlenmesinde ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan dilsel değişkenler Tablo 2 ve Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 2: Kriterlerin Ağırlığını Belirlemede Kullanılan Dilsel İfadeler (Chen, 2000)

Dilsel ifadeler	Üçgensel bulanık ölççek
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9, 1.0, 1.0)
Yüksek (Y)	(0.7, 0.9, 1.0)
Biraz Yüksek (BY)	(0.5, 0.7, 0.9)
Orta (O)	(0.3, 0.5, 0.7)
Biraz Düşük (BD)	(0.1, 0.3, 0.5)
Düşük (D)	(0, 0.1, 0.3)
Çok Düşük (ÇD)	(0, 0, 0.1)

Tablo 3: Alternatiflerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Dilsel İfadeler (Chen, 2000)

Dilsel ifadeler	Üçgensel bulanık ölççek
Çok İyi (Çİ)	(9, 10, 10)
İyi (İ)	(7, 9, 10)
Biraz İyi (BI)	(5, 7, 9)
Orta (O)	(3, 5, 7)
Biraz Kötü (BK)	(1, 3, 5)
Kötü (K)	(0, 1, 3)
Çok Kötü (ÇK)	(0, 0, 1)

3.2. Bulanık TOPSIS Yöntemi

TOPSIS yöntemi Hwang ve Yoon (1981) tarafından geliştirilmiştir. Bu yöntemin temel mantığı, seçilen alternatifin pozitif ideal çözüme (PIS) en kısa mesafeye, negatif ideal çözüme (NIS) en uzak mesafeye sahip olması gerektiğidir (Opricovic ve Tzeng, 2004).

k tane karar verici, n adet kriter ve m adet alternatiften oluşan bir problem için Bulanık TOPSIS yöntemi aşağıdaki gibi hesaplanır (Chen, 2000; Kaya ve Kahraman, 2011):

Adım 1: Karar vericilerin, değerlendirme kriterlerinin ve alternatiflerin belirlenmesi.

Adım 2: Karar vericilerin değerlendirme kriterlerini ve alternatifleri dilsel değişkenlere göre değerlendirmesi.

Adım 3: Değerlendirme kriterleri (\tilde{w}_j) önemi ve her bir değerlendirme kriterine göre alternatiflerin (\tilde{x}_{ij}) ağırlıklarının Denklem 7 ve 8'deki gibi birleştirilmesi.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{K} [w_j^1(+) w_j^2(+) \dots (+) w_j^K] \quad (7)$$

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{K} [x_{ij}^1(+) x_{ij}^2(+) \dots (+) x_{ij}^K] \quad (8)$$

burada \tilde{w}_j^K ve \tilde{x}_{ij}^K , karar verici K tarafından yapılan derecelendirme ve önem ağırlığıdır.

Adım 4: Bulanık karar matrisinin oluşturulması.

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_1, \dots, \tilde{w}_1]$$

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix}$$

burada, \tilde{x}_{ij} ve $\tilde{w}_j, \forall i, j, i = 1, 2, \dots, n$ ve $j = 1, 2, \dots, m$ dilsel değişkenlerdir. Bu dilsel değişkenler üçgensel bulanık sayılarla $\tilde{x}_{ij} = (x_{ij1}, x_{ij2}, x_{ij3})$ ve $\tilde{w}_j = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ olarak tanımlanabilir.

Adım 5: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması (\tilde{R}).

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{n \times m} \quad (9)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), j \in F$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), j \in M$$

burada, $c_j^* = \max_i c_{ij}, j \in \text{Fayda kriteri}$ ve $a_j^- = \min_i a_{ij}, j \in \text{Maliyet kriteri}$ olarak tanımlanır.

Adım 6: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması. Her kriterin farklı önem derecesi göz önüne alınarak, ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi Denklem 10 ile oluşturulur.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{n \times m}, i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m \quad (10)$$

burada $\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij}(\cdot) \tilde{w}_j$ ile hesaplanır.

Adım 7: Bulanık pozitif ideal A^* ve negatif ideal A^- çözümlerin Denklem 11 ve 12 kullanılarak belirlenmesi.

$$A^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*) \quad (11)$$

$$A^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-) \quad (12)$$

burada $j = 1, 2, \dots, m$ için $\tilde{v}_j^* = (1, 1, 1)$ ve $\tilde{v}_j^- = (0, 0, 0)$ 'dir (Chen, 2000).

Adım 8: Bulanık ideal çözümden uzaklık değerinin Denklem 13 ve 14 kullanılarak hesaplanması.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^*), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (13)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{v}_{ij}, \tilde{v}_j^-), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (14)$$

Adım 9: Yakınlık katsayılarının Denklem 15 kullanılarak hesaplanması.

$$C_i = \frac{d_i^-}{d_i^- + d_i^+}, i = 1, 2, \dots, n \quad (15)$$

Adım 10: Alternatiflerin sıralanması. En yüksek yakınlık katsayısına sahip alternatiften en düşüğe doğru alternatifler sıralanır. İlk sıradaki alternatif en iyi alternatif olarak seçilir.

3.3. Bulanık AHP Yöntemi

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), ilk olarak Saaty (1980) tarafından önerilen ÇKKV yöntemlerinden biridir. Klasik AHP yöntemi, karar vericilerin görüşlerini içermesine ve çok kriterli bir değerlendirme yapmasına rağmen, insan düşüncesindeki belirsizliği tam olarak yansıtamaz. Bu sorunun üstesinden gelebilmek amacıyla AHP'nin bulanıklaştırılması için literatürde çeşitli yöntemler önerilmiştir (Tolga vd., 2005). Bulanık AHP yöntemi ile karar vericiler, belirli kararlar yerine ara kararları tercih edebilir. Böylece karar verici görüşleri daha esnek olarak açıklanabilir hale getirilir (Kahraman vd., 2003; Seçme vd., 2009). Chang (1996) genişletilmiş analiz yöntemine dayanan Bulanık AHP yaklaşımını önermiştir (Lima Junior vd., 2014). Bu yöntem karar vericiler tarafından verilen karşılaştırmalı kararları ifade etmek için dilsel değişkenleri kullanır.

Bu çalışmada Chang (Chang, 1996) tarafından önerilen Bulanık AHP yaklaşımını kullanılmıştır. $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ ölçütler kümesi ve $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ hedef kümesi olsun. Chang'ın derece analizi (Chang, 1996), her bir hedef için her bir ölçüt dikkate alınarak uygulanır. Böylece, her bir ölçüt için m derece analizi değerleri aşağıdaki gibi elde edilebilir:

$$M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, \dots, M_{g_i}^m, i = 1, 2, \dots, n, \quad (16)$$

burada, tüm $M_{g_i}^j (j=1, 2, \dots, m)$ değerleri üçgensel bulanık sayılardır.

Chang'ın (1996) yöntemi aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır.

Adım 1: Bulanık sentetik derece değeri, i . ölçüte göre Denklem 17 ile hesaplanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (17)$$

burada, $M_{g_i}^j$ ifadesini elde etmek için, Denklem 18 kullanılır.

$$\sum_{j=1}^m M_{g_i}^j = \left(\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j \right) \quad (18)$$

$[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j]^{-1}$ ifadesi ise Denklem 19 ile hesaplanır.

$$\left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} = \left(\frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m l_i} \right) \quad (19)$$

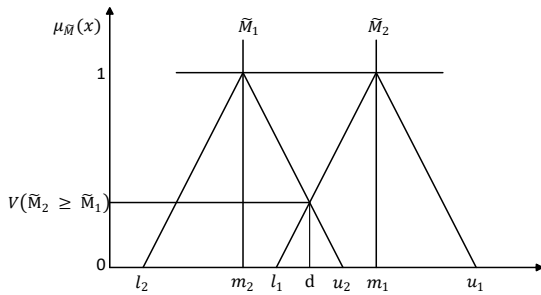
Adım 2: \tilde{M}_2 ve \tilde{M}_1 iki üçgensel bulanık sayısı olsun. $\tilde{M}_2(l_2, m_2, u_2) \geq \tilde{M}_1(l_1, m_1, u_1)$ olasılık derecesi Denklem 20, 21 ve 22 ile tanımlanır.

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = \sup_{y \geq x} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))], \quad (20)$$

$$V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1) = hgt(\tilde{M}_2 \cap \tilde{M}_1) = \mu(d) \quad (21)$$

$$\mu(d) = \begin{cases} 1, & \text{eğer } m_2 \geq m_1 \\ 0, & \text{eğer } l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{diğer} \end{cases} \quad (22)$$

Şekil 2’de gösterildiği gibi d , μ_{M_1} ve μ_{M_2} arasındaki en yüksek kesişim noktası olan D ’nin ordinatıdır. \tilde{M}_1 ve \tilde{M}_2 ’yi karşılaştırmak için $V(\tilde{M}_1 \geq \tilde{M}_2)$ ve $V(\tilde{M}_2 \geq \tilde{M}_1)$ değerlerinin her ikisine de ihtiyaç duyulur.



Şekil 2: \tilde{M}_1 ve \tilde{M}_2 Arasındaki Kesişme

Adım 3: Konveks bir bulanık sayının olasılık derecesinin k konveks bulanık sayıdan \tilde{M}_i ($i = 1, 2, \dots, k$) daha büyük olması şu şekilde tanımlanabilir.

$$V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_1, \tilde{M}_2, \dots, \tilde{M}_k) = V[(\tilde{M} \geq \tilde{M}_1) \text{ ve } (\tilde{M} \geq \tilde{M}_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (\tilde{M} \geq \tilde{M}_k)] \quad (23)$$

$$= \min V(\tilde{M} \geq \tilde{M}_i), i = 1, 2, \dots, k.$$

burada, $k = 1, 2, \dots, n$; $k \neq i$ için $d'(A_i) = \min V(\tilde{M}_i \geq \tilde{M}_k)$ olduğu varsayılırsa ağırlık vektörü Denklem 24 ile bulunur.

$$W' = (d'(A_1), (d'(A_2), \dots, (d'(A_n))^T, \quad (24)$$

burada, A_i ($i = 1, 2, \dots, n$) n elemandan oluşur.

Adım 4: Ağırlık vektörü (W') Denklem 25 kullanılarak normalize edilir.

$$W = (d(A_1), (d(A_2), \dots, (d(A_n))^T, \quad (25)$$

burada W , her karşılaştırma matrisi için hesaplanan bulanık olmayan bir sayıdır.

Bulanık AHP’de karşılaştırma matrislerinin tutarlılık tespiti, göz önüne alınması gereken diğer önemli bir konudur. Klasik AHP’de bir karşılaştırma matrisinin tutarlılığı, tutarlılık oranı ile ölçülür. Ancak bulanık sentetik kararın (fuzzy synthetic decision) sonuçları, bulanık dilsel yargılama sayılarıdır. Bu nedenle, durulaştırma (defuzzification) yönteminin kullanılması gerekmektedir. Durulaştırma, bulanık sayıları net gerçek sayılara dönüştürebilen bir tekniktir. Bu amaç için kullanılan çeşitli yaklaşımlar vardır. En yaygın yaklaşımlar maksimum ortalama, alan merkezi ve α -cut yöntemidir (Seçme vd., 2009). Bu çalışmada uygulama pratikliği nedeniyle alan merkezi yöntemi kullanılmıştır.

Çalışmada, bulanık AHP modelindeki ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması için Tablo 4’te sunulan dilsel ölçek kullanılmıştır (Kahraman vd., 2004).

Tablo 4: Üçgensel Bulanık Dönüşüm Ölçeği (Kahraman vd., 2004)

Dilsel ifadeler	Üçgensel bulanık ölçek	Üçgensel bulanık ölçek tersi
Eşit önemli (EÖ)	(1,1,1)	(1,1,1)
Zayıf derecede önemli (ZDÖ)	(2/3,1,3/2)	(2/3,1,3/2)
Kuvvetli derecede önemli (KDÖ)	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)
Çok önemli (ÇÖ)	(5/2,3,7/2)	(2/7,1/3,2/5)
Mutlak önemli (MÖ)	(7/2,4,9/2)	(2/9,1/4,2/7)

4. Uygulama

Bu çalışma, akış tipi üretim yapan Türkiye’nin önemli gıda işletmelerinden birinde, en uygun bakım stratejisi politikasının belirlenmesi için gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın yapıldığı işletme aşağıdaki özelliklere sahiptir:

- Akış tipi üretim sistemine sahiptir.
- Üretim kayıplarına yol açabilecek makinelerle sahiptir. Bu makinelerin tamir süresi uzun olabilmektedir.
- Yapılan üretimin, en az fire ile gerçekleşmesi beklenmektedir.

Çalışmada ele alınan problem dört karar verici (iki bakım müdürü, bir bakım mühendisi ve bir ustabaşı), dört ana kriter (güvenlik, maliyet, güvenilirlik ve katma değer), on iki alt kriter ve beş alternatiften (DB, PB, FB, DDB ve KB) oluşmaktadır. Çalışma aşağıdaki adımlardan oluşmaktadır:

- Karar verici grubunun oluşturulması.
- Karar verici görüşleri ve literatür araştırması sonucunda kriterler, alt kriterler ve alternatifler belirlenmiş ardından karar vericiler ile iki farklı anket çalışmasının (ikili karşılaştırma ve derecelendirme) yapılması.

- Bulanık TOPSIS, bulanık AHP yöntemlerinin uygulanması.
- Elde edilen sonuçlar ile en uygun alternatif bakım stratejisinin seçilmesi.

4.1. Kriterlerin Belirlenmesi

İşletmelerde en uygun bakım stratejisinin seçilebilmesi için değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu kriterler, literatürde yapılan benzer çalışmalar ve uygulama yapılan işletmedeki karar verici ekibinin belirttiği görüşler dikkate alınarak seçilmiştir. Problem çözümü için tanımlanan değerlendirme kriterleri aşağıda açıklanmıştır.

Emniyet (E): Emniyet kriteri, personel, tesis ve çevre için oluşabilecek istenmeyen durumları ifade eder.

- **Personel Güvenliği (E₁):** Bir üretim tesisinde makine veya ekipmanın arızası personelin yaralanmasına veya ölmesine neden olabilir (Wang vd., 2007).
- **Tesis ve Makine Güvenliği (E₂):** Bir makinenin veya ekipmanın arızasının tesiste bulunan makine veya ekipmanlara vereceği zararı ifade eder.
- **Çevre Güvenliği (E₃):** Zehirli sıvı ve gaz gibi tehlikeli madde içeren makine veya ekipmanların çevreye vereceği zararı ifade eder (Wang vd., 2007).

Maliyet (M): Bir bakım stratejisini uygulayabilmek için gerekli olan tüm masrafları ifade eder. Maliyet kriteri; donanım, yazılım, personel eğitimi ve bakım maliyetlerini içermektedir.

- **Donanım Maliyeti (M₁):** Bakım stratejisini uygulayabilmek için gerekli olan donanımsal maliyetleri (Örneğin sensörler ve bilgisayarlar) kapsamaktadır.
- **Yazılım Maliyeti (M₂):** Bakım stratejisini uygulayabilmek için gerekli olan yazılımsal maliyetleri kapsamaktadır. Örneğin; makine veya ekipmanlardan alınan verileri analiz etmek için yazılım gerekli olabilir.
- **Personel Eğitimi Maliyeti (M₃):** Bakım stratejisinin uygulanabilmesi için gerekli olan eğitim maliyetlerini kapsamaktadır.

Güvenilirlik (G): Bir makine veya ekipmanın, belirli süre zarfında ve limitlerde arıza yapmadan kendisinden beklenen işleri yerine getirebilme olasılığını ifade eder (Bevilacqua ve Braglia, 2000).

- **Arıza Sıklığı (G₁):** Bir makine veya ekipmanın arızalar arası ortalama zamanı ifade eder (Bevilacqua ve Braglia, 2000).
- **Ortalama Tamir Süresi (G₂):** Bir makine veya ekipmanın onarım süresini ifade eder (Bevilacqua ve Braglia, 2000). Bu süre arızanın oluşumundan makine veya ekipmanın çalışmaya hazır olana kadarki süreyi kapsamaktadır.
- **Teknik Güvenilirlik (G₃):** Bakım stratejisinin uygulanabilmesi için gerekli olan teknik ve teknolojik alt yapıyı ifade eder.

Katma Değer (K): Bakım faaliyetlerinin faydalarını ifade eder. Genellikle, katma değer ne kadar fazlaysa, daha düşük girdi ile daha yüksek bakım etkinliği elde edilir (Ge vd., 2017).

- **Üretim Kaybı (K₁):** Makine veya ekipmanların arızalanması sonucunda üretimin durmasını ifade eder. Akış tipi üretim sistemine sahip işletmelerde üretimin durması ciddi üretim kayıplarına neden olur (Görener, 2013).
- **Arıza Tanımlama (K₂):** Bir makine veya ekipmanda arızanın nerede ve ne zaman oluşabileceğini tahmin edebilmeyi ifade eder (Wang vd., 2007).
- **Üretim Kalitesi (K₃):** Bir makinenin/ekipmanın arızasının üretilen ürünün kalitesini etkilemesini ifade eder.

4.2. Alternatiflerin Belirlenmesi

Literatürde yapılan çalışmalar ve uygulamanın yapıldığı işletmedeki gereksinimler göz önüne alınarak DB, PB, FB, DDB ve KB alternatif bakım stratejileri seçilmiştir.

4.3. Bulanık TOPSIS Yönteminin Uygulanması

Kriter ağırlıkları ve alternatifler, Tablo 2 ve Tablo 3'te yer alan dilsel terimlere göre karar vericiler tarafından değerlendirilir. Seçim sürecine katılan dört karar vericinin kriter ağırlıklarına ve alternatif değerlendirilmesine verdikleri dilsel dereceler Tablo 2 ve Tablo 3'teki üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Denklem 7 kullanılarak her bir kriterin ağırlığı ve Denklem 8 kullanılarak alternatif bakım stratejilerinin birleştirilmiş bulanık değerlendirme karşılıkları hesaplanmış ve Tablo 5'te gösterilmiştir. Tablo 6'da Denklem 9 kullanılarak yapılan normalizasyon sonucu gösterilmektedir. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi Denklem 10 kullanılarak Tablo 7'deki gibi oluşturulmuştur.

Tablo 5: Alternatif Bakım Stratejilerinin Birleştirilmiş Bulanık Sayıları

	E ₁	E ₂	E ₃	M ₁	M ₂	M ₃	G ₁	G ₂	G ₃	K ₁	K ₂	K ₃
DB	(0,0.2,1.2)	(0,0.2,1.2)	(0,0.2,1.2)	(6.8,7.8,8)	(6.8,7.8,8)	(6,7.4,8)	(0,0.2,1.2)	(0,0.6,2)	(1.2,2.4,4)	(0,0.4,1.6)	(0,0.2,1.2)	(0,0.4,1.6)
PB	(3.2,4.8,6.4)	(3.2,4.8,6.2)	(3.2,4.8,6.2)	(2.3,6.5,2)	(2.4,4.5,6)	(3.6,5.2,6.6)	(2.2,3.6,5.2)	(4.5,6,7)	(3.6,5.2,6.8)	(3.2,4.8,6.4)	(2.2,3.6,5.2)	(4.5,6,7)
FB	(0,0.4,1.6)	(0,0.4,1.6)	(0,0.4,1.6)	(6.4,7.6,8)	(7.2,8,8)	(5.6,7,7.8)	(0.2,0.6,1.6)	(0.4,1.2,2.4)	(1.4,2.8,4.4)	(0.2,0.6,1.6)	(0,0.2,1.2)	(0.2,0.6,1.6)
DB	(2.8,4.4,6)	(2.8,4.4,6)	(3.6,5.2,6.6)	(2.3,6.5)	(3.2,4.6,5.8)	(3.6,5.2,6.6)	(2.4,4.5,6)	(3.6,5.2,6.6)	(4.5,6,7)	(2.3,6.5,2)	(2.4,4.5,6)	(3.2,4.8,6.2)
KB	(5.2,6.8,7.8)	(4.8,6.4,7.6)	(5.2,6.8,7.8)	(1.8,2.2,3)	(1.8,2.2,3)	(2.3,6.5,2)	(5.2,6.8,7.8)	(5.6,7,7.8)	(5.6,7.2,8)	(5.2,6.8,7.8)	(6.8,7.8,8)	(4.8,6.4,7.6)
Kriter ağırlıkları	(0.72,0.8,0.8)	(0.52,0.66,0.76)	(0.34,0.48,0.62)	(0.52,0.68,0.78)	(0.24,0.4,0.56)	(0.44,0.6,0.74)	(0.52,0.66,0.76)	(0.48,0.64,0.76)	(0.48,0.64,0.76)	(0.6,0.72,0.78)	(0.44,0.6,0.74)	(0.48,0.64,0.76)

Tablo 6: Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi

	E ₁	E ₂	E ₃	M ₁	M ₂	M ₃	G ₁	G ₂	G ₃	K ₁	K ₂	K ₃
DB	(0,0.03,0.15)	(0,0.03,0.16)	(0,0.03,0.15)	(0.85,0.98,1)	(0.85,0.98,1)	(0.75,0.93,1)	(0,0.03,0.15)	(0,0.08,0.26)	(0.15,0.3,0.5)	(0,0.05,0.21)	(0,0.03,0.15)	(0,0.05,0.21)
PB	(0.41,0.62,0.82)	(0.42,0.63,0.82)	(0.41,0.62,0.79)	(0.25,0.45,0.65)	(0.3,0.5,0.7)	(0.45,0.65,0.83)	(0.28,0.46,0.67)	(0.51,0.72,0.9)	(0.45,0.65,0.85)	(0.41,0.62,0.82)	(0.28,0.45,0.65)	(0.53,0.74,0.92)
FB	(0,0.05,0.21)	(0,0.05,0.21)	(0,0.05,0.21)	(0.8,0.95,1)	(0.9,1,1)	(0.7,0.88,0.98)	(0.03,0.08,0.21)	(0.05,0.15,0.31)	(0.18,0.35,0.55)	(0.03,0.08,0.21)	(0,0.03,0.15)	(0.03,0.08,0.21)
DD	(0.36,0.56,0.77)	(0.37,0.58,0.79)	(0.46,0.67,0.85)	(0.25,0.45,0.63)	(0.4,0.58,0.73)	(0.45,0.65,0.83)	(0.31,0.51,0.72)	(0.46,0.67,0.85)	(0.5,0.7,0.88)	(0.26,0.46,0.67)	(0.3,0.5,0.7)	(0.42,0.63,0.82)
KB	(0.67,0.87,1)	(0.63,0.84,1)	(0.67,0.87,1)	(0.23,0.28,0.38)	(0.23,0.28,0.38)	(0.25,0.45,0.65)	(0.67,0.87,1)	(0.72,0.9,1)	(0.7,0.9,1)	(0.67,0.87,1)	(0.85,0.98,1)	(0.63,0.84,1)

Tablo 7: Ağırlıklı Normalize Bulanık Karar Matrisi

	E ₁	E ₂	E ₃	M ₁	M ₂	M ₃	G ₁	G ₂	G ₃	K ₁	K ₂	K ₃
DB	(0,0.02,0.12)	(0,0.02,0.12)	(0,0.01,0.1)	(0.44,0.66,0.78)	(0.2,0.39,0.56)	(0.33,0.56,0.74)	(0,0.02,0.12)	(0,0.05,0.19)	(0.07,0.19,0.38)	(0,0.04,0.16)	(0,0.02,0.11)	(0,0.03,0.16)
PB	(0.3,0.49,0.66)	(0.22,0.42,0.62)	(0.14,0.3,0.49)	(0.13,0.31,0.51)	(0.07,0.2,0.39)	(0.2,0.39,0.61)	(0.15,0.3,0.51)	(0.25,0.46,0.68)	(0.22,0.42,0.65)	(0.25,0.44,0.64)	(0.12,0.27,0.48)	(0.25,0.47,0.7)
FB	(0,0.04,0.16)	(0,0.03,0.16)	(0,0.02,0.13)	(0.42,0.65,0.78)	(0.22,0.4,0.56)	(0.31,0.53,0.72)	(0.01,0.05,0.16)	(0.02,0.1,0.23)	(0.08,0.22,0.42)	(0.02,0.06,0.16)	(0,0.02,0.11)	(0.01,0.05,0.16)
DD	(0.26,0.45,0.62)	(0.19,0.38,0.6)	(0.16,0.32,0.52)	(0.13,0.31,0.49)	(0.1,0.23,0.41)	(0.2,0.39,0.61)	(0.16,0.34,0.55)	(0.22,0.43,0.64)	(0.24,0.45,0.67)	(0.15,0.33,0.52)	(0.13,0.3,0.52)	(0.2,0.4,0.62)
KB	(0.48,0.7,0.8)	(0.33,0.56,0.76)	(0.23,0.42,0.62)	(0.12,0.19,0.29)	(0.05,0.11,0.21)	(0.11,0.27,0.48)	(0.35,0.58,0.76)	(0.34,0.57,0.76)	(0.34,0.58,0.76)	(0.4,0.63,0.78)	(0.37,0.59,0.74)	(0.3,0.54,0.76)

Tablo 8: Her Kriteria Göre Her Alternatifin Pozitif İdealden Uzaklıkları

	E ₁	E ₂	E ₃	M ₁	M ₂	M ₃	G ₁	G ₂	G ₃	K ₁	K ₂	K ₃	d _i ⁺
DB	0.95	0.96	0.97	0.40	0.63	0.49	0.96	0.92	0.80	0.94	0.96	0.94	9.90
PB	0.54	0.60	0.71	0.70	0.79	0.62	0.70	0.57	0.60	0.58	0.72	0.56	7.69
FB	0.93	0.94	0.95	0.41	0.62	0.51	0.93	0.89	0.77	0.93	0.96	0.93	9.77
DD	0.58	0.63	0.68	0.71	0.77	0.62	0.67	0.60	0.58	0.68	0.70	0.62	7.83
KB	0.37	0.49	0.60	0.80	0.88	0.73	0.47	0.47	0.48	0.43	0.46	0.50	6.67

Tablo 9: Her Kriteria Göre Her Alternatifin Negatif İdealden Uzaklıkları

	E ₁	E ₂	E ₃	M ₁	M ₂	M ₃	G ₁	G ₂	G ₃	K ₁	K ₂	K ₃	d _i ⁻
DB	0.07	0.07	0.06	0.64	0.41	0.57	0.07	0.12	0.25	0.09	0.06	0.09	2.51
PB	0.50	0.45	0.34	0.35	0.26	0.43	0.35	0.50	0.46	0.47	0.33	0.51	4.95
FB	0.10	0.09	0.07	0.63	0.42	0.54	0.09	0.15	0.28	0.10	0.06	0.10	2.64
DD	0.47	0.43	0.37	0.34	0.28	0.43	0.38	0.46	0.48	0.37	0.35	0.44	4.80
KB	0.67	0.58	0.45	0.21	0.14	0.32	0.59	0.58	0.58	0.62	0.59	0.57	5.90

Chen (2000)'e göre FPIS ve FNIS aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$A^* = [(1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1)]$$

$$A^- = [(0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)]$$

Pozitif ideal çözümden uzaklık (d_i⁺) ve negatif ideal çözümden uzaklık (d_i⁻) Denklem 13 ve 14'e göre hesaplanmakta ve Tablo 8 ve Tablo 9'daki gibi gösterilmektedir.

Her bir alternatif bakım stratejisinin yakınlık katsayıları (CC_i) Denklem 15 kullanılarak hesaplanmış ve Tablo 10'da sunulmuştur. Bu sonuçlara göre Bulanık TOPSIS yöntemi ile yapılan hesaplamada KB birinci, PB ikinci, DDB üçüncü, FB dördüncü ve DB beşinci sırada yer almıştır.

Tablo 10: Bulanık TOPSIS Yöntemine Göre Alternatif Bakım Stratejilerinin Sıralanması

Alternatifler	CC _i	Sıra
DB	0.202	5
PB	0.392	2
FB	0.213	4
DD	0.380	3
KB	0.470	1

4.4. Bulanık AHP Yönteminin Uygulanması

Karar vericiler, kriter ağırlıkları ve alternatifleri değerlendirmek için Tablo 4'teki dilsel terimleri kullanmışlardır, ardından değerlendirmeler üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Geometrik ortalama yardımıyla karar vericilerin değerlendirmeleri birleştirilmiştir. Tablo 11'de ana kriterlerin birleştirilmiş bulanık ikili karşılaştırma matrisi, Tablo 12'de güvenlik kriterinin, Tablo 13'te maliyet kriterinin, Tablo

14'te güvenilirlik kriterinin ve Tablo 15'te katma değer kriterinin alt kriterlerinin birleştirilmiş bulanık ikili karşılaştırma matrisleri gösterilmektedir.

Tablo 11: Ana Kriterlerin Birleştirilmiş Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

Amaç	E	M	G	K
E	(1,1,1)	(1.7,2.21,2.72)	(0.82,1,1.22)	(0.82,1.19,1.7)
M	(0.37,0.45,0.59)	(1,1,1)	(0.38,0.49,0.63)	(0.65,0.84,1.11)
G	(0.82,1,1.22)	(1.58,2.06,2.6)	(1,1,1)	(0.97,1.19,1.43)
K	(0.59,0.84,1.22)	(0.9,1.19,1.54)	(0.7,0.84,1.03)	(1,1,1)

Her kriter için bulanık sentetik derece değeri, Denklem 17 ile hesaplanır:

$$s_E = (4.34,5.4,6.65) \otimes (1/21.02, 1/17.30, 1/14.30) = (0.21,0.31,0.46)$$

$$s_M = (2.4,2.78,3.33) \otimes (1/21.02, 1/17.30, 1/14.30) = (0.11,0.16,0.23)$$

$$s_G = (4.37,5.25,6.26) \otimes (1/21.02, 1/17.30, 1/14.30) = (0.21,0.3,0.44)$$

$$s_K = (3.19,3.87,4.79) \otimes (1/21.02, 1/17.30, 1/14.30) = (0.15,0.22,0.34)$$

Bu bulanık değerlerin olasılık dereceleri, Denklem 22 ile hesaplanır.

$$V(s_E \geq s_M) = 1, V(s_E \geq s_G) = 1, V(s_E \geq s_K) = 1$$

$$V(s_M \geq s_E) = 0.15, V(s_M \geq s_G) = 0.15, V(s_M \geq s_K) = 0.56$$

$$V(s_G \geq s_E) = 0.96, V(s_G \geq s_M) = 1, V(s_G \geq s_K) = 1$$

$$V(s_K \geq s_E) = 0.59, V(s_K \geq s_M) = 1, V(s_K \geq s_G) = 0.62$$

Daha sonra, öncelik ağırlıkları Denklem 23 ile ağırlık vektörü Denklem 24 ile hesaplanır.

$$d'(s_E) = \min V(s_E \geq s_M, s_G, s_K) = \min(1,1,1) = 1$$

$$d'(s_M) = \min V(s_M \geq s_E, s_G, s_K) = \min(0.15,0.15,0.56) = 0.15$$

$$d'(s_G) = \min V(s_G \geq s_E, s_M, s_K) = \min(0.96,1,1) = 0.96$$

$$d'(s_K) = \min V(s_K \geq s_E, s_M, s_G) = \min(0.59,1,0.62) = 0.59$$

Bu değerler aşağıdaki ağırlık vektörünü verir:

$$W' = (1,0.15,0.96,0.59)^T$$

Denklem 25 kullanılarak, ana kriterlerin önem ağırlıkları aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$W = (0.37,0.05,0.96,0.59)^T$$

Benzer şekilde alt kriterlerin ve alternatiflerin önem ağırlıkları hesaplanır.

Tablo 16: E₁ Kriterine Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

E ₁	DB	PB	FB	DDB	KB
DB	(1,1,1)	(0.39,0.5,0.66)	(0.82,1,1.22)	(0.34,0.42,0.53)	(0.27,0.32,0.38)
PB	(1.51,2,2.55)	(1,1,1)	(1.58,2.06,2.6)	(0.82,1,1.22)	(0.39,0.5,0.66)
FB	(0.82,1,1.22)	(0.38,0.49,0.63)	(1,1,1)	(0.34,0.41,0.52)	(0.22,0.25,0.29)
DDB	(1.87,2.38,2.95)	(0.82,1,1.22)	(1.94,2.45,2.96)	(1,1,1)	(0.45,0.59,0.82)
KB	(2.6,3.13,3.65)	(1.51,2,2.55)	(3.5,4,4.5)	(1.22,1.68,2.2)	(1,1,1)

Tablo 12: Emniyet Kriterinin Alt Kriterlerinin Birleştirilmiş Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

E	E ₁	E ₂	E ₃
E ₁	(1,1,1)	(1.94,2.45,2.96)	(3.22,3.72,4.23)
E ₂	(0.34,0.41,0.52)	(1,1,1)	(0.67,1,1.5)
E ₃	(0.24,0.27,0.31)	(0.67,1,1.5)	(1,1,1)

Tablo 12'de ağırlık vektörü $W_E = (1,0,0)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 13: Maliyet Kriterinin Alt Kriterlerinin Birleştirilmiş Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

M	M ₁	M ₂	M ₃
M ₁	(1,1,1)	(1.22,1.68,2.2)	(0.82,1.19,1.7)
M ₂	(0.45,0.59,0.82)	(1,1,1)	(0.82,1.19,1.7)
M ₃	(0.59,0.84,1.22)	(0.59,0.84,1.22)	(1,1,1)

Tablo 13'te ağırlık vektörü $W_M = (0.44,0.29,0.27)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 14: Güvenilirlik Kriterinin Alt Kriterlerinin Birleştirilmiş Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

G	G ₁	G ₂	G ₃
G ₁	(1,1,1)	(0.74,1,1.36)	(1,1.41,1.94)
G ₂	(0.74,1,1.36)	(1,1,1)	(0.88,1,1.14)
G ₃	(0.52,0.71,1)	(0.88,1,1.14)	(1,1,1)

Tablo 14'te ağırlık vektörü $W_G = (0.4,0.33,0.27)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 15: Katma Değer Kriterinin Alt Kriterlerinin Birleştirilmiş Bulanık İkili Karşılaştırma Matrisi

K	K ₁	K ₂	K ₃
K ₁	(1,1,1)	(0.82,1.19,1.7)	(1,1.41,1.94)
K ₂	(0.59,0.84,1.22)	(1,1,1)	(0.59,0.84,1.22)
K ₃	(0.52,0.71,1)	(0.82,1.19,1.7)	(1,1,1)

Tablo 15'te ağırlık vektörü $W_K = (0.4,0.28,0.31)^T$ olarak hesaplanır.

Tablo 17: E_2 Kriterine Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

E_2	DB	PB	FB	DDB	KB
DB	(1,1,1)	(0.42,0.54,0.72)	(0.82,1,1.22)	(0.32,0.38,0.47)	(0.24,0.27,0.31)
PB	(1.39,1.86,2.39)	(1,1,1)	(1.58,2.06,2.6)	(0.65,0.84,1.11)	(0.32,0.38,0.47)
FB	(0.82,1,1.22)	(0.38,0.49,0.63)	(1,1,1)	(0.37,0.45,0.59)	(0.25,0.29,0.34)
DDB	(2.11,2.63,3.15)	(0.9,1.19,1.54)	(1.7,2.21,2.72)	(1,1,1)	(0.5,0.59,0.74)
KB	(3.22,3.72,4.23)	(2.11,2.63,3.15)	(2.96,3.46,3.97)	(1.36,1.68,1.99)	(1,1,1)

Tablo 18: E_3 Kriterine Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

E_3	DB	PB	FB	DDB	KB
DB	(1,1,1)	(0.42,0.54,0.72)	(0.82,1,1.22)	(0.3,0.35,0.44)	(0.26,0.3,0.35)
PB	(1.39,1.86,2.39)	(1,1,1)	(1.39,1.86,2.39)	(0.74,1,1.36)	(0.39,0.5,0.66)
FB	(0.82,1,1.22)	(0.42,0.54,0.72)	(1,1,1)	(0.34,0.41,0.52)	(0.25,0.29,0.34)
DDB	(2.29,2.83,3.35)	(0.74,1,1.36)	(1.94,2.45,2.96)	(1,1,1)	(0.46,0.54,0.65)
KB	(2.83,3.36,3.89)	(1.51,2,2.55)	(2.96,3.46,3.97)	(1.54,1.86,2.16)	(1,1,1)

Tablo 19: M_1 Kriterine Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

M_1	DB	PB	FB	DDB	KB
DB	(1,1,1)	(1.14,1.57,2.11)	(0.82,1,1.22)	(1.7,2.21,2.72)	(2.6,3.13,3.65)
PB	(0.47,0.64,0.88)	(1,1,1)	(0.45,0.59,0.81)	(0.66,0.76,0.88)	(1,1.41,1.94)
FB	(0.82,1,1.22)	(1.24,1.68,2.24)	(1,1,1)	(1.7,2.21,2.72)	(2.72,3.22,3.73)
DDB	(0.37,0.45,0.59)	(1.14,1.32,1.51)	(0.37,0.45,0.59)	(1,1,1)	(0.93,1.32,1.85)
KB	(0.27,0.32,0.38)	(0.52,0.71,1)	(0.27,0.31,0.37)	(0.54,0.76,1.08)	(1,1,1)

Tablo 20: M_2 Kriterine Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

M_2	DB	PB	FB	DDB	KB
DB	(1,1,1)	(1.51,2,2.55)	(1,1.19,1.39)	(1.7,2.21,2.72)	(3.22,3.72,4.23)
PB	(0.39,0.5,0.66)	(1,1,1)	(0.36,0.45,0.58)	(0.54,0.76,1.08)	(1,1.32,1.72)
FB	(0.72,0.84,1)	(1.72,2.21,2.77)	(1,1,1)	(0.93,1.32,1.85)	(2.39,2.91,3.43)
DDB	(0.37,0.45,0.59)	(0.93,1.32,1.85)	(0.54,0.76,1.08)	(1,1,1)	(1,1.41,1.94)
KB	(0.24,0.27,0.31)	(0.58,0.76,1)	(0.29,0.34,0.42)	(0.52,0.71,1)	(1,1,1)

Tablo 21: M_3 Kriterine Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

M_3	DB	PB	FB	DDB	KB
DB	(1,1,1)	(1.11,1.41,1.75)	(0.9,1,1.11)	(1.39,1.86,2.39)	(2.6,3.13,3.65)
PB	(0.57,0.71,0.9)	(1,1,1)	(0.57,0.71,0.9)	(0.67,1,1.5)	(1.9,2.21,2.5)
FB	(0.9,1,1.11)	(1.11,1.41,1.75)	(1,1,1)	(1.26,1.57,1.9)	(1.53,2,2.6)
DDB	(0.42,0.54,0.72)	(0.67,1,1.5)	(0.53,0.64,0.8)	(1,1,1)	(1.24,1.57,1.99)
KB	(0.27,0.32,0.38)	(0.4,0.45,0.53)	(0.38,0.5,0.65)	(0.5,0.64,0.81)	(1,1,1)

Tablo 22: G_1 Kriterine Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

G_1	DB	PB	FB	DDB	KB
DB	(1,1,1)	(0.29,0.34,0.42)	(0.74,1,1.36)	(0.34,0.41,0.52)	(0.24,0.27,0.31)
PB	(2.39,2.91,3.43)	(1,1,1)	(1.14,1.57,2.11)	(0.74,1,1.36)	(0.52,0.71,1)
FB	(0.74,1,1.36)	(0.47,0.64,0.88)	(1,1,1)	(0.52,0.71,1)	(0.29,0.34,0.42)
DDB	(1.94,2.45,2.96)	(0.74,1,1.36)	(1,1.41,1.94)	(1,1,1)	(0.42,0.54,0.72)
KB	(3.22,3.72,4.23)	(1,1.41,1.94)	(2.39,2.91,3.43)	(1.39,1.86,2.39)	(1,1,1)

Tablo 23: G_2 Kriterine Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

G_2	DB	PB	FB	DDB	KB
DB	(1,1,1)	(0.29,0.34,0.42)	(0.67,1,1.5)	(0.34,0.41,0.52)	(0.24,0.27,0.31)
PB	(2.39,2.91,3.43)	(1,1,1)	(1.51,2,2.55)	(0.9,1.19,1.54)	(0.57,0.71,0.9)
FB	(0.67,1,1.5)	(0.39,0.5,0.66)	(1,1,1)	(0.45,0.59,0.81)	(0.29,0.34,0.42)
DDB	(1.94,2.45,2.96)	(0.65,0.84,1.11)	(1.24,1.68,2.24)	(1,1,1)	(0.37,0.42,0.48)
KB	(3.22,3.72,4.23)	(1.11,1.41,1.75)	(2.39,2.91,3.43)	(2.07,2.38,2.67)	(1,1,1)

Tablo 24: G_3 Kriterine Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

G_3	DB	PB	FB	DDB	KB
DB	(1,1,1)	(0.53,0.64,0.8)	(0.74,1,1.36)	(0.69,0.78,0.9)	(0.58,0.71,0.86)
PB	(1.26,1.57,1.9)	(1,1,1)	(0.88,1.19,1.58)	(1.12,1.41,1.78)	(0.89,1.19,1.61)
FB	(0.74,1,1.36)	(0.63,0.84,1.14)	(1,1,1)	(0.55,0.71,0.92)	(0.46,0.54,0.63)
DDB	(1.11,1.28,1.46)	(0.56,0.71,0.9)	(1.09,1.41,1.83)	(1,1,1)	(0.59,0.84,1.22)
KB	(1.16,1.41,1.72)	(0.62,0.84,1.13)	(1.58,1.86,2.17)	(0.82,1.19,1.7)	(1,1,1)

Tablo 25: K_1 Kriterine Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

K_1	DB	PB	FB	DDB	KB
DB	(1,1,1)	(0.36,0.45,0.58)	(0.74,1,1.36)	(0.52,0.71,1)	(0.29,0.34,0.42)
PB	(1.72,2.21,2.77)	(1,1,1)	(1.85,2.38,2.9)	(1.26,1.57,1.9)	(0.8,1,1.26)
FB	(0.74,1,1.36)	(0.35,0.42,0.54)	(1,1,1)	(0.59,0.84,1.22)	(0.27,0.32,0.38)
DDB	(1,1.41,1.94)	(0.53,0.64,0.8)	(0.82,1.19,1.7)	(1,1,1)	(0.35,0.44,0.56)
KB	(2.39,2.91,3.43)	(0.8,1,1.26)	(2.6,3.13,3.65)	(1.8,2.28,2.83)	(1,1,1)

Tablo 26: K_2 Kriterine Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

K_2	DB	PB	FB	DDB	KB
DB	(1,1,1)	(0.34,0.41,0.52)	(1,1,1)	(0.32,0.38,0.47)	(0.22,0.25,0.29)
PB	(1.94,2.45,2.96)	(1,1,1)	(1.94,2.45,2.96)	(0.9,1,1.11)	(0.38,0.49,0.63)
FB	(1,1,1)	(0.34,0.41,0.52)	(1,1,1)	(0.32,0.38,0.47)	(0.22,0.25,0.29)
DDB	(2.11,2.63,3.15)	(0.9,1,1.11)	(2.11,2.63,3.15)	(1,1,1)	(0.45,0.59,0.82)
KB	(3.5,4,4.5)	(1.58,2.06,2.6)	(3.5,4,4.5)	(1.22,1.68,2.2)	(1,1,1)

Tablo 27: K_3 Kriterine Göre Alternatiflerin İkili Karşılaştırılması

K_3	DB	PB	FB	DDB	KB
DB	(1,1,1)	(0.31,0.37,0.45)	(0.82,1,1.22)	(0.37,0.45,0.59)	(0.22,0.25,0.29)
PB	(2.2,2.71,3.22)	(1,1,1)	(1.58,2.06,2.6)	(0.82,1,1.22)	(0.35,0.44,0.56)
FB	(0.82,1,1.22)	(0.38,0.49,0.63)	(1,1,1)	(0.47,0.64,0.88)	(0.22,0.25,0.29)
DDB	(1.7,2.21,2.72)	(0.82,1,1.22)	(1.14,1.57,2.11)	(1,1,1)	(0.42,0.54,0.72)
KB	(3.5,4,4.5)	(1.8,2.28,2.83)	(3.5,4,4.5)	(1.39,1.86,2.39)	(1,1,1)

Tablo 28: Kriterler ve Alternatiflerin Vektör Ağırlıkları

	E_1	E_2	E_3	M_1	M_2	M_3	G_1	G_2	G_3	K_1	K_2	K_3
DB	0.000	0.000	0.000	0.444	0.526	0.404	0.000	0.000	0.121	0.000	0.000	0.000
PB	0.133	0.003	0.104	0.047	0.000	0.185	0.265	0.281	0.274	0.400	0.085	0.104
FB	0.000	0.000	0.000	0.458	0.391	0.301	0.000	0.000	0.125	0.000	0.000	0.000
DDB	0.230	0.218	0.269	0.051	0.083	0.110	0.189	0.115	0.209	0.026	0.162	0.000
KB	0.637	0.779	0.628	0.000	0.000	0.000	0.547	0.604	0.271	0.574	0.753	0.896

Kriter ağırlıkları	0.370	0.000	0.000	0.024	0.016	0.015	0.144	0.117	0.096	0.089	0.062	0.069
--------------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

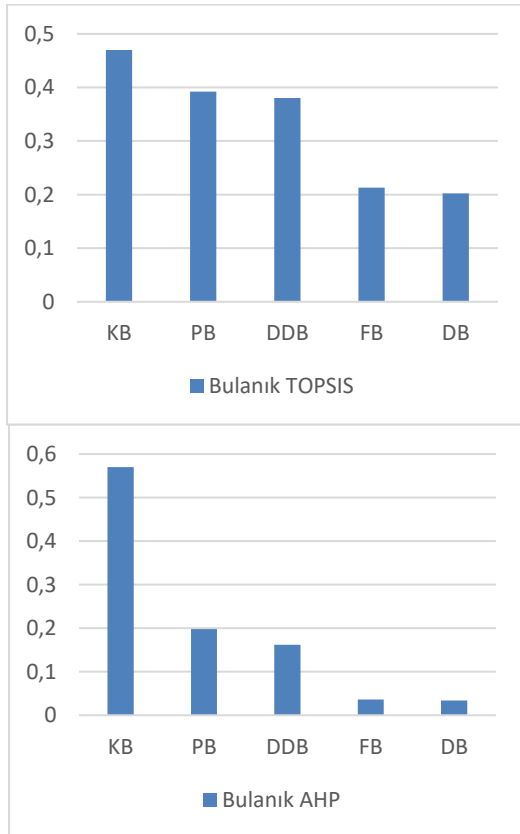
Kriter ve alternatiflerin vektör ağırlıkları Tablo 28’de verilmiştir (ondalıktan sonra üç haneye kadar yuvarlanmıştır). Tablo 29’da Bulanık AHP yöntemi ile yapılan hesaplamaların sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre KB en uygun bakım stratejisi olarak seçilmiştir. Alternatif bakım stratejileri KB, PB, DDB, DB ve FB olarak sıralanmaktadır.

Tablo 29: Alternatiflerin Global Puanı ve Sıralaması

Alternatifler	Global skor	Sıra
DB	0.036	4
PB	0.198	2
FB	0.034	5
DDB	0.162	3
KB	0.570	1

4.5. Bulgular

Bu çalışmada, en uygun bakım stratejisi seçim problemi için değer temelli yöntemlerden bulanık TOPSIS ve hiyerarşi temelli yöntemlerden bulanık AHP yaklaşımları kullanılarak iki farklı ÇKKV metoduyla değerlendirmeler yapılmıştır. Şekil 3’te Bulanık TOPSIS ve Bulanık AHP yöntemlerinin sonuçları verilmiştir. Bu sonuçlara göre iki farklı yaklaşımda da kestirimci bakım stratejisi en uygun bakım stratejisi olarak (ilk sırada) ortaya çıkmıştır. Geri kalan sıralamaya baktığımızda DB ve FB alternatiflerinin yer değiştirmesi dışında iki yöntemin de benzer sıralamayı verdiği görülmektedir. Elde edilen sonuçlar, iki farklı yöntem ile ele alınan problemin tutarlı ve güvenilir bir şekilde değerlendirildiğini göstermektedir.



Şekil 3: Bulanık TOPSIS ve Bulanık AHP Sonuçları

5. Sonuçlar

Bakım planlama faaliyetleri özellikle gıda sektörü gibi sürekli ihtiyaç duyulan alanlarda önemli bir etkiye sahiptir. Çünkü zamanında yapılmayan bakım planlama çalışmaları şirketler için mali kayıpların yanı sıra müşteri ve prestij kayıplarına da yola açmaktadır. Günümüzde, gıda işletmelerinin başarılı olabilmesi, gıda üretimi esnasında ürünlerin prosedüre uygun biçimde işletilmesine bağlıdır. Makine/ekipmanlardaki beklenmedik arızalar ürünlerin hatlarda beklemesine ve ürünlerin kalitesinin düşmesine zaman zaman ürünlerin bozulmasına yol açmaktadır (Cayir Ervural, 2020). Gıda üretim tesislerinde üretilen ürünlerin bekleme sürelerinin en aza indirilmesi gerekmektedir. Uygun bakım planlama faaliyetleri ile makine/ekipmanlarda ortaya çıkabilecek ani bozulmaların önüne geçilerek ürünlerin sağlam biçimde paketlenerek sevk edilmesi sağlanmaktadır. Bu yüzden uygun bakım planlama faaliyetleri kritik rol oynamaktadır.

Bu çalışmada, Türkiye’de bir gıda işletmesi için bulanık TOPSIS ve bulanık AHP yöntemleri kullanılarak çok sayıda kriter ve alternatif değerlendirilerek, farklı karar verici görüşleri altında en uygun bakım planlama stratejisinin belirlenmesi problemi ele alınmıştır. Doğru planlanmış bir bakım yönetimi, tesis ekipmanlarının kullanılabilirliğini, güvenlik seviyelerini ve üretim kalitesini artırırken bakım için gereksiz yatırımları ve üretim kayıplarını azaltmaktadır. Uygun bakım stratejisinin seçimi veri toplamadaki zorluklar, dikkate alınması gereken kriterler ve kriterlerin her birinin kendi içindeki önelliği, ayrıca çok sayıda bakım alternatifinin yer alması nedeniyle karmaşık bir yapı sergilemektedir. Bu nedenle bakım stratejilerinin değerlendirilmesi, çok boyutlu karar problemi olarak değerlendirilmektedir (Bevilacqua ve Braglia, 2000; Wang vd., 2007). Kesin olmayan karar verici yargıları dikkate alındığında, ÇKKV yöntemlerine bulanık yaklaşımların entegre edilmesi büyük kolaylık sağlamaktadır. Bu çalışmada, insan düşüncelerindeki belirsizliği modelleyebilmek amacıyla literatürde sıkça kullanılan ve karar vericiler tarafından kolayca anlaşılabilen bulanık TOPSIS ve bulanık AHP yöntemleri kullanılarak bir işletme için en uygun bakım stratejisinin seçimi yapılmıştır.

Yapılan çalışma sonucunda, uygulamanın yapıldığı işletme için en uygun bakım stratejisi KB olarak seçilmiştir. KB, izlenen makine/ekipmanların arıza eğilimini tahmin etmeye yarayan bir bakım stratejisi olduğundan işletmelerde arıza sıklığı, ortalama tamir süresi ve üretim kaybını azaltırken teknik güvenilirlik, arıza teşhisi ve üretim kalitesini de artırmaktadır. Ayrıca, beklenmedik arızaların ortaya çıkması sonucunda etkilenebilecek personel, tesis ve çevre güvenliği de kontrol altına alınabilir. Bir işletmede, emniyet, güvenilirlik ve katma değer ana kriterlerinin önemi arttığında kestirimci bakım stratejisi en uygun bakım stratejisi olarak seçilmektedir. Maliyet ana kriterinin önemi arttığında ise DB ve FB bakım stratejileri en uygun bakım stratejisi konumuna gelmektedir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde en uygun bakım stratejisi, işletmelerin sahip olduğu farklı özelliklerden ve ele alınan alternatiflerin çeşitliliğinden dolayı farklılık göstermektedir. Bu yüzden bir işletme için seçilen bakım stratejisinin en iyi bakım stratejisi olduğunu söylemek doğru bir yaklaşım değildir. İşletmelerin bulunduğu sektör, sahip olduğu üretim sistemi, farklı kriterlerin varlığı ve karar vericilerin görüşleri işletmeler için belirlenecek en uygun bakım stratejisini

değiştirebilir. Bu yüzden her işletme için uygun kriter ve alternatifler dikkate alınarak en uygun bakım strateji seçimi yapılmalıdır.

Gelecek araştırmalar için bakım stratejisi seçim problemi yeni kriter ve alternatifler de değerlendirilerek farklı uygulama alanlarına adapte edilebilir. Ayrıca, bakım stratejisi seçim problemi yapısı gereği içerdiği belirsiz ve karmaşıklıktan dolayı farklı bulanık yaklaşımlar ile modellenebilir. İşletmelerde maliyet ve zaman açısından avantaj sağlayabilmek için üretim planlama ve bakım planlama çalışmaları birleştirilerek simülasyon modeli oluşturulabilir.

Kaynakça

Aghae, M. ve Fazli, S. (2012). An improved MCDM method for maintenance approach selection: A case study of auto industry. *Management Science Letters*, 2, 137–146. doi:10.5267/j.msl.2011.09.012

Ahmadi, A., Gupta, S., Karim, R. ve Kumar, U. (2010). Selection of maintenance strategy for aircraft systems using multi-criteria decision making methodologies. *International Journal of Reliability, Quality and Safety Engineering*, 17(03), 223–243. doi:10.1142/S0218539310003779

Al-Najjar, B. ve Alsyof, I. (2003). Selecting the most efficient maintenance approach using fuzzy multiple criteria decision making. *International Journal of Production Economics*, 84(1), 85–100. doi:10.1016/S0925-5273(02)00380-8

Asuquo, M. P., Wang, J., Zhang, L. ve Phylip-Jones, G. (2019). Application of a multiple attribute group decision making (MAGDM) model for selecting appropriate maintenance strategy for marine and offshore machinery operations. *Ocean Engineering*, 179, 246–260. doi:10.1016/J.OCEANENG.2019.02.065

Azizi, A. ve Fathi, K. (2014). Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process. *Management Science Letters*, 4(5), 893–898. doi:10.5267/j.msl.2014.3.028

Bal, A. ve Satoglu, S. I. (2014). Maintenance Management of Production Systems with Sensors and RFID: A Case Study System Level Production Modelling in Coal Mining Industry View project Sustainable Supply Chain Management View project Maintenance Management of Production Systems with Sens.

Bertolini, M., Bevilacqua, M., Braglia, M. ve Frosolini, M. (2004). An analytical method for maintenance outsourcing service selection. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 21(7), 772–788. doi:10.1108/02656710410549118

Bevilacqua, M. ve Braglia, M. (2000). The analytic hierarchy process applied to maintenance strategy selection. *Reliability Engineering & System Safety*, 70(1), 71–83. doi:10.1016/S0951-8320(00)00047-8

Cayir Ervural, B. (2020). Varyans Analizi (ANOVA) ve Kovaryans Analizi (ANCOVA) İle Deney Tasarımı: Bir Gıda İşletmesinin Tedarik Süresine Etki Eden Faktörlerin Belirlenmesi. *Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 923–941. doi:10.35193/bseufbd.719341

Cayir Ervural, B., Evren, R. ve Delen, D. (2018). A multi-objective decision-making approach for sustainable energy investment planning. *Renewable Energy*, 126, 387–402. doi:10.1016/J.RENENE.2018.03.051

Cayir Ervural, B., Zaim, S., Demirel, O. F., Aydın, Z. ve Delen, D. (2018). An ANP and fuzzy TOPSIS-based SWOT analysis

for Turkey's energy planning. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 1538–1550. doi:10.1016/J.RSER.2017.06.095

Chan, F. T. S. ve Prakash, A. (2012). Maintenance policy selection in manufacturing firms using the fuzzy MCDM approach. *International Journal of Production Research*, 50(23), 7044–7056. doi:10.1080/00207543.2011.653451

Chang, D.-Y. (1996). Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. *European Journal of Operational Research*, 95(3), 649–655. doi:10.1016/0377-2217(95)00300-2

Chen, C.-T. (2000). Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment. *Fuzzy Sets and Systems*, 114(1), 1–9. doi:10.1016/S0165-0114(97)00377-1

Elseddawy, A. Z. ve Kandil, A. H. (2018). Selection of Appropriate Maintenance Strategy for Medical Equipment. 2018 9th Cairo International Biomedical Engineering Conference (CIBEC) içinde (ss. 73–77). IEEE. doi:10.1109/CIBEC.2018.8641811

Emovon, I., Norman, R. A. ve Murphy, A. J. (2018). Hybrid MCDM based methodology for selecting the optimum maintenance strategy for ship machinery systems. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 29(3), 519–531. doi:10.1007/s10845-015-1133-6

Fathi, M. R., Momeni, M., Zarchi, M. K. ve Azizollahi, S. (2011). A Fuzzy TOPSIS-Based Approach to Maintenance Strategy Selection: A Case Study. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 8(3), 699–706.

Fazlollahtabar, H. ve Yousefpoor, N. (2008). Selection of Optimum Maintenance Strategies in a Virtual Learning Environment based on Analytic Hierarchy Process.

Ge, Y., Xiao, M., Yang, Z., Zhang, L., Hu, Z. ve Feng, D. (2017). An integrated logarithmic fuzzy preference programming based methodology for optimum maintenance strategies selection. *Applied Soft Computing*, 60, 591–601. doi:10.1016/J.ASOC.2017.07.021

Gedikli, T. ve Cayir Ervural, B. (2020). Selection of Optimum Maintenance Strategy Using Multi-criteria Decision Making Approaches. *Industrial Engineering in the Digital Disruption Era* içinde (ss. 156–170). Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-030-42416-9_15

Gedikli, T., Ervural, B. C. ve Sen, D. T. (2021). Evaluation of Maintenance Strategies Using Pythagorean Fuzzy TOPSIS Method. *Advances in Intelligent Systems and Computing* içinde (C. 1197 AISC, ss. 512–521). Springer. doi:10.1007/978-3-030-51156-2_59

Görener, A. (2013). Bakım stratejilerinin bulanık karar ortamında seçimi için WSA ve TOPSIS yöntemlerinin uygulanması. *Journal of Engineering and Natural Sciences*, (216), 159–177.

Hwang, C. C.-L. ve Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications* (C. 186). New York: Springer.

Ilangkumaran, M. ve Kumanan, S. (2009). Selection of maintenance policy for textile industry using hybrid multi-criteria decision making approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20(7), 1009–1022. doi:10.1108/17410380910984258

Jayaswal, P., Sagar, M. K. ve Kushwah, K. (2013). Maintenance Strategy Selection by Fuzzy TOPSIS Method of Material Handling Equipment. *International Journal of Emerging Trends in Engineering and Development*, 2(3), 126–135.

Kahraman, C., Cebeci, U. ve Ruan, D. (2004). Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey. *International Journal of Production*

- Economics, 87(2), 171–184. doi:10.1016/S0925-5273(03)00099-9
- Kahraman, C., Ruan, D. ve Doğan, I. (2003). Fuzzy group decision-making for facility location selection. *Information Sciences*, 157, 135–153. doi:10.1016/S0020-0255(03)00183-X
- Kaya, T. ve Kahraman, C. (2011). Multicriteria decision making in energy planning using a modified fuzzy TOPSIS methodology. *Expert Systems with Applications*, 38(6), 6577–6585. doi:10.1016/J.ESWA.2010.11.081
- Kirubakaran, B. ve Ilangkumaran, M. (2016). Selection of optimum maintenance strategy based on FAHP integrated with GRA–TOPSIS. *Annals of Operations Research*, 245(1–2), 285–313. doi:10.1007/s10479-014-1775-3
- Kumar, G. ve Maiti, J. (2012). Modeling risk based maintenance using fuzzy analytic network process. *Expert Systems with Applications*, 39(11), 9946–9954. doi:10.1016/J.ESWA.2012.01.004
- Kumar Sagar, M., Jayaswal, P. ve Kushwah, K. (2013). Exploring Fuzzy SAW Method for Maintenance Strategy Selection Problem of Material Handling Equipment. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 3(2), 600–605. <http://inpressco.com/category/ijcet> adresinden erişildi.
- Kundakcı, N. (2019). Selection of Maintenance Strategy For a Manufacturing Company with Fuzzy Moora Method. <https://www.dpublication.com/wp-content/uploads/2019/07/49-959-ICBME.pdf> adresinden erişildi.
- Li, C., Xu, M. ve Guo, S. (2007). ELECTRE III based on ranking fuzzy numbers for deterministic and fuzzy maintenance strategy decision problems. *Proceedings of the IEEE International Conference on Automation and Logistics, ICAL 2007* içinde (ss. 309–312). IEEE. doi:10.1109/ICAL.2007.4338577
- Lima Junior, F. R., Osiro, L. ve Carpinetti, L. C. R. (2014). A comparison between Fuzzy AHP and Fuzzy TOPSIS methods to supplier selection. *Applied Soft Computing*, 21, 194–209. doi:10.1016/J.ASOC.2014.03.014
- Mey, Y. (2016). Fuzzy analytical hierarchy process for the selection of maintenance policies within petroleum industry, (3), 529–534.
- Nezami, F. G. ve Yildirim, M. B. (2013). A sustainability approach for selecting maintenance strategy. *International Journal of Sustainable Engineering*, 6(4), 332–343. doi:10.1080/19397038.2013.765928
- Odeyale, S. O., Alamu, O. J. ve Odeyale, E. O. (2013). The Analytical Hierarchy Process Concept for Maintenance Strategy Selection in Manufacturing Industries. *The Pacific Journal of Science and Technology*, 14(1), 223–233.
- Opricovic, S. ve Tzeng, G.-H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445–455. doi:10.1016/S0377-2217(03)00020-1
- Özcan, E., Danışan, T. ve Eren, T. (2019). Hidroelektrik Santrallerin En Kritik Elektriksel Ekipman Gruplarının Bakım Stratejilerinin Optimizasyonu İçin Matematiksel Bir Model Önerisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 25(4), 498–506. doi:10.5505/pajes.2018.38455
- Özcan, E., Ünlüsoy, S. ve Eren, T. (2017). A combined goal programming – AHP approach supported with TOPSIS for maintenance strategy selection in hydroelectric power plants. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 78, 1410–1423. doi:10.1016/J.RSER.2017.04.039
- Pariazar, M., Shahrabi, J., Zaeri, M. S. ve Parhizi, S. (2008). A combined approach for maintenance strategy selection. *Journal of Applied Sciences*. doi:10.3923/jas.2008.4321.4329
- Pourjavad, E., Shirouyehzad, H. ve Shahin, A. (2013). Selecting maintenance strategy in mining industry by analytic network process and TOPSIS. *International Journal of Industrial and Systems Engineering*, 15(2), 171. doi:10.1504/ijise.2013.056095
- Pun, K. P., Tsang, Y. P., Choy, K. L., Tang, V. ve Lam, H. Y. (2017). A Fuzzy-AHP-Based Decision Support System for Maintenance Strategy Selection in Facility Management. *2017 Portland International Conference on Management of Engineering and Technology (PICMET)* içinde (ss. 1–7). IEEE. doi:10.23919/PICMET.2017.8125300
- Saaty, T. L. (1980). What is the Analytic Hierarchy Process? *Mathematical Models for Decision Support* içinde (ss. 109–121). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. doi:10.1007/978-3-642-83555-1_5
- Seçme, N. Y., Bayrakdaroğlu, A. ve Kahraman, C. (2009). Fuzzy performance evaluation in Turkish Banking Sector using Analytic Hierarchy Process and TOPSIS. *Expert Systems with Applications*, 36(9), 11699–11709. doi:10.1016/J.ESWA.2009.03.013
- Shyjith, K., Ilangkumaran, M. ve Kumanan, S. (2008). Multi-criteria decision-making approach to evaluate optimum maintenance strategy in textile industry. *Journal of Quality in Maintenance Engineering*, 14(4), 375–386. doi:10.1108/13552510810909975
- Tolga, E., Demircan, M. L. ve Kahraman, C. (2005). Operating system selection using fuzzy replacement analysis and analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 97(1), 89–117. doi:10.1016/J.IJPE.2004.07.001
- Wang, L., Chu, J. ve Wu, J. (2007). Selection of optimum maintenance strategies based on a fuzzy analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 107(1), 151–163. doi:10.1016/j.ijpe.2006.08.005
- Xie, H., Shi, L. ve Xu, H. (2013). Transformer Maintenance Policies Selection Based on an Improved Fuzzy Analytic Hierarchy Process. *Journal of Computers*, 8(5), 1343–1350. doi:10.4304/jcp.8.5.1343-1350



Comparison of Surface Properties of B₂O₃-Doped TiO₂ and Non-Doped Thin Films with Sol-Gel Method

Ozan Ceylan^{1*}, Mürivet Kaşıkçı Özen², Nalan Çiçek Bezir³, Atilla Evcin⁴

¹Akdeniz Üniversitesi, Elmalı Meslek Yüksekokulu, Antalya, TURKEY (ORCID: 0000-0002-7341-4218) ozanceylan@akdeniz.edu.tr

²Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Niğde-TURKEY (ORCID: 0000-0003-2416-3018) murivet.k.o@gmail.com

³Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Fizik Bölümü, Isparta-TURKEY (ORCID: 0000-0002-5708-1521) cicekn@gmail.com

⁴Afyon Kocatepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Malzeme Bilimi ve Mühendisliği Bölümü, Afyon-TURKEY (ORCID: 0000-0002-0163-5097) evcin@aku.edu.tr

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.835974)

ATIF/REFERENCE: Ceylan, O., Kaşıkçı Özen, M., Çiçek Bezir, N., Evcin, A. & (2021). Comparison of Surface Properties of B₂O₃-Doped Thin Films with Sol-Gel Method. *European Journal of Science and Technology*, (22), 226-229.

Abstract

Titanium dioxide (TiO₂) is a widely used material in nanotechnological applications. Especially in photocatalytic and optical applications, TiO₂ thin films are an indispensable material. Metal-doped thin films are of interest to researchers for the development of these properties.

In this study, the effect of boron oxide (B₂O₃) additive on surface properties in coating TiO₂ thin films on soda-lime glasses was investigated. In the experimental study, alkoxide solutions with a source of boron and titanium were used. TiO₂ sol was prepared with Sol-Gel method. In addition, the sol was prepared by adding Triisopropyl borate. Condensation and polymerization steps were completed in acid catalysis and the solution was obtained. In the home-made dip coater device, the solution is coated on the surface. The substrate was immersed in solution at constant speed for a specified time (approximately 30 seconds). It was then withdrawn at the same speed. The surface properties of dried thin films have been characterized by applying morphological analysis (Scanning Electron Microscope) and contact angle measurement tests. The surface shows hydrophilic properties, as an angle of less than 90 degrees occurs on the uncoated glass surface. As is seen contact angle image of TiO₂, an angle of 11.83 degrees has occurred on the surface of TiO₂ coated glass. As is seen contact angle image of boron oxide coated glass, an angle of 24.12 degrees has occurred on the surface of B₂O₃ coated glass. As is seen contact angle image of TiO₂ and boron oxide coated glass, an angle of 6.12 degrees has occurred on the surface of TiO₂ and B₂O₃ coated glass. So, although the surface is very close to the superhydrophilic degree, it is hydrophilic as the contact angle of the surface is greater than 5 degrees.

As a result, the B₂O₃-doped TiO₂ coated surface was found to have better hydrophilic properties than the non-doped TiO₂ surface. It has been observed that the boron oxide-doped TiO₂ coated glass material has a superhydrophilic value.

Keywords: B₂O₃-Doped TiO₂, Sol-Gel, Superhydrophilic.

B₂O₃-Katkılı TiO₂ ve Katkısız İnce Filmlerin Yüzey Özelliklerinin Sol-jel Yöntemi ile Karşılaştırılması

Öz

Titanyum dioksit (TiO₂) nanoteknolojik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan bir malzemedir. Özellikle fotokatalitik ve optik uygulamalarda, TiO₂ ince filmler vazgeçilmez bir malzemedir. Metal katkılı ince filmler, bu özelliklerin geliştirilmesi için araştırmacıların ilgisini çekmektedir.

Bu çalışmada, bor oksit (B₂O₃) katkısının, TiO₂ ince filmlerinin soda-kireç camları üzerine kaplanmasında yüzey özellikleri üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Deneysel çalışmada, bor ve titanyum kaynağı olan alkoksit çözeltileri kullanılmıştır. TiO₂ sol, Sol-jel

* Corresponding Author: ozanceylan@akdeniz.edu.tr

yöntemi ile hazırlandı. Ek olarak, Sol, Triizopropil Borat eklenerek hazırlanmıştır. Asit katalizinde yoğunlaşma ve polimerizasyon aşamaları tamamlanmış olup çözelti elde edilmiştir. Ev yapımı sol-jel daldırma kaplama cihazında, çözelti yüzeye kaplanmıştır. Kullandığımız mekanik düzenek, taşıyıcıyı belli bir düşey hızla çözeltiliye daldırıp aynı hızla (yaklaşık 30 saniye) çıkarma işlevi görmektedir.

Kurutulmuş ince filmlerin yüzey özellikleri, morfolojik analiz (taramalı elektron mikroskobu) ve temas açısı ölçüm testlerinin uygulanmasıyla karakterize edilmiştir. Cam kaplanmamış durumdayken 90 dereceden küçük olduğu için hidrofilik bir özellik göstermektedir. TiO_2 kaplanmış cam örneğinde ise 11.83 derecelik bir açı yaparak 0 dereceye yakın olduğundan bu hidrofilik bir özellik göstermektedir. B_2O_3 kaplı camın yüzeyinde 24.12 derecelik bir açı meydana geldiği için yüzey hidrofilik özellikler göstermiştir. TiO_2 -Boroksit kaplı cam örneğimiz ise 0 dereceye yakın bir özellik göstererek süperhidrofiliktir. TiO_2 ve B_2O_3 kaplı camın yüzeyinde 6.12 derecelik bir açı meydana gelmiştir. Bu nedenle, yüzey süperhidrofilik dereceye çok yakın olmasına rağmen, yüzeyin temas açısı 5 dereceden büyük olduğu için yüzey hidrofiliktir. Sonuç olarak, B_2O_3 katkılı TiO_2 kaplı yüzeyin, katkısız TiO_2 yüzeyinden daha iyi hidrofilik özelliklere sahip olduğu bulunmuştur. Bor oksit katkılı TiO_2 kaplamalı cam malzemenin süperhidrofilik bir değere sahip olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: B_2O_3 -Katkılı TiO_2 , Sol-Jel, Süperhidrofilik.

1. Introduction

Nowadays, research and development work in the field of nanotechnology is growing rapidly, focusing on nanomaterials that include high performance and new functions [1]. Recently, TiO_2 thin films with hydrophilic properties have been attracting intense attention. TiO_2 thin films have many advanced functions and features, such as anti-decay, deodorization, sterilization and anti-fogging. Therefore, in order to increase the surface area of TiO_2 and the hydrophilicity of the surface, metals, rare elements, nitrogen or iron are doped to TiO_2 films [2-5]. In order to compare the morphology and microstructure of different films by coating, the sol-gel dip-coating method may be preferred [6-7].

Sol-gel method is one of the most widely used techniques in which glass, glass-ceramic or composite materials can be produced by preparing the solution, gelling and removing the solvent from the system [8-9]. Sol-gel dip coating method is simple, economical and functional. Furthermore, dip-coating method, the substrate to be coated is prepared it is based on the fact that it is dipped in the solution at a certain speed and withdrawn from the solution again at the same speed. This method is one of the most preferred methods among sol-gel coating methods [10].

In this study, different solutions for TiO_2 and B_2O_3 were prepared by sol-gel method. On the other hand, the prepared solutions were coated to the surface with a homemade dip-coater devices. The microstructure of the prepared surfaces was examined with scanning electron microscopy (SEM). The contact angles of the surfaces were also examined with the contact angle measurement device. As a result of the investigations, it was observed that the glass material coated with TiO_2 has a better hydrophilic property than the glass material coated with B_2O_3 . In addition, it has been observed that the TiO_2 coated glass material doped with B_2O_3 has a superhydrophilic property.

2. Material and Method

2.1. Preparation of TiO_2 solution

In this study, 1,854 ml of titanium (IV) Isopropoxide and 10 ml propanol was added to the glass beaker after cleaning the material to be used. Then, the mixture was placed in the

magnetic stirring apparatus and stirred for 30 minutes. 2 ml of nitric acid and pure water were added to the mixture of titanium (IV) isopropoxide-propanol. In order not to evaporate the solution, the lid of the solution was kept closed at each stage.

2.2. Preparation of B_2O_3 solution

2,298 ml of Triisopropyl borate and 10 ml propanol was added to the glass beaker after cleaning the material to be used. Then, the mixture was placed in the magnetic stirring apparatus and stirred for 30 minutes. 2 ml of nitric acid and pure water were added to the mixture of B_2O_3 -propanol. In order not to evaporate the solution, the lid of the solution was kept closed at each stage.

2.3. Coating of Thin Films

In our study, dip coating method was used to cover films. The thin films are carefully placed in the dip-coater devices. The substrate was immersed in solution at constant speed for a specified time (approximately 30 seconds). It was then withdrawn at the same speed. In addition, the surface plane of the solution with the carrier surface was kept perpendicular. The carrier was given an angle of 5-7 degrees without disturbing the steepness of the plane. If this slope is not given, completely drainage cannot be achieved when the lower limit of the carrier is withdrew of the solution at the same time. Therefore, in intermediate heat treatments, the solution can't be dried completely.

3. Results and Discussion

3.1. Contact Angle Measurements

The magnitude of the contact angle depends on the relative magnitude of the gravitational forces (cohesion forces) between the liquid's own molecules and the gravitational forces (adhesion forces) between the liquid and solid [11]. The greater the size of the cohesion forces than the size of the adhesion forces, the greater the contact angle between the liquid and solid.

As shown in Figure 2.1., the surface shows hydrophilic properties, as an angle of less than 90 degrees occurs on the uncoated glass surface.



Figure 3.1. Contact Angle Image of Uncoated Glass

As shown in Figure 2.2., an angle of 11.83 degrees has occurred on the surface of TiO_2 coated glass. Therefore, since the contact angle is close to 0 degrees, the surface shows a hydrophilic property.



Figure 3.2. Contact Angle Image of TiO_2 Coated Glass

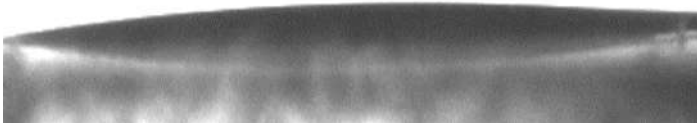
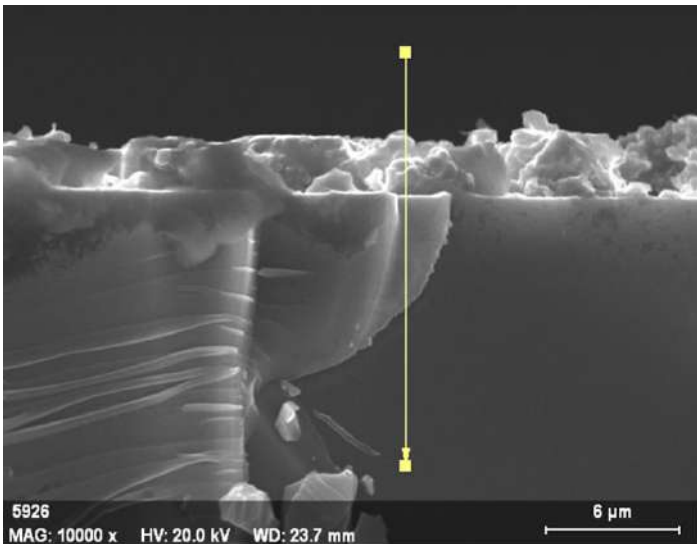


Figure 3.4. Contact Angle Image of TiO_2 and Boron Oxide Coated Glass

3.2. SEM Analysis

Scanning electron microscope images of prepared surfaces are as follows;

As shown in Figure 3.5., the SEM image taken from the surface of the TiO_2 coated glass shows that the surface has a homogeneous structure.



As shown in Figure 2.3., an angle of 24.12 degrees has occurred on the surface of B_2O_3 coated glass. Therefore, the surface showed hydrophilic properties.



Figure 3.3. Contact Angle Image of Boron Oxide Coated Glass

Figure 3.5. SEM Image of TiO_2 Coated Surface on Glass

As shown in Figure 3.6., the SEM image taken from the surface of the TiO_2 coated glass doped with B_2O_3 shows that the surface has a heterogeneous structure.

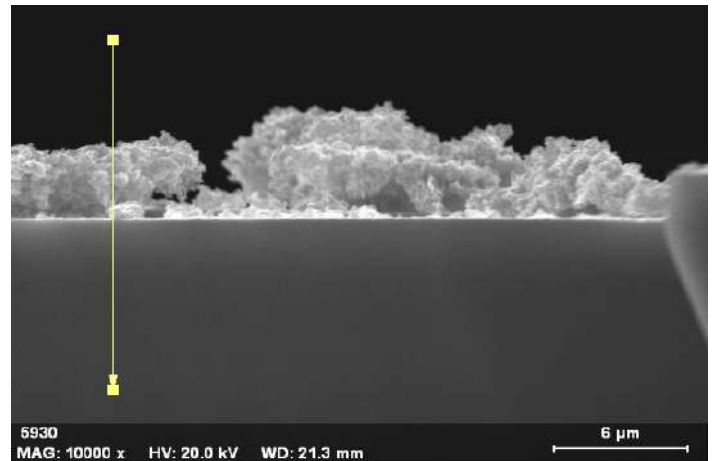


Figure 3.6. SEM Image of TiO_2 and Boron oxide Coated Surface on Glass

4. Conclusions and Recommendations

In this study, it was observed that the glass material coated with TiO_2 has better hydrophilic properties than the glass material coated with B_2O_3 . It has been observed that the surface of boron oxide and TiO_2 coated glass to the fact that material is superhydrophilic. However, differences in surface thickness were observed due the TiO_2 coated glass surface doped with B_2O_3 was not homogeneous. So, it has been a heterogeneous coating.

In future studies, the characteristics of surfaces can be studied by adding different materials to TiO₂-coated surfaces.

Acknowledgement

This experiment was supported by AKU-BAP under the project number 16. MUH.07.

References

- [1] Shibuya, M., & Miyauchi, M. (2009). Site-Selective Deposition of Metal Nanoparticles on Aligned WO₃ Nanotrees for Super-Hydrophilic Thin Films. *Advanced Materials*, 21(13), 1373-1376.
- [2] Banerjee, S., Gopal, J., Muraleedharan, P., Tyagi, A. K., & Raj, B. (2006). Physics and chemistry of photocatalytic titanium dioxide: visualization of bactericidal activity using atomic force microscopy. *Current science*, 90(10), 1378-1383.
- [3] Chen, D., Huang, F., Cheng, Y. B., & Caruso, R. A. (2009). Mesoporous anatase TiO₂ beads with high surface areas and controllable pore sizes: a superior candidate for high-performance dye-sensitized solar cells. *Advanced Materials*, 21(21), 2206-2210.
- [4] Nahar, M. S., Hasegawa, K., & Kagaya, S. (2006). Photocatalytic degradation of phenol by visible light-responsive iron-doped TiO₂ and spontaneous sedimentation of the TiO₂ particles. *Chemosphere*, 65(11), 1976-1982.
- [5] Luca, D., Mardare, D., Iacomi, F., & Teodorescu, C. M. (2006). Increasing surface hydrophilicity of titania thin films by doping. *Applied surface science*, 252(18), 6122-6126.
- [6] Ilkhechi, N. N., Ghorbani, M., Mozammel, M., & Khajeh, M. (2017). The optical, photo catalytic behavior and hydrophilic properties of silver and tin co doped TiO₂ thin films using sol-gel method. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 28(4), 3571-3580.
- [7] Li, H., Zhao, G., Han, G., & Song, B. (2007). Hydrophilicity and photocatalysis of Ti_{1-x}V_xO₂ films prepared by sol-gel method. *Surface and Coatings Technology*, 201(18), 7615-7618.
- [8] Zhang, W., Tu, J., Long, W., Lai, W., Sheng, Y., & Guo, T. (2017). Preparation of SiO₂ anti-reflection coatings by sol-gel method. *Energy Procedia*, 130, 72-76.
- [9] Zhang, Z., Zhang, P., Guo, L., Guo, T., & Yang, J. (2011). Effect of TiO₂-SiO₂ sol-gel coating on the cpTi-porcelain bond strength. *Materials Letters*, 65(7), 1082-1085.
- [10] Faustini, M., Louis, B., Albouy, P. A., Kuemmel, M., & Grosso, D. (2010). Preparation of sol-gel films by dip-coating in extreme conditions. *The Journal of Physical Chemistry C*, 114(17), 7637-7645.
- [11] Loeb, G. I., & Schrader, M. E. (Eds.). (2013). *Modern approaches to wettability: theory and applications*. Springer Science & Business Media.



Yoğurdun Zenginleştirilmesinde Teknolojik ve Güncel Gelişmeler

Seda Altuntaş^{1*}

^{1*} Bursa Teknik Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1126-6405),
seda.altuntas@btu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.839360)

ATIF/REFERENCE: Altuntaş, S. (2021). Yoğurdun Zenginleştirilmesinde Teknolojik ve Güncel Gelişmeler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel Sayı), 230-238.

Öz

Mikro besin yetersizliği sadece gelişmekte olan ülkelerin değil, aynı zamanda gelişmiş ülkelerin de önemli bir halk sağlığı sorunudur. Fermente süt ürünlerinin günlük diyetin bir parçası olması, bireylerin beslenme alışkanlıklarını değiştirmeden mikro besin yetersizliğinin giderilmesinde potansiyel bir çözüm olarak görülmektedir. Yoğurt, sağlık üzerine faydaları bilimsel çalışmalar ile kanıtlanmış, birçok ülkede yaygın olarak tüketilen fermente bir süt ürünüdür. Bununla birlikte, sınırlı biyoaktif bileşen içeriğine sahip olması nedeniyle, birçok araştırmacı bazı bileşenler ile zenginleştirildiğinde, yoğurdun daha değerli bir besin kaynağı olabileceğini vurgulamışlardır. Yoğurt matrisi, fenolik bileşiklerin, vitamin ve minerallerin, çoklu doymamış yağ asitlerinin, diyet lifinin ve daha birçok biyoaktif bileşenin taşınmasında çok uygun bir araç olarak halen ilgi çekmektedir. Bu derlemede, farklı bileşenlerle zenginleştirilmiş yoğurtların fonksiyonel ve teknolojik uygunluklarının değerlendirildiği son on yıla ait çalışmaların verilmesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yoğurt, Zenginleştirme, Sağlık, Günlük Alım, Esansiyel Bileşenler.

Technological and Current Developments in Yogurt Fortification

Abstract

Micronutrient deficiency is an important public health problem not only of developing countries but also of developed countries. The fact that fermented dairy products are a part of the daily diet is seen as a potential solution for eliminating micronutrient deficiency without changing the eating habits of individuals. Yogurt is a fermented milk product, the health benefits of which have been proven by scientific studies, which are widely consumed in many countries. However, due to its limited bioactive ingredient content, many researchers have emphasized that yogurt may be a more valuable food source when enriched with certain ingredients. The yogurt matrix is still attracting attention as a very convenient vehicle for the transport of phenolic compounds, vitamins and minerals, polyunsaturated fatty acids, dietary fiber and many other bioactive components. In this review, it is aimed to give studies belonging to the last decade in which the functional and technological suitability of yoghurts enriched with different components are evaluated.

Keywords: Yogurt, Fortification, Health, Daily Intake, Essential Compounds.

* Sorumlu Yazar: seda.altuntas@btu.edu.tr

1. Giriş

Zenginleştirme; bir ya da daha fazla temel besin maddesinin gıdaya ilavesi ya da belirli bir gıdada bulunan besin maddesinin bulunduğu miktardan daha fazla bulunmasını sağlayan konsantrasyonun artırılması işlemidir. Gıdaların zenginleştirilmesiyle, belirli nüfus gruplarındaki bir veya daha fazla besin eksikliğini önleme ve düzeltme amaçlanmaktadır. Yapılan araştırmalar, gelişmekte ve az gelişmiş ülkelerdeki çoğu insanın mikro besin kıtlığı çektiğini ve zenginleştirilmiş gıdaların bu soruna çözüm olabileceğini ortaya koymaktadır (Gahrue ve ark., 2015; Tomic ve ark., 2017).

Fermentasyon, yüzyıllardır kullanılan ve gıdanın korunmasını mümkün hale getiren geleneksel bir yöntemdir (Chojnacka, 2009). Eski çağlardan kalan çömlük parçalarında radyoaktif karbon yöntemi ile yağ kalıntılarının incelenmesiyle, çömlüklere süt konulup peynir yapıldığı tespit edilmiştir (Dunne ve ark., 2012). Anadolu uygarlığının kurucularından olan Hititler döneminden (MÖ 2000-1190) kalan yazıtlarda süt, peynir, ekşimiş süttten (yoğurt) bahsedilmektedir (Evershed ve ark., 2008)

Günümüzde, fermentasyon teknolojisi kullanılarak gıdanın raf ömrünün uzatılması hedeflenmiş bunun yanı sıra; gıdaya özgü yapı, aroma kazandırarak ürün çeşitliliğinin artırılması amaçlanmıştır. Yoğurt, *Lactobacillus bulgaricus* ve *Streptococcus thermophilus* bakterilerinin belirli sıcaklıktaki faaliyeti sonucu elde edilen, sindirilebilirliği yüksek, besin içeriği zengin, çok eski yıllardan beri insan beslenmesinde önemli yeri olan fermente bir süt ürünüdür (TGK, 2009; Koçak, 2013).

Yoğurt, sütün daha konsantre hale getirilmesi ve laktik asit bakterileri tarafından süt bileşenlerinin insan beslenmesinde yararlı olan metabolik ürünlere dönüştürülmesi nedeniyle, insan beslenmesi için gerekli tüm bileşenleri içermektedir. Yoğurt; protein, kalsiyum, fosfor, B₁ (tiyamin), B₂ (riboflavin) ve B₁₂ vitaminleri içeriği bakımından oldukça zengin bir üründür (Şekil 1). Ayrıca yoğurt, süte oranla daha fazla folik asit, niasin, magnezyum ve çinko içermektedir. Yoğurt proteinlerinin biyolojik değeri yüksektir ve esansiyel aminoasitler yönünden de zengindir. Süt yağının sindirilebilirliği yoğurtta oldukça yüksek olup %99 oranındadır (Weerathilake ve ark., 2014).

Süt şekeri olarak da bilinen laktozun hidrolize olması laktoz intoleransı görülen kişilerin yoğurt ve diğer fermente süt ürünlerini rahatlıkla tüketmelerini sağlamaktadır (Yılmaz, 2006; Mazahreh ve ark., 2009).

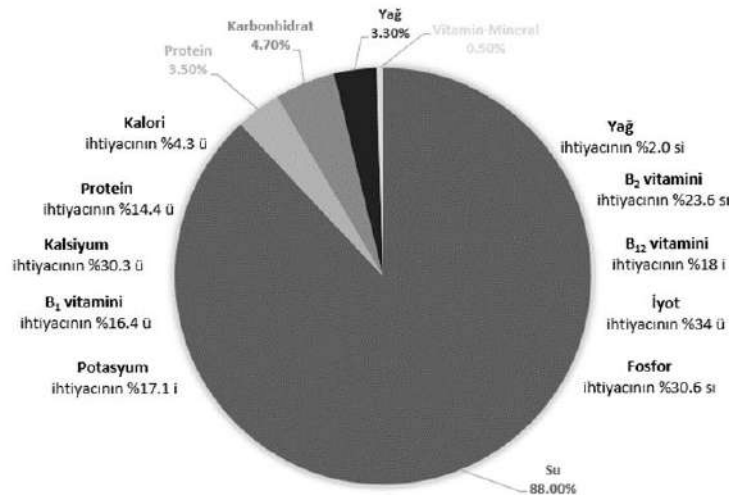
Süt ürünlerinin dünya çapındaki yaygın tüketimi nedeniyle, besin yetersizliği çeken toplumların ve bu nedenle hastalık yaşayan bireylerin tedavisinde belirli besin elementleri ilavesinin sorunu çözmeye iyi bir yol olduğu düşünülmektedir. Bu derlemede, yoğurdun insan sağlığı üzerindeki etkilerinin, yoğurtta yapılan zenginleştirmelerin oluşturduğu sağlık iddialarının, ürünlerin teknolojik ve duyuşal açıdan uygunluğunun ve bu konuda yapılan bilimsel çalışmaların verilmesi amaçlanmıştır.

2. Diyette Yoğurdun Yeri

Yapılan birçok çalışma; yoğurt tüketiminin insan sağlığı üzerinde kanser, enfeksiyon, mide, bağırsak rahatsızlıkları ve astım gibi hastalıklarda terapötik ve koruyucu etkileri olduğunu göstermektedir (Reeta ve ark., 2015). Hindistan'da yürütülen, yaşları 17 ile 20 arasında değişen 68 öğrencinin katıldığı çalışmada, şeker ilavesiz yoğurt ve benzeri fermente süt ürünlerinin tüketimiyle, içerdikleri kalsiyum ve fosfor seviyesi nedeniyle diş çürüklerinin görülme sıklığının azaltılabileceği belirtilmiştir (Ravishankar ve ark., 2012).

Yoğurt tüketiminin diyet kalitesine etkisini inceleyen bir araştırmada, 6526 kadın ve erkek bir yıl boyunca belirlenen zamanlarda kan şekeri, toplam kolesterol, HDL kolesterol, trigliserid ve insülin seviyelerini gösteren sağlık kontrolüne tabi tutulmuştur. Sonuçlar, yoğurt tüketiminin kan şekeri seviyesi, insülin direnci ve kan basıncı ile ters olarak ilişkili olduğunu göstermiştir. Sıklıkla yoğurt tüketen bireylerde, yüksek potasyum alımının gerçekleştiği, vücuttaki mineral-vitamin dengesinin iyi olduğu ve trigliserid, insülin seviyesinin yükselme hızı gibi biyolojik parametrelerin ise düşük olduğu ifade edilmiştir (Wang ve ark., 2013).

Yaşları 35-64 arasında değişen bireylerin katıldığı, yeme alışkanlığının kalp ve damar sağlığı üzerine etkilerini gösteren bir çalışmada ise, günlük yaklaşık 380 g yoğurt tüketiminin kalp ve damar hastalık riskini %32 oranında azalttığı belirtilmiştir (Kai ve ark., 2014).



Şekil 1. Sade Yoğurdun (150 g) Yetişkinler İçin Önerilen Günlük Besin Öğeleri Alımına Katkısı (%)

*Veriler The Dairy Council'den alınmıştır.

Beden kitle indeksi 25-29,9 olan sağlıklı ancak aşırı kilolu 40 erkeğin katıldığı bir deneyde, 4 grup oluşturulmuştur. Bu çalışmada yoğurt ve diğer süt ürünleri tüketiminin açlık hissine etkisi araştırılmıştır. Deneysel grup, süt ürünleri (yarım yağlı süt, yoğurt ya da Cheddar peyniri) ve kontrol grubu ise su tüketiminden oluşmaktadır. Testten 24 saat öncesi için sınırlı miktarda alkol tüketimi ve standart bir akşam yemeği önerilmektedir. Testin yapılacağı sabah bireyler aynı araştırma merkezinde kahvaltılı edip 2 saat sonra her test grubu için belirlenen ürünler tüketilmektedir. Kahvaltılıdan 3,5 saat sonra alınan öğle yemeğinde bireyler istedikleri her şeyi yiyebilmektedir. Bireylerden alınan 2 tüp kan örneği ile aminoasit konsantrasyonu, kan şekeri, insulin ve tirozin peptidi ölçümleri yapıldığı bildirilmektedir. Araştırma sonuçlarına göre, yoğurt tüketen grubun peynire göre %8, süte göre %10 ve suya göre ise %24 daha az açlık hissettikleri tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak öğle yemeğinde enerji alımında da azalma olduğu belirlenmiştir (Dougkas ve ark., 2012).

Aune ve ark.'nın (2013) yaptığı çalışmada 200 g'dan daha az yoğurt tüketiminin tip 2 diyabet riskini %22 azalttığı, ancak daha fazla yoğurt tüketiminin daha fazla yarar sağlamadığı belirtilmiştir. Başka bir çalışmada, Amerika'da bir insanın haftada 4 porsiyon yoğurt tükettiği, Fransa'da ise bu miktarın günlük tüketime eşdeğer olduğu belirtilmiştir. Son zamanlarda Amerika Birleşik Devletleri'ndeki kadınlarda görülen kemik erimesi tanısındaki artış olduğu ve bunun düşük miktarda yoğurt tüketimiyle ilişkilendirildiği ifade edilmektedir (Sahni ve ark., 2013).

Yoğurt tüketimi ile bazı hastalıklar arasındaki ilişki birçok bilimsel makalede ortaya konulmuştur. Bu durum yoğurt tüketiminin giderek artmasına neden olsa da, Amerika Birleşik Devletleri ve Brezilyada nüfusun sadece %6'sı günlük olarak yoğurt tüketmektedir (Fisberg & Machado, 2015). Euromonitor'un 2013 yılında yaptığı çalışmada yıllık kişi başına düşen yoğurt tüketiminin en yüksek olduğu ülkelerin başında Hollanda, Türkiye ve Fransa gelmektedir (Tablo 1) (Danone Nutricia Research, 2013). Yoğurt tüketiminin yüksek olduğu ülkelerde, bireylerin genel besin yetersizliklerinin belirlenerek yoğurtların bu besinler ile zenginleştirilmesinin halk sağlığına büyük katkı sunacağı düşünülmektedir.

3. Yoğurdun Zenginleştirilmesi

3.1. Mikroorganizma ve Ürünlerinin İlavesi

Probiyotik bakterilerin fermente süt ürünlerine ilavesi ve bu gıdalar üzerindeki teknolojik, mikrobiyel, duyuşsal yönü oldukça iyi araştırılmıştır. Günümüzde bu bakterilerin daha ileri teknolojiler ile irdelenmesi, onlardan farklı kaynaklar olarak yararlanmamıza olanak sağlamaktadır. Ale ve ark. (2016) uygun koşullarda yüksek oranda ekzopolisakkarit (EPS) üretebilen (yaklaşık 1g/L) *Lactobacillus fermentum* Lf2'den ekstrakte edilen ekzopolisakkaritin 300 ve 600 mg/L olarak ilavesinin yoğurdun teknolojik ve duyuşsal özelliklerine etkisini araştırmışlardır (Tablo 2). Sonuç olarak, EPS ilavesinin su tutma kapasitesini arttırdığını, duyuşsal özelliklerde herhangi bir kusur oluşturmadığını, yoğurdun dokusal ve fonksiyonel özelliklerini geliştirme adına yapay katkı maddelerinin yerine EPS'nin kullanabileceğini bildirmişlerdir. Esansiyel bir aminoasit olan folatın, bazı probiyotik bakterileri tarafından üretildiği bilinmektedir. *Lactobacillus acidophilus* LA-5, *Bifidobacterium lactis* BB-12 *Lactobacillus plantarum* 15HN, *Lactococcus lactis* 44Lac, *Lactobacillus plantarum* LAT BY PL ile biyo-yoğurt üretiminin

amaçlandığı araştırmada, *L. plantarum* 15HN içeren yoğurtların 7.gününde folat içeriğinin en yüksek değere ulaştığı belirlenmiştir. Artan doğal folat içeriği nedeniyle kimyasal formuna alternatif olarak, folat üretme yeteneği yüksek suşların probiyotik ilavesine uygun gıdalarda kullanımı tavsiye edilmiştir (Khalili ve ark., 2019). Soni ve ark. (2020), 4 farklı probiyotik suşun ikili ya da tekli olarak yoğurt kültürleri ile kombinasyonları kullanılarak üretilen yoğurtların, besin değerleri, reolojik, duyuşsal ve probiyotik özelliklerini incelemişlerdir. Yoğurt kültürleri ve *L. plantarum - Lactobacillus casei*'nin birlikte bulunduğu yoğurdun daha fazla protein, karbonhidrat, kalsiyum içerdiğini ve daha yüksek viskoziteye sahip olduğunu, depolama boyunca su salımının diğer yoğurtlara kıyasla daha az olduğunu gözlemlemişlerdir.

Tablo 1. Ülkelerin Kişi Başı Yıllık Yoğurt Tüketimleri (1 porsiyon 125 g'dır)

Ülke	Kişi başı yıllık tüketim (porsiyon)
Hollanda	285,6
Türkiye	281,6
Fransa	280,0
Almanya	277,0
Sudi Arabistan	220,8
Güney Afrika	220,8
İspanya	202,0
Avusturya	190,4
Çek Cumhuriyeti	136,0
Polonya	130,4
Rusya	122,4
Japonya	105,6
Arjantin	102,4
İngiltere	101,6
Macaristan	100,0
Kanada	88,0
Şili	79,2
Meksika	65,6
Amerika Birleşik Devletleri	61,6
Romanya	54,4
İtalya	52,8
Brezilya	51,2
Kolombiya	36,0
Mısır	19,2

Probiyotiklerin yanı sıra, bazı alg türleri de fermente süt ürünlerine olumlu etkileri sebebiyle katılmakta ve bu yeni yaklaşımların sonuçları umut verici olarak değerlendirilmektedir. *Spirulina* olarak bilinen *Arthrospira platensis* yüksek protein içeriği (%65) ve besin değeri nedeniyle en popüler mikroalg türüdür. *Spirulina*'nın kanser, böbrek yetmezliği, hipertansiyon ve kısırlığı önleyici ya da tedavi edici özelliği olduğu bilinmektedir. Bunun yanı sıra, bazı patojenler üzerinde antibakteriyel, antifungal etkisinin olduğu ve süt ve ürünlerindeki laktik asit bakterilerinin gelişimini desteklediği belirtilmiştir. Diyet lifi ve biyoaktif bileşence zengin *Spirulina*'nın yoğurtlara ilavesinin fizikokimyasal, tekstürel, mikrobiyel ve duyuşsal açıdan değerlendirildiği çalışmada, duyuşsal kabul edilebilirliği koruyup ağız hissini artırarak tekstürel yapıyı geliştirdiği, %0.25 oranında ilavesinin bile anlamlı olarak fermentasyonu hızlandırdığı ve sentetik kimyasal bileşenlerle zenginleştirilmiş formlara alternatif olabileceği vurgulanmıştır (Barkallah ve ark., 2017). Deniz mikroalgleri, omega-3 çoklu doymamış yağ asitleri (n-3 PUFA),

pigment ve mineraller bakımından fonksiyonel biyoaktif bileşen kaynakları olarak görülmektedir. Küresel balık stoklarındaki düşüş ve denizlerdeki kirlilik sebebiyle, mikroalglerden n-3 PUFA üretimi için en uygun koşul ve alg türlerinin belirlenmesi son dönemde araştırılmaya başlanmıştır. Bir mikroalg türü olan *Pavlova lutheri*'den ekstrakte edilen lipidlerin yoğurda ilavesinin teknolojik ve fonksiyonel özellikleri, yağ asitleri profili, duysal sonuçları değerlendirilmiş ve teknofonksiyonel özelliklerinde olumsuz bir etkisinin olmadığı, n-3 PUFA yönünden yoğurdun zenginleştiği ve duysal kalitesinin artırılmasına yönelik mikroenkapsülasyon gibi uygulamaların ürünün ticarileşmesine katkıda bulunacağı belirtilmiştir (Robertson ve ark., 2016).

3.2. Diyet Lifi İlavesi

Lif; meyve, tahıl, tohum ve sebzelerin hücre duvarının bir bileşenidir ve insan sindirim enzimleri tarafından hidrolize edilmeye dirençlidir (Tomic ve ark., 2017). Su tutma kapasitesi ve üretim verimini artırma, dokusal özellikleri ve yapıyı iyileştirme ve bir dolgu maddesi olarak kalori içeriğini azaltma özellikleri nedeniyle çeşitli kaynaklardan gelen lifler süt ürünlerine ilave edilmektedir (Gahrue ve ark., 2015). Lif ilavesinin ürüne kattığı teknolojik kazanımların yanı sıra, koroner kalp hastalığı, hipertansiyon, diyabet, hiperkolesterolemi ve gastrointestinal bozukluklar, bazı kanser formları ve kalori alımının diyet lifi tüketimi ile azalacağı raporlanmıştır. Buna ek olarak, prebiyotik özelliği nedeniyle bağırsakta yer alan floranın gelişimini teşvik edeceği belirtilmiştir (Tomic ve ark., 2017).

Birçok araştırmacı, yoğurda diyet lifi ilavesinin yoğurdun yapısı, reolojik özellikleri ve probiyotik bakterileri üzerine etkisini incelemiştir. Sah ve ark. (2016) diyet lifi olarak ananas kabuğu tozunun %1.0 oranında ilavesinin probiyotik içerikli yoğurtta fermantasyon süresini önemli ölçüde azalttığı ancak depolama süresince jel yapısının ananas kabuğu tozu katkılı sade ve probiyotik içerikli her iki yoğurtta da zayıfladığı ifade edilmiştir. Yoğurdun %1.4 oranında yulaftan elde edilen β -glukan ile zenginleştirilmesinin, asitlik, jelleşme kinetiği ve mikrobiyolojik yönden incelendiği bir başka çalışmada, β -glukan ilavesinin protein ve polisakkarit arasında faz ayırmasına neden olduğu, sonuç olarak içilebilir yoğurt kıvamında zayıf jel oluşumu ile sonuçlandığı ancak *L. paracasei* ve yoğurt bakterileri sayısının raf ömrü sonunda 10^8 - 10^9 kob/mL düzeyinde kalmasını sağladığı belirlenmiştir (Lazaridou ve ark., 2014). Arpadan elde edilmiş β -glukan ile zenginleştirilmiş başka bir çalışmada, yoğurda β -glukan ilavesinin depolama boyunca yoğurdun su salmasını istatistiksel olarak azalttığı ve tekstür ve duysal profili iyileştirdiği belirtilmiştir (Kaur & Riar, 2020). Velez-Ruiz ve ark. (2013) kalsiyum ve lif ilave edilen yoğurtların 4 hafta boyunca kalite özelliklerini incelemişlerdir. Bir başka çalışmada, yoğurda katılacak turuncu lifinin miktarı, partikül büyüklüğü ve pastörizasyondan önce ya da sonra ilavesinin reolojik özellikler üzerine etkisi araştırılmıştır. Sonuç olarak, lif partikül çapının büyüklüğü ile viskozite değerleri arasında doğrusal bir ilişki olduğu, lifin pastörizasyonu ile jel matriks yapısını farklı lif içeriğine sahip yoğurtlar arasındaki reolojik davranış farklılıklarını azaltarak güçlendirdiği ifade edilmiştir (Velez-Ruiz ve ark., 2013). Tritikale, buğday ve çavdardan geliştirilmiş melez bir bitkidir ve fenolik bileşen ve diyet lifi kaynağı olarak önerilmektedir. Buğday, yulaf ve tritikaleden elde edilen suda çözünmeyen liflerin yoğurda ilavesinin tüketici kabulüne etkisinin araştırıldığı çalışmada, yapılan duysal değerlendirme sonuçlarına göre, tritikaleden elde edilen suda çözünmeyen lifin

yoğurda ilavesinin umut vaat eden bir fonksiyonel gıda olabileceği belirtilmiştir (Tomic ve ark., 2017).

3.3. Mineral ve Vitamin İlavesi

Kemik kütlelerinin çoğunluğu yaşamın ilk 20 yılında birikir, bu nedenle çocukluk ve ergenlik, iskeletin yeterli mineralizasyon ve kalsiyum eldesi için kritik zamanlardır (Olson ve ark., 2009). Düşük miktarda kalsiyum, demir ve çinko alımı veya absorpsiyonu besin yetersizliği ile sonuçlanır ve bu durum çocuklarda bodur büyümeye, zayıf kemik gelişimine ve bağışıklık sistemi bozukluklarını içeren birçok probleme neden olur. Uygulanabilirliği ve yaygın tüketimi nedeniyle, bu minerallerin yoğurda ilavesinin problemin üstesinden gelenebileceği düşünülmüştür (Santillán-Urquiza ve ark., 2017). Serumdaki düşük hidroksi vitamin D içeriğinin tip-2 diyabet hastalarında görüldüğü ve özellikle menopoz sonrası kadınlarda yaşlılık ve fizyolojik koşullara bağlı olarak çeşitli komplikasyonlara neden olduğu belirtilmiştir. Rastgele seçilmiş, plasebo kontrollü bir klinik araştırmada, 59 diyabetli menopoz dönemdeki kadının 12 hafta boyunca D vitamini ile zenginleştirilmiş (2000 IU D vitamini 100 g/gün) ve zenginleştirilmemiş yoğurt tüketiminin bireylerin glisemik, enflamasyon durumları ve kemik döngüsü arasındaki ilişki ortaya konulmuş ve olumlu sonuçlar alındığı vurgulanmıştır (Jafari ve ark., 2016).

Demir eksikliğine bağlı gelişen anemi, halen dünyadaki nüfusun %30'unu etkileyen en yaygın beslenme problemidir. Hamile kadın ölümlerinin yarısından fazlasına demir eksikliği neden olmaktadır. Demir eksikliği, tüm yaş gruplarının bilişsel performansını, davranışını ve fiziksel büyümesini, bağışıklık durumunu, fiziksel kapasitesini ve çalışma performansını olumsuz şekilde etkiler ve anneler ve yenidoğanlar için perinatal riskleri artırır (Subash ve ark., 2015). Niozomlar, sulu ortamda non-iyonik yüzey aktif cisimlerin kendiliğinden bir araya getirilmesiyle oluşan kapalı iki katmanlı yapıların oluşturduğu yeni bir nano vezikül tipidir. Niozomlar, lipozomlarda kullanılan fosfolipid bileşiklerine kıyasla düşük maliyet ve yüksek kararlılıkları sebebiyle gıda, farmasötik ve kozmetik sanayiinde kullanılmaya başlanmıştır. Gutiérrez ve ark. (2016) demir sülfat içerikli en iyi niozom formülasyonunu üreterek, stabilite, tat ve görünüş bakımından olumsuz bir değişiklik olmadan yoğurda ilavesini araştırmış ve olumlu sonuçlar almışlardır.

Diyetteki menakinon (MK-n, K₂ vitamini) alımı ile koroner kalsifikasyonu ve koroner kalp hastalığı riski arasında ters bir ilişki olduğu belirtilmektedir. Knapen ve ark. (2015) yaş ortalaması 56 olan 60 sağlıklı kadın ve erkekte, 28 μ g menakinon-7 (MK-7) ile zenginleştirilmiş içilebilir yoğurtların on iki hafta boyunca günde iki kez alımının koroner kalp sağlığı üzerine etkisini incelemişlerdir. MK-7 ile zenginleştirilmiş içilebilir yoğurda aynı zamanda n-3 çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA'lar), vitamin C ve D, Ca ve Mg günlük önerilen alım miktarının %15'i olacak şekilde ilave edilmiştir. Çalışma sonucunda zenginleştirilmiş yoğurt alımının vücuttaki K vitamini içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Magnezyum ile zenginleştirilmiş yoğurtların *Bacillus* cinsi bakteriler üzerindeki etkisinin araştırıldığı çalışmada, magnezyum ilavesinin *Bacillus* tarafından oluşturulan biyofilm oluşumunu azalttığı ve ayrıca Mg⁺² varlığının bakteri hücrelerini ısıtma duyarlı hale getirdiği tespit edilmiştir (Ben-Ishay ve ark., 2017). Bir başka çalışmada, Tenta ve ark. (2011) kalsiyum ve D vitamini ile zenginleştirilmiş süt ürünlerinin kemik metabolizmasındaki mevsimsel değişimleri dengelediğini belirtmektedir. Demir, magnezyum, çinko, manganez, molibden, krom ve selenyum bakımından önerilen

günlük alım miktarının %25'i kadar zenginleştirilen yağsız yoğurtların viskozite, su salma, renk, doku ve yapı, görünüş ve aroma özellikleri değerlendirilmiş ve demir, selenyum ve magnezyum ilaveli yoğurtların kontrol grubuna göre daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu saptanmıştır (Achanta ve ark., 2007). Biyolojik kaynaklardan kalsiyum eldesi olarak nano

boyutta toz hale getirilmiş yumurta kabuklarının (NPES) yoğurta ilavesi ile kalsiyum içeriği artırılmaya çalışılmıştır. %0,15-0,30 (w/v) konsantrasyonlardaki NPES ilavesinin fizikokimyasal, mikrobiyel ve duyuşal açıdan uygun olduğu, ancak %0,45 (w/v) NPES ilavesinin yoğurtlarda daha ekşimsi, buruk ve toprağımsı tada neden olduğu tespit edilmiştir (Al Mijan ve ark., 2014).

Tablo 2. Yoğurdun Zenginleştirilmesi Konulu Güncel Araştırmalar ve Bulgular

Zenginleştirme Ajanı	Miktar	Araştırma Konusu	Bulgular	Referans
<i>Lactobacillus fermentum</i> Lf2 EPS'si	300-600 mg/mL	Teknolojik ve duyuşal özellikler	-Su tutma kapasitesinde artış -Yapı kalitesinde iyileşme	Ale ve ark., 2016
<i>Lactobacillus plantarum</i> 15HN	-	Doğal folat üretme yeteneğı	-Folat içeriğinde artış	Khalili ve ark., 2019
<i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Lactobacillus casei</i>	%2,0	Besin değerleri, reolojik, duyuşal ve probiyotik özellikler	-Protein, karbonhidrat, kalsiyum içeriğinde artış -Yüksek viskozite -Su salmada azalma	Soni ve ark., 2020
<i>Spirulina</i>	%0,25; %0,5; %0,75 ve %1,0	Fizikokimyasal, tekstürel, mikrobiyel ve duyuşal özellikler	-Ağız hissinde artış -Tekstürel yapıda iyileşme -Fermantasyon süresinde azalma	Barkallah ve ark., 2017
<i>Pavlova lutheri</i> lipid ekstraktı	%0,25; %0,5	Teknofonksiyonel özellikler, yağ asitleri profili, duyuşal özellikler	- n-3 PUFA içeriğinde artış -Duyuşal özelliklerde kötüleşme	Robertson ve ark., 2016
Ananas kabuğı tozu	%1,0	Fizikokimyasal ve tekstürel özellikler	-Fermantasyon süresinde azalma	Sah ve ark., 2016
β -glukan (Yulaftan elde edilmiş)	%1,4	Asitlik, jelleşme kinetiğı ve mikrobiyolojik özellikler	-Zayıf jel oluşumu - <i>Lactobacillus paracasei</i> gelişiminde artış	Lazaridou ve ark., 2014
β -glukan (Arpadan elde edilmiş)	%0,5; %1,0; %1,5; %2,0	Viskozite, su tutma kapasitesi, antioksidan aktivite, duyuşal özellikler	-Su salmada azalma -Tekstür ve duyuşal profilde iyileşme	Kaur & Riar, 2020
Kalsiyum ve lif	0,5 ve 1,0 g lif/100 mL 50 ve 100 mg Kalsiyum/100 mL	Fizikokimyasal ve reolojik özellikler	-Su salmada azalma -Viskozitede artış	Velez-Ruiz ve ark., 2013
Turunçgil lifi	0; 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 ve 1,0 g/100 mL	Partikül büyüklüğü, pastörizasyon öncesi/sonrası ilavenin reolojik etkisi	-Lif partikül boyutuyla doğru orantılı vizkozite artışı -Jel matriksinde olumlu yönde gelişme	Sendra ve ark., 2010
D vitamini	2000 IU - 100 g/gün	Klinik olarak glisemik, enflamasyon durumları ve kemik döngüsü	-Antropometrik indeksler, iltihaplanma ve kemik döngüsünde iyileşme	Jafari ve ark., 2016
Demir içerikli niozom	6-8 mg/L	Stabilite, reolojik, tat ve görünüş özellikleri	-Reolojik ve tektürel özelliklerde değışmeme	Gutiérrez ve ark., 2016
K ₂ vitamini	28 μ g x 2 /gün	Koroner kalp sağığı	-Vücuttaki K vitamini içeriğinde artış	Knapen ve ark., 2015
Magnezyum	1 M	<i>Bacillus</i> cinsi bakteriler	-Biyofilm oluşumunda azalma -Isıl işleme duyarlılıkta artış	Ben-Ishay ve ark., 2017
Kalsiyum ve D vitamini	1200 mg Kalsiyum; 7,5 μ g D ₃ vitamini	Kemik metabolizması	-Kemik metabolizmasında olumlu değışiklikler -Hormonal ve biyokimyasal moleküllerde mevsimsel değışimleri dengeleme	Tenta ve ark., 2011

Demir, magnezyum, çinko, manganez, molibden, krom ve selenyum	Günlük alım miktarının %25 i	Viskozite, su salma, renk, doku ve yapı, görünüş ve aroma özellikleri	-Su tutma kapasitesinde artış	Achanta ve ark., 2007
Yumurta kabuğu (Kalsiyum ilavesi)	%0,15; %0,30; %0,45	Fizikokimyasal, mikrobiyel ve duyuşal özellikler	-%0,45 ilavede tat kusuru	Al Mijan ve ark., 2014
Üzüm kabuğu unu	60 g/kg	Fizikokimyasal, mikrobiyel ve duyuşal özellikler	-Fenolik içerik ve antioksidan aktivitede artış -Su salma ve yağ içeriğinde azalış	Marchiani ve ark., 2016
Vişne fenolikleri sulu lipozomal formu	%5,0	Fizikokimyasal, duyuşal özellikler ve su salma	-Fenolik içerikte artış -Duyuşal özelliklerde kötüleşme -Su salmada azalma	Akgün ve ark., 2020
Ceviz, badem, fındık ve antep fıstığı	%5,0	Folik asit, selenyum, tokoferoller, n-3 ve n-6 çoklu doymamış yağ asitleri ve yoğurt bakteri sayıları	-Kuru madde ve protein miktarında artış -Su salmada azalma -Folik asit, α -tokoferol, selenyum ve çoklu doymamış yağ asitleri miktarında artış	Ozturkoglu-Budak ve ark., 2016
Tarçın tozu	%1,5	Fenolik bileşen içeriği ve biyoyararlılığı, antioksidan aktivite	-Fenolik içerik ve antioksidan aktivitede artış	Helal & Tagliacuzzi, 2018
<i>Pachyrhizus erosus</i> L. Urban	1 g / 100 mL	Mikroyapı ve reolojik özellikler	-Su salmada azalma -Reolojik özelliklerde iyileşme	Ramirez-Santiago ve ark., 2010
Nar çekirdeği	%5,0; %10,0; %20,0	Antioksidan aktivite, pH, su salma, renk özellikleri	-Antosiyanin içeriğinde artış -Antioksidan aktivitede artış	Bchir ve ark., 2019
Dokosaheksaenoik asit (DHA)	600 mg/gün	Lipid plazması içeriği	-DHA içeriğinde artış -Araşidonik asit içeriğinde azalış	McCowen ve ark., 2010
n-3 PUFA	67,0 mg/100g	Çocukların diyet alışkanlıkları	-Balık yemeyen çocuklarda DHA alımında artış	Rahmawaty ve ark., 2014
Somon balığı yağı	%2,0	pH, su salma, TBA, yağ asitleri, renk, LAB sayısı	- EPA ve DHA içeriğinde artış	Estrada ve ark., 2011

3.4. Meyve ve Sebze İlavesi

Bitkiler çevresel koşullara daha iyi uyum sağlayabilmek için büyük miktarda ikincil metabolitler üretirler. Bu metabolitlerden fenolik bileşikler; antioksidan, antienflamatuar, antimutajenik özellikleri nedeniyle son yıllarda büyük ilgi görmektedir (Gahrue ve ark., 2015). Üç farklı çeşitte üzüm kabuğu ununun yoğurda ilavesinin fizikokimyasal, mikrobiyel ve duyuşal açıdan değerlendirildiği araştırmada, kontrol grubuna göre fenolik içeriği %55, antioksidan aktivitesi %80, asitliğin %25 oranında arttığı ve su salmanın %10, yağ içeriğinin %20 oranında azaldığı belirtilmiştir (Marchiani ve ark., 2016). Lipozomal sistemin fenolik bileşikleri taşımada umut vadeci bir yaklaşım olarak belirtildiği bir çalışmada, vişne fenolikleri (SCE) ile yüklenen sulu bir lipozomal dispersiyon toz haline getirilip yoğurda ilave edilmiş ve 21 gün boyunca analizleri yapılmıştır (Akgün ve ark., 2020). Çalışma sonunda yoğurdun fenolik bakımından zenginleştiği ancak duyuşal açıdan uygun bulunmadığı vurgulanmıştır. Başka bir çalışmada ceviz, badem, fındık ve antep fıstığı ilave edilmiş yoğurtlarda; folik asit, selenyum, tokoferoller, n-3 ve n-6 çoklu doymamış yağ asitleri ve yoğurt bakteri sayıları değerlendirilmiştir. Zenginleştirilmiş yoğurtlarda kontrol grubuna göre daha yüksek kuru madde ve protein içeriği olduğu ve su salmanın azaldığı tespit edilmiştir. Folik asit, α -tokoferol, e-ISSN: 2148-2683

selenyum ve çoklu doymamış yağ asitleri konsantrasyonunun kuru yemiş (çerez) tipine bağlı olarak değiştiği ve kontrol grubuna göre daha yüksek tespit edildiği, ancak depolama süresince tüm belirtilen bileşenlerin miktarlarının azalma eğiliminde olduğu belirtilmektedir (Ozturkoglu-Budak ve ark., 2016). Yoğurt matriksi, bitki kökenli fenolik bileşikler için mükemmel bir araçtır ve düşük pH, fenolik bileşiklerin depolama sırasında stabil kalmasına olanak sağlar. Tarçın tozu kullanarak yoğurttaki fenolik bileşen içeriğini arttırmanın amaçlandığı bir çalışmada, gastro-pankreatik sindirim simülasyonu sırasında fenolik bileşenlerin ve sinemaldehit biyoyararlılığı, antioksidan aktivitesi değerlendirilmiştir. Tarçın ilaveli yoğurtta kontrol grubuna göre önemli ölçüde daha yüksek toplam fenolik içerik ve radikal yakalama aktivitesi tespit edilmiştir. Tarçın ilaveli yoğurtta sulu tarçın ekstraktında bulunan fenolik bileşiklerin sadece %34,7'si bulunmuş, diğerlerinin süt proteinlerine bağlandığı ancak sindirim simülasyonu sonunda geri kazanıldığı belirlenmiştir (Helal & Tagliacuzzi, 2018). Ticari çiftliklerde yaygın yetiştirilen bir bitki olan *Pachyrhizus erosus* L. Urban'dan ekstrakte edilen çözünür lifin yoğurda 1 g/100 mL olarak ilavesinin, su salma ve reolojik özellikleri üzerine olumlu etkileri olduğu ifade edilmiştir (Ramirez-Santiago ve ark., 2010). Bchir ve ark. (2019), nar çekirdeğinin %20 oranında ilavesinin duyuşal



Şekil 2. Yoğurdun Zenginleştirilme Olanakları

olarak çok beğenildiğini ve bu yoğurtların yüksek antosiyanin içeriği nedeniyle antioksidan aktivitenin arttığını belirtmişlerdir.

3.5. Çoklu Doymamış Yağ Asitleri ve Sterollerin İlavesi

Kardiyovasküler hastalıkların önlenmesi, bazı kanser ve otoimmün hastalıkların riskinin azaltılması, beynin ve retinanın düzgün gelişimi ve işlevi de dahil olmak üzere, çoklu doymamış yağ asitlerinin (PUFA'lar) sağlığa yararlı etkileri olduğuna dair kanıtlar mevcuttur. Balıklar ve diğer deniz hayvanları, insan beslenmesinde PUFA'nın en zengin kaynaklarından biri olsa da bu gıdaların tüketim miktarı sınırlıdır. Bu nedenle PUFA ihtiyacının giderilmesinde diyetin balık yağı kapsülleri ya da başka gıdalara ilavesi ile desteklenmesi en kolay yol olarak görülmektedir (Ghorbanzade ve ark., 2017). EFSA (European Food Safety Authority - Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi) tarafından eikozapentaenoik asit (EPA) ya da dokosaheksaenoik asit (DHA) alımının günlük 250 mg, α -linolenik asidin (ALA) ise 2 g olması gerektiği bildirilmiştir. EPA ve DHA'nın daha çok balık ve diğer deniz canlılarında bulunmasına karşın, ALA'nın keten tohumu, ceviz ve engerek otu gibi bitkisel kökenli gıdalarda bulunduğu belirtilmiştir (Dal Bello ve ark., 2015). Keten tohumu, esansiyel yağ asitleri bakımından en yüksek içeriğe sahip bitkisel kaynak olarak kabul edilir ve E vitamini, fenolik asitler, diyet lifi gibi diğer önemli biyoaktif bileşenler içerir. McCowen ve ark. (2010), on iki sağlıklı bireyin dokosaheksaenoik asit (DHA) ile zenginleştirilmiş yoğurt (600 mg DHA/günlük) tüketiminin bireylerin lipid plazması içeriği ile ilişkisini araştırmışlardır. Üç hafta sonunda, zenginleştirilmiş yoğurt tüketen bireylerin plazma içeriğinde istatistiksel olarak daha yüksek oranda DHA (%32) ve daha az oranda (%7) araşidonik asit içeriği tespit edilmiştir. Balık tüketiminin az olduğu Avustralya'da eklemek, yoğurt, yumurta ve süt içeriğine uzun zincirli n-3 çoklu doymamış yağ asidi ilavesinin, Avustralya'daki çocukların diyet kalitesine etkisi incelenmiştir. Yapılan çalışmada amaç, çocukların diyet alışkanlıklarını değiştirmeden n-3 PUFA yönünden zenginleştirilmiş ürünleri tüketerek diyetindeki n-3 PUFA alımını arttırmaktır. Araştırma sonuçları DHA alımının balık yemeyen çocuklarda 23 kat daha fazla olduğunu göstermiştir (Rahmawaty ve ark., 2014). Estrada ve ark. (2011) çilekli yoğurtlara mikroenkapsüle edilmiş somon balığı yağı ilave ederek, bir aylık depolama boyunca pH, su salma, tiyobarbitrik asit (TBA), yağ

asitleri metil esterleri, renk ve laktik asit bakterileri açısından değerlendirmiştir. Çilekli yoğurtların mikroenkapsüle somon yağı ilavesi yoğurtta EPA ve DHA tespit edildiği, kontrol grubunda bu yağ asitlerinin bulunmadığı, ancak pH ve su salma açısından anlamlı fark yaratmadığı saptanmıştır.

4. Sonuç

Mikro besin yetersiz beslenme, dünya çapında milyarlarca insanı etkilemekte ve önemli hastalıklar ve mortalite ile ilişkilendirilmektedir. Gıdaların zenginleştirilmesi, mikro besin yetersiz beslenmesinin potansiyel çözümlerinden biridir. Yoğurt, binlerce yıldır insan diyetinin bir parçası olan ve tüm dünyada sağlıklı bir gıda olarak sunulan fermente bir süt ürünüdür. Kalsiyum ve potasyum açısından zengin, düşük kalorili olan yoğurdun yeterli miktarda tüketilmemesi, sağlıklı bir yaşam tarzına katkıda bulunmak için kaçırılmış bir fırsattır. Dahası, yapılan çalışmalar birçok mikro besin bileşeni ilavesi ile duyuşal olarak beğenilen, teknolojik olarak uygun yoğurtların üretilebileceğini göstermektedir. Bu durum, çeşitli mikro besin elementleri ile zenginleştirilmiş yoğurtların biyoyararlılığının artırılmasının mümkün olduğunu ve çeşitli mikrobeyin yetersizliği kaynaklı hastalıkların görülme sıklığının azalabileceğini ortaya koymaktadır.

Kaynakça

- Tomac, N., Dojnov, B., Miciocinovic, J., Tomasevic, I., Smigic, N., Djekic, I., & Vujcic, Z. (2017). Enrichment of yoghurt with insoluble dietary fiber from triticale—A sensory perspective. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 59-66.
- Gahrue, H.H., Eskandari, M.H., Mesbahi, G., & Hanifpour, M.A. (2015). Scientific and technical aspects of yogurt fortification: A review. *Food Science and Human Wellness*, 4(1), 1-8.
- Chojnacka, K. (2009). Fermentation products: Chemical engineering and chemical process technology, Ed: Pohorecki, R., Bridgwater, J., Molzahn, M., Gani, R., United Kingdom, 189-218.
- Dunne, J., Evershed, R.P., Salque, M., Cramp, L., Bruni, S., Ryan, K., Biagetti, S., & Lernia, S. (2012). First dairying in green Saharan Africa in the fifth millennium BC. *Nature*, 486(7403), 390-394.

Evershed, R.P., Payne, S., Sherratt, A.G., Copley, M.S., Coolidge, J., Urem-Kotsu, D., Kostsakis, K., Özdoğan, M., Özdoğan, A.E., Nieuwenhuys, O., Akkermans, P.M.M.G., Bailey, D., Andeescu, R.R., Campbell, S., Farid, S., Hodder, I., Yalman, N., Özbaşaran, M., Bıçakçı, E., Garfinkel, Y., Levy, T., & Burton, M.M. (2008). Earliest date for milk use in the Near East and southeastern Europe linked to cattle herding. *Nature*, 455(7212), 528-531.

TGK. (2009). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği. Resmi Gazete, 27143.

Koçak, K. (2013). Tüketime sunulan yoğurtlarda bazı katkı maddelerinin (nişasta, jelatin, natamisin) kullanımı ve mikrobiyolojik kalitesinin belirlenmesine yönelik piyasa araştırması. Yüksek Lisans Tezi, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Afyonkarahisar.

Weerathilake, W.A.D.V., Rasika, D.M.D., Ruwanmali, J.K.U., & Munasinghe, M.A. (2014). The evolution, processing, varieties and health benefits of yogurt. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4), 1-10.

Yılmaz, L. (2006). Yoğurt benzeri fermente süt ürünleri üretiminde farklı probiyotik kültür kombinasyonlarının kullanımı. Doktora Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Bursa.

Mazahreh, A.S., & Ershidat, O.T.M. (2009). The benefits of lactic acid bacteria in yogurt on the gastrointestinal function and health. *Pakistan Journal of Nutrition*, 8(9), 1404-1410.

Reeta, K.S., Ankita, J., & Ramadevi, N. (2015). Fortification of yoghurt with health-promoting additives: A review. *Research and Reviews: Journal of Food and Dairy Technology*, 3(3): 9-17.

Ravishankar, T.L., Yadav, V., Tangade, P.S., Tirth, A., & Chaitra, T.R. (2012). Effect of consuming different dairy products on calcium, phosphorus and pH levels of human dental plaque: a comparative study. *European Archives of Paediatric Dentistry*, 13(3), 144-149.

Wang, H., Livingston, K.A., Fox, C.S., Meigs, J.B., & Jacques, P.F. (2013). Yogurt consumption is associated with better diet quality and metabolic profile in American men and women. *Nutrition Research*, 33(1), 18-26.

Kai, S.H.Y., Bongard, V., Simon, C., Ruidavets, J.B., Arveiler, D., Dallongeville, J., Wagner, A., Amouyel, P., & Ferrières, J. (2014). Low-fat and high-fat dairy products are differently related to blood lipids and cardiovascular risk score. *European Journal of Preventive Cardiology*, 21(12), 1557-1567.

Dougkas, A., Minihi, A.M., Givens, D.I., Reynolds, C.K., & Yaqoob, P. (2012). Differential effects of dairy snacks on appetite, but not overall energy intake. *British Journal of Nutrition*, 108(12), 2274-2285.

Aune, D., Norat, T., Romundstad, P., & Vatten, L.J. (2013). Dairy products and the risk of type 2 diabetes: a systematic review and dose-response meta-analysis of cohort studies. *The American Journal of Clinical Nutrition*, ajcn-059030.

Sahni, S., Tucker, K.L., Kiel, D.P., Quach, L., Casey, V.A., & Hannan, M.T. (2013). Milk and yogurt consumption are linked with higher bone mineral density but not with hip fracture: the Framingham Offspring Study. *Archives of Osteoporosis*, 8(1-2), 119.

Fisberg, M., & Machado, R. (2015). History of yogurt and current patterns of consumption. *Nutrition Reviews*, 73(suppl_1), 4-7.

Danone Nutrica Research. (2013). Global Yogurt Consumption Per Capita and Per Year. The NutriJournal Web site. December 30, 2013.

<http://nutrijournal.danone.com/en/articles/stories/global-yoghurt-consumption-per-capita-and-per-year/> (23.12.2017).

Ale, E.C., Perezlindo, M.J., Pavón, Y., Peralta, G.H., Costa, S., Sabbag, N., Bergamini, C., Reinheimer, J.A., & Binetti, A.G. (2016). Technological, rheological and sensory characterizations of a yogurt containing an exopolysaccharide extract from *Lactobacillus fermentum* Lf2, a new food additive. *Food Research International*, 90, 259-267.

Khalili, M., Rad, A.H., Khosroushahi, A.Y., Khosravi, H., & Jafarzadeh, S. (2019). Application of probiotics in folate bio-fortification of yoghurt. *Probiotics and Antimicrobial Proteins*, 1-8.

Soni, R., Jain, N.K., Shah, V., Soni, J., Suthar, D., & Gohel, P. (2020). Development of probiotic yogurt: effect of strain combination on nutritional, rheological, organoleptic and probiotic properties. *Journal of Food Science and Technology*, 1-13.

Barkallah, M., Dammak, M., Louati, I., Hentati, F., Hadrich, B., Mechichi, T., Ayadi, M.A., Fendri, I., Attia, H., & Abdelkafi, S. (2017). Effect of *Spirulina platensis* fortification on physicochemical, textural, antioxidant and sensory properties of yogurt during fermentation and storage. *LWT-Food Science and Technology*, 84, 323-330.

Robertson, R.C., Mateo, M.R.G., O'Grady, M.N., Guihéneuf, F., Stengel, D.B., Ross, R.P., Fitzgerald, G.F., Kerry, J.P., & Stanton, C. (2016). An assessment of the techno-functional and sensory properties of yoghurt fortified with a lipid extract from the microalga *Pavlova lutheri*. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 37, 237-246.

Sah, B.N.P., Vasiljevic, T., McKechnie, S., & Donkor, O.N. (2016). Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT-Food Science and Technology*, 65, 978-986.

Lazaridou, A., Serafeimidou, A., Biliaderis, C.G., Moschakis, T., & Tzanetakis, N. (2014). Structure development and acidification kinetics in fermented milk containing oat β -glucan, a yogurt culture and a probiotic strain. *Food Hydrocolloids*, 39, 204-214.

Kaur, R., & Riar, C.S. (2020). Sensory, rheological and chemical characteristics during storage of set type full fat yoghurt fortified with barley β -glucan. *Journal of Food Science and Technology*, 57(1):41-51.

Velez-Ruiz, J.F., Hernandez-Carranza, P., & Sosa-Morales, M. (2013). Physicochemical and flow properties of low-fat yogurt fortified with calcium and fiber. *Journal of Food Processing and Preservation*, 37(3), 210-221.

Sendra, E., Kuri, V., Fernández-López, J., Sayas-Barbera, E., Navarro, C., & Pérez-Alvarez, J.A. (2010). Viscoelastic properties of orange fiber enriched yogurt as a function of fiber dose, size and thermal treatment. *LWT-Food Science and Technology*, 43(4), 708-714.

Olson, B.H., Chung, K.R., Reckase, M., & Schoemer, S. (2009). Parental influences on dairy intake in children, and their role in child calcium-fortified food use. *Journal of Nutrition Education and Behavior*, 41(1), 53-5.

Santillán-Urquiza, E., Méndez-Rojas, M.Á., & Vélez-Ruiz, J.F. (2017). Fortification of yogurt with nano and micro sized calcium, iron and zinc, effect on the physicochemical and rheological properties. *LWT-Food Science and Technology*, 80, 462-469.

Jafari, T., Faghihimani, E., Feizi, A., Iraj, B., Javanmard, S.H., Esmailzadeh, A., Fallah, A.A., & Askari, G. (2016). Effects

of vitamin D-fortified low fat yogurt on glycemic status, anthropometric indexes, inflammation, and bone turnover in diabetic postmenopausal women: a randomised controlled clinical trial. *Clinical Nutrition*, 35(1), 67-76.

Subash, R., Elango, A., Pandiyan, C., Karthikeyan, N., Kumaresan, G., & Raghunath, B. (2015). The viability of yoghurt probiotic culture in microencapsulated iron fortified yoghurt. *Journal of Cell and Tissue Research*, 15(2), 5053.

Gutiérrez, G., Matos, M., Barrero, P., Pando, D., Iglesias, O., & Pazos, C. (2016). Iron-entrapped niosomes and their potential application for yogurt fortification. *LWT-Food Science and Technology*, 74, 550-556.

Knapen, M.H., Braam, L.A., Teunissen, K.J., Zwijsen, R.M., Theuwissen, E., & Vermeer, C. (2015). Yogurt drink fortified with menaquinone-7 improves vitamin K status in a healthy population. *Journal of Nutritional Science*, 4(35), 1-8.

Ben-Ishay, N., Oknin, H., Steinberg, D., Berkovich, Z., Reifen, R., & Shemesh, M. (2017). Enrichment of milk with magnesium provides healthier and safer dairy products. *npj Biofilms and Microbiomes*, 3(1), 1-7.

Tenta, R., Moschonis, G., Koutsilieris, M., & Manios, Y. (2011). Calcium and vitamin D supplementation through fortified dairy products counterbalances seasonal variations of bone metabolism indices: the Postmenopausal Health Study. *European Journal of Nutrition*, 50(5), 341-349.

Achanta, K., Aryana, K.J., & Boeneke, C.A. (2007). Fat free plain set yogurts fortified with various minerals. *LWT-Food Science and Technology*, 40(3), 424-429.

Al Mijan, M., Choi, K.H., & Kwak, H.S. (2014). Physicochemical, microbial, and sensory properties of nanopowdered eggshell-supplemented yogurt during storage. *Journal of Dairy Science*, 97(6), 3273-3280.

Marchiani, R., Bertolino, M., Belviso, S., Giordano, M., Ghirardello, D., Torri, L., Piochi, M., & Zeppa, G. (2016). Yogurt enrichment with grape pomace: effect of grape cultivar on physicochemical, microbiological and sensory properties. *Journal of Food Quality*, 39(2), 77-89.

Akgün, D., Gültekin-Özğüven, M., Yüçetepe, 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.

Ozturkoglu-Budak, S., Akal, C., & Yetisemiyen, A. (2016). Effect of dried nut fortification on functional, physicochemical, textural, and microbiological properties of yogurt. *Journal of Dairy Science*, 99(11), 8511-8523.

Helal, A., & Tagliazucchi, D. (2018). Impact of in-vitro gastro-pancreatic digestion on polyphenols and cinnamaldehyde bioaccessibility and antioxidant activity in stirred cinnamon-fortified yogurt. *LWT-Food Science and Technology*, 89, 164-170.

Ramirez-Santiago, C., Ramos-Solis, L., Lobato-Calleros, C., Peña-Valdivia, C., Vernon-Carter, E.J., & Alvarez-Ramirez, J. (2010). Enrichment of stirred yogurt with soluble dietary fiber from *Pachyrhizus erosus* L. Urban: Effect on syneresis, microstructure and rheological properties. *Journal of Food Engineering*, 101(3), 229-235.

Bchir, B., Bouaziz, M. A., Blecker, C., & Attia, H. (2019). Physicochemical, antioxidant activities, textural and sensory properties of yoghurt fortified with different states and rates of pomegranate seeds (*Punica granatum* L.). *Journal of Texture Studies*, 51(3), 475-487.

Ghorbanzade, T., Jafari, S.M., Akhavan, S., & Hadavi, R. (2017). Nano-encapsulation of fish oil in nano-liposomes and its application in fortification of yogurt. *Food Chemistry*, 216, 146-152.

Dal Bello, B., Torri, L., Piochi, M., & Zeppa, G. (2015). Healthy yogurt fortified with n-3 fatty acids from vegetable sources. *Journal of Dairy Science*, 98(12), 8375-8385.

McCowen, K.C., Ling, P.R., Decker, E., Djordjevic, D., Roberts, R.F., Coupland, J.N., & Bistrain, B.R. (2010). A simple method of supplementation of omega-3 polyunsaturated fatty acids: use of fortified yogurt in healthy volunteers. *Nutrition in Clinical Practice*, 25(6), 641-645.

Rahmawaty, S., Lyons-Wall, P., Charlton, K., Batterham, M., & Meyer, B.J. (2014). Effect of replacing bread, egg, milk, and yogurt with equivalent ω -3 enriched foods on ω -3 LCPUFA intake of Australian children. *Nutrition*, 30(11), 1337-1343.

Estrada, J.D., Boeneke, C., Bechtel, P., & Sathivel, S. (2011). Developing a strawberry yogurt fortified with marine fish oil. *Journal of Dairy Science*, 94(12), 5760-5769.



Tavlama Benzetimi Temelli Yaklaşım ile Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Optimizasyonu: Karadeniz Bölgesi Örneği

Ayten Yılmaz Yalçınar^{1*}

^{1*} Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-8160-812X), ayteny@sakarya.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.851540)

ATIF/REFERENCE: Yılmaz Yalçınar, A. (2021). Tavlama Benzetimi Temelli Yaklaşım ile Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Optimizasyonu: Karadeniz Bölgesi Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 239-248.

Öz

Günümüzün en kritik ve stratejik alanlarından birisi olan lojistik sektöründe işletmeler hem araç sayılarını hem de kat ettikleri mesafeyi en küçükleyerek maliyeti minimize etmek isterler. Bu kapsamda yaygın kullanım alanına sahip bir optimizasyon çeşidi olan Araç Rotalama Problemleri (ARP), farklı durumlara farklı teknikler ile etkin çözüm alternatifleri sunmaktadır. ARP'nin önemli bir türü olan Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama (KKAR) problemlerinde geliştirilen algoritmanın tutarlı ve iyi sonuçlar vermesi önemlidir. Bu çalışmada birçok işletme için uygulanabilecek, değişken konum (lokasyon/şehir) sayısı ve değişken araç sayısı içeren problemlere yönelik farklı modeller oluşturularak bu modeller için belirli kısıtlar doğrultusunda en kısa mesafeyi bulmayı hedefleyen bir optimizasyon modeli sunulmak amaçlanmıştır. Uygulamada meta sezgisel çözüm yöntemlerinden biri olan Tavlama Benzetimi algoritması kullanılmıştır. Online erişilebilir hazır veritabanlarından elde edilen bir veri seti ile kurulan algoritma test edilmiş, daha sonra da Karadeniz Bölgesi illerine İstanbul merkezli bir depodan dağıtım gerçekleştirildiği senaryosu ile uygulama çalışması gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Araç Rotalama Problemi, Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama, Tavlama Benzetimi Yöntemi.

Capacity Restricted Vehicle Routing Optimization with an Annealing Simulation Based Approach: Black Sea Region Case

Abstract

In the logistics sector, which is one of the most critical and strategic areas of today, businesses want to minimize costs by minimizing both the number of vehicles and the distance they travel. In this context, Vehicle Routing Problems (ARP), which is a widely used optimization type, offers effective solution alternatives with different techniques for different situations. It is important that the algorithm developed in Capacity Restricted Vehicle Routing (KKAR) problems, which is an important type of ARP, gives consistent and good results. In this study, it is aimed to present an optimization model aiming to find the shortest distance for these models in line with certain constraints by creating different models for problems involving variable location (location / city) number and variable number of vehicles, which can be applied to many businesses. Simulated Annealing algorithm, which is one of the meta-heuristic solution methods, was used in the application. The algorithm established with a data set obtained from online accessible databases was tested, and then the application study was carried out with the scenario where distribution is made to the provinces of the Black Sea Region from the distribution center, whose central warehouse is Istanbul.

Keywords: Vehicle Routing Problem, Capacity Limited Vehicle Routing, Simulated Annealing Method.

* Sorumlu Yazar: ayteny@sakarya.edu.tr

1. Giriş

Araç Rotalama problemlerinde amaç bir veya daha fazla depodan çıkan müşteri taleplerinin uygun zaman ve mesafede müşterilere ulaştırmak için en uygun rotanın belirlenmesini sağlayan eniyileme problemidir. Ürünler müşteriye ulaştırılırken rotada bulunan noktalara hangi sıralama ile uğranılacağına karar verilmesi ve en az maliyet oluşturacak rotanın saptanması, lojistik problemleri altında Araç Rotalama Problemi (ARP) kapsamında incelenir. Araç Yönlendirme Problemi (ARP), müşterilere giden ve gelen malların çeşitli depolar arasında ve müşterilere ve müşterilerden depolara nasıl dağıtıldığını ele alan problemler setidir. ARP'nin amacı, malları müşterilere en kısa zamanda ve maliyette ulaştırmak için bir depoda yada depolarda bulunan araçlar için güzergah (lar) tasarlamaktır. ARP hedefi genellikle rota maliyetini en aza indirmektir. Amaç fonksiyonları, belirli varyantlar ve uygulamalara göre değişebilir. Araçlarla ilgili maliyetleri, kat edilen mesafeyi, ulaşım araçları sayılarını en aza indirmek, taşıma ya da seyahat süresi ve araç yükünün aşılması durumunda sistemi dengeye getirmek hedeflenir (Choosak Pornsing, 2014; Sitek ve Wikarek, 2019). Araç rotalamanın temel amacı kar sağlamak amacıyla yol alacakları toplam mesafenin minimize edilmeye çalışılmasıdır. Araç Rotalama Probleminin önemli uygulama alanlarından birisi coğrafi olarak farklı bölgelerde olan müşterilere bir veya birden fazla depodan dağıtım için görevlendirilen araçların en optimum şekilde dağıtım ve toplama rotalarının tasarlanmasıdır.

Araç rotalama problemiyle ilgili ilk çalışma 1959'da araç rotalama problemini ortaya çıkaran Dantzig ve Ramser tarafından araç yönlendirme problemi için ilk matematiksel programlama formülasyonu ve algoritmik yaklaşımı önermeleri ile yapılmıştır. Araç rotalama problemleri, ürün veya hizmetin belirli bir merkezden çıkarak müşterilere ulaştırıldığı ve araçların tekrar merkeze dönmelerini sağlayan rotaların belirlendiği kombinatoriyal optimizasyon problemidir. Lojistik ve tedarik zincirinin son aşaması olan ürün dağıtım sırasında ortaya çıkan optimizasyon problemleri olarak da ifade edilebilmektedir. En iyi çözümü elde etmek amacıyla ele alınan yaklaşım ise, problem çeşitlerine uygun kısıtların oluşturulmasıdır (Kumar ve Panneerselvam, 2012; Singh ve Sharma, 2021)

Araç rotalama problemlerinde olabilecek amaç fonksiyonları, toplam taşıma maliyetlerini en aza indirmek, seyahat süresi ve araç yükü göz önünde bulundurularak araç rotalarını dengede tutabilmek, taleplerin parçalı olarak dağıtılması sonucu oluşan ceza maliyetlerini en aza indirmek ve talebi karşılayacak araç sayısını minimize etmek olarak ifade edilebilir (Toth ve Vigo, 2002)

ARP teknikleri kullanım kolaylığı ve farklı durumlar için alternatif çözümler içermesi sebebiyle literatürde oldukça farklı alanlarda, yaygın uygulama imkanı ile yer bulmuştur. Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi çözümünde kesin çözüm yöntemi olarak doğrusal programlama, dinamik programlama, dal ve sınır algoritması ve birçok analitik çözüm yöntemi uygulanmıştır. Dorigo ve Stutzle'a göre Sezgisel Yöntem çeşitlerinden olan meta-sezgisel yöntemlerin arama uzayının yüksek kaliteli çözümleri için daha uygundur (Dorigo ve Stutzle, 2004). Raúl Baños ve arkadaşları (2013), zaman pencereli araç rotalama problemlerine tavlama benzetimi tabanlı paralel çok amaçlı yaklaşım uygulaması yapmışlar ve paralel

yaklaşımın hesaplama maliyetinde sıralı versiyonlarla karşılaştırıldığında daha düşük sonuçlar elde etmişler aynı zamanda çözüm kalitesinde eksilme yaşamadıkları gibi çalışma zamanından da kazanç elde etmişlerdir (Baños vd., 2013). Yine paralel tavlama benzetimi yaklaşımı üzerine çalışan Dong ve arkadaşları ileriki yıllarda paralel tavlama benzetimi algoritmasını kullanarak eş zamanlı topla-dağıt araç rotalama problemi adlı çalışmaları ile paralel tavlama benzetimi algoritmasının çalışma süresinden literatürde bulunan diğer beş algoritmaya göre daha iyi bir sonuç elde etmişlerdir (Mu vd.,2016). Mahmudy, zaman pencereli araç rotalama probleminin optimizasyonu için geliştirilmiş tavlama benzetimi çalışması ile komşu çözümleri etkin şekilde keşfetmek amacıyla özel işlevler geliştirmiştir. Önerilen yaklaşım, literatürde mevcut olan iyi bilinen benchmark problemleriyle karşılaştırıldığında iyileştirilmiş tavlama benzetiminin 82.29 saniyelik çözüm süresi ile o umut verici sonuçlar elde edilmiştir (Mahmudy, 2014). Bir başka çalışmada, kapasite kısıtlı araç rotalama çalışmasında Tavlama Benzetimi algoritmasının diğer tüm algoritmalarından daha iyi performans gösterdiğini ve çoğu örnek için optimum çözümleri sunduğu ifade edilmektedir (Wei vd., 2017). Ayrı teslimat problemi eklenerek oluşturulan bir problemin çözümünde araç rotalama için etkili iki algoritma olan Tabu Araması ve Tavlama Benzetimi Algoritmaları ayrı ayrı uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ise orta büyüklükteki problem örnekleri için Tabu Arama Algoritması ile daha iyi sonuçlar elde edilirken, büyük boyutlu problemler için ise Tavlama Benzetimi Algoritması makul çözüm süresinde daha iyi çözümler elde edilmiştir (Wang vd., 2017). Yine hibrit bir algoritma olan ve yeni bir yaklaşım olarak önerilen çalışmada ise Tavlama Benzetimi Tabanlı Simbiyotik Organizma Arama Optimizasyonu ile gezgin satıcı problemi üzerinde durulmuştur. Çözüm sonuçlarının diğer algoritmalarla rekabet edebilecek etkinlikte olduğuna ulaşılmıştır (Ezugwua vd., 2017). STCDARP için sezgisel bir çözüm yaklaşımı geliştiren Kızıloğlu (2017), hibrit sezgiseller ile bir çözüm sunarak Tavlama Benzetiminin başlangıç çözümler için uygunluğunu test etmiş. Ayrıca küçük boyutlu ARP için optimal sonuçlar elde edilmiştir. TB yardımıyla oluşturulan çözümler Tasarruf Algoritmasına göre daha iyi sonuç vermiştir (Kızıloğlu, 2017). Bir diğer çalışmada Eş Zamanlı Topla Dağıt Araç Rotalama Problemi için Karınca Kolonisi Algoritması ve Değişken Komşuluk Arama Algoritması'nın melez bir metasezgisel çalışma ile çözüm sunulmuştur. Bu çalışmada Karınca Kolonisi Algoritmasının uzun süreli hafıza yapısından ve Değişken Komşuluk Algoritmasının yoğun yerel arama sunan yapısından faydalanarak daha optimal bir sonuç almak hedeflenmiştir. Bu algoritma için önerilen test sonuçlarına baktığımızda istikrarlı ve iyi bir sonuç verdiği gözlemlenmiştir ve bunlar sayısal veriler ile çalışmada desteklenmiştir (Kaya,2017).

Görüldüğü gibi mesafe ve araç sayısında yaşanan iyileştirmeler ile maliyette de düşüklüğe sebep olan ARP teknikleri literatürde farklı tür ve alanlarda uygulama imkanı bulmuştur. Bu öneme istinaden bu makale çalışmasında Araç Rotalama Problemlerinde yer alan değişen lokasyon (şehir) sayıları ve değişen araç sayıları için farklı modeller oluşturularak bu modeller için belirli kısıtlar doğrultusunda en kısa mesafeyi bularak optimizasyonu sağlayan ve birçok işletme için uygulanabilecek genel bir araç rotalama problemi çözümü elde etmek amaçlanmıştır. Uygulama; koordinatların, araç sayısının ve şehir sayısının bilindiği modeller için uygulanmaktadır. Çalışma genel bir tanıtımın ve literatürün sunulduğu giriş bölümünün ardından yöntemlerin sunulduğu ikinci bölüm,

uygulama çalışmasının ve bulgularının aktarıldığı üçüncü bölüm, tartışma ve sonuçların yer aldığı dördüncü bölümü içermektedir.

2. Materyal ve Metot

Araç rotalama problemlerinde eniyileme çalışmaları; minimize edilmek istenen rota sayısı, toplam rota uzunluğu, rota süresi ve maksimize edilmek istenen müşteri memnuniyeti gibi bazı ölçütler temelinde gerçekleştirilmektedir. Araç rotalama problemlerinde kısıtların ve önceliklerin farklı olması birçok ARP tekniğinin ortaya çıkmasına sebep olmuştur. ARP, tarihsel süreci içinde gerçek hayat uygulamaları ile birlikte farklı yapılara evrilmiş ve bu yapılar kısıtlarına ve ele alınan problemin karakteristiklerine göre yeni araç rotalama problem türleri olarak literatürdeki yerlerini almışlardır. ARP'nin başlıca türleri; kapasite kısıtlı (KARP), mesafe ve kapasite kısıtlı (MKARP), zaman pencereli (ZPARP), geri toplamalı (GTARP), dağıtım ve toplamalı (DTARP), açık (AARP), çoklu depo (ÇDARP), bölünmüş teslimatlı (BTARP), periyodik (PARP), heterojen filolu (HFARP), simetrik ARP, asimetric ARP, homojen ARP, Statik ARP, Dinamik ARP ve bulanık araç rotalama problemi (BARP) olarak ifade edilebilirler (Karagül ve diğerleri, 2016, Koç, 2012, Erol 2006).

2.1. Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi

İşletmelerin üretim sürecinde olumsuzluklara sebep olacak, kapasitesi dar olan kaynaklar bulunabilmektedir. Mevcut iş taleplerini zamanında, istenilen şekilde karşılayabilmek için yeterli kapasiteye sahip olmak gereksinimi duyarlar (Akçimen ve Antmen, 2019). Lojistik alanında hizmet veren işletmeler için de araçlardaki kapasite kısıtı, ele alınan problem için önemli bir unsurdur.

Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi önceden belli olan müşterilerin taleplerini karşılamak için oluşturulan ve aynı zamanda bu taleplerin parçalanmasına izin vermeyerek ürün miktarının araç kapasitesine göre değiştiği yani kapasite kısıtının olduğu araç rotalama çeşididir. Müşteriler ve talepleri deterministiktir. Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Probleminde araçlar kapasite kısıtına sahip olduğundan talepler karşılanırken aracın kapasitesinin aşılmamasına dikkat edilmelidir. Araç sayısının sabit ve kapasiteli olduğu işletmeler için uygulanabilecek bir rotalama problemidir (Ekizler,2011).

Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Problemi Matematiksel Modeli ve formülasyonları aşağıda verilmiştir (Bozyerli vd. 2014, Keskinürk vd. 2016, Kulaç ve Çağıl, 2019):

Q_i : araç kapasitesi, $k_i \in K$
 $K = \{k_1, k_2, \dots, k_m\}$ araç filosu
 N : müşteri veya durak sayısı,
 q_i : i düğümünün talep miktarı
 d_{ij} : i ve j müşterileri arasındaki mesafe,
 V_0 : depo olmak üzere;

Değişkenler:

$$x_{ij}^k \begin{cases} 1, & \text{eğer } k \text{ aracı } i \text{ düğümünden sonra} \\ & j \text{ düğümünü ziyaret ederse} \\ 0, & \text{aksi taktirde} \end{cases}$$

$$y_i^k \begin{cases} 1, & \text{eğer } i \text{ düğümüne } k \text{ aracı} \\ & \text{hizmet verirse} \\ 0, & \text{aksi taktirde} \end{cases}$$

$$\text{Min} \sum_{k \in K} \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} d_{ij} x_{ij}^k \quad (2,1)$$

$$\sum_{k \in K} \sum_{j \in N} x_{ij}^k = 1 \quad \forall i \in V \quad (2,2)$$

$$\sum_{j \in V} x_{ij}^k + \sum_{j \in V} x_{ji}^k = 1 \quad \forall i \in V, k \in K \quad (2,3)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^N x_{0j}^k = K \quad (2,4)$$

$$\sum_{j \in V} x_{0j}^k = 1 \quad \forall k \in K \quad (2,5)$$

$$\sum_{j \in V} x_{j,n+1}^k = 1 \quad \forall k \in K \quad (2,6)$$

$$x_{ji}^k = 1 \rightarrow y_i - q_i = y_j \quad \forall ij \in V, \forall k \in K \quad (2,7)$$

$$y_0 = Q, 0 \leq y_i \quad \forall i \in V \quad (2,8)$$

$$\sum_{i=1}^N q_i \sum_{j=0}^N x_{ji}^k \leq Q \quad k \in \{1, \dots, m\} \quad (2,9)$$

$$x_{ji}^k \in \{0,1\} \quad \forall ij \in V, \forall k \in K \quad (2,10)$$

Araç rotalama probleminde, araçların gideceği toplam mesafenin minimizasyonu için Denklem (2.1)'de gösterilen amaç fonksiyonu kullanılır. Kısıt (2.2) her i-j bağlantısına bir aracın hizmet vermesi, kısıt (2.3) ise geri dönüşlerin engellenmesi ile ilgili kısıttır. Kısıt (2.4) depodan çıkan araç sayısı ile toplam araç sayısının eşit olması gerektiğini göstermektedir. Kısıt (2.5) ve (2.6) aracın depodan ve j. düğümünden bir defa çıkacağını gösterir. Kısıt (2.7) aracın i-j düğümüne atanması durumunda i düğümünden j düğümüne geldiğinde geriye kalan kapasiteyi göstermektedir. Kısıt (2.8)'e göre aracın başlangıç kapasitesi Q olacak, kısıt (2.9)'a göre ise bir araca atanan müşterilerin toplam talebi aracın kapasitesini aşmasına izin verilmeyecektir. Kısıt (2.10) ise x_{ij}^k değişkeninin tam sayı olması ile ilgili kısıttır (Uyumaz, 2017).

2.2. Tavlama Benzetimi (TB) Yöntemi

KARP'nin çözümünde kullanılan metasezgisel yöntemlerden birisi olan Tavlama Benzetimi yönteminin çıkışı metaller için yapılan tavlama işlemine dayanmaktadır. Nasıl ki demir tavlama işlemi sırasında bir demir parçayı ısıtıp sonra soğumaya bırakılıyorsa, herhangi bir sayısal ölçüme de benzeri yaklaşım uygulanabileceği düşüncesi üzerine kuruludur. Bu yöntem S. Kirkpatrick ve arkadaşları C. D. Gelatt ve M. P. Vecchi tarafından 1983 yılında geliştirilmiştir. Tavlama Benzetimi Algoritması uygulaması kolay ve yerel optimumdan kurtulma olasılığı yüksek olan bir algoritmadır. Ayrık optimizasyon problemleri için çok fazla kullanılan Tavlama Benzetimi sürekli optimizasyon teknikleri için de kullanılabilir. Algoritmanın temel prensibi, iyi çözümü feda ederek yerine kötü çözümü kabul etme olasılığı olan p değerinin dinamik bir şekilde ilerleyen iterasyonlarda azalmasıdır (Şahin ve Eroğlu,2014). Tavlama Benzetiminin iki çeşidi vardır. İlki Hızlı Tavlama Benzetimi yöntemidir. TB, Tavlama Benzetiminin aksine düz fonksiyonlar için değil konveks fonksiyonlar için kullanılır. Hızlı Tavlama Benzetimi,

TB yöntemine göre daha hızlı sonuç vermektedir. İkinci Tavlama Benzetimi çeşidi ise Genelleştirilmiş Tavlama Benzetimi yöntemidir. Bu yöntemde tek bir sıcaklık kullanılır ve kombinatoriyal optimizasyon problemleri için daha uygundur. TB yöntemi uygulaması üç aşamadan oluşmaktadır. Bu aşamalar başlangıç durumuna getirme, seçim ve bitirme ile güncelleme aşamalarıdır. İlk aşamada TB parametreleri oluşturularak mevcut çözüm en iyi sonuç olarak atanır. İkinci aşamada elde edilen değerler baştaki parametreler ile karşılaştırılır. Bu karşılaştırma sonucunda çözüm ya bitirilir ya da devam eder. Üçüncü aşamada ise yeni çözüm en iyi çözüm olarak atanır ve algoritma ikinci aşamaya geri gider (Taş, 2007)

Standart bir TB algoritmasının temel adımları aşağıda verilmektedir (Erol, 2006):

Adım 1. Rasgele olarak bir başlangıç çözümü üret ve en iyi çözüm S olarak ata. Ayrıca t iterasyon indeksini 0 olarak ata.

Adım 2. Bir başlangıç sıcaklık değeri TB belirle ve mevcut sıcaklık değeri $T_0 = T_B$ olarak ata.

Adım 3. En iyi çözümden hareketle rasgele komşu bir çözüm $S^1 \in N(S)$ oluştur.

Adım 4. Üretilen S^1 çözümüyle S çözümünün amaç fonksiyonu değerleri arasındaki farkı hesapla

$$(\delta = C(S^1) - C(S))$$

Adım 5. Eğer S^1 , S'den daha iyi ($\delta < 0$) ise S çözümüne S^1 çözümünü ata. S^1 , S'den daha kötü fakat mevcut T_t sıcaklığında $e^{(-\delta/T)} > \theta$ sağlanıyorsa (θ , 0 ile 1 arasında rasgele üretilmiş bir sayıdır). S çözümü ile S^1 çözümünü yer değiştir. Yoksa S^1 mevcut çözüm olarak muhafaza et.

Adım 6. T sıcaklığını Denklem (2.11) veya Denklem (2.12)'deki formüle göre değiştir.

$$T_t = R \cdot T_{t-1} \quad (0 < R < 1) \quad (2.11)$$

$$T_t = t / (1 + \beta t) \quad (\beta \text{ uygun küçük bir değerdir}) \quad (2.12)$$

Adım 7. Durdurma kriteri sağlanıyorsa araştırmayı durdur, aksi halde iterasyon indeksi t'yi bir artırarak üçüncü adıma git.

3. Uygulama ve Bulgular

Tek depolu kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinde, deponun tek bir noktada olması tüm araçların bu depodan ayrılıp tur tamamlandığında yine bu depoya dönmelerini zorunlu kılar. Bu durumda işletme, araç kapasitesi ve araç sayısını müşteri taleplerini karşılayacak şekilde belirlemelidir. Kapasitenin yetersiz, araç sayısının gereğinden az olması müşteri ihtiyacının karşılanamamasına sebep olurken, gereğinden fazla olması ise gereksiz maliyete ve israfa neden olmaktadır. Burada denge noktasını sağlamak önemli bir unsurdur. Denge noktası sağlandıktan sonra araçların katedikleri toplam mesafeyi de minimize edilerek katlanılan maliyet azaltılabilir. Bu çalışmada uygun araç sayısı ve araç kapasiteleriyle müşteri taleplerini eksiksiz karşılamak aynı zamanda toplam mesafeyi minimize etmek hedeflenmiştir. Bu amaçla, aşağıdaki aşamalar sırasıyla gerçekleştirilmiştir.

3.1. Problem veri setinin elde edilmesi ve mesafeler matrisinin oluşturulması

Uygulama çalışmasında kullanılmak üzere, Uchoa ve arkadaşlarının üzerinde çalıştıkları ve optimum sonuçları elde ettikleri kapasite kısıtlı araç rotalama problemi olan X grubu veri setine erişilmiş, bu veri seti ile algoritma test edilmiştir. Veri setinden seçilen 10 tane örnek ile çözümler gerçekleştirilmiştir. Seçilen veri setleri aşağıdaki gibidir (Tablo1):

Tablo 1. Veri seti (<http://vrp.atd-lab.inf.puc-rio.br/index.php/en/>)

X-n101-k25	X-n106-k14	X-n110-k13	X-n115-k10	X-n120-k6	X-n125-k30	X-n129-k18	X-n134-k13	X-n139-k10	X-n143-k7
------------	------------	------------	------------	-----------	------------	------------	------------	------------	-----------

Tabloda görülen “n” harfinin yanındaki sayı müşteri sayısını, “k” harfinin yanındaki sayı ise araç sayısını ifade etmektedir.

Çalışmada İstanbul ili depo noktası olarak seçilmiş, Karadeniz bölgesi illeri de dağıtım alanları olarak kullanılmıştır. Karadeniz bölgesinin seçilmesinin nedeni il sayısının fazlalığı ve bunun getireceği farklı boyutlarda deneme imkanınıdır. Uygulama çalışması ile belirlenen bölgeden farklı sayıda iller baz alınarak farklı boyutlarda problemlerle çalışma imkanı elde edilmiştir. İllerin koordinatları Karayolları Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. Veri setinde uygulanan koordinatlar kullanarak mesafeler matrisleri oluşturulmuştur ve bu matris MATLAB' de tavlama benzetimi modelinin verileri kısmına işlenmiştir. Veri setindeki tüm veriler için benzer çalışma gerçekleştirilmiştir. Örnek olarak X-n101-k25 veri setine yönelik MATLAB programı ekran görüntüsü Şekil 1'de verilmiştir.

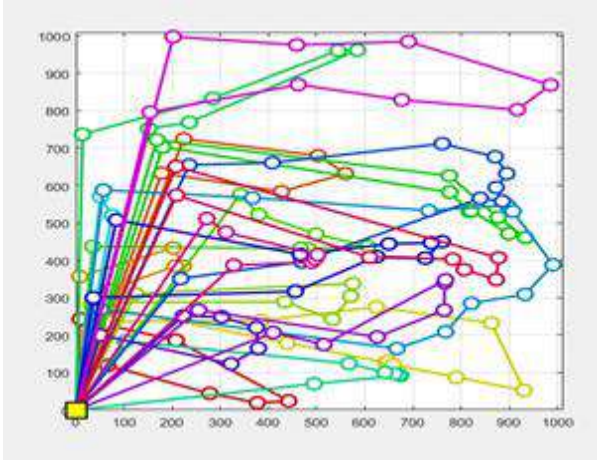
Şekil 1. X-n101-k25 veri seti MATLAB ekran görüntüsü

Field	Value
I	101
J	25
r	1x101 double
c	1x25 double
xmin	0
xmax	1000
ymin	0
ymax	1000
x	1x101 double
y	1x101 double
x0	365
y0	689
d	101x101 double
d0	1x101 double
eta	0.8000

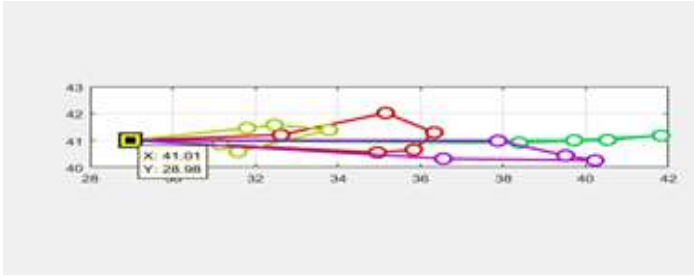
Şekil 1'de I şehir sayısını, j araç sayısını, r talep sayısını, c araç kapasitesini, x ve y min-max değerleri grafiğin alt üst sınırları, x ve y koordinatları, x0 ve y0 deponun koordinatları, d

mesafeler matrisi, d0 deponun müşterilere olan uzaklığı ve eta komşu seçme parametresidir. Algoritma çalıştırıldığında istenen model seçilip çözümü yapılmaktadır. X-n129-k18 veri setinin çözümünde elde edilen rotalara ait gösterim Şekil 2’de, Problem 26’ya ait araç rotası görünümü ise Şekil 3’te verilmiştir.

Şekil 2. X-n129-k18 veri setinin çözümünde oluşan rotalar



Şekil 3. Problem 26 araç rotası



3.2. Parametrelerin Belirlenmesi

Tavlama benzetimi algoritmasında kullanılan parametreler ve bunlara ek iterasyon sayısı parametresi farklı değerler alındığında farklı sonuçlar elde edilmektedir. Bu yüzden oluşturulan tavlama benzetimi algoritması X veri setinden orta ölçekli bir problem olan X-n129-k18 veri setinde farklı parametre değerleri ile denenip en iyi sonucu veren parametre değerleri seçilmiştir. Bahsedilen parametreler;

- Eta (η): Komşu seçme fonksiyonunda kullanılan 0-1 arası rassal sayı
- Alpha (α): Soğutma Katsayısı 0-1 arası sayı
- IT₁: Her sıcaklıkta gerçekleştirilecek iterasyon sayısı
- T₀: Başlangıç Sıcaklığı
- IT₂: İterasyon sayısı' dır.

Orta ölçekteki bu problem ile test edilmesi planlanan her bir değer, algoritmada 50 defa çalıştırılmıştır. Bunun sonucunda minimum mesafe, maksimum mesafe, ortalama mesafe ve mesafelerin standart sapması değerleri bulunmuştur. Sonuçlara göre standart sapmanın en düşük olduğu parametre değeri algoritmanın bu değerinde daha kararlı olduğunu gösterir. Seçim yapılırken standart sapma da göz önünde bulundurulmuştur.

Soğutma Katsayısının (α) Belirlenmesi:

Alpha parametresi için 0,5; 0,7 ve 0,99 değerleri verilmiştir. Sabit tutulacak parametre değerleri;

Eta=0,8; IT₁= 100; T₀=250; IT₂=1000 olarak belirlenmiştir.

Tablo 2. Tavlama Benzetimi Algoritması alpha değeri test sonuçları

Alpha	Min Mesafe	Ortalama Mesafe	Max Mesafe	Standart Sapma
0,5	27286,2707	28020,73553	29169,86882	0,026211474
0,7	27041,2525	28248,77362	29746,99052	0,042745967
0,99	27092,9852	28012,27829	28817,55759	0,032817506

Tablo 2.'de görülen TB alpha değeri test sonuçları içerisinde ortalama mesafe ve standart sapma değerine bakılarak en uygun çözüm sonucunu veren 0,99 değeri alpha değeri olarak seçilmiştir.

Eta değerinin (η) belirlenmesi:

Eta parametresi için 0,2; 0,5 ve 0,8 değerleri verilmiştir. Sabit tutulacak parametre değerleri;

Alpha=0,99; IT₁=100; T₀=250; IT₂= 1000 olarak belirlenmiştir.

Tablo 3. Tavlama Benzetimi Algoritması eta değeri test sonuçları

Eta	Min Mesafe	Ortalama Mesafe	Max Mesafe	Standart Sapma
0,2	28167,5073	28909,68764	29699,04714	0,025672376
0,5	27294,877	28214,77305	29230,67298	0,032603347
0,8	27446,2635	28098,34372	29415,88078	0,023207069

Tablo 3.'de görülen TB eta değeri test sonuçları içerisinde ortalama mesafe ve standart sapma değerine bakılarak en uygun çözüm sonucunu veren 0,8 değeri eta değeri olarak seçilmiştir.

Her Sıcaklıkta Gerçekleştirilecek İterasyon Sayısının (IT₁) Belirlenmesi:

Her sıcaklıkta gerçekleştirilecek iterasyon sayısı için 50, 100, 200 ve 300 değerleri verilmiştir. Sabit tutulacak parametre değerleri;

Alpha=0,99; Eta=0,8; T₀=250; İterasyon Sayısı=1000 olarak belirlenmiştir.

Tablo 4. Tavlama Benzetimi Algoritması her sıcaklıkta gerçekleştirilecek iterasyon sayısı test sonuçları

IT ₁	Min Mesafe	Ortalama Mesafe	Max Mesafe	Standart Sapma
50	28178,2276	29117,44968	30159,40523	0,032256331
100	27446,2635	28081,92672	29415,88078	0,022636025
200	26550,7717	27292,86636	27868,01267	0,027190059
300	26095,2773	26871,84851	27648,23826	0,028899061

Tablo 4'de görülen TB sıcaklık iterasyon test sonuçları içerisinde ortalama mesafe ve standart sapma değerine bakılarak en uygun çözüm sonucunu veren 300 sayısı her sıcaklıkta gerçekleştirilecek iterasyon sayısı olarak seçilmiştir.

Başlangıç sıcaklık değerinin (T₀) belirlenmesi:

Başlangıç sıcaklık değeri için 100, 175, 250 ve 300 değerleri verilmiştir. Sabit tutulacak parametre değerleri;

Alpha=0,99; Eta= 0,8; IT₁=100; IT₂=1000 olarak belirlenmiştir.

Tablo 5. Tavlama Benzetimi algoritması başlangıç sıcaklık değeri test sonuçları

T0	min mesafe	ortalama mesafe	max mesafe	standart sapma
100	26916,5081	28010,99207	28932,49429	0,039073373
175	27000,1969	28071,1878	28949,59901	0,038152676
250	27092,9852	27986,95543	28609,91848	0,031942391
300	26947,2147	28087,7523	29281,22133	0,040606224

Tablo 5'te görülen TB başlangıç sıcaklık değeri test sonuçları içerisinde ortalama mesafe ve standart sapma değerine bakılarak en uygun çözüm sonucunu veren 250 değeri başlangıç sıcaklık değeri olarak seçilmiştir.

İterasyon sayısının (IT₂) belirlenmesi:

İterasyon sayısı için 400, 600, 800 ve 1000 değerleri verilmiştir. Sabit tutulacak parametre değerleri;

Alpha=0,99; Eta=0,8; IT₁=100; T₀=250 olarak belirlenmiştir.

Tablo 6. Tavlama Benzetimi Algoritması İterasyon Sayısı test sonuçları

İterasyon sayısı	min mesafe	ortalama mesafe	max mesafe	standart sapma
400	29175,0619	30010,77256	31304,04221	0,027847022
600	27746,7248	28838,17635	30499,90887	0,037847453
800	27039,7798	28265,17248	29429,19497	0,043353449
1000	27092,9852	27961,05342	28777,50697	0,03104562

Tablo 6'da görülen TB iterasyon sayısı test sonuçları içerisinde ortalama mesafe ve standart sapma değerine bakılarak en uygun çözüm sonucunu veren 1000 sayısı iterasyon sayısı olarak seçilmiştir. Testler sonucunda tavlama benzetimi algoritmasının parametre değerleri aşağıdaki gibi bulunmuştur:

Eta (η):0,8; Alpha (α): 0,99; IT₁: 100; T₀: 250; IT₂: 1000

3.3. Algoritmanın Test Edilmesi

Algoritmanın tutarlılığını ve verdiği sonuçların ne derece doğru olduğunu görmek amacıyla literatürde kullanılan X veri setinden 10 adet problem kullanılmıştır. X grubu veri setine ait problemlerin farklı boyutlarda olması, algoritmaların etkinliğini ve farklı boyutlardaki etkisinin görülmesine yardımcı olacaktır. Her bir problem algoritmada 10 defa çalıştırılmıştır. Böylelikle ortalama bir sonuç elde edilmiştir. Tablo 7' de sırasıyla problemin ismi, elde edilen ortalama mesafe sonucu, bilinen optimum sonuç ve standart sapma verilmiştir.

Tablo 7. Tavlama Benzetimi Algoritması Çözüm Sonuçları

Problem	Ortalama Mesafe	Bilinen Optimum	Yüzde Sapma
X-n101-k25	28757,03922	27591	-4,23%
X-n106-k14	27238,38872	26362	-3,32%
X-n110-k13	13652,26869	14971	8,81%
X-n115-k10	11298,81684	12747	11,36%
X-n120-k6	11517,86568	13332	13,61%
X-n125-k30	53000,53559	55539	4,57%
X-n129-k18	26849,18296	28940	7,22%

X-n134-k13	10077,43232	10916	7,68%
X-n139-k10	13087,59289	13590	3,70%
X-n143-k7	13722,16945	15700	12,60%

Tablo 7'deki elde edilen sonuçlara göre ilk 2 problemde tavlama benzetimi ile elde edilen sonuçlar bilinen optimum sonuçlara çok yakın değerler olarak görülmektedir. Diğer 8 problemde ise bilinen optimum sonuçtan daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Yüzde Sapma sütunundaki negatif sapmalar bilinen optimum sonuçtan daha yüksek değerler bulunduğu için negatif olarak ifade edilmiştir. Pozitif sapmalar ise bilinen optimum sonuçtan daha iyi sonuç elde edildiği için pozitif olarak ifade edilmiştir. Elde edilen sonuçlarla algoritmanın tutarlı ve bilinen optimumdan daha iyi sonuçlar verdiğini gözlemlenmiştir.

3.4. Algoritmanın Pratikte Uygulanması

Kurulan algoritmanın literatürdeki veri setleri ile testinin ardından bu makalenin uygulama kısmında kullanılan problem veri setleri ile pratikte bir uygulamada karşılığı görülmek istenmiştir. Bu amaçla İstanbul depo merkezi olmak üzere, dağıtım yerleri olarak Karadeniz Bölgesi illeri koordinatları kullanılmıştır.

3.4.1. Karadeniz illeri için mesafeler matrisi oluşturulması

Karadeniz Bölgesi illerine ait koordinatları ve talep miktarları Tablo 8'de görülmektedir. Çalışmada kullanılan il talep bilgileri ise random sayı ataması ile elde edilmiştir.

Tablo 8: Karadeniz Bölgesi illeri koordinat ve talep bilgileri

İLLER	X	Y	TALEPLER
İSTANBUL	41,00527	28,97696	0
AMASYA	40,64991	35,83532	50
ARTVİN	41,18277	41,818292	70
BOLU	40,575977	31,578809	50
ÇORUM	40,550556	34,955556	60
GİRESUN	40,912811	38,38953	70
GÜMÜŞHANE	40,438588	39,508556	40
KASTAMONU	41,38871	33,78273	70
ORDU	40,983879	37,876411	70
RİZE	41,02005	40,523449	80
SAMSUN	41,292782	36,33128	80
SİNOP	42,02314	35,153069	30
TOKAT	40,316667	36,55	80
TRABZON	41,00145	39,7178	30
ZONGULDAK	41,456409	31,798731	60
BAYBURT	40,255169	40,22488	60
BARTIN	41,581051	32,460979	10
KARABÜK	41,2061	32,62035	20
DÜZCE	40,843849	31,15654	60

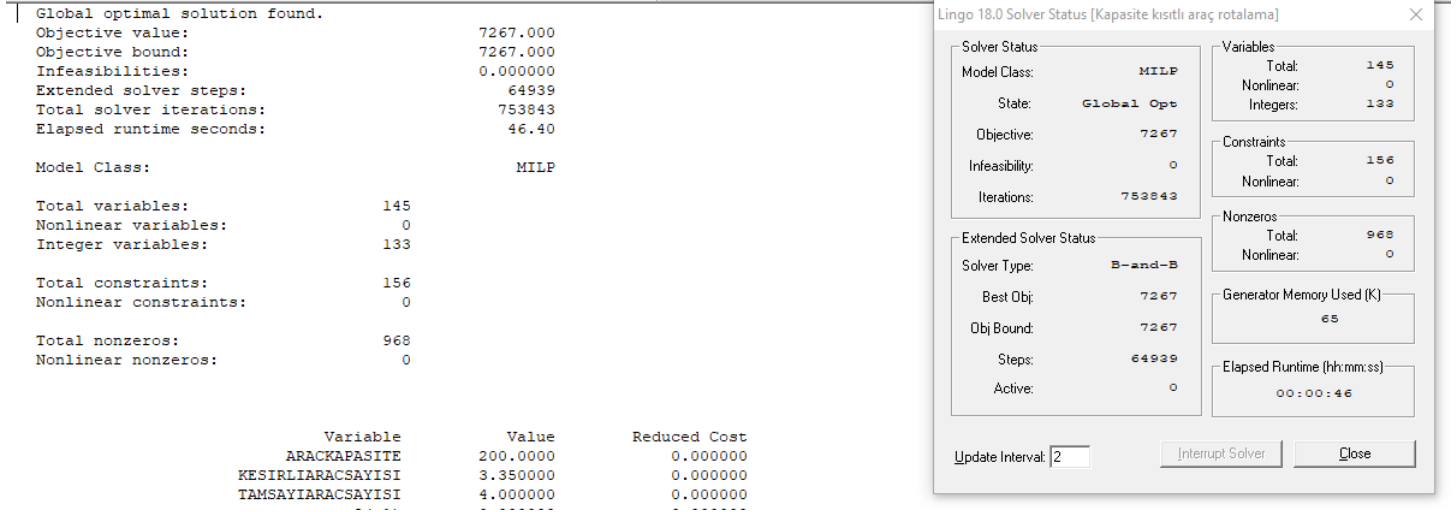
Eldeki bilgilerle uygun araç sayısı ve optimum mesafenin bulunması amacıyla aşağıda detayları verilen doğrusal programlama modeli kullanılmıştır.

3.5. Doğrusal Programlama ile uygun araç sayısı ve optimum mesafe bulunması

Ele alınan problemin optimum araç sayısı ve mesafe hesabı için kurulan matematiksel modeli farklı araç sayıları, kapasiteler ve müşteri sayıları kullanılarak elde edilen veri setlerinin

LINGO paket programında çalıştırılmasıyla yapılmıştır. Karadeniz bölgesinde yer alan 18 il birer azaltılarak problemler elde edilmiştir. LINGO’da çözdürülen bu veri setleriyle global optimum (GO) ve geçerli çözümlere (GÇ) ulaşılmıştır. Ayrıca belirlenen kapasite ve taleplerde kaç adet araç gerekliliği

sorgulanıp program çıktılarında sonuçları elde edilmiştir (Program çıktılarına ait bir örnek ekran görüntüsü Şekil 4’de verilmiştir). Tablo 8’de farklı boyutlardaki problemler ve LINGO çözümleri listelenmiştir.



Şekil 4: Örnek bir LINGO ekran görüntüsü

Tablo 9’da verilen çözümlerden de görüleceği gibi küçük boyuttaki problemlerin çözümü 2 ila 60 dakika arasında değişen sürelerde elde edilmiştir. Çözüm sonuçları global optimum (GO) çözüm olarak bulunmuştur. Büyük boyutta olan problemlerin çözümü ise 1 ila 22 saat arasında süren değişen süreler sonucunda durdurularak elde edilmiştir ve geçerli çözüm (GÇ) olarak tabloya aktarılmıştır. Tabloda görülen araç sayıları ise çözüm sonucu elde edilen, belirlenen kapasite ve talepler doğrultusunda gereken optimum araç sayısını göstermektedir.

22	17	200	9449	5	GÇ
23	17	250	7784	4	GÇ
24	17	300	7133	4	GÇ
25	18	200	9554	4	GÇ
26	18	250	7739	4	GÇ
27	18	300	7183	4	GÇ

Tablo 9. Çözümde kullanılacak farklı boyuttaki problemler ve LINGO sonuçları

Problem No	Müşteri Sayısı	Araç Kapasitesi i	Mesafe (LP)	LINGO Araç Sayısı	Çözüm Türü
1	10	200	6757	4	GO
2	10	250	5914	3	GO
3	10	300	5218	3	GO
4	11	200	7267	4	GO
5	11	250	6014	3	GO
6	11	300	5707	3	GO
7	12	200	7738	4	GO
8	12	250	6391	3	GO
9	12	300	6029	3	GO
10	13	200	8062	4	GO
11	13	250	7002	4	GO
12	13	300	6117	3	GO
13	14	200	8685	5	GO
14	14	250	7227	4	GO
15	14	300	6154	3	GO
16	15	200	9390	5	GÇ
17	15	250	7669	4	GÇ
18	15	300	6615	3	GÇ
19	16	200	9446	5	GÇ
20	16	250	7725	4	GÇ
21	16	300	7055	4	GÇ

3.6. Belirlenen problemlerin tavlama benzetimi algoritması ile çözümü

Karadeniz bölgesinin illeriyle farklı boyutlarda oluşturulan problemler MATLAB’da oluşturulan tavlama benzetimi algoritması ile çözülmüştür. Tablo 10’da sonuçlar verilmiştir. Araç sayısına, araç kapasitelerine ve müşteri sayılarına göre araçların aldığı mesafeler değişiklik göstermektedir. Müşteri sayısı arttıkça katedilen mesafe artmaktadır. Aynı şekilde araç kapasiteleri arttıkça da mesafenin azaldığı gözlemlenmiştir. Araç sayıları ve kapasiteler orantılı şekilde verilmeye çalışılmıştır ve kaç aracın gerekli olduğu, kapasitenin ne kadar olması gerektiği konusunda karşılaştırma yapılabilecek şekilde değerler verilmiştir.

Tablo 10. Tavlama Benzetimi Algoritması Çözüm Sonuçları

Problem No	Müşteri Sayısı	Araç Kapasitesi	Araç Sayısı	Mesafe(TB)
1	10	200	4	6757
2	10	250	3	5914
3	10	300	3	5218
4	11	200	4	7267
5	11	250	3	6014
6	11	300	3	5707
7	12	200	4	7738
8	12	250	4	6391
9	12	300	3	6029
10	13	200	4	8062
11	13	250	3	7002
12	13	300	3	6117

13	14	200	5	8685
14	14	250	4	7227
15	14	300	3	6154
16	15	200	5	9390
17	15	250	4	7669
18	15	300	3	6615
19	16	200	5	9446
20	16	250	4	7725
21	16	300	4	6671
22	17	200	5	9449
23	17	250	4	7728
24	17	300	4	7075
25	18	200	5	9512
26	18	250	5	7739
27	18	300	4	7075

Araçların her birinin katettiği mesafe ve doluluk oranlarına bakmak için Problem 25,26 ve 27'yi ele alınarak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

$$Doluluk Oranı = \frac{Araçtaki toplam talep}{Araç Kapasitesi}$$

Problem 25 Çözüm Sonuçları:

- 1.Araç Rota:
[İstanbul→Kastamonu→Bartın→Zonguldak→Düzce→İstanbul]
- 2.Araç Rota:
[İstanbul→Rize→Artvin→Trabzon→Karabük→İstanbul]
- 3.Araç Rota:
[İstanbul→Bolu→Ordu→Rize→İstanbul]
- 4.Araç Rota:
[İstanbul→Sinop→Giresun→Gümüşhane→Bayburt→İstanbul]
- 5.Araç Rota:
[İstanbul→Çorum→Tokat→Amasya→İstanbul]

Tablo 12. Problem 26 Çözüm Sonuçları

Araç No	Mesafe (km)	Araç Kapasite	Araçtaki Toplam Talep	Doluluk oranı
1	1685	250	240	96,00%
2	1107	250	250	100,00%
3	2600	250	250	100,00%
4	0	250	0	0,00%
5	2347	250	250	100,00%

Problem 27 Çözüm Sonuçları:

- 1.Araç Rota:
[İstanbul→Samsun→Ordu→Giresun→Tokat→İstanbul]
- 2.Araç Rota:
[İstanbul→Bolu→Düzce→İstanbul]
- 3.Araç Rota:
[İstanbul→Trabzon→Rize→Artvin→Bayburt→Gümüşhane→İstanbul]

4.AraçRota:
[İstanbul→Çorum→Amasya→Sinop→Kastamonu→Karabük→Bartın→Zonguldak→İstanbul]

Tablo 13. Problem 27 Çözüm Sonuçları

Araç No	Mesafe (km)	Araç Kapasite	Araçtaki Toplam Talep	Doluluk oranı
1	1973	300	300	100,00%
2	524	300	110	36,67%
3	2811	300	280	93,33%
4	1767	300	300	100,00%

4. Sonuç ve Tartışma

Araç rotalama problemi türlerinden olan kapasite kısıtlı araç rotalama probleminde müşteri ihtiyaçlarını karşılarken maliyeti minimize etmede araç sayısı ve kapasitesi önemli kavramlardır. Tüm kısıtları karşılamak için belirlemelerin yerinde ve tutarlı yapılması gerekmektedir. Matematiksel modelleme ile problem boyutu büyüdükçe problemin çözümü uzun süreleri bulmaktadır. Bu yüzden problemde metasezgisel çözüm yöntemlerinden olan Tavlama Benzetimi algoritması kullanılmıştır. 5 adet önemli parametrenin kullanıldığı algoritma ile orta ölçekli bir problemde belirlenen farklı parametreler denenerek çözdürülmüş ve en iyi sonuçları veren parametreler çözümde kullanılmak üzere seçilmiştir. Bu değerler:

- Eta (η) (Komşu seçme fonksiyonunda kullanılan 0-1 arası rassal sayı): 0,8
- Alpha (α)(Soğutma Katsayısı 0-1 arası sayı): 0,99
- IT₁ (Her sıcaklıkta gerçekleştirilecek iterasyon sayısı): 300
- T₀ (Başlangıç Sıcaklığı):250
- IT₂ (İterasyon sayısı):1000' dir.

Algoritmanın tutarlılığını ölçmek amacıyla literatürde bulunan farklı boyutta problem veri setleri ele alınarak Tavlama Benzetimi algoritması ile her problem 50 kez çalıştırılmış ve Tablo 14'de çıkan ortalama sonuçlar bilinen optimum sonuçlarla karşılaştırılmıştır.

Tablo 14. X grubu veri seti algoritma sonuçları ve bilinen optimum sonuçlar

Problem	Ortalama Mesafe	Bilinen Optimum
X-n101-k25	28757,03922	27591
X-n106-k14	27238,38872	26362
X-n110-k13	13652,26869	14971
X-n115-k10	11298,81684	12747
X-n120-k6	11517,86568	13332
X-n125-k30	53000,53559	55539
X-n129-k18	26849,18296	28940
X-n134-k13	10077,43232	10916
X-n139-k10	13087,59289	13590
X-n143-k7	13722,16945	15700

Bunun sonucunda literatürdeki sonuçlara ya çok yakın ya da daha iyi sonuçlar elde edildiği görülmüştür. Karadeniz bölgesi illerinin farklı boyutlarda kullanıldığı problem Lineer Programlama- LINGO paket programı ile elde edilen sonuçlar

ve MATLAB programı ile Tavlama Benzetimi algoritması çalıştırılarak elde edilen sonuçlar Tablo 30'da karşılaştırılmalı olarak sunulmuştur.

Tablo 15. Lineer Programlama ile Tavlama Benzetimi Algoritması sonuçları kıyaslama tablosu

Problem No	Müşteri Sayısı	Araç Kapasitesi	Araç Sayısı	Mesafe(TB)	Mesafe (LP)	LINGO Gerekli Araç Sayısı	Çözüm Türü
1	10	200	4	6757	6757	4	GO
2	10	250	3	5914	5914	3	GO
3	10	300	3	5218	5218	3	GO
4	11	200	4	7267	7267	4	GO
5	11	250	3	6014	6014	3	GO
6	11	300	3	5707	5707	3	GO
7	12	200	4	7738	7738	4	GO
8	12	250	4	6391	6391	3	GO
9	12	300	3	6029	6029	3	GO
10	13	200	4	8062	8062	4	GO
11	13	250	3	7002	7002	4	GO
12	13	300	3	6117	6117	3	GO
13	14	200	5	8685	8685	5	GO
14	14	250	4	7227	7227	4	GO
15	14	300	3	6154	6154	3	GO
16	15	200	5	9390	9390	5	GÇ
17	15	250	4	7669	7669	4	GÇ
18	15	300	3	6615	6615	3	GÇ
19	16	200	5	9446	9446	5	GÇ
20	16	250	4	7725	7725	4	GÇ
21	16	300	4	6671	7055	4	GÇ
22	17	200	5	9449	9449	5	GÇ
23	17	250	4	7728	7784	4	GÇ
24	17	300	4	7075	7133	4	GÇ
25	18	200	5	9512	9554	4	GÇ
26	18	250	5	7739	7739	4	GÇ
27	18	300	4	7075	7183	4	GÇ

Sonuçlar değerlendirildiğinde LINGO'da müşteri sayısı az olan yani küçük boyuttaki problemlerde çözüm süresi de kısa sürmüştür ve program optimum çözümü vermiştir. Müşteri sayısı arttıkça yani problem boyutu büyüdükçe çözüm çok uzun sürdüğü için belli süre bekletilip program durdurulmak zorunda kalmıştır ve geçerli çözümlere ulaşılmıştır. MATLAB'de çalıştırılan Tavlama Benzetimi algoritması ile çözülen küçük boyutlu problemlerin sonuçları elde edilen global optimum sonuçlarla aynı değerleri vermiştir. Tavlama Benzetimi Algoritmasının bazı problemlerde geçerli çözümlerden daha iyi sonuçlar vermesi ise lineer programlamada çok uzun süre çalışıp optimal çözüm elde edilemediği için durdurulması bir sebep olarak düşünülebilir. LINGO'daki çözüm sonucu elde edilen gerekli araç sayısı ise bazı problemlerde tavlama benzetimi algoritmasında kullanmak üzere belirlenen araç sayısından az bulunmuştur. LINGO'da elde edilen araç sayıları kullanılması gereken optimum araç sayılarıdır ve daha doğru bir sonuç vermektedir. Lineer programlama sonucu bazı problemlerde belirlenen araç kapasitesinde kullanılması gereken araç sayıları Tavlama benzetiminde kullanılan araç sayıları ile ± 1 fark olacak şekilde değişiklik göstermiştir. Tüm bu elde edilen çözümlerden belirlenen uygun parametrelerle Tavlama Benzetimi

algoritmasının kısa sürede elde edilen sonuçlarla tutarlı ve optimum sonuçlara yakın ya da eşit sonuçlar sunduğu görülmektedir.

Kaynakça

- Akçimen, C., Antmen, Z. (2019). Kısıtlar Teorisinde Kapasite Kısıtı ve Bir Üretim İşletmesinde Uygulaması, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (15), 618-626. DOI: 10.31590/ejosat.545139
- Baños, R., Ortega, J., Gil, C., Fernández, A., & Toro, F. (2013). A simulated annealing-based parallel multi-objective approach to vehicle routing problems with time windows, Expert Systems with Applications 40 (5), 1696–1707.
- Bozyer, Z., Alkan, A., Fırlı, A. (2014). "Kapasite Kısıtlı Araç Rotalama Probleminin Çözümü için Önce Grupla Sonra Rotala Merkezli Sezgisel Algoritma Önerisi", Bilişim Teknolojileri Dergisi, 7(2). <https://dergipark.org.tr/en/pub/gazibtd/issue/6631/88031>
- Choosak, P. (2014). A particle swarm optimization for the vehicle routing problem. University of Rhode Island, Dissertation, Doctor of Philosophy in Industrial and Systems Engineering.
- Dorigo, M., Birattari, M. & Stutzle, T. (2006). Ant colony optimization, in *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 1, 4, 28-39, doi: 10.1109/MCI.2006.329691.
- Ekizler, H. (2011). Araç rotalama probleminin çözümünde karınca kolonisi optimizasyonu algoritmasının kullanılması. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Erol, V. (2006). Araç rotalama sistemleri için popülasyon ve komşuluk tabanlı metasezgisel bir algoritmanın tasarımı ve uygulaması. Yüksek Lisans Tezi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Ezugwua, A.E., Adewumi, A.O., Frincu, M.E. (2017). Simulated annealing based symbiotic organisms search optimization algorithm for traveling salesman problem, Expert Systems With Applications, 77, 189–210
- Karagül, K., Tokat, S., Aydemir, E. (2016). Kapasite kısıtlı araç rotalama problemlerinde başlangıç rotalarının kurulması için yeni bir algoritma. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi 4(3), 215-226, 2016.
- Kaya, C. (2017). Eş zamanlı topla dağıt araç rotalama problemi için karınca koloni sistemi ile güçlendirilmiş değişken komşuluk arama algoritması. Yüksek Lisans Tezi. Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Kızıloğlu, K. (2017). Stokastik talepli çok Depolu Araç Rotalama Problemi İçin Sezgisel Bir Çözüm Yaklaşımı. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Koç, Ç., (2012). Zaman bağımlı araç rotalama problemi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Kulaç, S., Çağlı, G. (2019). Bir İç Lojistik Sistem Probleminin, Araç Rotalama Çözüm Yöntemleri ile İyileştirilmesi. International Journal of Engineering Research and Development, 11 (2), 528-541. DOI: 10.29137/umagd.495518
- Kumar, S.N., Panneerselvam, R. (2012). A survey on the vehicle routing problem and its variants. Intelligent Information Management, 04, 03. [10.4236/iim.2012.43010](https://doi.org/10.4236/iim.2012.43010)

- Mahmudy, W.F. (2014). Improved simulated annealing for optimization of vehicle routing problem with time windows (VRPTW), *Jurnal Ilmiah KURSOR*. 7 (3), 109-116,
- Mu, D., Wang, C., Zhao, F. & Sutherland, J.W. (2016). Solving vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery using parallel simulated annealing algorithm, *Int. J. Shipping and Transport Logistics* 8, 1, ,81–106.
- Singh, V.P., Sharma, K. (2021). Capacitated Vehicle Routing Problem with Interval Type-2 Fuzzy Demands. In: Kalamkar V., Monkova K. (eds) *Advances in Mechanical Engineering. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. https://doi.org/10.1007/978-981-15-3639-7_11
- Sitek, P., Wikarek, J. (2019). Capacitated vehicle routing problem with pick-up and alternative delivery (CVRPPAD): model and implementation using hybrid approach, *Ann Oper Res* 273, 257–277, <https://doi.org/10.1007/s10479-017-2722-x>
- Şahin, Y., Eroğlu, A. (2014). Kapasite kısıtlı araç rotalama problemi için metasezgisel yöntemler: Bilimsel yazın taraması, Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 19 (4), 337-355.
- Taş, O. (2007). Havayolu Şirketlerinde Uçuşların Atanması Probleminin Tavlama Benzetimi Yöntemi İle Çözülmesi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi.
- Toth, P., Vigo, D. (2002). The Vehicle Routing Problem, *Society For Industrial And Applied Mathematics*. https://epubs.siam.org/doi/pdf/10.1137/1.9780898718515_fm
- Uyumaz, D. (2017). Kapasite kısıtlı araç rotalama probleminin paralel genetik algoritma ile çözümü. Yüksek Lisans Tezi. Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Wang, J., Jagannathan, A.K.R., Zuo, X., Murray, C.C. (2017). Two-layer simulated annealing and tabu search heuristics for a vehicle routing problem with cross docks and split deliveries, *Computers & Industrial Engineering*, 112, 84–98.
- Wei, L., Zhang, Z., Zhang, D., Leung, S.C.H. (2018). A simulated annealing algorithm for the capacitated vehicle routing problem with two-dimensional loading constraints, *European Journal of Operational Research* 265, 843–859. <http://vrp.atd-lab.inf.puc-rio.br/index.php/en/> <https://www.kgm.gov.tr/SiteCollectionDocuments/KGMdocuments/Root/Uzakliklar/ilmesafe.xls>



Sağlık Hizmetleri ve Yenilikçi Sağlık Teknolojilerine Erişimde Eşitsizlikler

Mucize Sarıhan^{1*}

¹ İstanbul Okan Üniversitesi, SHMYO, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8013-7370), mucize.sarihan@okan.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.844085)

ATIF/REFERENCE: Sarıhan M. (2020). Sağlık Hizmetleri ve Yenilikçi Sağlık Teknolojilerine Erişimde Eşitsizlikler. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (22), 249-257.

Öz

Hastalara sunumu yapılan sağlık hizmetlerinin aynı düzeyde gerçekleşmesi ile ortaya çıkmış olan sağlık açısından eşitsizliğin ortadan kaldırılması durumu ülkemizin sağlık politikaları içinde yerini almıştır. Gelişmiş ülkelerde yapılmakta olan araştırmalar, sağlık hizmet sunumlarının eşit ortamlarda yapılabilmesi için eşitliğin oluşturulmasının gerekli olduğunu göstermektedir.

Sağlık örgütlerinde hastalara eşit sağlık hizmeti sunumu yapılabilmesi için sarf edilen emeğin etkin olup olmadığı ve seneler boyunca sürecin işleyip işlemediği yapılan ölçümlerle gerçekleştirilmektedir.

Araştırmada kavramsal olarak sağlık açısından eşitsizliklerin incelenmesi sağlanmıştır. Özellikle sağlık hizmetlerinde son dönemlerde yapılan küresel olarak hız kazanan yenilikçi sağlık teknolojileri ve bu teknolojilere ulaşım konusundaki eşitsizlik ve adaletsizlikler üzerine durulmuştur. Bunun yanında, sağlık örgütlerinde hastalara sunumu yapılan sağlık hizmetleri eşitsizliklerinin giderilmesi için zorunlu bulunan unsurlar araştırılmıştır. Bu unsurların uygulama sırasında eşitsizliğin ortadan kaldırılması çalışmalarının gelişiminde faydaları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sağlık, Hasta, Sağlıkta Eşitsizlik, Sağlık Teknolojileri

Inequalities in Healthcare Services and Access to Innovative Health Technologies

Abstract

Removal of inequality from the health point of view, which has occurred with the same level of health care services, has taken place in the health policies of our country. Research conducted in developed countries shows that equality must be established so that health care delivery can be done on equal footing.

In health organizations, the provision of equal health care services is carried out by measuring whether the expenditure of labor is effective and whether it is processed and processed in the course of the years.

In the study, conceptual health inequalities were examined. In particular, innovative health technologies, which have recently gained momentum in health services, and the inequality and injustice in accessing these technologies have been emphasized. Besides, the compulsory elements for eliminating health care inequalities in which health services were presented in health organizations were investigated. The benefits of these elements in the development of their work to remove the inequality during application have been examined.

Keywords: Health, Patient, Inequality in Health, Health Technologies

* Sorumlu Yazar: mucize.sarihan@okan.edu.tr

1. Giriş

Fakirlik, birey hayatını en fazla tehlikeye sokan toplumsal problemlerden birisidir. Zira Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) 2012 sağlık raporunda, sağlıklı olmayı belirleyen en önemli risk unsurunun yoksulluk olduğunu açıklamıştır (DSÖ, 2012)).

Küreselleşmeye koşut olarak yoksulluk, küresel bir sorun niteliği kazanmıştır. Yoksulluğun küresel boyutlu bir sorun olması, yani, küresel toplumun etkileşim ağı üzerinde etkili olması, küresel aktörlerin gündemini oluşturmasına neden olmuştur. Nitekim Dünya Bankası, DSÖ, Birleşmiş Milletler Çocuklara Yardım Fonu (UNICEF) ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) gibi uluslararası örgütlerin son on beş yıldaki raporları, hastalıkların temel nedeninin “yoksulluk” olduğu görüşünde birleşmektedir (Hamzaoğlu O, 2014).

DSÖ 1995 raporunda yoksulluk, dünyanın en büyük katili ve acı çekmenin en büyük sebebi olarak tanımlanmış, yoksulluğa, Uluslararası Hastalık Sınıflamasında Z59.5 kodu verilmiştir. Bu bağlamda, yoksulluğun ruhsal hastalıklara, strese, aile parçalanmasına ve suça neden olduğu belirtilmiş; sağlık alanında zengin ile yoksul arasında giderek büyüyen uçurumlara işaret edilmiştir (DSÖ 1995).

DSÖ 1998 raporunda ise, sağlıkla ilgili ilk maddeyi yoksulluk oluşturmuştur. Yine ekonomik büyümenin sağlanarak yoksulluğun azaltılması ve sağlık alanında iyileşmelerin ve eşitliğin sağlanmasına yönelik politikalar oluşturulması gereği söz konusu raporda vurgulanmıştır (Belek İ, 1998).

İnanđı, bireyin içinde bulunduğu sosyoekonomik konumu, sağlığın önemli belirleyicilerinden birisi olarak değerlendirmiştir (İnanđı, 1999).

Bireyin statü durumu, ekonomik ve sosyal gücü hakkında fikir verdiği gibi; sağlık durumu hakkında da bilgi vericidir. Bu anlamda statüsündeki yükselmenin bireye sağlıklılık olarak yansıtacağı beklenir. Alt toplumsal sınıflar, yaşamlarını sağlıksız koşullarda sürdürmektedirler. Diğer toplumsal kesimlere oranla beslenme, suyun sanitasyonu ve konut koşulları bakımından dezavantajlı durumdadırlar. Söz konusu koşullar, olumsuz sağlık durumu olarak kendilerine yansımaktadır. Yapılan sağlık çalışmalarında, kötü yaşam koşullarının ve gelir düzeyi düşüklüğünün bağımsız olarak psikolojik sağlık ve algılanan sağlık üzerinde etkili olduğu bulunmuştur (Stronks K.1997, Weich S.1998, Rahkonen O. 2002).

Yoksulluk-sağlık etkileşiminin sonuçlarının analizi çalışma konumuz açısından önemlidir. Bu bağlamda yoksulluğun sadece gelir yetersizliğini ifade etmediği; sağlıksızlık, eğitimsizlik, güçsüzlük gibi öğeleri de içerdiği gözden kaçırılmamalıdır. Dedeoğlu, sağlık-yoksulluk etkileşiminde yoksulluğun sağlıksızlığa yol açtığını; fakat, sağlıksızlık her zaman yoksullukla sonuçlanmadığını belirtmektedir (Dedeoğlu, 2004).

Bireysel düzeyde, sağlığın bozulması sonucunda tedavi masraflarının ek yükü, aile bireyinin bakım yükü, iş veriminde ve gelirden düşme gibi nedenlerle yoksulların daha yoksullaştığı, sınırdan yaşayanların, yoksulluğa düştüğü gözlenebilmektedir. Toplumsal düzeyde ise; sağlıksızlığın her zaman yoksulluğa, gerilemeye yol açmadığı tespit edilmiştir. Yani, bir toplum sağlıklı olmasa da varılabilir (Whitehead M. ve ark. 2001).

Yoksulluğun kalıcı etkiler doğurduğu da bilinmektedir. Yoksulluktan olumsuz etkilenme, annenin ağır ve tehlikeli

çalışma koşulları, sigara, alkol, uyuşturucu kullanımı, kimyasal maruziyet, kötü ve yetersiz beslenme gibi dinamiklere bağlı olarak anne karnında başlamaktadır. Yoksulluktan kurtulursa bile, yoksulluğun sağlığa olumsuz etkilerinin sürdüğü ve gelecek nesillere aktarıldığı görülmektedir (Poulton R. ve diğerleri, 2002). Yoksulluk koşulları karşısında üretilen olumsuz sağlık davranışlarının yoksulluğun etkilerinin nesiller arası aktarımını sağladığı anlaşılmaktadır. Öyle ki, yaşam beklentisinin düşüklüğü ve bebek/çocuk ölümlerinin yüksekliği temel yoksulluk kriterleri olarak kabul edilmektedir.

Toplumsal sağlık düzeyinin ve sağlıktaki eşitsizliklerin izlenmesinde ruhsal sağlık sorunlarının belirlenmesi önemli bir adımdır. Ruhsal sağlık durumunun belirlenmesinde kullanılan ölçeklerden yararlanılmaktadır. Bilindiği gibi, toplumsal sağlık düzeyinin belirlenebilmesi ve izlenebilmesi için çeşitli ölçekler kullanılmaktadır. Bunlar algılanan sağlık, geçici ve uzun süreli yeti yitimi, ruhsal sağlık gibi sağlığın değişik bölümlerini ölçmek için geliştirilmiş ölçeklerdir (Bruin A. ve diğerleri, 1996).

Ruhsal sağlık ölçeği yardımıyla sorunun varlığı/yokluğu ile derecesi hakkında bilgi edinilebilmektedir. Ruhsal bozuklukları olan kişiler, iş ve sosyal yaşama katılmada güçlük çekerler ve çoğu kez de toplumdan dışlanırlar. Ailelerine karşı sorumluluklarını yerine getiremediklerini ve yük olduklarını düşünürler. Endişe ve değersizlik duygusu yaşarlar. Aileler, tedavi masraflarının ve bakımının getireceği ekonomik baskı nedeniyle, hastalığa karşı duygusal reaksiyon geliştirebilirler ve bu reaksiyonla baş etmek durumunda kalabilirler. Bu süreçte normal aile düzeni bozulur ve sosyal yaşam kısıtlanır. Tıbbi tedavinin ve bakımın ekonomik maliyeti ve iş gücü kaybı, ruhsal rahatsızlıkların toplumsal sonuçları bağlamında değerlendirilebilir (Rawlins R ve ark. 1997).

Öte yandan yoksulluğun olumsuz sağlık sonuçları, ruh sağlığı açısından da geçerlidir. Sosyoekonomik durumu kötü olan gruplardaki ruhsal sorunların görünme sıklığı, toplum ortalamasının 2–3 katı kadar olabilmektedir (Henderson C. ve ark. 1998).

Yoksulluk koşullarının baskısı, bireye ruhsal sorunlar şeklinde yansıtılabilmektedir. DSÖ ruhsal hastalıkların sıklığına yer vermiş ve bu sorunun önlenmesi için önleyici stratejilerin uygulanması gerektiğini belirtmiştir (DSÖ 2003).

Görüldüğü üzere ruhsal rahatsızlıkların toplumsal sonuçları olmaktadır. Bu sonuçlar sosyal sorun niteliği taşımaları dolayısıyla sosyal destek bağlamı çözümler önem kazanmaktadır. Sağlığın sosyal bağlamda algılanış yaklaşımına koşut olarak sosyal destek sistemlerinin, insanların yaşamında önemli bir yeri olduğu kabul edilmektedir. Sosyal psikoloji ve sağlık alanında yapılan birçok çalışmada, sosyal desteğin fizik ve ruhsal hastalıkların ortaya çıkışı, süreci ve süresi üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir (Sorias O. 1988).

Kişiyeye duygusal, maddi ve bilişsel yardım sağlayan tüm kişilerarası ilişkiler, sağlığı korumaya yarayan sosyal destek sistemleri olarak kabul edilmektedir. Sosyal desteklerin sevgi, şefkat, benlik saygısı, bir gruba ait olma gibi temel sosyal gereksinimleri karşılayarak, fizik ve ruhsal sağlığı doğrudan olumlu etkilediği düşünülmektedir. Sosyal destekler, yaşam güçlükleri ile başa çıkmada kişinin en önemli yardımcılarıdır (Sorias O. 1988).

Stres altındaki ya da güç durumdaki bireye eş, aile, arkadaş çevresinden sağlanan maddî ve manevî destekler sosyal destek

unsurları olarak değerlendirilmektedir. Kültür, sosyoekonomik düzey, yaş ve cinsiyet gibi özellikler sosyal destek üzerinde etkilidir ve bu özelliklere göre sosyal destek durumu değişmektedir. Sosyal desteği yüksek olan bireylerin olumlu sağlık davranışları göstererek uzun ve sağlıklı yaşadıkları, akut ya da kronik hastalıklara karşı dirençli oldukları gözlenmiştir. Nitekim sosyal destek, hasta bireylerde gerek duyulan ilaç miktarını azaltmakta, iyileşmeyi hızlandırmakta ve tedaviyi kolaylaştırmaktadır. Öte yandan sosyal destek yetersizliğinin ruhsal bozuklukların ortaya çıkmasına neden olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda sosyal desteğin fizik ve ruh sağlığı üzerine koruyucu rolü olduğu anlaşılmaktadır (Özgür G. 1993).

Bu nedenle sağlık alanında sosyal destek unsurlarının sürece dahil edilmesi gereği açık olup; sağlık alanında bu yönde bir eğilimin varlığı da bilinmektedir. Sosyoekonomik koşulların sağlık eşitsizliklerinin temel belirleyicileri olması nedeniyle sosyal destek sistemlerinin harekete geçirilmesinin sağlık eşitsizliklerinin rehabilite edilmesine katkı sağlaması beklenir. Burada öncelikle sağlık eşitsizliklerinin belirlenmesinde çeşitli sağlık göstergelerinden yararlanılmaktadır. Sağlıkta eşitsizliğin tespitinde sağlık düzeyi (mortalite, morbidite), sağlıkla ilgili davranışlar ve sağlık hizmetlerinin kullanımı esas alınmaktadır. Sağlık göstergelerinden biri olan mortalite verileri aynı zamanda morbiditenin ve algılanan sağlık düzeyinin sonuçlarını da yansıtır. Mortalite değerleri ile morbidite değerleri arasında koşutluk beklenilmektedir. Yani, bir toplumsal birimdeki mortalite oranlarındaki yükseklik/düşüklük morbidite oranlarındaki yükseklik/düşüklüğü düşündürmektedir. Mortalite oranlarının tespitinde sıklıkla yaşa, cinse, yerleşim yerine, mesleğe ve nedene özel ölüm oranları, beş yaş altı ölüm oranı, bebek ölüm hızı, perinatal ölüm hızı, ölü doğum hızı, potansiyel yaşam yılı kaybı, doğuşta beklenen yaşam süresi kullanılır. Sözü edilen ölüm nedenlerinin, sosyoekonomik gruplar arasında farklılıklar göstermesi beklenir. Alt sosyoekonomik gruplarda kazalar, malnütriyon, tüberküloz gibi bulaşıcı hastalıklara bağlı ölümlerin daha çok görülmesi eşitsizlik göstergesi olarak değerlendirilir. Öte yandan üst sosyal sınıflarda malign melanom, beyin tümörleri, Hodgkin hastalığı ve göğüs kanseri gibi hastalıklarda mortalite oranı daha yüksektir (Erengin K ve diğerleri 1998).

Bu verilerden sosyal sınıf durumu ile hastalık ve ölüm nedenleri arasında örtüşme varlığı anlaşılmaktadır. Bu anlamda hastalık ve ölümün temel belirleyicilerinden birisi, sınıfsal koşullardır. Hastalık ve ölüm nedenlerinden hareketle sağlık eşitsizliklerinin belirlenmeyeceği düşüncesinde olanlar da vardır. Nitekim Johansson ve Sundquist (1997) eşitsizliği gösterirken yalnızca mortalite verilerinin kullanılmasının günümüzde ölüm oranlarındaki azalma ile kas-iskelet sistemi hastalıkları gibi öldürmeyen ama yaşam kalitesini düşüren hastalıkların artışı nedeniyle toplumun sağlık durumunu tam olarak yansıtmayacağı görüşündedirler. Morbidite verilerinden hareketle sağlık eşitsizliğini gösterebilmek için sağlık kuruluşlarının kayıtlarından, bildirim zorunlu hastalık kayıtlarından, tarama ya da izleme programı uygulanan bazı hastalıkların sıklıklarından (tüberküloz, anemi, malnütriyon gibi) yararlanılmaktadır. DSÖ saha araştırmalarında algılanan sağlık, geçici ve uzun süreli yeti yitimi, kronik hastalık sıklığı ve ruhsal iyilik gibi sağlık göstergelerinin kullanılmasını önermektedir. Burada bir temsil sorunu ile karşılaşmaktayız. Morbidite kayıtları, sağlık kuruluşunun varlığına ve insanların başvurusuna bağlı olduklarından, toplumdaki tüm hastaları temsil etmezler ve genellikle özgül bir hastalığa yöneliktirler. Kayıtların ayrıntılı

bilgi içermemeleri sorunların nedenlerini belirlenmesini engelleyebilmektedir (Kunst AE, Mackenbach JP, 1995).

Sağlık hizmetlerinin kalitesi toplumların gelişmişlik düzeylerini yansıttığı gibi; devletin sosyal devlet olma durumunu da yansıtmaktadır. Bu çerçevede sağlık hizmetlerinin kullanımını ve dağıtımını keyfiyeti sosyal refah düzeyi hakkında aydınlatıcı olmaktadır. Toplumsal eşitsizlikler, hem küresel hem de yerel nitelikli sosyal sorun olarak politik aktörlerin ve sosyal bilimcilerinin gündemini oluşturmaya devam etmektedir. Sosyoekonomik eşitsizlikler sağlık açısından doğurduğu sorunların kapsamı bakımından sosyal bağlamda olduğu kadar sağlık bağlamında da bir sorun olarak görülmektedir. DSÖ (2002), geleceğin en büyük sağlık sorunu olarak yoksulluğa işaret etmesi bu açıdan anlamlıdır. Değinildiği üzere, sosyal eşitsizlikler dolayısıyla yoksulluk toplumsal ve politik gündemdeki yerinin ağırlaşmasına koşut olarak akademik ilginin de odağı olmuş, yoksulluğu sosyoloji, ekonomi, politika gibi alanlarda çalışan birçok akademisyen çalışmalarına konu seçmiştir. Tefvik Erdem'in yaptığı, "Yoksulluk Üzerine Sosyolojik Bir Çalışma; Ankara Kent Yoksulları" adlı çalışmada yoksulların yaşamları sosyolojik bir bakışla ele alınmıştır. Çalışmada sağlık bağlamında; yoksulların hepsinin yeşil karta sahip olmadığı dolayısıyla en temel sağlık hizmetlerinden faydalanmadığı vurgusu dikkat çekicidir. Belirtildiğine göre; yeşil karta sahip olmayanların oranı % 36,9'dur. Çalışma verilerinden yoksulların yaşadığı sağlık sorunları karşısında tamamen çaresiz oldukları anlaşılmaktadır. Çalışmada komşuları tarafından dışlandıklarını hissedilenlerin oranı %21,8'dir. Bu oranın sorunlarını komşularıyla paylaşmayan %28,9'luk oranla da uyumluluk gösterdiği görülmektedir. Erdem, sosyal dışlanma hissinin yoksul insanlarda özgüven sorununa güvensizliğe, güçsüzlük duygusuna, sosyal yalnızlaşmaya ve hem kendilerine hem içinde yaşadıkları topluma yabancılaşmalarına neden olduğunu belirtmiştir (Erdem T, 2003).

Yine Bülent İlik'in yaptığı "Yoksulluğun Genel Belirleyicileri" adlı tez çalışmasında, Ankara İli Çankaya İlçesi'ndeki, alt toplumsal ekonomik düzey tanımlamasına uygun beş mahalle değerlendirilmiştir. Çalışmada yoksul mahallelerde sık hastalanma, canlı doğup ölen çocuk oranlarının yüksek olduğu bulunmuştur. Bu verilerin yoksulluğun genel özellikleri ile paralel olduğu gözlenmektedir (İlik B, 1992).

Yine, İlik'in verilerine koşut olarak Türkkan'ın, tez çalışmasında sosyoekonomik açıdan farklı iki bölgede yaptığı genel sağlık sorgulamasında sosyoekonomik bakımdan daha düşük olan bölgede yaşayanların genel sağlık durumlarının sosyoekonomik düzeyi yüksek olanlara oranla daha kötü olduğunu bulgulamıştır (Türkkan A, 2005).

Toplumsal değişmeye bağlı olarak sağlık düşünce ve uygulamalarının değişeceği beklenir. Nitekim modernden toplumsal koşullardan postmodern toplumsal koşullara geçilmesine eş olarak sağlık anlayışı da önemli değişimler göstermiştir. Yeni toplumsal koşullarda sağlık belli yaşam tarzlarının varlığına bağlı olarak elde edilebilir bir durum olarak değerlendirilme eğilimindedir. Bu bağlama dikkat çeken Koçoğlu, "Konya Kent Merkezinde Sağlıklı Yaşam Biçimi Davranışları ve Yaşam Kalitesinde Sağlıkta Sosyoekonomik Eşitsizlikler", adlı çalışmasında, sosyoekonomik durumun sağlıklı yaşam biçimi davranışlarını ve yaşam kalitesini etkilediği ve dezavantajlı bölgelerin sağlıklı yaşam biçimi davranışları ve yaşam kalitesi bakımından daha olumsuz özelliklere sahip olduğu sonucuna varmıştır (Koçoğlu D, 2009).

Yoksulluk sağlık/sağlıksızlık ilişkisi tıp alanındaki çalışmalarda olduğu kadar sosyoloji çalışmalarında üzerinde durulan bir konudur. Sağlığın/sağlıksızlığın toplumsal belirleyicileri Türkiye’de oldukça geç fark edildiğinden ya da fark edilse dahi bu alandaki kurumsal yapılanmanın gecikmesi gibi nedenlere bağlı sağlık anlayışı hastane duvarlarını aşmada sorunlarla karşılaşmıştır. Bu gecikmeye rağmen sağlığın toplumsal bağlamı giderek daha yoğun olarak akademik yazına konu edilmektedir. Bu anlamda Belek’in “Sınıflar; Sağlık Düzeyleri, Sağlık Hizmet Kullanımları Ve Yararlandıkları Sağlık Kurumları; Antalya’da İki Bölge, Yedi Sınıf” adlı araştırmasında bireyler mavi yakalılar, niteliksiz hizmet emekçileri, beyaz yakalılar, yüksek nitelikli beyaz yakalılar, yalnız kendi hesabına çalışanlar, küçük- orta burjuvalar, büyük burjuvalar olmak üzere yedi sınıfa ayrılmıştır. Sınıfların sosyoekonomik durumlarına ait verilere bakıldığında mavi yakalılarının %30,5’inin, niteliksiz hizmet emekçilerinin %32,2’sinin ve kendi hesabına çalışanların %25,4’ünün kişi başı aylık geliri 50 dolardan daha az olduğu görülmektedir. Kişi başı aylık geliri 100 doların altında olanların oranı ise bu üç sınıf için sırasıyla % 82,2, % 80,9, ve % 61,6’dır. Sağlık düzeyi bakımından sınıflar arasındaki ayrışma daha kaba biçimde ortaya çıkmaktadır. Bütün sağlık göstergeleri (algılanan sağlık, yeti yitimi, son 15 gün içinde yakınma, psikolojik sorun, iş aksatma, yatak istirahati, ortalama aksatılan iş günü, ortalama yatılan gün) için yine mavi yakalılar ve ile niteliksiz emekçiler en kötü durumdadır (Belek İ, 1999).

Yoksul insanların sosyoekonomik koşullarının ve bu koşulların yaşam kalitelerine yansımalarının bilinmesi, halk sağlığı çalışmalarına katkı sağlayacaktır. Bu bilimsel farkındalık, sorunun çözümüne dair politikalar geliştirilmesine imkân verecektir. Daha dar anlamda ise, halk sağlığı hemşirelerine çalışma alanlarında sağlığın korunması, geliştirilmesi işlevlerini yerine getirirken sosyo-politik dinamikleri çözüm adına harekete geçirme imkânı sağlayacaktır. Yoksulların dünyasına girerek sağlık algılamalarının çözümlenmesini amaçlayan bu çalışmanın yoksulluk kökenli sağlık problemlerinin rehabilite edilmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yoksullara ilişkin sağlık özelliklerinin bilinmesi, sağlık politikalarına ve çeşitli sektörleri içeren çerçevesine katkıda bulunacak ve bu sektörler için veri oluşturacaktır. Halk sağlığı hemşirelerinin bir sağlık sorunu olarak yaşanan eşitsizliklerin, bu eşitsizlikleri ortaya çıkaran faktörlerin farkında olmalarına ve hizmet ettikleri bölgede toplumsal eşitsizliklerle daha çok ilgilenmesine ve politik gücünü kullanmasına katkıda bulunacağı değerlendirilmektedir. Bu araştırma, sağlıkta yaşanan sosyoekonomik eşitsizlikleri bireylerin çok boyutlu algılanan sosyal destek durumları ve genel sağlık anketi kapsamında değerlendirmek amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Sağlıkta Eşitsizlikler

İnsan Hakları Evrensel Bildirgesi’nin 25. maddesi: “Herkesin kendisi ve sağlık gönenci için beslenme, konut ve tıbbi bakım hakkı vardır...” demek suretiyle sağlık hakkını insan haklarından biri olarak kabul etmiştir (İHEB, 1948).

Sağlıkta eşitlik, hakkaniyet ve sosyal adalet temellerine oturan bir konudur. DSÖ, sağlıkta eşitliğin “çeşitli gruplar arasındaki haksız ve kaçınılabilir sağlık sonuçları farklılıklarının azaltılması ve kaliteli sağlık hizmetlerine gereksinim kadar

ulaşım garantisinin olması gerektiğini” vurgulamaktadır (Mills C, 1999).

Whitehead, sağlıkta eşitliği “İdeal olarak, herkesin tam sağlık potansiyeline erişebilmesi için eşit fırsata sahip olması ve daha pragmatik olarak sakınılmadığı sürece, kimsenin bu potansiyele ulaşma açısından dezavantajlı olmamasıdır” şeklinde tanımlamaktadır (Whitehead M, 1991).

Whitehead, sağlık potansiyeline ulaşma araçlarına ulaşılabilirliğin toplumsal kesimler için eşit sosyal mesafede olmasına vurgu yaparak sağlıkta eşitliğin sağlanabilmesi için sağlık düzeyindeki farklılıklara neden olan faktörlerin ortadan kaldırılması ya da azaltılması gerektiğine işaret etmiş olmaktadır. Sağlıkta eşitsizliği açıklamak için üç önemli kuramdan söz edilmektedir. Bu kuramlar sağlıkta eşitsizliği değil, hastalık ve sağlık kavramlarını ve bu olguları belirleyen etkenleri açıklamaya çalışmaktadır. Bu kuramlar:

1. Geleneksel tıbbi model,
2. Epidemiyolojik model,
3. Sosyopolitik modeldir.

Sağlık olgusuna tamamen tıbbi bir ekseninde yaklaşan geleneksel model sağlığı, hastalığın yokluğu olarak tanımlar. Bu modelde hekim hasta arasındaki iyi ilişkilerin yanı sıra iyi bir tıbbi bakım hizmeti sunumunun sağlığın gelişmesine katkı sağlayacağı kabul edilir. Bu modelde sağlıkta eşitsizlik, tıbbi bakım hizmetinin eşitsiz kullanımı ile ortaya çıkan bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

Tıbbi modele oranla daha geniş bir yaklaşım sergileyen epidemiyolojik modelde sağlık, eşitsizlikleri toplumsal istatistiklerden hareketle ele alınmaktadır. İstatistiksel analizlerden hareketle sağlık durumu neden sonuç ilişkisi çerçevesine oturtulmaya çalışılır. Bu modelde bölgeler arasındaki sağlık düzeyi farklılıkları ciddi sosyal farklılıkların bir göstergesi olarak değerlendirilir ve koruyucu tıp uygulamalarının önemi vurgulanır. Eşitsizliklerin giderilmesi için yüksek riskli gruplara özel tıbbi programların uygulanmasını önerilir. Nitekim bu modeli benimseyen bilim adamları, sağlık kaynaklarının yeniden ve gereksinim temelinde dağıtılması gerektiği düşüncesindedirler.

Sosyopolitik modelde ise, sağlık eşitsizliği sorunu toplumsal/kültürel bağlama oturtulur ve eşitsizliğin nedenleri ve sonuçları toplumsal yapı içerisinde çözümlenir. Bu modelde, sağlık ve hastalık olguları ve sağlıkta eşitsizlik gerçeği ekonomik, toplumsal, politik bileşenleri bağlamında, kapsamlı şekilde ele alınmaktadır. Sosyopolitik modelde sağlıkta eşitsizlikler, öncelikle, ekonomik eşitsizlikler olarak tanımlanmaktadır. Nitekim eşitsizliklerle mücadele için refah politikalarının ve genel yaşam standartlarının yükseltilmesi gerektiği önerilmektedir (Belek İ, 1998).

Eşitsizlikler, toplumsal çatışmaların ve istikrarsızlığın temel nedenlerinden biri olarak değerlendirilmektedir. Bu anlamda özgürlük, eşitlik, kardeşlik sloganı ile ortaya çıkan Fransız Devrimi (1789) sosyal eşitsizliklerin sorunlaştırılmasının miladı kabul edilir (Turner B, 1997).

Sağlık eşitsizliklerinin sosyopolitik bir sorun olarak ele alınışını 1978 yılında geliştirilen “Temel Sağlık Hizmetleri” ile başlatmak mümkündür. Temel Sağlık Hizmetleri ile ilgili uluslararası konferansta sağlığın; herhangi bir ırk, din, siyasi görüş, ekonomik ya da toplumsal koşul ayrımı yapılmaksızın her

insanın temel haklarından biri olduğu belirtilmiştir (Alma-Ata, 1978).

DSÖ ve UNICEF yürütme kurullarının kararı ile Kazakistan'ın başkenti Alma-Ata'da yapılan toplantı sonrası yayınlanan Temel Sağlık Hizmetleri Bildirgesi'nde sağlığın en üst düzeyde gerçekleştirilmesi vurgulanmıştır. Bildirge'de gelişmekte olan ülkelerde insanların sağlık durumlarının iyi olmadığına işaret edilmiş; ülkelerdeki sağlık eşitsizliklerinin azaltılması vurgusu yapılmış, konu hakkında ülkelerin kararlı olmaları gerekliliği vurgulanmıştır (Pala K, 2002).

Wilkinson'a göre; toplumda var olan gelirin eşit dağılıma/dağılmama durumu sağlığa ve dolayısı ile sağlık göstergelerine etki etmektedir (Wilkinson RG, 1997).

Yine toplumsal ve ekonomik etkenlerin toplumsal sağlık düzeyi üzerindeki etkisinin artış göstermektedir. Nitekim DSÖ, sağlığın sosyoekonomik koşullardan etkilenmesinin arttığını ve insanların bu koşullar üzerindeki kontrollerinin giderek zayıfladığını belirtmektedir (DSÖ, 1997).

Bu bağlamda DSÖ Avrupa Bölgesi'nde herkes için sağlık hedeflerinde eşitsizliklerden söz edilmekte ve hedef olarak "2020 yılına kadar, ülkelerdeki sosyoekonomik gruplar arasındaki sağlıkla ilgili farklılık, dezavantajlı grupların sağlık düzeyleri geliştirilerek, tüm üye ülkelerde en az dörtte bir azaltılması" amaçlanmaktadır. Sosyoekonomik koşullar arasında özellikle gelir düzeyi, eğitim ve iş bulma imkânı gibi sağlığı doğrudan olumsuz etkileyen durumlar arasındaki farklılıkların düzeltilmesi gereği vurgulanmaktadır (DSÖ, 2000).

UNDP 2003 İnsanî Gelişme Raporu'nda da insanî gelişme açısından dünya ülkeleri arasında büyük farklılıklar ve eşitsizlikler olduğu belirtilmektedir. Politik, ekonomik, sosyal, kültürel, çevresel, davranışsal ve biyolojik temelli eşitsizliklerin sağlığa yarar ya da zarar şeklinde yansımaları olmaktadır (Çilingiroğlu N, 2001).

Sağlığı Geliştirme Ottawa Şartında ise, sağlık için temel koşulların barış, barınma, eğitim, gıda, gelir, tutarlı bir ekosistem, sürdürülebilir kaynaklar, sosyal adalet ve adalet olduğu belirtilmektedir (Ottawa Charter, 1986).

Finansal durum, iş güvenliği, monoton çalışma yaşamı, stresli yaşam, zayıf sosyal bağ, düşük öz saygı ve kedercilik gibi psikososyal faktörler, sağlık ile ilişkisi araştırılan değişkenlerden bazılarıdır (Brunner E, 1997).

Dolayısıyla sağlık hizmetlerinden yararlanan gruplar arasında sağlıkta eşitsizliklere yol açabilen sosyal, psikolojik, ekonomik ve coğrafi birçok farklılıklar söz konusudur. Sağlık hizmeti sunumundaki farklılıklar, sağlıkta eşitsizliğin belirleyicilerinden sadece birisidir. Bu çerçeveden hareketle sağlıkta eşitsizliğin rehabilite edilmesine yönelik politika oluşturulmasında üç farklı yöntem geliştirilmiştir: Yoksul sağlığını düzeltmek, zengin-yoksul sağlık eşitsizliklerini azaltmak ve sağlık eşitsizliklerini düzeltmek (Gwatkin DR, 2000).

Bu yaklaşımlarda temelde yoksul sağlığının geliştirilmesinin amaçlandığı anlaşılmaktadır. Sosyal sorunların çözümüne yönelik politikaların geliştirilebilmesi ve uygulanabilmesi, sorunun ölçülebilirliği ile yakın ilişkilidir. Toplumsal sağlık alanına ait bir sosyal sorun olan sağlık eşitsizlikleri öncelikle sağlık alanına yönelik kesin bilgiler sağlayan araçların varlığını gerektirmektedir. Bu sebeple sağlığın çok yönlü değerlendirilmesi için çalışmalar yapılmalıdır. Sağlık hizmetlerinin psikolojik, fiziksel ve sosyal yönlerini ölçmek için birçok ölçek geliştirme

çalışması yapılmıştır. DSÖ sosyoekonomik etkenleri içine alan sağlık eşitsizliklerinin ölçülmesi bağlamında bazı toplumsal düzeyli sağlık göstergeleri belirlemiştir. Toplumsal sağlıktaki eşitsizliklerin ölçülmesinde kullanılan başlıca göstergeler dört grupta ele alınmaktadır (Belek İ. 1998).

1. Sağlığın belirleyicileriyle ilgili göstergeler (yoksulluk seviyesi ve prevelansı, eğitim seviyesi, güvenli ve temiz içme suyu kullanma oranı, yeterli sanitasyon şartlarına sahip nüfusun yüzdesi vb.)

2. Sağlık durumu ile ilgili göstergeler (Bebek ölüm hızı, beş yaş altı ölüm oranı, çocuklardaki malnutrasyon prevelansı, doğumda yaşam beklentisi, anne ölüm hızı, ölü doğum hızı ve oranları, algılanan sağlık, yaşam kalitesi, yeti yitimi, genel sağlık anketi vb.)

3. Sağlık hizmeti kaynaklarının tahsilatı ile ilgili göstergeler (Yeterli sağlık hizmetine ulaşılabilen nüfus oranı, sağlık personeli başına düşen nüfus, sağlık kurumu başına düşen nüfus, kişi başına yapılan sağlık harcaması vb.)

4. Sağlık hizmeti kullanımı ile göstergeler (Cins ve sınıfa göre elde edilecek çocuk bağışıklama oranları, antenatal bakım alan kadınların oranı, doğum kontrol yöntemi uygulama oranı, kalifiye sağlık personeli yardımıyla gerçekleştirilen doğumların oranı, tüberküloz tedavisi tamamlanma oranları ve servikal kanser tarama hızları vb.)

Sağlıkta eşitsizliğin ölçülmesi/değerlendirilmesi konusunda Mackenbach ve Kunst, sağlık sorunlarında prevelans ve insidans oranlarındaki farklılıkların sosyoekonomik açıdan yüksek ve düşük durumdaki bireylerde gösterilebileceğini belirtmektedirler (Kunst AE, Mackenbach JP, 1995).

Sağlıkta eşitsizlikle mücadele ilkeleri uluslararası boyutta DSÖ'nün öncülüğünde geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu çabaların sonuçları ışığında sağlıkta eşitsizliklerin ortadan kaldırılması amacına yönelik temel ilkeler şu şekilde maddelendirilebilir:

Öncelikle yaşam ve çalışma koşullarındaki eşitsizliklerin ortadan kaldırılmalıdır. Yoksulluk ortadan kaldırılmalıdır.

Gelir dağılımında adalet sağlanmalıdır. İşsizlik önlenmelidir. Sağlıkta eşitsizliklerin ortadan kaldırılması için toplumu sınıflar; dünyayı ise gelişmişler/gelişmemişler vb. şekilde dilimleyen ulusal uluslararası belirlenimler yeniden düzenlenmelidir. Sağlık hizmetlerinin sağlıktaki eşitsizlikler üzerindeki etkisi genel ve ekonomik düzenlemelere göre daha arkadan gelmektedir. Sağlık hizmetlerinin sunumundaki ve toplumsal sınıfların sağlık hizmetlerinden yararlanılmasındaki eşitsizlik ortadan kaldırılmalıdır. Eşitsizliklerle mücadelede, sağlık hizmetinin eşitlikçi biçimde yaygınlaştırılması ve hizmet kullanımının önündeki finansal engellerin aşılması kadar, hizmetin temel sağlık hizmeti yönelimli olarak örgütlenmesi de önemlidir. Bu durumda sağlık hizmeti toplumun öncelikli sorunlarına yönelebilir, dezavantajlı toplumsal sınıflara öncelik verebilir ve sağlık, toplumsal gelişmenin vazgeçilmez bileşenlerinden biri olarak ele alınabilir. Sağlıkta eşitsizlik olgusunun çözümü için toplumun sorununun çözümüne politik ve teknik katılımı sağlanmalıdır. Sağlıkta eşitsizlik olgusunun çözümünde bireysel davranışların sağlamlık yönünde değiştirilmesi gerekir. Bu önlemler ile toplumun genelinin çıkarları gözetilmelidir ve davranış değişikliğinin yukarıdaki noktalarda sıralanan genel ekonomik ve politik önlemler sonrasında gerçek boyutta anlam kazanabileceği unutulmamalıdır (29).

2.1. Yenilikçi Sağlık Teknolojilerine Erişimde Eşitsizlikler

Sağlıkta sosyal eşitsizlikler, hızlı yenilikçi teknolojik gelişme çağında dünyanın en gelişmiş ülkelerinin çoğunda artıyor gibi görünmektedir (Beckfield J ve diğerleri 2015; Mackenbach JP, 2012; Piot P, 2012)

Modern toplumda sağlığın nicelleştirilmesi yoğunlaştıkça ve yenilikçi sağlık teknolojileri bu geçişin temel taşı haline geldikçe, teknoloji ve sağlık arasındaki bağlantıda artış dikkat çekiyor (Casper MJ and Morrison DR, 2010; Cockerham WC, 2005; Lupton D. 2016; Swan M. 2009).

Son yıllarda sağlık hizmetlerinde teknoloji kullanımının yoğunlaştığı bir çağa tanık olunmuştur (McGibbon E and Peter E, 2008). Sağlık teknolojilerindeki hızlı gelişmeler ve yenilikler küresel anlamda yaygınlaşırken ve gelişmiş ülkeler bu gelişmeleri yakından takip ederken gelişmemiş birçok bu konuda da geri kalmıştır. Sağlık hizmetlerine ulaşımdaki eşitsizliklere maruz kaldığı gibi sağlıktaki yenilikçi teknolojik gelişmelerden faydalanamamaktadır.

Bu yenilikler genellikle olumlu gelişmeler olarak görülmekte, hastalıkların teşhisini ve tedavisini ve genel halk sağlığını iyileştirmektedir ve daha geniş toplumsal etkileri için araştırmalar devam etmektedir (Lupton D, 2015). Örneğin farmakolojide ve kemoterapi ajanlarındaki teknolojik gelişmeler ile ilgili İngiltere’de yapılan bir araştırmada Erken dönem meme kanseri için trastuzumabın (herceptin) kullanımını fayda süresi, uzun vadeli toksisite ve nüks modelini dikkate alındığında; hasta açısından metastazı önleme yönündeki etkinliği belirlenmiştir. Bu gelişmeler hastalarda sağ kalımı artırırken diğer yandan ülke ekonomisine katkı sağlamaktadır (Barclay G, 2014; Rogers EM, 2003; Woolf SH ve diğerleri 2007; Phelan JC and Link BG. 2013). Ancak gelişmekte olan ve gelişmemiş ülkeler düşük teknolojik gelişmeler nedeni ile bu durumdan hem hasta hem ülke ekonomisi anlamında fayda sağlayamamaktadır. Görünüşe göre bu teknolojiler genel halk sağlığını iyileştiriyor olabilir, ancak sağlıktaki eşitsizliklerin artmasına engel olamamaktadır. (Woolf SH ve diğerleri 2007; Phelan JC and Link BG. 2013)

Çeşitli yayınlar, sağlıktaki çeşitli teknolojik yeniliklerin hızlı gelişimi ile artan önceliklerinin, toplumun sağlığı üzerindeki olası etkilerini daha fazla araştırmanın önemini ele almıştır (Fong H and Harris E. 2015; Wise PH. 2012)

Diğer bazı çalışmalarda ise yenilikçi teknolojilerin ortaya çıkması nedeniyle sağlıktaki eşitsizliklerin artması ampirik olarak araştırılmıştır (Chang VW and Lauderdale DS, 2009; Glied S and Lleras-Muney A, 2008; Korda RJ, 2010). Bu çalışmalar, daha yüksek sosyoekonomik statüye sahip bireylerin (SSB) sağlıktaki yenilikçi teknolojileri oldukça etkin kullanması, bir zamanlar daha düşük olan sağlıktaki sosyal eşitsizliklerin artması ve yeni eşitsizliklerin yaratılması hatta bazı durumlarda bu eşitsizlikleri ilk benimseyen ve bundan en çok yararlanan kişiler olduğu belirtilmektedir. Bu olgu, etkili önleyici veya tedavi teknikleri geliştirilen hastalıklardan muzdarip popülasyonlar arasında sağlıktaki daha büyük sosyal eşitsizlikleri gösteren sonuçlar ortaya koymaktadır (Phelan JC ve ark. 2004). Yenilikçi teknoloji gelişimi ile artan bu çalışmalar; sağlıktaki sosyal eşitsizliklerin (yeniden) ortaya çıkması veya artmasının nedenini açıklayabilecek ek mekanizmaların araştırılması için bir başlangıç noktası sağlamaktadır (Lutfey K and Freese J. 2005, Freese J and Lutfey K, 2011). Yenilikçi sağlık teknolojisinin oranı arttıkça, bu bakış açısının daha iyi anlaşılması giderek önem kazanmaktadır.

Gonzales ve ark. dezavantajlı gruplar için teknolojilere erişimin dengesiz olduğunu ve düzenli olarak kesintiye uğrayabileceğini belirtmektedir. Sadece sosyoekonomik gücü yüksek gruplar arasında teknolojinin benimsenmesi ile erişimin ölçülmesinin dengesiz erişimi ifade ederken, sağlıktaki sosyal eşitsizlikler üzerinde büyük sonuçlar doğurabileceği olasılığını göz ardı ettiğini öne sürmektedir. Perez ve arkadaşları belirli bir teknolojiye erişimin eşit kullanımı garanti etmediğini gösterir. Aslında, sağlık teknolojilerinin uygulanmasından sonra sağlıktaki sosyal eşitsizliklerin artması genellikle sonuçlara bakıldığında yapılan çalışmalarla ortaya konmaktadır. Daha da önemlisi, bu kaynaklara erişim daha evrensel hale geldikçe bu eşitsizliklerin azalacağını düşündüren bulguların ne olduğuna bakılmaksızın, dahil edilen çalışmalardan elde edilen sonuçlar, kaynaklara erişimin sağlıktaki sosyal eşitsizliklerin (yeniden) üretimini ortadan kaldırmadığını göstermektedir (Perez ve ark. 2016).

Weis D ve arkadaşları çalışmasında; eşitsizliklerin zaman içinde arttığı veya azaldığı yolların ve mekanizmaların bu teknolojilerin hem erişim hem de kullanımı etkileyen faktörlere bağlı olarak farklılık gösterdiğini belirtmiştir. Ayrıca, bu teknolojilerin yanında sağlık hizmetlerinde tasarlanan ve kullanılan teknolojilerin teşhis, tedavi cihazları yanında internet cihazlarına kadar oldukça değişiklik gösterdiği ifade edilmektedir (Weiss D ve diğerleri 2018)

Bu teknoloji koleksiyonuna dahil internet ve internet tabanlı araçlar üzerinde büyüyen bir odak noktasıdır ve bu teknolojilerin kullanımını sağlık hizmetlerinde entegre bir kaynak haline getirmiştir (Gonzales AL. 2016; Goel MS ve ark. 2011; Hing E and Burt CW. 2009; Newhouse N ve diğerleri, 2015). Ancak, çeşitli araştırmacıların son yıllarda vurguladığı gibi, sağlık ve sosyal eşitsizlikleri büyük ölçüde etkileme potansiyeline sahip teknolojiler sağlık hizmetlerinde bulunanlarla sınırlı değildir (Piot P. 2012, Lupton D. 2016, Swan M. 2009). Bu teknolojiler, genom dizilimi ve yaşam tarzı teknolojileri (örneğin, giyilebilir cihazlar ve kişisel, dijital uygulamalar) gibi bireysel sağlığı izlemek ve kontrol etmek için kullanılan yenilikleri içerir. Bu nedenle, gelecekteki araştırmaların bu tür yenilikçi teknolojilerin sağlıktaki sosyal eşitsizlikler üzerindeki potansiyel etkilerini araştırdığı açıktır.

Sağlıkta eşitsizliklerin önlenmesi amacıyla yönelik bu tespitler, sağlık eşitsizlikleri sorununun ekonomik, kültürel, psikolojik vb. içerimlere sahip ulusal ve uluslararası dinamiklerden kaynaklanan bir sorun olduğunu ortaya koymaktadır. Bu derece karmaşık ve geniş bir etkileşim ağından kaynaklanan sorunun çözümü de nedenlerinin derinliği ve genişliği ile uyumlu politikaların ve çabaların varlığını gerektirmektedir. Dolayısıyla sağlık eşitsizlikleri sorunu yerel sosyopolitik dinamikleri ilgilendirsede, küreselleşme çağında aynı zamanda küresel ekonomi politikasını ilgilendiren bir sorun görünümündedir. Diğer birçok sorunla ağırsal bir etkileşime sahip olan bu sorun ancak bireyden küresele uzanan bir kavrayışla ele alınması durumunda rehabilite edilebilecektir. Mevcut durum ekonomik eşitsizliklere koşut bir eşitsizliğe gidiş manzarası arz etmektedir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Sağlık hizmetlerinde kaliteyi yükseltmek için eşitsizliklerin düzeltilmesine yönelik çalışmaların artırılması oldukça önemlidir. Sağlık çalışanlarının eksikliklerini belirleyerek gerekli ihtiyaçlarını gidermeye ilişkin çalışmaların artırılması, sağlık sunumunda eşitliğin sağlanması, olumlu bir tedavi süreci yol

gösterici olacaktır. Buna göre sağlık çalışanlarının ve hastaların sağlıkta eşitsizliklerin giderilmesine özgü bilgi seviyelerini ve tutumlarını tespit etmek, kurumlarda hizmet içi eğitimleri sıklaştırmak ve sürekliliğini sağlamak önem kazanmaktadır. Sağlık teknolojilerindeki gelişmeler beraberinde eşitsizlikleri de getirmiştir. Sosyoekonomik düzeyi yüksek kişiler ve gelişmiş ülkeler bu gelişen teknolojilerden sonuna kadar faydalanırken, sosyoekonomik düzeyi düşük kesim, (kişiler ve topluluklar) ve gelişmemiş ülkeler bu teknolojilere ulaşamamakla birlikte sağlık hizmetlerinden faydalanamamaktadır.

Bu bulgular doğrultusunda; sağlık çalışanlarında sağlık sunumu eşitsizliğini ortadan kaldırmak için gereken önemin verilmesi ve farkındalığın kazandırılması ve bu yönde gereken hizmetlerin oluşturularak gelişmesini sağlamak ve kurumlar kendi içerisinde eğitimlerini ve aktivitelerini artırmaları gerekmektedir. Eşitsizliklerin giderilmesi için aşağıda belirtilen konular üzerinde çalışmalar yapılması önemlidir.

- Sağlık çalışanlarının hizmetleri, uygulamaları ve girişimlerine yönelik çalışmaların artırılması,

- Sağlık teknolojilerine ulaşmada dengenin sağlanması ve eşitsizlik düzeyini düşürülmesi amacıyla yeni çalışmalar ve araştırmalar yapılmalı,

- Sağlık hizmetlerinin sunumunda eşitsizlik seviyesinin araştırılması, gereken uygulama ve hizmet içi eğitimlerin planlanması,

- Sağlık sektöründe tespit edilen eşitsizliklerin önüne geçilmesi bağlamında tüm faktörlerin belirlenerek sağlık profesyonelleriyle paylaşılması,

- Verilen eğitimlerde yetersizliklerin neler olduğu konusunda net veriler elde edilip ona göre çalışma planlanması,

- Sağlıkta eşitsizliğin kaldırılması konusunda, oluşma ihtimali olan maddi kayıpların aynı zamanda ve manevi kayıpların engellenmesi için strateji belirlenmesi, o strateji doğrultusunda plan yapılması,

- Sağlıkta eşitsizliğin kaldırılması için yapılan yanlışların raporlandırılması, bu konuda sağlık çalışanlarının cesaretlendirilmesi, gerekirse hatalara yönelik minimum düzeyde de olsa cezai yaptırımın sağlanması,

- Konu üzerinde sağlam nitelikte araştırmalar yapılması,

- Eşitsizlikler konusunun önemi vurgulanarak, yapılabilecekler ve önlemlerle ilgili düzenli eğitim ve konferansların yapılması önerilir.

- Yenilikçi sağlık teknolojilerinin coğrafi olarak, yoksulluk nedeniyle ve cinsiyet eşitsizliğine dayalı nedenlerinin, çözümleri noktasında projeler yapılması ve uygulanması için eğitimler ve konferanslar verilmesi

- Sağlık hizmetleri için yenilikçi sağlık teknolojilerinin entegrasyonunun küresel olarak özellikle gelişmekte olan ülkelerde ve tüm kesimlerde geliştirme girişimlerinin sağlanması

- Dijital sağlık ve teknolojik gelişmelerin özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde sağlık hizmetlerine eşit erişimi sağlamak amacıyla çalışmalar yapılması

- Teknolojik gelişmeler arttıkça bireysel, toplumsal ve ülkeler arasındaki sosyoekonomik gelişmişlik düzeyine göre sağlık hizmetlerine ulaşmada eşitsizlikler devam etmektedir. Eşitsizliklerin giderilmesi yönünde ulusal anlamda sosyal

eşitsizliklerin önlenmesi konusunda araştırmalara önem verilmelidir.

- Teknolojik gelişmelerle birlikte adaletli ve eşit bir dağılımın nasıl olması gerektiği konusundaki araştırmaların uluslararası düzeyde sürdürülmesi gereklidir.

Kaynakça

- Alma-Ata Temel Sağlık Hizmetleri Uluslararası Konferansı. 1978; <http://undp.un.org.tr/who/ALMAATA.HTM>, Erişim tarihi: 29.11.2017
- Barclay G, Sabina A and Graham G. (2014). Population health and technology: Placing people first. *Am J Public Health* 2014; 104: 2246–2247. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2014.302334> PMID: 25320892
- Beckfield J, Bambra C, Eikemo TA, Huijts T, McNamara C and Wendt C. (2015). An institutional theory of welfare state effects on the distribution of population health. *Social Theory & Health* 2015: 227–244.
- Belek İ. (1998). Sınıf Sağlık Eşitsizlik. Birinci Baskı. İstanbul, Sorun yayınları.
- Belek İ. (1999). Sınıflar; sağlık düzeyleri, sağlık hizmeti kullanımları ve yararlandıkları sağlık kurumları antalya’da iki bölge, yedi sınıf. *Toplum ve Hekim*.14: 55-67.
- Bruin A, Picavet HSJ, Nossikov A. (1996). Health Interview Surveys. Finland, WHO, 98.
- Brunner E. (1997). Socioeconomic determinants of health. *British Medical Journal*, 314:1472.
- Casper MJ and Morrison DR. (2010). Medical sociology and technology critical engagements. *J Health Soc Behav* 51: S120–S132. <https://doi.org/10.1177/0022146510383493> PMID: 20943577
- Chang VW and Lauderdale DS. (2009). Fundamental Cause Theory, Technological Innovation, and Health Disparities: The Case of Cholesterol in the Era of Statins. *J Health Soc Behav* 2009; 50: 245–260. Article; Proceedings Paper. <https://doi.org/10.1177/002214650905000301> PMID: 19711804
- Cockerham WC. (2005). Health Lifestyle Theory and the Convergence of Agency and Structure. *J Health Soc Behav*, 46: 51–67. <https://doi.org/10.1177/002214650504600105> PMID: 15869120
- Çilingiroğlu N. (2001). Ekonomik gelişme ve sağlık ekonomisi. *Yeni Türkiye*, 40:1594-1613.
- Dedeoğlu N. (2004). Sağlık ve Yoksulluk. *Toplum ve Hekim*, 19:51-53.
- DSÖ (2000). 21. Yüzyılda Herkes İçin Sağlık 21 Hedef, http://undp.un.org.tr/who/doc_pdf/health21_tr.pdf, Erişim tarihi: 29.11.2017.
- DSÖ (1995). The World Health Report, http://www.who.int/whr/1995/en/whr95_en.pdf, Erişim tarihi: 29.11.2017.
- DSÖ (2012). The World Health Report, http://www.who.int/whr/2012/en/whr02_en.pdf, Erişim tarihi: 29.11.2017
- DSÖ (2017). The World Health Report, <http://undp.un.org.tr/who/yayinlar/dso97.htm>, Erişim tarihi: 29.11.2017
- DSÖ (2003). The World Health Report, http://www.who.int/mental_health/en/investing_in_mnh_fin_al.pdf, Erişim tarihi: 29.11.2017

- DSÖ (1998) 21. Yüzyılda Yaşam Herkes İçin Bir Vizyon. Cenevre. Çeviri Ed. Metin B, Akın A, Güngör İ. T.C. Sağlık Bakanlığı Sağlık Projesi Genel Koordinatörlüğü, Ankara, 1-10.
- Erdem T. (2003) Yoksulluk Üzerine Sosyolojik Bir Çalışma „Ankara Kent Yoksulları”. *Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyoloji Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 126–135.*
- Erengin K, Dedeoğlu N. (1998). Sağlıkta eşitsizliğin gösterilmesi. *Toplum ve Hekim*, 13:105-109.
- Fong H and Harris E. (2015) Technology, innovation and health equity. *Bull World Health Organ* 93: 438–438. <https://doi.org/10.2471/BLT.15.155952> PMID: 26170497
- Freese J and Lutfey K. (2011). Fundamental causality: challenges of an animating concept for medical sociology. *Handbook of the sociology of health, illness, and healing*. Springer, pp.67–81.
- Glied S and Lleras-Muney A. (2008). Technological innovation and inequality in health. *Demography*, 45: 741–761. PMID: 18939670
- Goel MS, Brown TL, Williams A, Hasnain-Wynia R, Thompson JA and Baker DW. (2011). Disparities in enrollment and use of an electronic patient portal. *J Gen Intern Med*, 26: 1112–1116. <https://doi.org/10.1007/s11606-011-1728-3> PMID: 21538166
- Gonzales AL, Ems L and Suri VR. (2016). Cell phone disconnection disrupts access to healthcare and health resources: A technology maintenance perspective. *New Media Soc*, 18: 1422–1438. Article. <https://doi.org/10.1177/1461444814558670> 43.
- Gwatkin DR. (2000). health inequalities and the health of the poor: what do we know? what can we do?. *Bulletin of the World Health Organization*, 78:3-15.
- Hamzaoğlu O. (2004). Yoksulların Sağlığı Ne Durumda, Etken Ne, Sorun Nasıl Çözülür? *Toplum ve Hekim*, 19: 54–57.
- Henderson C, Thornicroft G, Glover G. (1998). Inequalities In Mental Health. *Br J Psychiatry*, 173:105-109.
- Hing E and Burt CW. (2009). Are there patient disparities when electronic health records are adopted? *J Health Care Poor Underserved*, 20: 473–488. Article. <https://doi.org/10.1353/hpu.0.0143> PMID: 19395843 46.
- İlik B. (1992). Yoksulluğun Genel Belirleyicileri. *Hacettepe Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyal Hizmetler Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Konya*, 81–86.
- İnanlı T. (1999). Sağlık hakkı ve eşitsizlikler. *Toplum ve Hekim*, 14: 357-361.
- İnsan Hakları Evrensel Beyanname. 1948; <http://www.tbmm.gov.tr/komisyon/insanhaklari/pdf01/203-208.pdf>. Erişim tarihi: 29.11.2017
- Johansson, L. M., & Sundquist, J. (1997). The influence of ethnicity and social and demographic factors on Swedish suicide rates. A four year follow-up study. *Social Psychiatry and Psychiatric Epidemiology: The International Journal for Research in Social and Genetic Epidemiology and Mental Health Services*, 32(3), 165–170.
- Koçoğlu D. (2009) Sosyoekonomik eşitsizliklerin sağlıklı yaşam biçimi davranışları ve yaşam kalitesi ile ilişkisi. *DEUHYO ED*. 2:145-154.
- Korda RJ, (2011). Clements MS and Dixon J. Socioeconomic inequalities in the diffusion of health technology: Uptake of coronary procedures as an example. *Soc Sci Med*, 72: 224–229. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2010.11.002> PMID: 21147510
- Kunst AE, (1995). Mackenbach JP. Measuring socioeconomic inequalities in health. Copenhagen: WHO. <http://www.euro.who.int/document/PAE/Measrpd416.pdf>, Erişim tarihi: 29.11.2017
- Kunst AE, (1995). Mackenbach JP. Measuring socioeconomic inequalities in health. Copenhagen: WHO. <http://www.euro.who.int/document/PAE/Measrpd416.pdf>, Erişim tarihi: 29.11.2017
- Lupton D. (2015). Health promotion in the digital era: a critical commentary. *Health Promot Int*, 30: 174– 183. <https://doi.org/10.1093/heapro/dau091> PMID: 25320120
- Lupton D. (2016). *The quantified self*. John Wiley & Sons.
- Lutfey K and Freese J. (2005). Toward some fundamentals of fundamental causality: socioeconomic status and health in the routine clinic visit for diabetes1. *American Journal of Sociology*, 110: 1326– 1372.
- Mackenbach JP. (2012). The persistence of health inequalities in modern welfare states: the explanation of a paradox. *Soc Sci Med* ,75: 761–769. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2012.02.031> PMID: 22475407
- McGibbon E and Peter E. (2008). *An Ethnography of Everyday Caring for the Living, the Dying, and the Dead Toward a Biomedical Technography*. *Qualitative Inquiry*, 14: 1134–1156.
- Mills C. (1999). Equity and health: key issues and WHO’s role (Eşitlik ve sağlık anahtar konular ve WHO’nun Rolü) Çeviren: Belek İ, *Toplum ve Hekim*, 14:145-149.
- Newhouse N, Lupianez-Villanueva F, Codagnone C and Atherton H. (2015). Patient Use of Email for Health Care Communication Purposes Across 14 European Countries: An Analysis of Users According to Demographic and Health-Related Factors. *J Med Internet Res* 2015; 17: 11. Article. <https://doi.org/10.2196/jmir.3700> PMID: 25798912
- Ottawa Charter For Health Promotion. First International Conference On Health Promotion. Ottawa, 1986; WHO/HPR/HEP/95.1 http://www.who.int/hpr/NPH/docs/ottawa_charter_hp.pdf, Erişim tarihi: 29.11.2017.
- Özgür G. (1993). Sosyal destek ve sağlık. *Toplum ve Hekim*, 43:25-26.
- Pala K. (2002). Temel sağlık hizmetleriyle ilgili uluslararası alma ata toplantısı. *Toplum ve Hekim*, 17:101-106.
- Perez SL, Kravitz RL, Bell RA, Chan MS and Paterniti DA. (2016). Characterizing internet health information seeking strategies by socioeconomic status: a mixed methods approach. *BMC Med Inform Decis Mak*, 16: 9. Article. <https://doi.org/10.1186/s12911-016-0246-a>.
- Phelan JC and Link BG. 820139. Fundamental cause theory. *Medical sociology on the move*. Springer, pp.105–125.
- Phelan JC, Link BG, Diez-Roux A, Kawachi I and Levin B. (2004). “Fundamental causes” of social inequalities in mortality: a test of the theory. *J Health Soc Behav*, 45: 265–285. <https://doi.org/10.1177/002214650404500303> PMID: 15595507
- Piot P. (2012). Innovation and technology for global public health. *Global public health*, 7: S46–S53. <https://doi.org/10.1080/17441692.2012.698294> PMID: 22780442
- Poulton R, Caspi A, Milne B.J, Thomson W.M, Taylor A, Soars M. (2002). Association Between Children’s Experience of Socioeconomic Disadvantage and Adult Health: A Life Course Study. *Lancet*,360: 1640-45

- Rahkonen O, Lahelma E, Martikainen P, Silventoinen K. (2002). Determinants of Health Inequalities by Come From The 1980s to The 1990s in Finland. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 56:442-443.
- Rawlins R, William S, Beck C. (1997). *Mental Health Nursing*. London. Mosby Year Book.
- Rogers EM. (2003). *Diffusion of Innovations*. Free Press, New York.
- Sorias O. 1988. Sosyal Destekler ve Ruh Sağlığı. *Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. 27:359-363.
- Sorias O. (1988). Sosyal Desteklerin Ruhsal sağlığı koruyucu etkisinin depresyonlu ve sağlıklı kontrollerde araştırılması. *Ege Üniversitesi Tıp Fakültesi Dergisi*. 27:1033-1099.
- Stronks K, Van De Mheen H, Can den Bos J, Mackenbach JP. (1997). The Interrelationship Between Income, Health and Employment Status. *Journal of Epidemiology*, 26(1):592-600.
- Swan M. (2009). Emerging patient-driven health care models: an examination of health social networks, consumer personalized medicine and quantified self-tracking. *Int J Environ Res Public Health*, 6: 492–525. <https://doi.org/10.3390/ijerph6020492> PMID: 19440396.
- Turner B. (1997). Equality (Eşitlik). Çeviren: gener BS. Ankara, Dost Kitabevi, 20-38.
- Türkkan A. (2005). Nilüfer Belediyesi Fethiye Halk Sağlığı Eğitim ve Araştırma Merkezi Bölgesinde Sosyoekonomik Açından Farklı İki Sağlıkta Eşitsizlikler ve Bunu Etkileyen Etmenler. *Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Bursa, 78-95*.
- Weich S, Lewis G. (1998). Material Standard of Living, Social Class and The Prevalence Commons Mental Disorders In Great Britain. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 52:8-14.
- Weiss D, Rydland HT, Øversveen E, Jensen MR, Solhaug S, Krokstad S (2018) Innovative technologies and social inequalities in health: A scoping review of the literature. *PLoS ONE* 13(4): e0195447. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0195447>
- Whitehead M, Dahlgren G, Evans T. (2001). Equity and Health Sector Reforms: Can Low-Income Countries Escape The Medical Poverty Trap? *Lancet*. 358:833-36.
- Whitehead M. (2017). The concepts and principles of equity and health. 1991; www.euro.who.int/Document/PAE/conceptsrpd414.pdf, Erişim tarihi: 29.11.2017
- Wilkinson RG.(1992). Income distribution and life expectancy. *BMJ*. 304:165-168.
- Wise PH. (2012). Emerging technologies and their impact on disability. *The Future of Children*, 22: 169– 191. PMID: 22550690
- Woolf SH, Johnson RE, Phillips RL Jr and Philipsen M. (2007). Giving everyone the health of the educated: An examination of whether social change would save more lives than medical advances. *Am J Public Health*. 97: 679–683. Article. <https://doi.org/10.2105/AJPH.2005.084848> PMID: 17329654



Enfekte Gökkuşuğu Alabalıklarının Böbrek Dokusu Kolinergik Sistem Enzimlerinin Değişimi

Aslı Çilingir Yeltekin^{1*}

^{1*} Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Van, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0071-7434), aslicilingir@yyu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.842539)

ATIF/REFERENCE: Çilingir Yeltekin, A. (2021). Enfekte Gökkuşuğu Alabalıklarının Böbrek Dokusu Kolinergik Sistem Enzimlerinin Değişimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 258-262.

Öz

Besin maddeleri arasında su ürünlerinin önemi her geçen gün artmakta ve buna bağlı olarak da balık yetiştiriciliği hızla gelişmektedir. Balık yetiştiriciliğinde artan üretime paralel olarak hastalık problemleri de ortaya çıkmaktadır. Yüksek stoklama yoğunluğu, bakteriyel hastalıkların yaygın olarak görülmesine ve bu durumda balık metabolizmasında bozulmalara sebep olmaktadır. Bu nedenle bu çalışmada; alabalık çiftliklerinde enfeksiyon oluşturan başlıca bakteriyel ajanların bulunduğu gökkuşuğu alabalıkları tespit edilmiş ve PCR ile bu bakteri türleri (*Staphylococcus epidermidis*, *Lactococcus garvieae* ve *Bacillus subtilis*) belirlenmiştir. Çalışmada bakteri ile enfekte oldukları belirlenen alabalıkların böbrek dokularında kolinergik sistemin santral ve periferik sinir sistemi hücreleri arasında uyarıların taşınmasında görevli Asetilkolin esteraz (AChE) ve Bütilkolin esteraz (BChE) enzim düzeyleri araştırılmış olup, sağlıklı balıklar ile karşılaştırılarak belirlenen değişimler değerlendirilmiştir. Her üç bakteri ile enfekte olan alabalıkların kolinergik sistemin enzim seviyelerinin kontrol grubuna göre azaldığı tespit edilmiştir ($p < 0.005$).

Anahtar Kelimeler: AChE, Bakteri, BChE.

Kidney Tissue of Infected Rainbow Trout Changes in Cholinergic System Enzymes

Abstract

The importance of seafood among nutrients is increasing day by day and fish farming is developing accordingly. Disease problems arise in parallel with the increasing production in fish farming. High stocking density causes widespread bacterial diseases and thus impairment in fish metabolism. Therefore, in this study; Rainbow trout containing major bacterial agents causing infection in trout farms in our province were identified and these bacterial species (*Staphylococcus epidermidis*, *Lactococcus garvieae* ve *Bacillus subtilis*) were determined by PCR. It was investigated how Acetylcholine esterase (AChE) and Butyrylcholine esterase (BChE) enzyme levels in the kidney tissues of the trout determined to be bacterial in the cholinergic system to carry the impulses between central and peripheral nervous system cells compared to healthy fish. It was determined that the enzyme levels of the cholinergic system decreased in all three types of bacteria compared to the control group ($p < 0.005$).

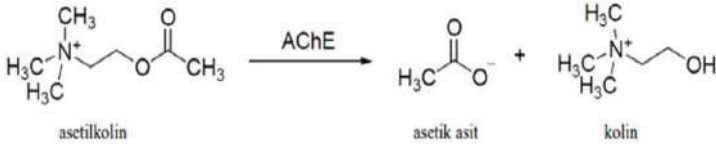
Keywords: AChE, Bacteria, BChE.

* Sorumlu Yazar: aslicilingir@yyu.edu.tr

1. Giriş

Nüfusun hızla artması besin üretiminin de hızla gelişen bir endüstri dalı olmasına sebep olmuştur. Su ürünleri alanında da artan bu üretim endüstriyel bir sanayi dalı olarak yoğun üretim yapan çiftliklere dönüşmüştür. Bunun sonucu olarak yoğun balık yetiştiriciliği yapılan çiftliklerde enfeksiyona sebep olan bakteriyel hastalıkların görülme sıklığı artmıştır. Özellikle zoonoz bakteri türleri ile enfeksiyon durumu insan sağlığı açısından ayrıca bir önem arz etmektedir. Balık üreticileri açısından da bakteriyel enfeksiyonlar büyük ekonomik önem arz etmektedir (Aydın, 2009).

Canlı dokularında bakteriyel enfeksiyonlar hem gelişmede gecikmeye hemde bağışıklık sisteminde, savunma mekanizmalarında ve enzim sistemlerinde olumsuz etkilere sebep olmaktadır (Aydın, 2009). Enzimler, çoğunluğu protein yapısında olan ve canlılardaki biyokimyasal tepkimeleri gerçekleştiren biyokatalizörlerdir. Enzimler reaksiyonların hızlarını artırmalarına ilaveten hücrelerde metabolik yollar için önemli birçok reaksiyonun hızını düzenlerler. Merkezi kolinerjik sistem, hücre gövdelerinin ve dendritlerin karmaşık bir bileşendir. Hayvan kolinesterazları, kolinerjik ve kolinerjik olmayan dokularda, ayrıca plazma ve diğer vücut sıvılarında bulunan yaygın enzimlerdir (Massoulié ve ark., 1992; Chatonnet ve Lockridge, 1989; Yeltekin ve ark. 2018). Kolinasetiltransferaz (ChAT), asetilkolin (ACh), kolinesterazlar (Asetilkolinesteraz (AChE E.C. 3.1.1.7) ve butiril kolinesteraz (BChE E.C. 3.1.1.8)), kolinerjik reseptörler (muskarinik reseptörler (MR) ve nikotinik reseptörler (NR)) kolinerjik sistemin bileşenleridir. Bu enzimler substrat özgüllüklerine, aşırı substrattaki davranışlarına ve inhibitörlere duyarlılıklarına göre ayrılmışlardır. AChE, nörotransmitter asetilkolini (ACh) kolinerjik sinapslarda ve nöromusküler sinapslarda hızla koline ve asetata hidrolize eden ve böylece kolinerjik sinir iletimde önemli bir rol oynayan, sinir sisteminin en etkili enzimlerinden biridir (Şekil 1). AChE, asetilkolini diğer kolinörlerden daha hızlı hidrolize eder ve butiril kolin üzerinde daha az etkindir. Aksine, BChE tercihen butiril kolin üzerine etki eder, fakat aynı zamanda asetilkolin'i hidrolize eder (Chatonnet ve Lockridge, 1989; Ekholm, 2001). AChE'nin aşırı substrat tarafından inhibe edilmesi, onu BChE'den ayıran temel özelliklerden biridir. BChE substratı aşırı substratta aktivasyon sergilemektedir. ACh'nin AChE tarafından hidrolizi, asetilasyon ve deasetilasyon işlemlerinin dahil olduğu bir reaksiyon sonucunda oluşmaktadır (Tougu, 2001).



Şekil 1. Asetilkolinin asetilkolinesteraz tarafından hidrolizi

Çeşitli in vivo ve in vitro çalışmalar AChE enziminin çeşitli morfolojik süreçlerde, sinir sistemindeki hücre farklılaşması ve sinaptojenezde, hücre adezyonunda ve göçünde, apoptotik yollarda etkili olduğu gösterilmiştir. Bu çalışmada, Farklı bakteriler ile enfekte olan *Oncorhynchus mykiss* balıklarının böbrek dokusu asetilkolinesteraz ve butiril kolinesteraz düzeylerinin değişiminin araştırılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

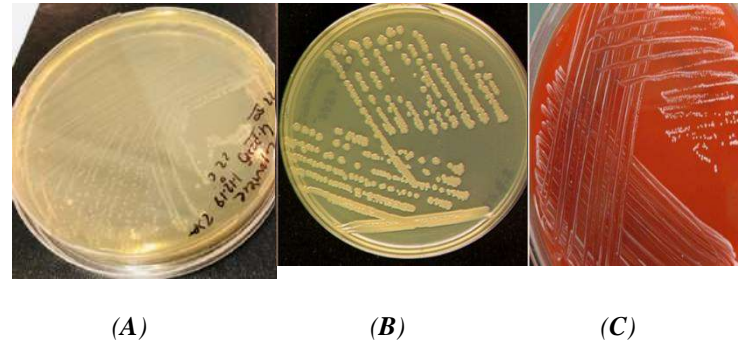
2.1. Balık

Bu çalışmada 45 adet 200-250 g'lık alabalıklar ticari olarak üretim yapan alabalık üretim çiftliklerinden temin edilmiştir. Hasta oldukları gözlemsel olarak tespit edilen Gökkuşuğu Alabalıkları (*Oncorhynchus mykiss* Walbaum 1792), bakteriyel hastalıkları tespit edilmek üzere laboratuvar ortamına getirilmiştir. Laboratuvar ortamında bakteriyel analiz için çalışılacak dokulardan örnekler alındıktan sonra biyokimyasal analiz için böbrek dokuları ayrılmıştır.

2.2. Bakteriyel Hastalıkların Tespiti ve İzolasyonları

Çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Hayvan Deneyleri Yerel Etik Kurulu'nun 31.01.2019 tarih ve 2019/01 sayılı kararı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan gökkuşuğu alabalıkları Van ilinde bulunan ve yavru üretimi yapan işletmelerden seçilmiştir. Bu amaçla 5 farklı işletmeden 9'ar adet olmak üzere toplam 45 adet alabalık satın alınmıştır. Örnekleme yapılan balıklarda dış semptom olarak hareketlerde yavaşlama, ayrı yüzmeye, renkte kararma, bilateral ekzoftalmus ve asites gibi semptomlar başta olmak üzere yüzmeye bozukluğu, yüzgeç erimesi gibi belirtiler gösteren balıklar seçilmiştir.

Bakteri izolasyonları ve moleküler tabanlı çalışmalar Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Biyoteknoloji Uygulama ve Araştırma Merkezine ait laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Örnekleme yapılan balıklardan bakteri izolasyonlarını gerçekleştirilmesi amacıyla Tryptic Soy Agar (TSA) besi yerine böbrek ve semptomlu yüzgeç dokularından ekimler swap yardımı ile gerçekleştirilmiştir. 24 saatlik inkübasyon periyodunun ardından gelişen koloniler tekrar saflaştırılmıştır. Saflaştırılan izolatların besiyeri görüntüleri aşağıda verilmiştir (Şekil 1). 5 farklı çiftlikten 3 çeşit bakteri türü gelişimi gözlenmemiştir. Çiftliklerden sırasıyla 10 adet *L. garvieae*, 9 adet *S. epidermidis* ve 8 adet *B. Subtilis*, etkenleri izole edilmiştir.



Şekil 2. Gökkuşuğu alabalığı işletmelerinden izole edilen bakteriyel hastalık etkenleri (A: *L. garvieae*, B: *B. subtilis*, C: *S. epidermidis*) (Kurt, 2019).

2.3. Bakterilerin İdentifikasyonu ve Real-Time PCR Analizi Sonuçları

Bakterilerin identifikasyonları için 27F-1492R universal primeler kullanılarak Real-Time PCR uygulanmıştır. Bu amaçla bakterilerden DNA izolasyonları Mericon bacterial DNA kiti (Qiagen) ile gerçekleştirilmiştir. DNA'ların saflıkları Nanospektrofotometre (Thermo) ile ölçülmüştür. Real-Time

PCR bakterilerden izole edilen DNA'lar ve universal primerler kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan Real-Time protokolü aşağıda verilmiştir (Tablo 1).

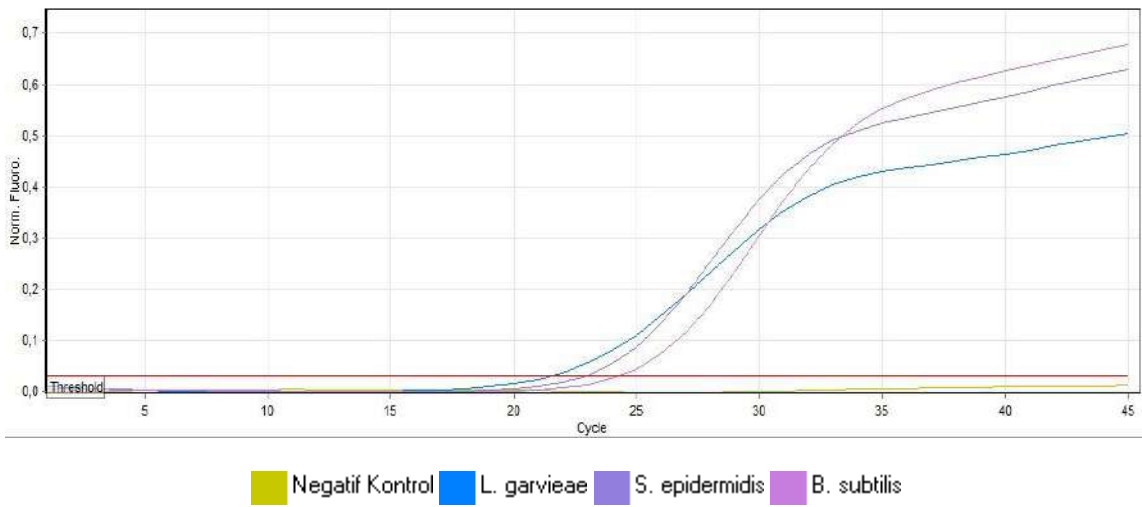
Tablo 1. Real-Time PCR aşamasında kullanılan protokol (Kurt, 2019)

	Sıcaklık (°C)	Zaman (dk, *sn)
Ön-denatürasyon	95	10
Denatürasyon	94	45*
Bağlanma	56	30*
Uzama	72	45*
Son uzama	72 °C	7

2019)

İzole edilen bakteriyel etkenlerden elde edilen DNA'lar Real-Time PCR'da template olarak kullanılmıştır. İzolatların PCR

tanımlanması amacıyla Real-Time PCR işlemi gerçekleştirilmiştir. Universal (27F-1492R) primerler ile gerçekleştirilen Real-Time PCR sonucu aşağıda verilmiştir (Şekil 3). Real-Time PCR sonuçları doğrultusunda bakteriyel DNA'ların Universal primerler ile örtüşerek bağlanma meydana getirdiği SYBRGreen tabanlı florasan ışımada pozitif sonuçlar verdikleri gözlenmiştir.



Şekil 3. Çalışmada izole edilen bakteriyel DNA'lar ile gerçekleştirilen Real-Time PCR görüntüsü (Sigmoidal eğriler pozitif, Eşik değerinin altından kalan negatif kontrol örneği) (Kurt, 2019).

2.4. Biyokimyasal Analizler

Bakteriyel alabalıklardan ve kontrol grubu alabalıklarından alınan böbrek dokuları fosfat tamponu (50 mM KH₂PO₄ ve 10 mM EDTA) ile homojenize edilmiştir. Homojenizatör ile homojen hale getirilen doku örneklerinin santrifüjleme işleminden sonra üstte kalan sıvı kısım alınıp biyokimyasal analizler için kullanılmıştır (Yeltekin ve Oğuz, 2018; Yeltekin, 2018).

Çalışmada Asetilkolinesteraz ve Butirilkolinesteraz aktivite analizleri Ellman ve ark. (1961)'nin kolorimetrik metoduna göre belirlenmiştir. Kolinesterazlar, asetiltiyokolinin tiyokolin ve asetata parçalanma reaksiyonunu katalize etmektedir DTNB'nin ürün olarak açığa çıkan tiyokolin oranı ile reaksiyonu sonucu sararan 5-tio-2-nitrobenzoik asitler oluşmaktadır. Oluşan ürünlerin renklerinin konsantrasyona göre değişiminden yararlanarak spektrofotometrede ölçümleri yapılmıştır. Hazırlanan karışımların absorbanans değerleri iki tekrarlı olmak üzere spektrofotometre ile 412 nm dalga boyunda okunarak ölçümler yapılmıştır. Aynı örnek için yapılan ölçümler arasındaki korelasyona bakılarak ölçümler tekrarlanmıştır. Daha sonra böbrek dokusu edilen AChE ve BChE düzeyler (EU/mg) enzim aktivitesi olarak hesaplanmıştır.

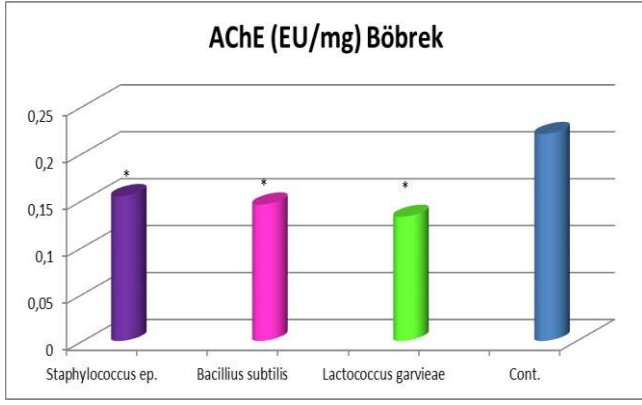
2.5. Verilerin istatistiksel analizi

Analizler sonucunda elde edilen değerler ortalama ± standart hata olarak ifade edildi. Farklı örnekleme alanlarından ortaya çıkan değerlerinin çoklu karşılaştırmaları için ANOVA testi ve gruplar arasındaki farklılığın belirlenmesi için Tukey testi kullanılmıştır. Değerler arasındaki fark 0.05'e göre yapılmıştır.

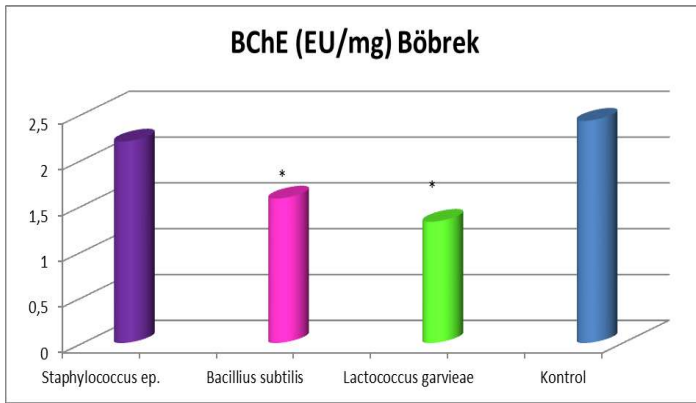
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Bulgular

S. epidermidis, *L. garvieae* ve *B. subtilis* bakterileri ile enfekte olan Gökkuşluğu alabalıklarının böbrek dokusu Asetilkolin esteraz düzeyleri kontrol grubu asetilkolin esteraz düzeyleri ile karşılaştırıldığında istatistiksel olarak her üç bakteri grubunda da anlamlı azalış olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.005$) (Şekil 4). Bakteriler ile enfekte olan Gökkuşluğu alabalıklarının böbrek dokusu Butirilkolin esteraz düzeyleri kontrol grubu butirilkolin esteraz düzeyleri ile karşılaştırıldığında *B. subtilis* ve *L. garvieae* bakterileri ile enfekte olan alabalık gruplarında istatistiksel olarak anlamlı azalışların olduğu belirlenmiştir ($p < 0.005$) (Şekil 5). Özellikle *L. garvieae* bakterileri türü ile enfekte olan alabalık grubu düzeylerinin belirgin bir seviyede düştüğü gözlenmiştir.



Şekil 4. Farklı bakteriler ile enfekte Gökkuşluğu alabalıklarının böbrek dokusu AChE aktivite düzeylerinin değişimi.



Şekil 5. Farklı bakteri türleri ile enfekte Gökkuşluğu alabalıklarının böbrek dokusu BChE aktivite düzeylerinin değişimi.

3.2. Tartışma

Balıklar su içerisinde içerisin de sürekli olarak mikroorganizmalar ile temas halindedir. Bu sebeple bakterilerden kaynaklı enfeksiyon durumu balık çiftlikleri için büyük ekonomik kayıplara, neden olmaktadır (Tanrıkul ve ark., 1997). Türkiye’de tatlı su ve deniz balıklarındaki parazitlerle ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde, ilk olarak kupez balığından metazoon bir parazit olan *Ceratomyxa sp*’nin bildirildiği ve daha sonra çeşitli araştırmacılar tarafından da tatlı su, deniz ve çeşitli akvaryum balıklarının parazit faunalarının çalışıldığı görülmüştür (Öktener, 2003). Enfeksiyöz hastalıkların ortaya çıkmasında konakçı, patojenin virülans ve çevre arasında bir ilişki söz konusudur. Çevre şartlarındaki olumsuz değişiklikler strese neden olurken hastalık etkeninin virülans ve miktarı da hastalığın çıkmasında önemli bir faktördür (Çağırğan, 1993). İlk zamanlarda 15-20 bakteri türünün balıklar için patojenik olduğu düşünülmeye rağmen daha sonra yapılan çalışmalarda balıklardan 70’e yakın bakteri türü izole edilmiştir (Austin ve Austin, 1993).

Metabolizmada Asetilkolin bir nörotransmitter olarak kullanılır. Balıklarda da, bu nörotransmitter ile bağlantılı fonksiyonların bazıları şunlardır: optik devrelerin görsel yanıtı; tat alma sırasında bilgi işleme besleme ve motor bilgilerinin işlenmesi besleme sırasında tat bilgisi işleme ve motor bilgilerinin işlenmesi gibi (Clemente ve ark., 2004). *Aeromonas caviae*, balıklarda nadiren bulunan bir bakteri türüdür ancak

enfekte olan balıklarda yüksek oranda ölüm görülmektedir. Bu bakteri ile enfekte olan Gümüş yayın balıklarının (*Rhamdia quelen*), böbrek dokusunda sağlıklı balıklara göre Asetilkolin esteraz ve bütirilkolin esteraz enzim düzeylerinin azalış gösterdiği tespit edilmiştir (Baldisseraa, ve ark., 2018). *Acinetobacter*, *Bacillus*, *Corynebacterium*, ve *Pseudomonas* bakterileri ile enfekte olan İskine balıklarını (*Sciaenops ocellatus*) enzim sistemlerinin değişiminin araştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada bakterilerin balıkların enzim sistemlerini tahribata uğrattığı ve bu tür kültür balıkçılığı için verimi olumsuz etkileyen bir durum olduğu belirtilmiştir (Tarnecki ve ark., 2018). *Streptococcus agalactiae* ile enfekte olmuş Gümüş yayın balıklarının (*Rhamdia quelen*), bakteri enfeksiyonu durumunda metabolizmada stres oluşumunu belirlemeye yönelik bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada bakterili balıkların stres düzeylerinin kontrol grubuna göre belirgin bir düzeyde artış gösterdiği tespit edilmiştir (Souza ve ark., 2017). *Aeromonas hydrophilla* özellikle su ortamlarında bulunan bir bakteridir. *Aeromonas hydrophilla* ile enfekte olan yavru Hint balıklarının (*Cirrhinus mrigala*) bağışıklık sistemlerinin araştırıldığı bir çalışma yapılmıştır. Çalışmada bakteri ile enfekte olan yavru balıkların bağışıklık sisteminin zayıfladığı tespit edilmiştir (Kumar ve ark., 2018). Sunduğumuz çalışmanın sonuçları da bu literatürler ile uyumlu olarak enfeksiyon durumunda Asetilkolin esteraz ve Bütirilkolin esteraz düzeylerinin azaldığı gözlenmiştir.

4. Sonuç

Sonuç olarak; *S.epidermidis*, *L. garvieae* ve *B. subtilis* bakteri ile enfekte olan gökkuşluğu alabalıklarının kolinerjik sistem enzimlerinden Asetilkolin esteraz ve Bütirilkolin esteraz düzeylerinin olumsuz olarak etkilendiği tespit edilmiştir. Bu durum mevcut bakterilerin alabalıkların kolinerjik sistem enzimlerinin salgı metabolizmasında inhibisyona ya da denatürasyona sebep olmasından kaynaklanmış olabilir. Bu nedenle bu çalışma ile balık yaşam alanlarının temizliğinin, hasta balık izolasyonunun, su kaynaklarının ve yemlerin kalitesinin önemine dikkat etmenin işletmeler için daha az canlı kaybı ve daha sağlıklı besin üretimi sağlanması bakımından önem arz edeceği ortaya konulmuştur. Ayrıca bakterili balıkların kolinerjik sistem üzerine etkileri hakkında çok sınırlı sayıda çalışma mevcuttur bu nedenle bu çalışmanın literatüre önemli katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Aydın, F. (2009). Salar Linnaneus, Salmo., A.Ü. Alabalık Biyolojisi ve Yetiştirme Teknikleri
- Austin, B. & Austin, D.A. (1999). *Bacterial Fish Pathogens Disease of Farmed and Wild Fish*, Third (Revised) Edition, Praxis Publishing Chichester, U.K., 457.
- Baldissera, M.D., Souza, C. F., Doleski, P.H., Júnior, G.B., de Vargas, A.C., & Baldisserotto, B., (2016). Involvement of cholinergic and purinergic systems during the inflammatory response caused by *Aeromonas hydrophilla* in *Rhamdia quelen*. *Microbial Pathogenesis*, 99, 78-82.
- Çağırğan, H., (1993). Kültürü yapılan çipura ve levrek balıklarında görülen bakteriyel hastalıkların teşhis ve tedavileri. Doktora Tezi. Ege Üniversitesi, İzmir.

- Chatonnet A. & Lockridge O. (1989) Comparision of butyrylcholinesterase and Acetylcholin esterase. *Biochemical Journal*, 260, 625- 634.
- Ekhholm, M. (2001). Predicting relative binding free energies as substrate and inhibitors of acetyl- and butyrylcholinesterase. *Journal of Molecular Structure: THEOCHEM*, 572, 25-34.
- Ellman, G.L., Courtney, K.D. & Andres, V.J., (1961). A New and Rapid Colorimetric Determination of Acetylcholinesterase Activity. *Biochemical Pharmacology*, 7, 88-95.
- Kumar, P.Jainb . K.K. & Sardar, P., (2018). Effects of dietary synbiotic on innate immunity, antioxidant activity and disease resistance of *Cirrhinus mrigala* juveniles, *Fish and Shellfish Immunology*, 80, 124–132.
- Kurt, F., (2019). Farklı Bakteriyel Hastalık Etkenlerine Maruz Kalmış Gökkuşığı Alabalıklarında Oluşan DNA Hasarı ve Antioksidan Düzeylerindeki Değişimlerin İncelenmesi Yüksek Lisans Tezi. Yüzüncü Yil Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Anabilim Dalı. Aralık 2019, 77.
- Massoulié, J., Pezzementi, L., Bon, S., Krejci, E. & Valette, F.M. (1992). Molecular and cellular biology of cholinesterases. *Neurobiology*, 41, 31-91.
- Öktener, A. (2003). A Checklist of Metazoan Parasites Recorded in Freshwater Fish from Turkey. *Zootaxa*, 394, 1–28.
- Souza, C.F., Baldissera, M.D., Santos, R.C.V., Raffin, R.P. & Baldisserotto, B., (2017). Nanotechnology improves the therapeutic efficacy of *Melaleuca alternifolia* essential oil in experimentally infected *Rhamdia quelen* with *Pseudomonas aeruginosa*. *Aquaculture*, 473, 169-171.
- Tanrikul, T., Çağırğan, H. & Tokşen, E., (1997). Bacterial Fish Diseases. *Journal of the Veterinary Control and Research Institute*, Bornova, 20, 105- 27.
- Tarnecki, A.M., Rhody, N.R., Walsh, C.J., (2018). Health Characteristics and Blood Bacterial Assemblages of Healthy Captive Red Drum: Implications for Aquaculture and Fish Health Management. *Journal of Aquatic Animal Health*, 30, 339–353.
- Tougu V. (2001). Acetylcholinesterase: Mechanism of catalysis and inhibition. *Curr. Journal of Medicinal Chemistry*, 1, 155-170.
- Yeltekin, A.Ç. & Oğuz, A.R. (2018). Antioxidant responses and DNA damage in primary hepatocytes of Van fish (*Alburnus tarichi*, Gùldenstadt 1814) exposed to nonylphenol or octylphenol. *Drug and Chemical Toxicology*, 41, 415.
- Yeltekin, A.Ç. (2018). Comparison of Toxic Metal, Trace Element and Macro Element Levels in Trout Cultivated in Latvia and Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (10), 7039-7044.
- Yeltekin, A. Ç. , Karapinar, Z., & Mis, L., (2018). The changes in the levels of elements in sheep with Contagious Ecthyma. *Indian Journal Of Animal Research*, 52: 56-60.



Determination of the Potential Biogas Energy Value of Animal Wastes: Case of Antalya

Atılğan Atılğan¹, Burak Saltuk^{2*}, Hasan Ertop³, Ercüment Aksoy⁴

¹ Isparta University of Applied Sciences, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structure and Irrigation, Isparta, Turkey (ORCID: 0000-0003-2391-0317), atilganatilgan01@gmail.com

^{2*} Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystem Engineering, Siirt, Turkey, (ORCID: 0000-0001-8673-9372), bsaltuk@gmail.com

³ Ardahan Directorate of Provincial Agriculture and Forestry Ardahan, Turkey, (ORCID: 0000-0003-0987-5885), hasanertop@hotmail.com

⁴ Akdeniz University, Vocational School of Technical Sciences, Antalya, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7313-0891), ercumentaksoy@akdeniz.edu.tr

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.844631)

ATIF/REFERENCE: Atılğan, A., Saltuk, B., Ertop, H., Aksoy, E., (2021). Determination of the Potential Biogas Energy Value of Animal Wastes: Case of Antalya. *European Journal of Science and Technology*, (22), 263-272.

Abstract

Increasing the world population will increase the demand for new energy sources in the future. Waste generated as a result of agricultural activities can be considered as a sustainable energy source. Animal manure that occurs from livestock activities can be shown as an energy source if managed properly. Antalya province and its region, where agriculture and tourism are intense, have been chosen as the study area. In the study, taking into account the data of Turkey Statistical Institute in 2019, for cattle animal breeding the numbers of dairy and beef cattle; for ovine animal breeding the numbers of sheep and goats; for poultry, the numbers of laying hen, turkeys, geese and duck were evaluated. Manure amounts and potential biogas energy values were calculated considering the animal numbers of Antalya province in 2019. The amount of electricity and natural gas energy that can be obtained in this potential biogas energy is also calculated. The obtained results are compared with the relevant literature and calculations are made for the existing biogas potential. As a result of the research, it was calculated that the amount of manure that can be obtained from animal waste in Antalya province could be 3,821.86 million kg and the potential biogas energy could be 45.57 million MJ. It has been calculated that the total amount of biogas that can be obtained is equivalent to approximately 253.23 million kWh of electrical energy or 43.90 million m³ of natural gas energy. As a result, considering the energy need of Antalya province, it can be said that an economic gain can be achieved by utilizing animal wastes for energy production.

Keywords: Antalya, Animal waste, Biogas energy, Cattle, Sheep

Hayvansal Atıkların Potansiyel Biyogaz Enerji Değerinin Belirlenmesi: Antalya Örneği

Öz

Dünya nüfusunun artması gelecekte yeni enerji kaynaklarına olan talebi artıracaktır. Tarımsal faaliyet sonucu ortaya çıkan atıklar sürdürülebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir. Hayvancılık faaliyetleri sonucu ortaya çıkan hayvan gübresi uygun yönetilirse birer enerji kaynağı olarak gösterilebilir. Bu amaçla tarımın ve turizmin yoğun olduğu Antalya ili araştırma alanı olarak seçilmiştir. Araştırmada Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2019 yılları verileri dikkate alınarak, süt sığırları ve et sığırları varlığı büyükbaş; koyun ve keçi varlığı küçükbaş, yumurta tavuğu, hindi, kaz ve ördek varlığı ise kanatlı olarak değerlendirilmeye alınmıştır. Antalya ilinin 2019 yılına ait hayvan sayıları göz önüne alınarak gübre miktarları ile potansiyel biyogaz enerji değerleri hesaplanmıştır. Bu potansiyel enerjiden elde edilebilecek elektrik ve doğal gaz enerji miktarları da hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar, konuyla ilgili literatür bilgileri ile kıyaslanarak mevcut biyogaz potansiyeli için hesaplamalar yapılmıştır. Araştırma sonucunda, Antalya ilindeki hayvansal atıklardan elde edilebilecek gübre miktarının 3.821,86 milyon kg ve potansiyel biyogaz enerjisinin ise 45.57 milyon MJ olabileceği hesaplanmıştır. Toplam elde edilebilecek biyogaz miktarının yaklaşık 253.23 milyon kWh elektrik enerjisine ya da 43.90 milyon m³ doğalgaz enerjine eşdeğer olduğu hesaplanmıştır. Sonuç olarak Antalya ilinin enerji ihtiyacı göz önüne alındığında hayvansal atıkların enerji üretimi için değerlendirilmesi ile ekonomik bir kazanım sağlanabileceği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Antalya, Hayvansal atık, Biyogaz enerjisi, Sığır, Koyun

* Corresponding Author: bsaltuk@gmail.com

1. Introduction

The rapid increase in the world population and the continuous decrease in the available energy resources require some measures to be taken in order to ensure that limited natural resources are sufficient for humanity. This process has made it necessary to restrict the use of natural resources and seek new resources instead of them (Nacar Koçer et al., 2006; Jiang et al., 2011).

In the 21st century, the need for energy is increasing day by day with the developments in people's living standards. One of the most important indicators of developed countries is the amount of energy consumed per capita (Ulusoy et al., 2009; Ergüneş et al., 2009). The world population needs new and renewable energy sources to combat global warming, to close the energy gap and to solve environmental problems. Today, all countries are working to minimize these problems and turning towards renewable energy sources (Korkmaz et al., 2012). One of the energy resources within renewable energy sources is biogas. Biogas technology, which enables organic wastes that cause environmental and health problems to be made harmless through certain processes and converted into energy, has an important place in the renewable energy sector (Çağlayan and Koçer, 2014).

Animal and plant wastes that are not used in biogas production in our country are mostly either directly burned or given to agricultural land as fertilizer. However, it is more common to use waste in heat production by burning. In this way, the desired quality of heat cannot be produced, and it is not possible to use the wastes as fertilizers after heat generation (Koçer et al., 2006). Efficient use of energy in agriculture will minimize environmental problems and prevent the destruction of natural resources (Erdal et al., 2007; Inci et al., 2016).

Biogas energy production among renewable energy sources in the direction of developing technology and increasing population needs can be applied in areas where animal breeding facilities are carried out. In case of animal wastes reaching underground and surface water resources for biogas production, water pollution will occur. Therefore, the properly storage of wastes on animal barns and transfer to biogas plants may remove the potential negative effects on water resources (Ertop et al, 2018a).

In a study carried out in the Euphrates basin (Adiyaman, Sanliurfa, Gaziantep and Kilis) the appropriate biogas production sites were tried to be determined using the ARCMAP 10 software according to the given number of cattle and their wet manure production values. To this end, the regions, where the number of animals is high, are identified as the areas suitable or unsuitable for potential biogas production. In the study area, it was determined that the potential biogas energy of 862863.7 MJ or electricity energy of 239684.4 kWh would be obtained from approximately 2061883.4 tonnes of animal waste per year. It was determined that these values were equal to an amount of the annual energy capacity needs of 103 houses (Saltuk et al, 2017).

Gases originating from organic matter, called biogas, can be obtained from many different sources. One of them is animal manure consisting of organic matter. For this reason, the potential of obtaining biogas energy from manure is quite high. Methane from manure is released during the anaerobic decay of organic matter. The higher the amount of animal manure, the higher the amount of organic matter in it and therefore the higher the methane emission (Ersoy, 2017). Animal manure is an important raw material for biogas production (Salihoğlu et al., 2019). As can

be understood from literature researches, biogas, which has a great return potential especially for the national economy, has a very important place in terms of environmental sensitivity. Türe et al. (1994) and Demirbaş (2001) cited that Turkey 85% of the waste used in biogas production is expressed from animal manure. Biogas, a colorless and odorless gas, consists of 40-60% methane-weighted carbon dioxide, sulfur and nitrogen gas by fermenting organic wastes. (Kılıç, 2007; Yürük Erdoğmuş, 2015).

In a study carried out Tigris basin (Diyarbakir, Mardin, Batman, Siirt and Sirnak). The potential pollution impacts of the cattle breeding enterprises in the research area on the Batman, Botan, Garzan and Tigris Rivers were examined. In this context, the borders of the research provinces and current water resources were drawn with ARCMAP 10.0 software by making geographical adjustments. It was found that the water resources, particularly in the villages of Batman and Diyarbakir provinces, faced a higher risk of contamination. Furthermore, attention was drawn to the issue of environmental pollution caused by animal manure, and the measures to be taken not to experience these and similar situations were mentioned. (Atilgan et al, 2016).

In our country, which has a significant number of animals, if the utilizable animal wastes are used for biogas production, it will be possible to contribute partially to both preventing environmental problems and reducing the problems related to energy consumption and energy use (Bramley et al., 2011; Polatci et al., 2016).

The aim of this study is to determine the biogas production potential of the manure that can be obtained from these animals by using the cattle, ovine and poultry numbers of Antalya province and its districts and to draw them with the help of an ArcGIS map program

2. Material and Method

The research covers the Antalya province and its districts located in the Mediterranean Region. The land border of Antalya, one of the most important cities in the Mediterranean Region, is the Taurus mountain range. Three sides of the province's lands are surrounded by high mountains. The highest mountain is Beydağı (3085m) and Akdağ (3075m). All of these mountains are called the Southern Taurus Mountains. There are plains in the north of the coastline extending from Eşen Stream in the west to Kaledron (Kaldıran) Stream in the east. The main rivers within the provincial borders are Alara Stream, Dimçay, Manavgat River, Köprüçay, Eşençay and Devrense Stream (Anonymous, 2020a).

In the study, taking into account the data of Turkey Statistical Institute (TUIK) in 2019, for cattle animal breeding the numbers of dairy and beef cattle; for ovine animal breeding the numbers of sheep and goats; For poultry, the numbers of laying hen, turkeys, geese and duck were evaluated. The numbers of all animals are compiled directly by the Ministry of Agriculture and Forestry (MAF) in the district detail through the Statistical Data Network (SDN) system. SDN is a data entry system established within MAF, and data are entered into this system electronically by responsible personnel in MAF provincial and district organizations. As a result of these data, the potential biogas amount that can be obtained for Antalya province and the equivalent levels of this biogas with other energy sources used were calculated. In determining the potential of manure and biogas that can be obtained from animals, manure production per unit animal, dry matter content, volatile dry matter content, values

of the methane production rate of the manure and the usability of the manure values were calculated according to (Ekinici et al, 2010).

$$AM \left(\frac{kg}{year} \right) = AN * DMP \left(\frac{kg}{day - animal} \right) * 365(day)$$

Here:

AM: Animal manure amount (kg/year)

AN: Animal number

DMP: Daily manure production per animal (kg/day-animal)

$$BE(MJ) = AM * DM(\%) * VDM(\%) * MPR(m^3 CH_4/kg)$$

Here:

BE: Amount of biogas energy available (MJ)

DM: Dry matter content (%)

VDM: Volatile Dry Matter content (%)

MPR: Methane Production Rate (m³ CH₄/kg)

It has been tried to compare the potential biogas that can be obtained in the research area with the other energy sources used today. (Zan Sancak et al., 2014), (Baran et al., 2017) and (Ertop et al., 2018b) stated that the amount of energy obtained from biogas is equivalent to 0.63 liters of gas oil, 3.47 kg of wood, 0.43 kg of butane gas, 4.7 kWh of electricity and 0.8 liters of gasoline. Deviren et al., (2017) stated that 1 m³ biogas can be generate energy from 0.62 m³ natural gas in return for thermal energy. These values have been taken into account when comparing the energy that can be obtained from annual biogas with other energy sources.

Table 1. The amount and properties of animal manure accepted for the biogas process (Ekinici et al., 2010)

Type of animal	Manure production per animal (kg/animal-day)	DM (dry matter content) (%)	Specific methane production rate (m ³ CH ₄ /kg VS)	VDM (Volatile dry matter content) (%)	The ratio of collectable animal manure
Dairy cattle	43,00	13,95	0.18	83,36	0,50
Beef cattle	29,00	14,66	0.33	84,65	0,50
Sheep	2,40	27,50	0.30	83,63	0,13
Goats	2,05	31,71	0.30	73,06	0,13
Laying hen	0,13	25,00	0.35	75,00	0,13
Turkeys	0,38	25,53	0.35	75,83	0,26
Duck and geese	0,33	28,18	0.35	61,28	0,22

3. Results

It is known that the tourism potential of Antalya province is quite high. Tourism increases the meat and milk consumption of the region especially in the summer months. Therefore, it is known that the livestock potential of the region increases day by day. While the increase in the number of animals satisfies the producers, the negative environmental wastes that may arise make the authorities think. However, the use of these wastes as biogas energy will both turn into environmental benefits and provide income to producers as a gain. With this study, the animal husbandry data and literature information of the region were formulated and the biogas potential based on province and

district was calculated, and potential biogas areas were shown on the map with the help of ArcGIS program.

The Mediterranean climate is dominant in the province of Antalya and its districts, and it is known that a large part of the research area has a hot climate seasonally. Therefore, it is anticipated that all biogas produced can be used as an energy source, as the biogas plants to be established may require no heating in many months of the year or very little heating in some months. The potential amount of manure and biogas amounts that can be obtained from dairy cattle in Antalya Province are given in Table 2.

Table 2. Manure and potential biogas energy amounts that can be obtained from dairy cattle

District	Animal numbers	Available manure amount (kg)	Available biogas energy amount (MJ)
Akseki	991	15553745	162783,13
Aksu	4342	68147690	713223,37
Alanya	10058	157860310	1652142,01
Demre	415	6513425	68168,52
Döşemealtı	12101	189925195	1987728,22
Elmalı	9766	153277370	1604177,66
Finike	566	8883370	92972,00
Gazipaşa	5419	85051205	890132,98
Gündoğmuş	1006	15789170	165247,05
İbradı	2514	39457230	412953,37
Kaş	4208	66044560	691212,33

Kemer	677	10625515	111205,02
Kepez	4916	77156620	807509,46
Konyaaltı	1311	20576145	215346,81
Korkuteli	20772	326016540	3412039,55
Kumluca	1161	18221895	190707,58
Manavgat	16565	259987675	2720991,49
Muratpaşa	551	8647945	90508,08
Serik	7632	119784240	1253643,65
Total	104971	1647519845	17242692,28

When Table 2 is examined, it is seen that the total potential amount of manure that can be obtained from dairy cattle is 647519845 kg per year and 19,79% of this manure is in Korkuteli district, followed by Manavgat district with 15,78%. Similarly, it has been determined that the total potential biogas energy that can be obtained from dairy cattle is 17242692,28 MJ per year, followed by Korkuteli district with 19.79% and the Manavgat district with 15,78%. As can be understood from all these data, Korkuteli district in the north of Antalya Province is one of the important districts of Antalya in terms of animal breeding. In the

region, dairy cattle breeding is preferred because of the long production period and the variety of products. Enterprises on milk and dairy products operate in the organized industrial zone in the region (Anonymous, 2019a). 87008 cattle are grown in the fattening enterprises established to meet the beef needs of the region, and 66 enterprises throughout the province are producing (Anonymous, 2019b). Potential manure and biogas amounts that can be obtained from beef cattle in the research area are given in Table 3.

Table 3. Manure and potential biogas energy amounts that can be obtained from beef cattle

District	Animal numbers	Available manure amount (kg)	Available biogas energy amount (MJ)
Akseki	673	7123705,00	145864,90
Aksu	3532	37386220,00	765519,81
Alanya	6527	69088295,00	1414651,13
Demre	248	2625080,00	53751,11
Döşemealtı	15094	159769990,00	3271448,48
Elmalı	8111	85854935,00	1757964,66
Finike	360	3810600,00	78025,80
Gazipaşa	2966	31395110,00	642845,91
Gündoğmuş	713	7547105,00	154534,44
İbradı	1695	17941575,00	367371,48
Kaş	2344	24811240,00	508034,66
Kemer	383	4054055,00	83010,78
Kepez	4495	47579575,00	974238,83
Konyaaltı	1076	11389460,00	233210,45
Korkuteli	16801	177838585,00	3641420,82
Kumluca	796	8425660,00	172523,72
Manavgat	13095	138610575,00	2838188,54
Muratpaşa	521	5514785,00	112920,67
Serik	7578	80213130,00	1642443,13
Total	87008	920979680,00	18857969,34

When Table 3 is examined, it is seen that the total amount of potential manure that can be obtained from beef cattle is 920979680 kg per year and 19,31% of this manure is in Korkuteli district and this is followed by the district of Döşemealtı with 17,34%. Similarly, it has been determined that the total potential

biogas energy that can be obtained from beef cattle is 18857969,34 MJ per year and 19,31% is in Korkuteli district, followed by Döşemealtı district with 17,34%. Potential manure and biogas amounts that can be obtained from sheep in the research area are given in Table 4.

Table 4. Manure and potential biogas energy amounts that can be obtained from sheep

District	Animal numbers	Available manure amount (kg)	Available biogas energy amount (MJ)
Akseki	2384	2088384	18731,38
Aksu	23013	20159388	180815,95
Alanya	21923	19204548	172251,69
Demre	3257	2853132	25590,65
Döşemealtı	26517	23228892	208347,31
Elmalı	76780	67259280	603269,84
Finike	3490	3057240	27421,36
Gazipaşa	11450	10030200	89964,05
Gündoğmuş	6412	5616912	50379,87
İbradı	4445	3893820	34924,91
Kaş	27890	24431640	219135,14
Kemer	2790	2444040	21921,37
Kepez	16344	14317344	128416,80
Konyaaltı	8608	7540608	67634,11
Korkuteli	103270	90464520	811405,00
Kumluca	5502	4819752	43229,89
Manavgat	108510	95054760	852576,32
Muratpaşa	3496	3062496	27468,50
Serik	64745	56716620	508709,37
Total	520826	456243576	4092193,49

When Table 4 is examined, it is seen that the total amount of potential manure that can be obtained from sheep is 456243576 kg per year and 20,83% of this manure is in Manavgat district, followed by Korkuteli district with 19,28%. Similarly, it has been determined that the total potential biogas energy that can be

obtained from sheep is 4092193,49 MJ per year, followed by Manavgat district with 20,83% and Korkuteli district with 19,28%. Potential manure and biogas amounts that can be obtained from goats in the research area are given in Table 5.

Table 5. Manure and potential biogas energy amounts that can be obtained from goats

District	Animal numbers	Available manure amount (kg)	Available biogas energy amount (MJ)
Akseki	33473	25046172,25	226298,61
Aksu	7442	5568476,50	50312,62
Alanya	37565	28108011,25	253963,11
Demre	27895	20872433,75	188587,81
Döşemealtı	39692	29699539,00	268342,97
Elmalı	108223	80977859,75	731655,79
Finike	25685	19218801,25	173646,81
Gazipaşa	30955	23162078,75	209275,34
Gündoğmuş	28343	21207649,75	191616,57
İbradı	15923	11914384,75	107649,53
Kaş	66750	49945687,50	451272,13
Kemer	6680	4998310,00	45161,02
Kepez	16600	12420950,00	112226,48
Konyaaltı	17811	13327080,75	120413,60
Korkuteli	109280	81768760,00	738801,77
Kumluca	21285	15926501,25	143900,03
Manavgat	133800	100115850,00	904572,45
Muratpaşa	1979	1480786,75	13379,29
Serik	23428	17530001,00	158388,07
Total	752809	563289334,25	5089463,98

When Table 5 is examined, it is seen that the total potential amount of manure that can be obtained from goats is 563289334,25 kg per year and 17,77% of this manure is in

Manavgat district, followed by Korkuteli district with 14,52%. Potential manure amount and biogas quantities that can be obtained from laying hen in the research area are given in Table 6.

Table 6. Manure and potential biogas energy amounts that can be obtained from laying hen

District	Animal numbers	Available manure amount (kg)	Available biogas energy amount (MJ)
Akseki	3400	161330,00	1376,35
Aksu	16025	760386,25	6487,05
Alanya	32050	1520772,50	12974,09
Demre	9943	471795,35	4025,00
Döşemealtı	39000	1850550,00	15787,50
Elmalı	18000	854100,00	7286,54
Finike	11550	548047,50	4675,53
Gazipaşa	52600	2495870,00	21292,89
Gündoğmuş	5450	258602,50	2206,20
İbradı	779	36963,55	315,35
Kaş	27600	1309620,00	11172,70
Kemer	20500	972725,00	8298,56
Kepez	8900	422305,00	3602,79
Konyaaltı	15000	711750,00	6072,12
Korkuteli	155000	7354750,00	62745,21
Kumluca	4255	201899,75	1722,46
Manavgat	48000	2277600,00	19430,78
Muratpaşa	895	42467,75	362,30
Serik	65301	3098532,45	26434,35
Total	534248	25350067,60	216267,76

When Table 6 is examined, it is seen that the total potential manure amount that can be obtained from laying hens is 25350067,60 kg per year and 29,01% of this manure is in Korkuteli district, followed by Serik district with 12,23%. Similarly, it has been determined that the total potential biogas

energy that can be obtained from laying hen is 216267,76 MJ per year and 29,01% of it is located in Korkuteli district, followed by Serik district with 12,23%. The potential amount of manure and biogas amounts that can be obtained from geese, turkeys and duck in the study area are given in Table 7.

Table 7. Manure and potential biogas energy amounts that can be obtained from geese, turkeys and duck

District	Type of animals	Animal Numbers	Available manure amount (kg)	Available biogas energy amount (MJ)
Akseki	Turkeys	180	24966,00	439,83
	Duck and Geese	74	8913,30	118,52
Aksu	Turkeys	258	35784,60	630,42
	Duck and Geese	251	30232,95	402,00
Alanya	Turkeys	190	26353,00	464,26
	Duck and Geese	217	26137,65	347,55
Demre	Turkeys	28	3883,60	68,42
	Duck and Geese	-	-	-
Döşemealtı	Turkeys	-	-	-
	Duck and Geese	320	38544,00	512,52
Elmalı	Turkeys	12500	1733750,00	30543,57
	Duck and Geese	500	60225,00	800,81
Finike	Turkeys	730	101251,00	1783,74
	Duck and Geese	520	62634,00	832,84
Gazipaşa	Turkeys	315	43690,50	769,70
	Duck and Geese	557	67090,65	892,10
Gündoğmuş	Turkeys	-	-	-
	Duck and Geese	-	-	-
İbradı	Turkeys	-	-	-
	Duck and Geese	-	-	-
Kaş	Turkeys	319	44245,30	779,47
	Duck and Geese	195	23487,75	312,31
Kemer	Turkeys	350	48545,00	855,22

	Duck and Geese	525	63236,25	840,85
Kepez	Turkeys	340	47158,00	830,78
	Duck and Geese	430	51793,50	688,69
Konyaaltı	Turkeys	250	34675,00	610,87
	Duck and Geese	540	65043,00	864,87
Korkuteli	Turkeys	5300	735110,00	12950,47
	Duck and Geese	2580	310761,00	4132,16
Kumluca	Turkeys	201	27878,70	491,14
	Duck and Geese	152	18308,40	243,45
Manavgat	Turkeys	275	38142,50	671,96
	Duck and Geese	440	52998,00	704,71
Muratpaşa	Turkeys	50	6935,00	122,17
	Duck and Geese	391	47095,95	626,23
Serik	Turkeys	2102	291547,40	5136,21
	Duck and Geese	1806	217532,70	2892,51
Total	Turkeys	23388	3243915,60	57148,23
	Duck and Geese	9498	1144034,10	15212,11
	Turkeys, Duck and Geese	32886	4387949,70	72360,34

When Table 7 is examined, it is seen that the total potential amount of manure that can be obtained from turkey, geese and duck is 4387949,70 kg per year and 40,88% of this manure is in Elmalı district, followed by Korkuteli district with 23,84%. Similarly, it has been determined that the total potential biogas energy that can be obtained from turkeys, geese and duck is

72360,34 MJ per year and 43,32% of it is located in Elmalı district, followed by Korkuteli district with 23,61%. The potential manure amount and biogas quantities that can be obtained based on the presence of cattle, ovine and poultry in Antalya province are given in Table 8.

Table 8. Potential manure and biogas amount that can be obtained in Antalya province

District	Cattle		Ovine	
	Manure amount (kg)	Available biogas energy amount (MJ)	Manure amount (kg)	Available biogas energy amount (MJ)
Akseki	226774450	308648,03	27134556,25	245029,99
Aksu	105533910	1478743,18	25727864,50	231128,57
Alanya	226948605	3066793,14	47312559,25	426214,80
Demre	9138505	121919,63	23725565,75	214178,46
Döşemealtı	349695185	5259176,70	52928431,00	476690,28
Elmalı	239132305	3362142,32	148237139,80	1334925,63
Finike	12693970	170997,80	22276041,25	201068,17
Gazipaşa	116446315	1532978,89	33192278,75	299239,39
Gündoğmuş	23336275	319781,49	26824561,75	241996,44
İbradı	57398805	780324,85	15808204,75	142574,44
Kaş	90855800	1199246,99	74377327,50	670407,27
Kemer	14679570	194215,80	7442350,00	67082,39
Kepez	124736195	1781748,29	26738294,00	240643,28
Konyaaltı	31965605	448557,26	20867688,75	188047,71
Korkuteli	503855125	7053460,37	172233280,00	1550206,77
Kumluca	26647555	363231,30	20746253,25	187129,92
Manavgat	398598250	5559180,03	195170610,00	1757148,77
Muratpaşa	14162730	203428,75	4543282,75	40847,79
Serik	199997370	2896086,78	74246621,00	667097,44

District	Poultry		Total (Cattle+ Ovine+Poultry)	
	Manure amount (kg)	Available biogas energy amount (MJ)	Manure amount (kg)	Available biogas energy amount (MJ)
Akseki	195209,30	1934,70	254104215,55	555612,72
Aksu	826403,55	7519,47	132088178,05	1717391,22
Alanya	1573263,15	13785,90	275834427,40	3506793,84
Demre	475678,95	4093,42	33339749,70	340191,51
Döşemealtı	1889094,00	16300,02	404512710,00	5752167,00
Elmalı	2648075,00	38630,92	390017519,80	4735698,87
Finike	711932,50	7292,11	35681943,75	379358,08
Gazipaşa	2606651,15	22954,69	152245244,90	1855172,97
Gündoğmuş	258602,50	2206,20	50419439,25	563984,13
İbradı	36963,55	315,35	73243973,30	923214,64
Kaş	1377353,05	12264,48	166610480,55	1881918,74
Kemer	1084506,25	9994,63	23206426,25	271292,82
Kepez	521256,50	5122,26	151995745,50	2027513,83
Konyaaltı	811468,00	7547,86	53644761,75	644152,83
Korkuteli	8400621,00	79827,84	684489026,00	8683494,98
Kumluca	248086,85	2457,05	47641895,10	552818,27
Manavgat	2368740,50	20807,45	596137600,50	7337136,25
Muratpaşa	96498,70	1110,70	18802511,45	245387,24
Serik	3607612,55	34463,07	277851603,55	3597647,29

When table 8 is examined, it is seen that the total amount of potential manure that can be obtained in Antalya province is 3821867452,35 kg per year and 17,91% of this manure is in Korkuteli district, followed by Manavgat district with 15,60%. Similarly, it has been determined that the total potential biogas

energy that can be obtained in Antalya is 45570947,23 MJ per year and 19,05% of it is located in Korkuteli district, followed by Manavgat district with 16,10%. The equivalent of the potential annual biogas energy of Antalya in the our energy resources we use is given in Table 9.

Table 9. Equivalence of biogas that can be produced in Antalya province in other energies

District	Gas oil (L)	Wood (kg)	LPG (kg)	Gasoline (L)	Electricity (KWh)	Natural gas (m ³)
Akseki	350036,01	1927976,14	238913,47	444490,18	2611379,78	344479,89
Aksu	1081956,47	5959347,53	738478,22	1373912,98	8071738,73	1064782,56
Alanya	2209280,12	12168574,62	1507921,35	2805435,07	16481931,05	2174212,18
Demre	214320,65	1180464,54	146282,35	272153,21	1598900,10	210918,74
Döşemealtı	3623865,21	19960019,49	2473431,81	4601733,60	27035184,90	3566343,54
Elmalı	2983490,29	16432875,08	2036350,51	3788559,10	22257784,69	2936133,30
Finike	238995,59	1316372,54	163123,97	303486,46	1782982,98	235202,01
Gazipaşa	1168758,97	6437450,21	797724,38	1484138,38	8719312,96	1150207,24
Gündoğmuş	35530,82	195701,51	24251,20	45118,50	265071,21	349670,17
İbradı	5816295,22	32035784,80	3969852,30	7385771,71	43391408,81	5723973,08
Kaş	1185608,81	6530258,03	809225,06	1505534,99	8845018,08	11663389,62
Kemer	170914,48	941386,09	116655,91	217034,26	1275076,25	168201,55
Kepez	1277333,71	7035472,99	871830,95	1622011,06	9529315,00	1257058,57
Konyaaltı	405816,28	2235210,32	276985,72	515322,26	3027518,30	399374,75
Korkuteli	5470601,84	30131727,58	3733902,84	6946795,98	40812426,41	5383766,89
Kumluca	348275,51	1918279,40	237711,86	442254,62	2598245,87	342747,33
Manavgat	4622395,84	25459862,79	3154968,59	5869709,00	34484540,38	4549024,48
Muratpaşa	154593,96	851493,72	105516,51	196309,79	1153320,03	152140,09
Serik	2266517,79	12483836,10	1546988,33	2878117,83	16908942,26	2230541,32
Total	33944366,75	186963416,89	23168377,31	43103957,78	253235751,98	43902167,31

When Table 9 is examined, it is seen that the amount of biogas that can be obtained per year is equivalent to approximately 253,2 million kWh of electrical energy. According to TEDAŞ (Turkey's electricity distribution corporation) electricity pricing for October 2019, the residential consumption price of electricity in kWh is 0,366 TL (Anonymous, 2020b). It has been determined that a total of 253235751,98 kWh of electrical energy can be obtained from biogas in Antalya. It has been calculated that the annual economic gain of electrical energy production from biogas to Antalya is 92684285,22 TL. According to the data of 2019, an energy consumption of 8574815390 kWh was realized in Antalya (Anonymous, 2020c). Considering the electricity production

potential, it has been determined that Antalya province can meet 2,95% of the electricity consumed by its own resources. By the end of 2019, the average unleaded gasoline price in Antalya is 7.19 (TL/L) (Anonymous, 2020d). Considering the equivalent value of the energy that can be obtained in Antalya province with gasoline energy, an economic gain of 309917456,44 TL can be obtained. The natural gas consumption amount in 2019 in Antalya was 740020000 m³ (Anonymous, 2020e). However, it can be thought that a heat energy equivalent to 43902167,31 m³ natural gas can be obtained in Antalya and 5,93 % of the natural gas consumption of the province can be provided by its own resources.

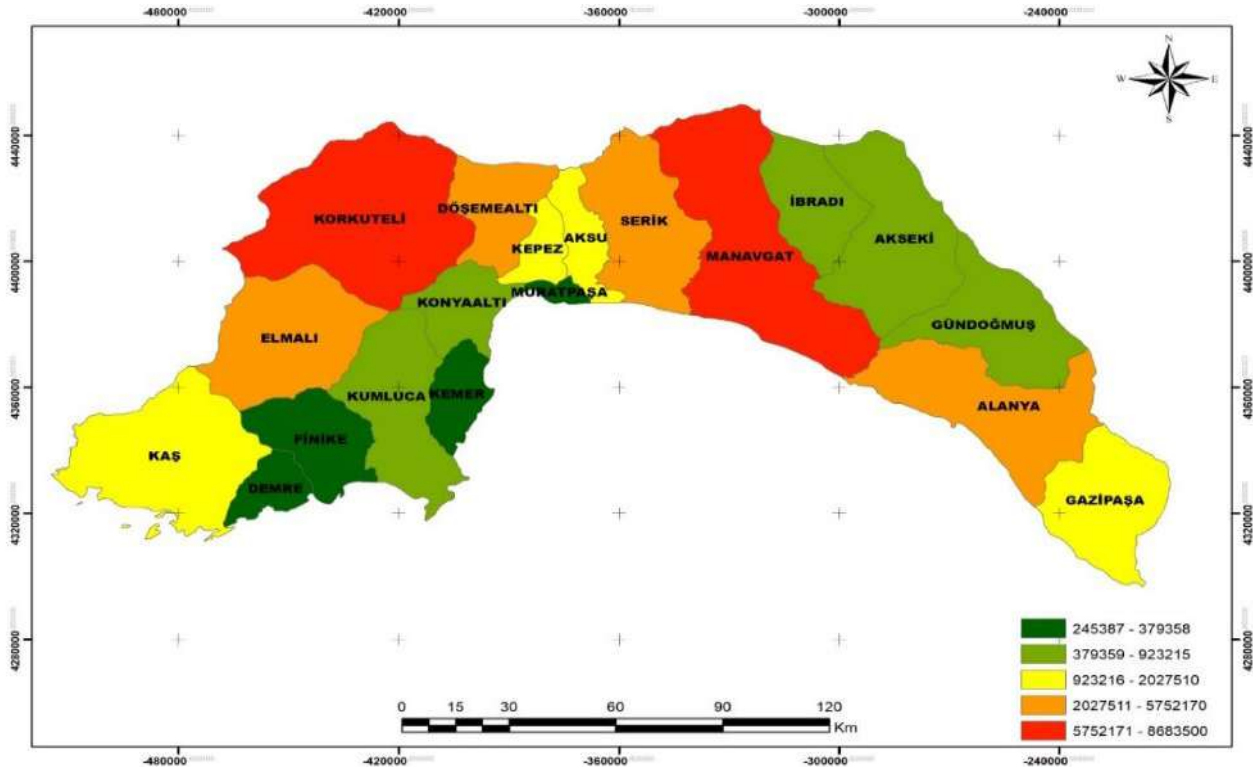


Figure 1. Biogas energy levels that can be obtained from animal waste in Antalya province

When Figure 1 is examined; It is seen that the districts of Manavgat and Korkuteli have the highest energy level and the districts with the lowest energy level are Demre, Kemer, Finike and Muratpaşa. The high energy levels of Manavgat and Korkuteli districts can be explained by the intense animal husbandry activities in rural areas. Due to the geographical location of the town of Manavgat, tourism activities are intense, however, its high energy value can be explained by the intense animal husbandry activities in its rural areas. The high energy level of Korkuteli district can be explained as its geographical location and climatic conditions have more favorable conditions for animal husbandry than other districts. The fact that the tourism activities and greenhouse cultivation of Demre, Kemer and Finike districts are at the forefront may explain the low energy levels in these districts. The reason for the low energy level of the Muratpaşa district can be shown because of the limited livestock activities since Antalya is the central district.

Conclusions

It is thought that determining the potential amount of biogas energy that can be obtained from cattle, ovine and poultry animal

wastes of Antalya province can provide convenience for energy investments that can be planned in districts. The amount of biogas energy that can be obtained from total animal manure has been determined as 45570947,23 MJ per year. It has been concluded that the highest production amount of biogas energy is in Korkuteli district with an annual potential of 8683494,98 MJ and the lowest biogas energy production potential is in Muratpaşa district with 245387,24 MJ. In addition, the energy equivalent values have been found by comparing the biogas energy that can be obtained with other energy sources used as energy sources today. It has been concluded that 16481931,05 kWh of electricity can be obtained in Alanya and 22257784,69 kWh in Elmalı from biogas energy that can be obtained from total animal manure, similarly, equivalent energy can be obtained in 2805435,07 L gasoline Alanya and 3788559,10 L gasoline in Elmalı. When the total number of animals in Antalya is examined, priority should be given to these districts in a biogas plant project that can be built, since the animal presence of Korkuteli and Manavgat is higher than other districts. As a result, it can be said that an economic gain can be achieved by utilizing the animal wastes that will arise in Antalya province for energy production.

References

- Anonymous, 2019a. Antalya Organized Industrial Zone official website. Food industry manufacturers <https://www.antalyaosb.org.tr/tr/sektor/gida/9> Accessed date: 11.07.2020
- Anonymous, 2019b. Antalya Provincial Directorate of Agriculture and Forestry Briefing Report https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/TARYAT/Belgeler/il_y_atirim_rehberleri/antalya.pdf Accessed date: 11.07.2020
- Anonymous, 2020a. Geographical Features of Antalya Province. <http://www.cografya.gen.tr/tr/antalya/> Accessed date: 16.09.2020
- Anonymous, 2020b. Turkey Electricity Distribution Company Retail Price List https://www.tedas.gov.tr/sx.web.docs/tedas/docs/elektriktarif_eleri/2019Ekim_Elektriktarifeleri.pdf Accessed date: 01.09.2020
- Anonymous 2020c. Energy Market Regulatory Authority 2019 Electricity Market Sector Report. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24/yearlik-sektor-raporu> Accessed date: 01.07.2020
- Anonymous, 2020d. Turkey Petrol Price List <https://www.kisa.link/O8JH> Accessed date: 01.07.2020
- Anonymous, 2020e. Turkey Natural Gas Distributors' Association (GAZBIR). Natural Gas Distribution Industry Report for 2019. <https://www.kisa.link/O8JI> Accessed date: 15.07.2020
- Atilgan, A., Saltuk, B., Oz, H., & Artun, O., 2016. Management of Manure from Livestock Housing in Tigris Basin and Its Environmental Potential Impact. 15th International Scientific Conference on Engineering for Rural Development (Pp.517-522). Jelgava, Latvia
- Baran, MF., Lüle, F., Gökdoğan, O., 2017. Energy Potential of Adıyaman Province That Can Be Obtained From Animal Wastes. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences 4(3):245-249.
- Bramley, J., Shih, JC., Fobi, L., Axum, T., Peterson, C., Wang, RY., Rainville, L., 2011. Agricultural Biogas in The United States: A Market Assessment. Field Project Number 6. Tufts University.
- Çağlayan, G., Koçer, N., 2014. Investigation of Biogas Production by Evaluating Animal Potential in Muş Province. Muş Alparslan University Journal of Science, 2 (1): 215-220.
- Demirbaş, A., 2001. Energy Balance, Energy Sources, Energy Policy, Future Developments and Energy Investments in Turkey. Energy Conservation and Management, 42 (10):1239-1258.
- Deviren, H., İlkılıç, C., Aydın, S., 2017. Materials Used in Biogas Production and Usage Areas of Biogas. Batman University Journal of Life Sciences Vol 7 No (2/2): 79-90 <https://www.kisa.link/O8JK> Accessed date: 15.07.2020
- Ekinci, K., Kulcu, R., Kaya, D., Yaldız, O., Ertekin, C., Öztürk, HH., 2010. The Prospective or Potential Biogas Plants That Can Utilize Animal Manure in Turkey, Energy Exploitation and Exploration 28(3):187-206. <https://www.kisa.link/O8JO> Accessed date: 07.07.2020
- Erdal, G., Esengun, K., Erdal, H., Gunduz, O., 2007. Energy Use and Economical Analysis of Sugar Beet Production in Tokat Province of Turkey. Energy 32:35-41.
- Ergüneş, G., Tarhan, S., Yardım, MH., Kasap, A., Demir, F., Önal, İ., Uçar, T., Tekelioğlu, O., Çalırsır, S., Yumak, H., Yağcıoğlu, A., 2009. Agricultural machinery. Nobel Science and Research Center, Publication No: 49, 544s, Ankara.
- Ersoy, AE., 2017. Turkey's Animal Manure Greenhouse Gas Emissions Status and Potential of Biogas most-ergic, M.Sc., Hacettepe University, 127s.
- Ertop, H., Atılğan, A., Yücel, A., Saltuk, B., 2018a. Management and Potential Biogase Quantities of Waste from Animal Breeding Enterprises: Antalya Case Scientific Works. Series C. Veterinary Medicine. Vol. LXIV (2), 2018 ISSN 2065-1295; ISSN 2343-9394 (CD-ROM); ISSN 2067-3663 (Online); ISSN-L 2065-1295.
- Ertop, H., Atılğan, A., Öz, H., Aksoy, E., 2018b. Determining Biogas Energy Potential from Animal Wastes and Creating Digital Maps: Ardahan Province Case, 14. National Agricultural Structures and Irrigation Congress, 26-28 September 2018. Antalya.
- Inci, H., Sogut, B., Gokdogan, O., Ayasan, T., Sengul, T. 2016. Determining the Energy Usage Efficiency and Economic Analysis of broiler Chickens Raised Under Organic Conditions. Indian Journal of Animal Sciences 86(11):1323-1327. <https://www.cabdirect.org/cabdirect/abstract/20173001618> Accessed date: 18.07.2019
- Jiang X, Sommer SG, Christensen KV, 2011. A Review of The Biogas Industry In China. Energy Policy, 39(10):6073-6081. <https://www.kisa.link/O8JU> Accessed date: 18.07.2019
- Kılıç, F.Ç., 2007. Biogas, importance, location and general condition in Turkey. Renewable Energy World, 8, 6. <https://www.kisa.link/O8K0> Accessed date: 14.07.2020
- Korkmaz, Y., Aykanat, S., Çil, A. 2012. Biogas and Energy Production from Organic Wastes. SAU Journal of Science and Letters, 1: 489-497.
- Nacar Koçer N., Öner, C., Sugözü, İ., 2006. Livestock and Biogas Production Potential in Turkey. Eastern Anatolia Studies, 4(2):17-20. <https://www.kisa.link/O8K8> Accessed date: 14.07.2020
- Polatçı, H., Taşova, M., Kasap, A., Yüksel, M., 2016. Biogas Production Potential of Solid Wastes: A Research Experience. Tabad, 9(1):048-050.
- Salihoğlu, NK., Teksoy, A., Altan, K., 2019. Determination of Biogas Production Potential from Bovine and Ovine Wastes: Balıkesir Province Case. Ömer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, 8 (1): 31-47.
- Saltuk, B., Artun, O., & Atilgan, A., 2017. Determination of the Areas Suitable for Biogas Energy Production by Using Geographic Information Systems (Gis): Euphrates Basin Case. Scientific Papers-Series E-Land Reclamation Earth Observation & Surveying Environmental Engineering, Vol.6, 57-64
- Türe, S., Özdoğan S., Saygın Ö., 1994. Sixth Energy Congress of Turkey. World Energy Council-Turkish National Committee, Proceedings of Technical Session 1, İzmir.
- Ulusoy, Y., Ulukardeşler, A. H., Ünal, H., Alibaş, K., 2009. Analysis of Biogas Production in Turkey Utilising Three Different Materials and Two Scenarios. African Journal of Agricultural Research 4(10):996-1003.
- Yürük, F., Erdoğan, P., 2015. Determination of the Biogas Potential of Düzce Province that can be Produced from Animal Wastes and the Optimum Plant Location by K-Means Clustering. Journal of Advanced Technology Sciences 4 (1): 47-56.
- Zan Sancak, A., Sancak, K., Demirtaş, M., Dönmez, D., Kalanlar, Ş., Arslan, S., 2014. Animal Waste Biogas Production Potential of cattle in Turkey. 11. Agricultural Economics Congress, September 3-5, Samsun.



Isıl Enerji Depolama Uygulamaları için Selüloz Nanofibril Temelli Parafin İçeren Kompozit Faz Değişiren Maddelerin Üretilmesi ve Karakterizasyonu

Zehra Kanlı¹, Mehmet Selçuk Mert², Hatice Hande Mert^{3*}

¹ Yalova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, Yalova, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-3731-7883), zkanli3@gmail.com

² Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü, Yalova, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8646-0133) msmert@yalova.edu.tr

³ Yalova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Yalova, Türkiye, (ORCID:0000-0003-0743-1981), hndmert@yalova.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.848210)

ATIF/REFERENCE: Kanlı, Z., Mert, M.S. & Mert, H.H. (2021). Isıl Enerji Depolama Uygulamaları İçin Selüloz Nanofibril Temelli Parafin İçeren Kompozit Faz Değişiren Maddelerin Üretilmesi ve Karakterizasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 273-281.

Öz

Faz değişiren maddeler (FDMler) sabit sıcaklıkta faz değişimine uğrayarak bulunduğu ortamdan ısı almak veya ortama ısı vermek yoluyla ısı konforun sürekliliğini sağlayan akıllı malzemelerdir. Bu malzemelerin sıcaklığı enerji depolama süresince hemen hemen sabit kaldığından sabit sıcaklıktaki ısı depolama ve geri kazanma uygulamaları için tercih edilmektedirler. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen bir nanomalzeme olan selüloz nanofibril (SNF) ise birçok uygulamada özellikle kompozit malzemelerin geliştirilme aşamalarında dolgu maddesi olarak sıklıkla kullanılmaktadır. Bu çalışmada, ısı enerji depolama sistemlerinde kullanıma yönelik selüloz nanofibril iskelete sahip parafin esaslı kompozit faz değişiren maddeler üretilmiş ve karakterize edilmiştir. FDM olarak organik faz değişiren madde sınıfında yer alan bir parafin olan n-hekzadekan (n-HD), kompozit matrisi olarak ise katyonik bir ajan olan setil trimetil amonyum bromür (STAB) varlığında dondurarak şablonlama yöntemiyle elde edilen selüloz nanofibril köpük (STAB-SNF) kullanılmıştır. Tek adımda emprenye prosesi yoluyla üretilen kompozit FDMlerin morfolojik, kimyasal ve ısı karakterizasyonları sırasıyla Taramalı Elektron Mikroskopu (SEM), Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi ve Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen FDM kompozitlerin FDM içeriği Polarize Optik Mikroskop (POM) ile görüntülenmiştir. Yapılan emprenye işlemi sonucunda en yüksek FDM içeriğine %50 STAB-SNF köpük-%50 n-HD oranlarına sahip FDM kompozitinin sahip olduğu bulunmuştur. Yapılan DSC analizleri sonucunda bu kompozit malzemenin erime ve kristallenme pik sıcaklıkları sırasıyla 20,54 °C ve 13,55 °C bulunurken, erime entalpisi 54,7 J/g, kristallenme entalpisi ise -52,9 J/g olarak tespit edilmiştir. Kompozite ait n-hekzadekan içeriği ise %26,05 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen analiz sonuçlarına göre üretilen kompozit malzeme sahip olduğu faz geçiş sıcaklığı ve gizli ısı depolama kapasitesi sayesinde enerji etkin, çevre dostu yeşil binaların iç mekân uygulamalarında kullanım potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Faz Değişiren Maddeler, Isıl Enerji Depolama, Selüloz Nanofibril (SNF), Kompozit Malzeme.

Production and Characterization of Cellulose Nanofibril-Based Composite Phase Change Materials Containing Paraffin for Thermal Energy Storage Applications

Abstract

Phase change materials (PCMs) are smart materials that ensure the continuity of thermal comfort by undergoing phase change at a constant temperature via receiving heat from the environment or giving heat to the environment. Since the temperature of these materials remains almost constant during energy storage, they are preferred for constant temperature heat storage and recovery applications. Cellulose nanofibril (CNF), which is a nanomaterial obtained from renewable sources, is frequently used as a filler in many applications, especially in the development of composite materials. In this study, paraffin-based composite phase change materials with cellulose nanofibril skeleton were produced and characterized for use in thermal energy storage systems. N-hexadecane

* Sorumlu Yazar: hndmert@yalova.edu.tr

(n-HD), a paraffin in the organic phase change materials class as PCM, and as a composite matrix, cellulose nanofibril foam (CTAB-CNF) obtained by freeze-templating method in the presence of cationic agent cetyl trimethyl ammonium bromide (CTAB), were used. Morphological, chemical and thermal characterizations of composite PCMs produced via one-step impregnation process were performed by Scanning Electron Microscope (SEM), Fourier Transform Infrared (FT-IR) spectroscopy and differential scanning calorimetry (DSC), respectively. The PCM content of the obtained PCM composites were visualized with a polarized optical microscope (POM). As a result of the impregnation process, it was found that the PCM composite with 50% CTAB-CNF foam-50% n-HD ratio has the highest PCM content. Based on the DSC analysis, the melting and crystallization peak temperatures of the composite material were found to be 20.54 °C and 13.55 °C, respectively, while the melting enthalpy was 54.7 J/g, and the crystallization enthalpy was -52.9 J/g. The n-hexadecane content of the composite was calculated as 26.05%. According to the analysis results obtained, the composite material produced has the potential to be used in indoor applications of energy efficient, environmentally friendly green buildings thanks to its phase transition temperature and latent heat storage capacity.

Keywords: Phase Change Materials, Thermal Energy Storage, Cellulose Nanofibril (CNF), Composite Material.

1. Giriş

Tüm dünyada hızlı nüfus artışı, kentleşme, teknolojik ilerlemeler ve sanayileşmenin bir sonucu olarak enerji talebi gün geçtikçe artmaktadır. Buna bağlı olarak, enerji arz ve talebi arasındaki dengeyi sağlamak adına özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin verimli bir şekilde depolanması, uygun proseslerle dönüştürülmesi ve mevcut enerji kaynaklarının korunması gerekmektedir. Bunun yanı sıra, fosil kaynaklı yakıtların kullanımı ve buna paralel olarak küresel ısınmaya neden olan sera gazı seviyelerindeki artışlar nedeniyle de, tüm dünyada her geçen gün artan enerji ihtiyacının karşılanması için alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının bulunması ve enerjinin verimli kullanılması oldukça önemli hale gelmiştir. Bu amaçla, son yıllarda yapılan araştırmalar yeni nesil enerji depolama malzemelerinin bulunması üzerine yoğunlaşmıştır. Bu malzemelerden biri olan *faz değiştiren maddeler (FDM)*, belirli sıcaklık aralığında faz değiştirerek ortamdaki ısı enerjisini gizli ısı enerjisi olarak depolayan malzemelerdir (Mert ve ark., 2018). Bu malzemeler, erimeleri esnasında büyük miktarda ısıyı depolarken, katılaşıma süreci esnasında ise bu ısının salınmasına izin verirler. Faz değiştiren maddeler yoluyla ısı enerjinin depolanması ve bu maddelerin tekstil malzemelerinde, gıdaların taşınmasında, medikal ve elektronik cihazlarda, binalarda ısı kontrolünün sağlanması amacıyla kullanım potansiyelinin bulunması bu malzemelere olan ilgiyi arttırmıştır. Dolayısıyla son yıllarda gerçekleştirilen enerji depolama ile ilgili bilimsel araştırmalar, bu maddelerin kapsülasyonu, ısı kararlılıklarının sağlanması, sızdırma probleminin engellenmesi, ısı iletkenliğinin artırılması ve uygulandığı alanda verimin iyileştirilmesi üzerine yoğunlaşmıştır (Jamekhorshid ve ark., 2014; Mert ve ark., 2019a; Badenhorst 2019)

Alkanlar, yağ asitleri, tuz hidratlar gibi birçok madde FDM olarak enerji depolama amacıyla ısıtma-soğutma uygulamalarında kullanılmaktadır. Organik faz değiştiren maddeler sınıfında yer alan parafinler, yüksek gizli ısı depolama kapasiteleri, üstün faz değişim performansları, ısı ve kimyasal kararlılıklarıyla ilgi çekmektedir. Bu malzemeler, faz değişimi esnasında katı halden sıvı hale geçiş yaparlar. Ancak, bu malzemelerin faz değişimi esnasında gösterdikleri büyük hacim değişimi ve olası sızdırma probleminden ötürü, ısı enerjisi depolama sistemlerinde doğrudan kullanılmaları sakıncalıdır. Bu sorunların üstesinden gelmek için bu malzemeler nano/mikro ya da makro boyutta kapsülasyon işlemine tabi tutulmakta ya da uygun gözenekli bir yapıya hapsedilmek suretiyle kompozit FDMler üretilmektedir. Kompozit malzeme, katı FDM ve bunu yapı içinde sabit tutabilen gözenekli matris kullanılması prensibine dayanmaktadır (Wu ve ark., 2015; Mert, 2020).

Gözenekli yapı, FDM'nin erime sıcaklığının üstünde bile sıvı sızıntısı olmadan yapıda tutulmasını sağlamaktadır. Erime veya katılaşıma işlemleri sırasında faz değişim özelliği olan madde gizli ısıyı depolar veya serbest bırakır, destek malzemesi ise erimiş fazın sızmasını önleyerek tüm sistemin katı halde kalmasını sağlar (Wang ve ark., 2012). FDM'lerin şekilce kararlılığı için birçok destek malzemesi kullanılmaktadır. Bu amaçla, metal köpükler, genleştirilmiş grafit, karbon nanotüpler, kil mineralleri gibi çok çeşitli gözenekli malzemeler kullanılabilmektedir (Chen ve ark., 2019; Umair ve ark., 2019).

Bina ısıtma/soğutma uygulamalarında ihtiyaç duyulan ısı konfor sıcaklığının karşılanabilmesi amacıyla kullanılacak faz değişim maddelerinin faz değişim sıcaklık aralığının genellikle (18-30 °C) arasında olması tercih edilmektedir. N-hekzadekan 25 °C civarında erime sıcaklığına sahip olmakla birlikte bina uygulamalarında tercih edilebilecek bir parafindir (Mert ve Mert, 2019). Fang ve ark. (2010), bina uygulamaları için FDM olarak n-hekzadekan içeren şekilce kararlı kompozit bir malzemeyi sol jel yöntemi ile hazırlamışlardır. Destek malzemesi olarak alev geciktirici özelliğinden dolayı inorganik bir malzeme olan SiO₂ kullanılmıştır. Ayrıca, kompozitlerin alev geciktirme özelliğini arttırmak için gözenekli ve mikro yapıda genişletilmiş grafit eklenmiştir. Elde edilen kompozitlerdeki n-hekzadekan kütle yüzdesi % 73,3 iken erime gizli ısı ve erime sıcaklığı 147,58 kJ/kg ve 17,97 °C olarak bulunmuştur. Mert ve ark. (2019b) yaptıkları çalışmada, n-hekzadekan içeren bir yağ asidi karışımının mikrokapsülasyonunu gerçekleştirmiştir. Çekirdek olarak oleik asit-kaprik asit/n-hekzadekan ve kabuk malzemesi olarak polistirenden oluşan mikrokapsüllerin sentezinde emülsiyon polimerizasyonu tekniği kullanılmıştır. Elde edilen mikroFDM'nin, uygun faz değişim sıcaklık aralığına (14.1–24.0°C) ve ısı depolama kapasitesine (127.3 J/g) sahip olması nedeniyle düşük sıcaklık uygulamaları için uygun olduğu bildirilmiştir.

Ahşap gibi lignoselülozik kaynaklardan elde edilen nanoselüloz (selüloz nanokristaller veya selüloz nanofibriller) yüksek mukavemetli, düşük yoğunluklu ve ayarlanabilir yüzey kimyasına ve mükemmel bariyer özelliğine sahip biyoyumlu bir nanomateryaldir (Li ve ark., 2017; Lavoine ve Bergström 2017). Bu malzemeler inşaat, ulaşım, enerji ve biyomedikal gibi birçok mühendislik dalında önemli uygulama potansiyeline sahiptir. Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen bu nanomalzemeler, birçok uygulamada kompozit malzemelerin geliştirilmesi aşamasında takviye ajanı/dolgu maddesi olarak kullanılabilmektedir. Bu malzemeler çevre dostu olmasının yanı sıra, alev geciktirme, süper adsorplama, üstün mekanik dayanım özelliklerine de sahiptir (Gupta ve ark., 2018; Zaman ve ark., 2020). Bu selülozik nanomateryaller nanokompozitler, şeffaf nanoselüloz filmler, arojeller, köpükler gibi biyotemelli

mühendislik malzemelerinin üretiminde de sıklıkla kullanılmaktadır. Gözenekli köpük formunda da elde edilebilen bu malzemelerin düşük yoğunluk, yüksek spesifik yüzey alanı, mükemmel şekil değiştirebilme, şokları absorplama ve iyi ses yalıtım özellikleri gibi eşsiz özellikleri de mevcuttur (Gupta ve ark., 2018). Bu özellikleriyle özellikle enerji etkin binalarda kullanım için uygun malzemelerdir. Ayrıca binalarda enerjinin korunumuna yönelik uygulamalarda kullanılacak malzemelerin tutuşabilirlik özelliklerinin dikkate alınması da gereklidir.

Hidrofilik karakterdeki nanoselülozik malzemenin hidrofobik polimerlerle karışmasındaki zorluklardan ötürü uygun yöntemlerle modifikasyonları gereklidir (Kaboarani ve Riedl, 2015). Uzun alkil, fenil, glisidil ve dialil grupları taşıyan kuaterner amonyum kationları, nanoselüloz yüzeyini hidrofobik hale getirmek suretiyle modifiye etmek için kullanılabilirler. Bu sayede, bu malzemelerin hidrofobik karakterdeki polimer matrisle daha uyumlu hale gelmesi ve matris içinde dağılımları kolaylaşır (Salajkova ve ark., 2012).

Bu çalışmada, literatürden farklı olarak, doğal bir madde olan selüloz nanofibril iskelete sahip n-hekzadekan temelli kompozit faz değiştiren maddeler hazırlanmıştır. Bu amaçla, öncelikle selüloz nanofibriller katyonik bir yüzey modifikasyon ajanı olan setiltrimetil amonyum bromür (STAB) ile dondurarak şablonlama yöntemiyle modifiye edilmiştir. Dondurarak şablonlama yöntemiyle köpük formunda elde edilen gözenekli yapıdaki matris tek adımda emprenye yöntemiyle kompozit FDM eldesinde kullanılmıştır. Kuaterner amonyum tipinde bir sürfaktan olan STAB kimyasalının modifikasyon ajanı olarak kullanılmasıyla selüloz nanofibrillerin hidrofilikliğin azaltılarak FDM seçimliliğinin ve gözeneklere nüfuzunun kolaylaştırılması ve FDMlerin gözenekli köpük matrisde tutulumunu sağlayarak sızdırmazlık kontrolünün sağlanması hedeflenmiştir. Bu yolla üretilen kompozit FDMlerin ısı depolama özellikleri ve FDM içerikleri belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

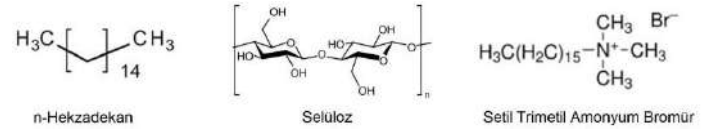
2.1. Malzemeler

Setil trimetil amonyum bromür (STAB) (katyonik sürfaktan, %98 Sigma), selüloz nanofibril (SNF) (10-20 nm, Nanografi), n-hekzadekan (n-HD) (parafin, Merck, Darmstadt, Almanya) alındığı gibi herhangi bir saflaştırma işlemi gerçekleştirilmeden kullanılmıştır. Yapılan tüm deneylerde ultra saf su kullanılmıştır.

2.2. Deneysel Yöntem

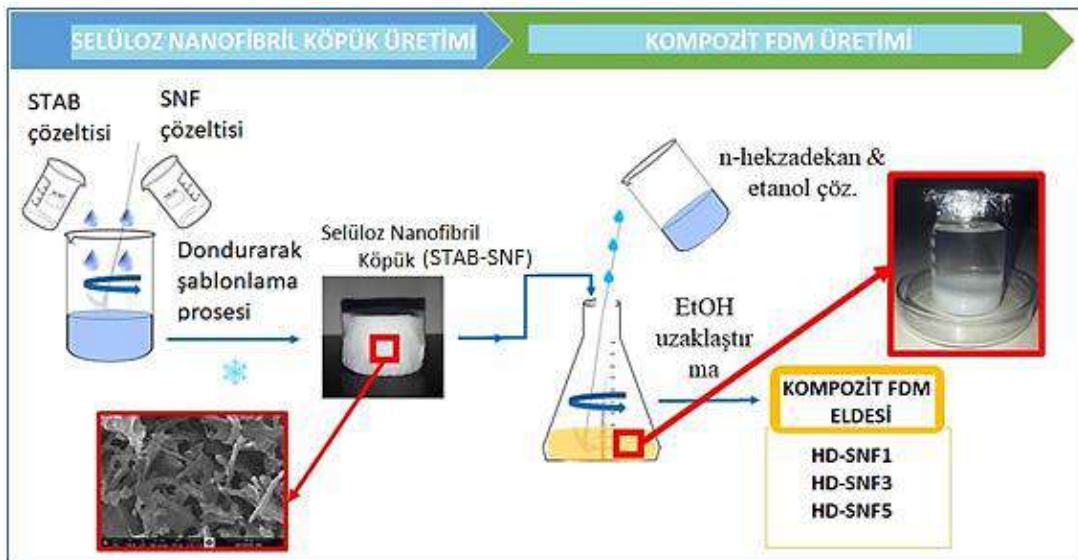
2.2.1. Katyonik Sürfaktan Varlığında Selüloz Nanofibril Köpük Destek Malzemesinin Hazırlanması ve Parafin Esaslı Kompozit Faz Değiştiren Maddelerin Üretilmesi

Selüloz nanofibril temelli parafin esaslı kompozit faz değiştiren maddelerin üretimi aşağıda verilen prosedüre göre gerçekleştirilmiştir. Kullanılan malzemelerin kimyasal yapıları ve kompozit FDM üretim aşamaları Şekil 1 ve Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kullanılan malzemelerin kimyasal yapıları

Kompozit faz değiştiren malzemelerin üretiminde destek malzemesi olarak kullanılacak gözenekli yapıdaki selüloz nanofibril köpük, setil trimetil amonyum bromür (STAB) katyonik yüzey aktif madde varlığında dondurarak şablonlama yöntemiyle hazırlanmıştır. Kullanılan katyonik ajan sayesinde hidrofilik yapıdaki selüloz nanofibrillerin hidrofilikliğin azaltılarak n-hekzadekan emprenye işlemini kolaylaştıracak hidrofobik yüzey eldesi hedeflenmiştir.



Şekil 2. Selüloz nanofibril temelli parafin esaslı kompozit faz değiştiren maddelerin üretim aşamaları

2 g SNF 100 ml ultra saf su içinde 55°C'de 1 saat süreyle karıştırılmıştır. Elde edilen çözelti buz banyosuna oturtularak ultrasonik homojenizatör yardımıyla (50 Watt -1 sn on 1 sn off modunda) 10 dk süreyle homojenize edilmiştir. Daha sonra 1 g

e-ISSN: 2148-2683

STAB 50 ml ultra saf su içinde çözülmüştür. Elde edilen STAB çözeltisi, SNF çözeltisine yavaş yavaş ilave edilmiştir. Çözelti 55°C'de 2 saat daha karıştırılmış, ardından ultrasonik su banyosunda 55 °C'de 5 dk homojenize edilmiştir. Süre sonunda

çözelti -40°C 'deki derin dondurucuda 48 saat süreyle dondurulmuştur. Dondurulmuş çözelti 120 saat süreyle -54°C 'de ve 0,024 mbar basınçtaki liyofilizatörde kurutulmuştur. Elde edilen selüloz nanofibril köpük "STAB-SNF" olarak adlandırılmıştır ve Şekil 3'de görülmektedir.



Şekil 3. STAB ajanı varlığında dondurarak şablonlama yöntemiyle üretilen modifiye edilmiş selüloz nanofibril köpük (STAB-SNF)

Parafin esaslı kompozit FDMlerin üretiminde elde edilen selüloz nanofibril köpük (STAB-SNF) kompozit matrisi olarak, n-hekzadekan ise FDM olarak kullanılmıştır. Kompozit FDMlerin üretimi tek adımda emprenye edilmesi yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Üretilen kompozit FDMlerin bileşimi Tablo 1'de yer almaktadır. Belirli miktarda n-hekzadekan 35°C 'ye ısıtılmış ve üzerine etanol eklenerek 300 rpm'de 30 dk süreyle manyetik karıştırıcı ile karıştırılmıştır. Belirlenen miktarda selüloz nanofibril köpük üzerine hazırlanan çözelti boşaltılmış ve ultrasonik banyoda 35°C 'de 30 dk boyunca tutulmuştur. Elde edilen çözelti 35°C 'de 350 rpm'de 24 saat boyunca mekanik karıştırıcı yardımıyla karıştırılmıştır. Karıştırma sonunda elde edilen kompozit malzemeler 55°C 'deki vakum etüvünde 24 saat süreyle kurutulmuştur.

Tablo 1. Kompozit FDMlerin bileşimi

Adlandırma	Selüloz Nanofibril Köpük (STAB-SNF)		N-hekzadekan (n-HD)	
	% Miktarı	g	% Miktarı	g
HD-SNF1	%90	0,9	%10	0,1
HD-SNF3	%70	0,7	%30	0,3
HD-SNF5	%50	0,5	%50	0,5

2.2.2. Selüloz Nanofibril Köpüğün (STAB-SNF) ve Parafin Esaslı Kompozit Faz Değiştiren Maddelerin Karakterizasyonu

Selüloz nanofibrillerin ve STAB ajanı varlığında üretilen selüloz nanofibril esaslı köpüğün (STAB-SNF) morfolojik özellikleri Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) (FEI, Quanta FEG 250 Model) kullanılarak belirlenmiştir. Aynı numunelerin kimyasal karakterizasyonu ise FT-IR spektrofotometresi (Perkin Elmer, Spectrum 100) ile $650-4000\text{ cm}^{-1}$ dalga boyunda oda sıcaklığında gerçekleştirilmiştir.

Üretilen kompozit FDMlerdeki n-hekzadekan içeriği FT-IR analizi ile doğrulanmıştır. Bu kompozitlerin erime entalpisi, ΔH_e ve kristallenme entalpisi, ΔH_k ile faz değişim sıcaklıkları (erime sıcaklığı, T_e ve kristallenme sıcaklığı, T_k) ise Diferansiyel Taramalı Kalorimetre (DSC) (Seiko, DSC 7020) ile 0 ila 80°C sıcaklık aralığında, $5^{\circ}\text{C}\cdot\text{dk}^{-1}$ ısıtma/soğutma hızında ve azot (N_2) atmosferi altında ölçülmüştür. Kompozit malzemelerdeki FDM içeriği (%) ise DSC analiziyle saptanan entalpi değerlerinden aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır:

$$\text{FDM İçeriği (\%)} = \left[\frac{\Delta H_{\text{Kompozit FDM}}}{\Delta H_{\text{FDM}}} \right] \times 100 \quad (1)$$

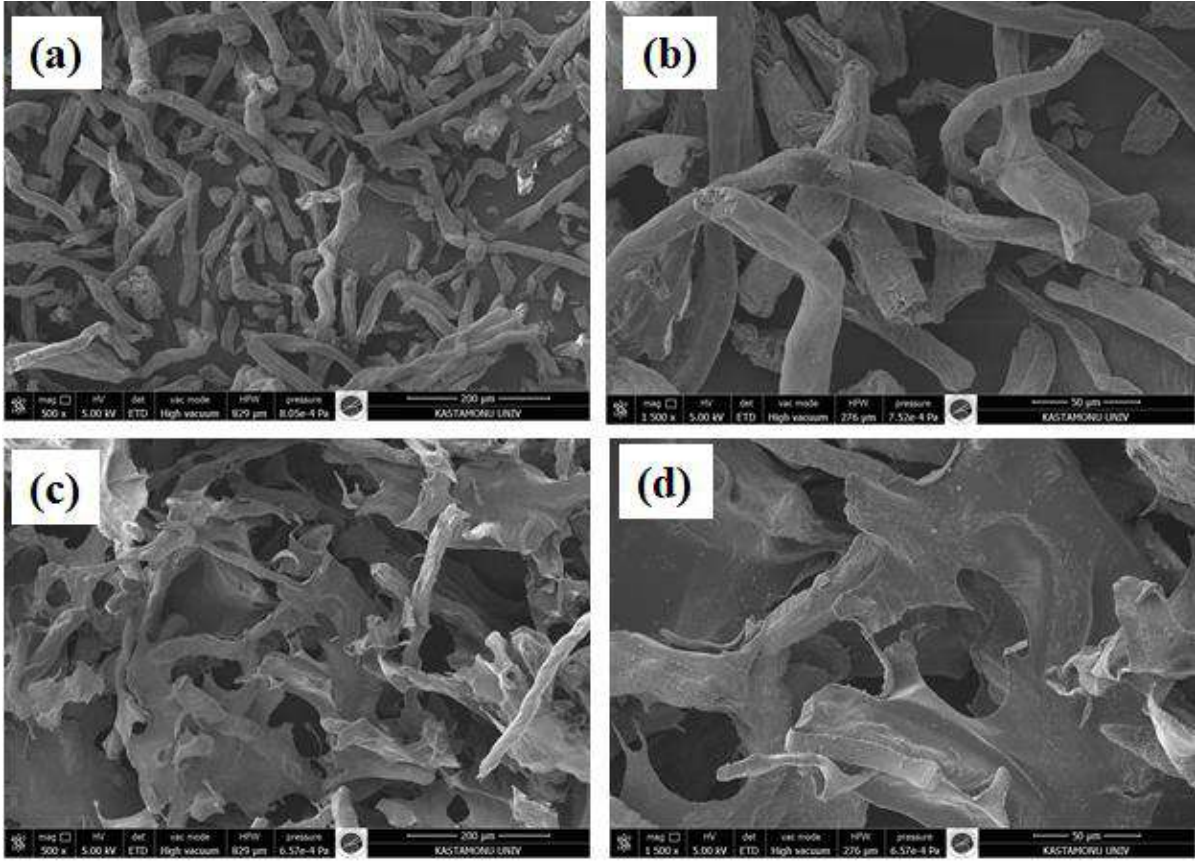
Burada $\Delta H_{\text{Kompozit FDM}}$ üretilen kompozit malzemenin erime entalpisini gösterirken, ΔH_{FDM} faz değiştiren maddenin erime entalpisini göstermektedir.

Üretilen selüloz nanofibril köpük ve kompozit malzemelerin morfolojik karakterizasyonu ise Polarize Optik Mikroskop (POM) (Leica DM2700P) ile gerçekleştirilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Katyonik Sürfaktan Varlığında Üretilen Selüloz Nanofibril Köpük Destek Malzemesinin Morfolojisi ve Kimyasal Yapı Analizi

Ticari olarak satın alınan beyaz toz görünümündeki selüloz nanofibrillerin (SNF) ve STAB ajanı varlığında dondurarak şablonlama yöntemiyle yapılan modifikasyon işlemi sonrası elde edilen selüloz nanofibril köpüğün (STAB-SNF) morfolojik değişimi taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntülenmiştir. Şekil 4'de selüloz nanofibrillerin saf halinin ve köpük formunun düşük ve yüksek magnifikasyondaki SEM görüntüleri yer almaktadır. Şekil 4'de görüldüğü gibi saf selüloz nanofibriller modifikasyon öncesi birbirinden bağımsız serbest iplikler şeklinde dağılmış bulunurken, STAB katyonik sürfaktan varlığında gerçekleştirilen modifikasyon işlemi sonucunda mikrofibril ağlardan oluşan homojen gözenekli bir yapıya dönüşmüştür. Oluşan bu gözenekler dondurarak kurutma tekniğinin bir sonucu olarak donmuş su moleküllerinin süblimasyonundan ileri gelmektedir. Oluşan bu gözenekli yapı sayesinde FDMlerin emprenye edilmesi için gerekli yüzey alanı ve gözenekli yapı elde edilmiştir.



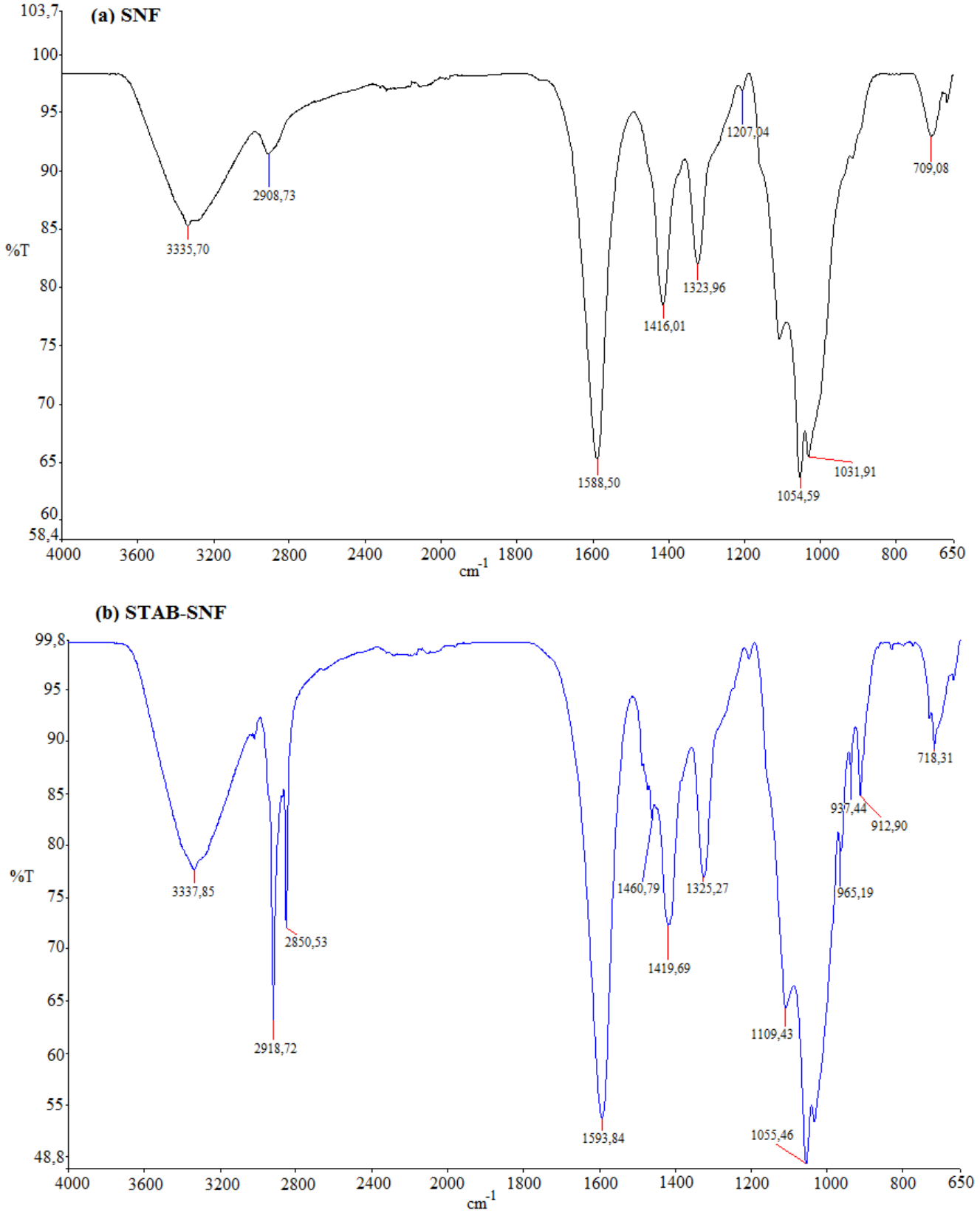
Şekil 4. Düşük ve yüksek magnifikasyondaki taramalı elektron mikroskopu görüntüleri: (a)-(b) Ticari olarak satın alınan selüloz nanofibriller (SNF), (c)-(d) STAB ajanı ile modifiye edilmiş selüloz nanofibril köpük (STAB-SNF)

Ayrıca, elde edilen gözenekli matris yapıdaki STAB ajanı sayesinde FDM seçiciliğini ve tutulumunu arttırmaya olanak sağlamaktadır. Elde edilen selüloz nanofibril köpük (STAB-SNF) destek malzemesi olarak kompozit FDMlerin üretiminde kullanılmıştır.

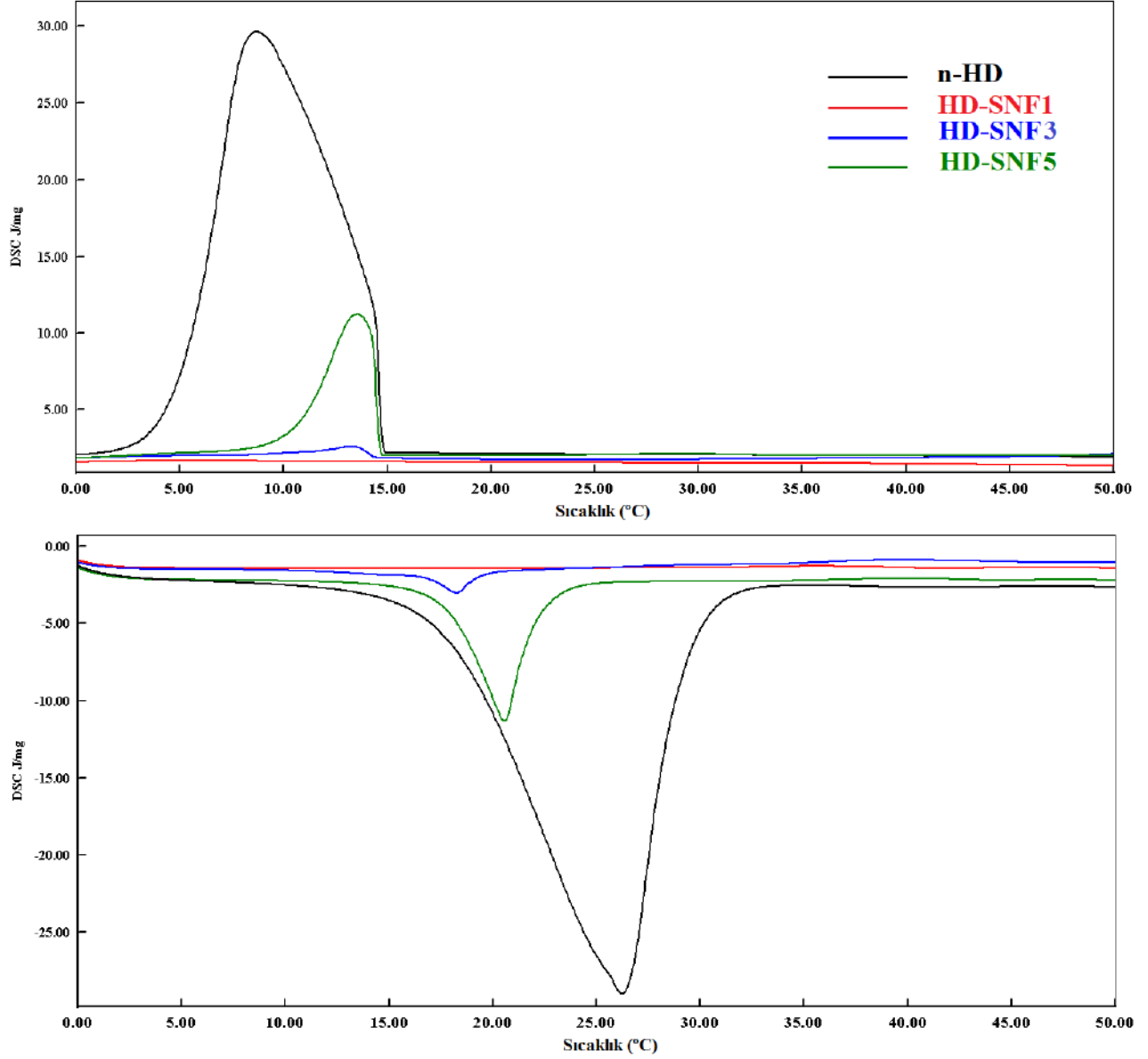
Selüloz nanofibrillerin (SNF) ve üretilen selüloz nanofibril köpüğün (STAB-SNF) kimyasal karakterizasyonu FT-IR spektroskopisi ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen FT-IR spektrumları Şekil 5'te yer almaktadır. 1323 cm^{-1} ve $1100\text{-}1030\text{ cm}^{-1}$ bandında görülen pikler ise sırasıyla selülozun O-H ve C-O gerilmelerine aittir. STAB-SNF ait spektrum incelendiğinde ise selüloza ait karakteristik piklere ek olarak 2918 ve 2850 cm^{-1} 'de STAB ajanının sahip olduğu metil ve metilen gruplarının neden olduğu C-H gerilme titreşimleri görülmektedir. $1400\text{-}1500\text{ cm}^{-1}$ bandında yer alan pikler ise STAB'ın C-H bükülme titreşiminden kaynaklanmaktadır. Bundan başka 3337 cm^{-1} 'deki yaygın pik SNF yüzeyindeki OH grupları ile STAB'daki (OH...N⁺) amonyum bileşeni arasındaki elektrostatik etkileşime atfedilebilir. Tüm bu analiz sonuçlarına göre selüloz nanofibrillerin STAB ajanıyla modifikasyonunun başarılı bir şekilde gerçekleştiği doğrulanmıştır. Yapıya STAB ajanının katılması hidrofilik yapıdaki selüloz nanofibrillerin yüzeyinin n-hekzadekan emprenye işlemine olanak sağlayacak şekilde hidrofobik hale getirilmesine olanak sağlamaktadır.

3.2. Parafin Esaslı Kompozit FDMlerin Isıl Özelliklerinin Belirlenmesi

Bu çalışmada n-hekzadekan parafin esaslı FDM olarak, üretilen selüloz nanofibril köpük (STAB-SNF) ise kompozit matrisi olarak kullanılmış ve tek adımda emprenye işlemi yöntemiyle kompozit FDMler hazırlanmıştır. N-hekzadekanın ve üretilen kompozit FDMlerin DSC soğutma ve ısıtma eğrileri Şekil 6'da, bu eğrilerden elde edilen ısıl özellikler ise Tablo 2'de verilmiştir. Tablo 2'de verilen DSC sonuçları incelendiğinde n-HD'nin pik erime ve kristallenme sıcaklıkları sırasıyla $26,22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $8,67\text{ }^{\circ}\text{C}$ bulunmuş, erime ve kristallenme entalpileri ise sırasıyla 210 J.g^{-1} ve -210 J.g^{-1} olarak tespit edilmiştir. Buna karşın üretilen kompozitlerin n-HD'a kıyasla pik erime sıcaklıkları daha düşük, pik kristallenme sıcaklıkları ise göreceli olarak daha yüksek bulunmuştur. Üretilen kompozitler içinde FDM içeriği (%) denklem (1)'e göre hesaplanmış ve en yüksek n-HD içeriğine HD-SNF5 adlı kompozitin sahip olduğu görülmüştür. Teorik olarak HD-SNF5 kompozitinin bileşimi %50 n-HD içeriyorken, DSC analizi sonucunda bu kompozitin %26,05 n-HD içerdiği bulunmuştur. Bu durumun emprenye işlemi sürecinde gerçekleştirilen karıştırma ve aktarma işlemleri esnasındaki kayıplardan ileri geldiği söylenebilir. Diğer yandan bu kompozit malzemenin pik erime ve pik kristallenme sıcaklıkları sırasıyla $20,54\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve $13,55\text{ }^{\circ}\text{C}$ bulunurken, erime entalpisi $54,7\text{ J/g}$, kristallenme entalpisi ise $-52,9\text{ J/g}$ olarak belirlenmiştir.



Şekil 5. (a) Ticari olarak satın alınan selüloz nanofibrillerin (SNF) ve (b) STAB ajanı ile modifiye edilmiş selüloz nanofibril köpüğün (STAB-SNF) FT-IR spektrumları



Şekil 6. n-HD ve kompozit FDMlerin DSC soğutma ve ısıtma eğrileri

Tablo 2. n-HD ve kompozit FDMlerin DSC analizi sonucu elde edilen ısıl özellikleri

Malzeme	^a T _{ie} (°C)	^b T _{pe} (°C)	^c T _{se} (°C)	^d ΔH _e (J.g ⁻¹)	^e T _{ik} (°C)	^f T _{pk} (°C)	^g T _{sk} (°C)	^h ΔH _k (J.g ⁻¹)	n-hekzadekan içeriği (%ağır.)
n-HD	18,16	26,22	29,18	210	14,71	8,67	4,58	-210	100,0
HD-SNF1*	15,18	17,04	18,21	0,25	-	-	-	-	0,11
HD-SNF3	16,39	18,23	19,50	16,0	14,28	13,30	10,27	-9,06	7,61
HD-SNF5	17,73	20,54	22,41	54,7	14,57	13,55	10,18	-52,9	26,05

*FDM içeriği düşük olduğundan soğutma eğrisinde pik gözlenmemiştir.

^aDSC ısıtma eğrisinde ilk erime sıcaklığı

^bDSC ısıtma eğrisinde pik erime sıcaklığı

^cDSC ısıtma eğrisinde son erime sıcaklığı

^dDSC ısıtma eğrisinde erime entalpisi

^eDSC soğutma eğrisinde ilk kristallenme sıcaklığı

^fDSC soğutma eğrisinde pik kristallenme sıcaklığı

^gDSC soğutma eğrisinde son kristallenme sıcaklığı

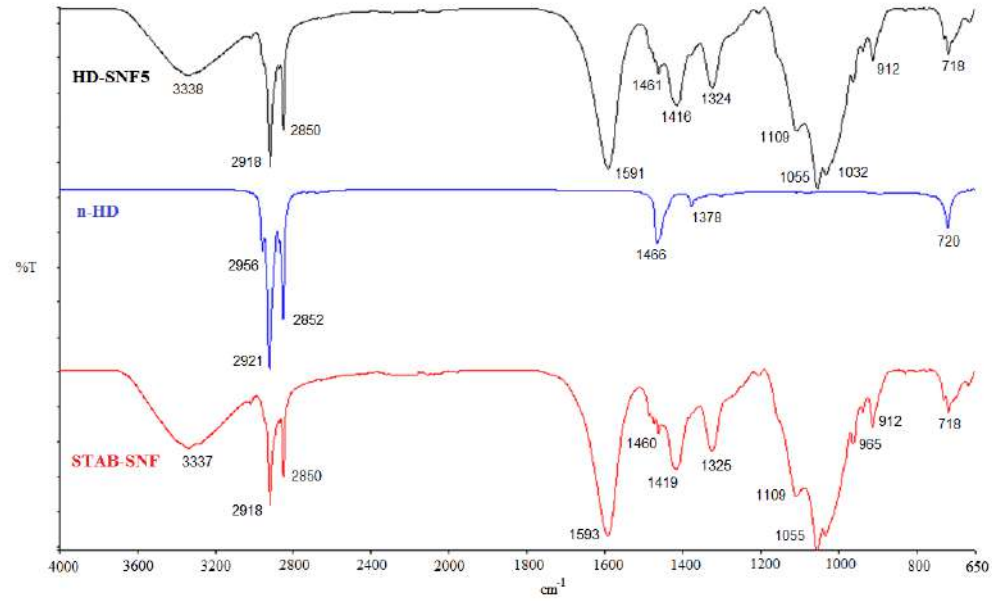
^hDSC soğutma eğrisinde kristallenme entalpisi

3.3. Parafin Esaslı Kompozit FDMlerin Kimyasal ve Morfolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

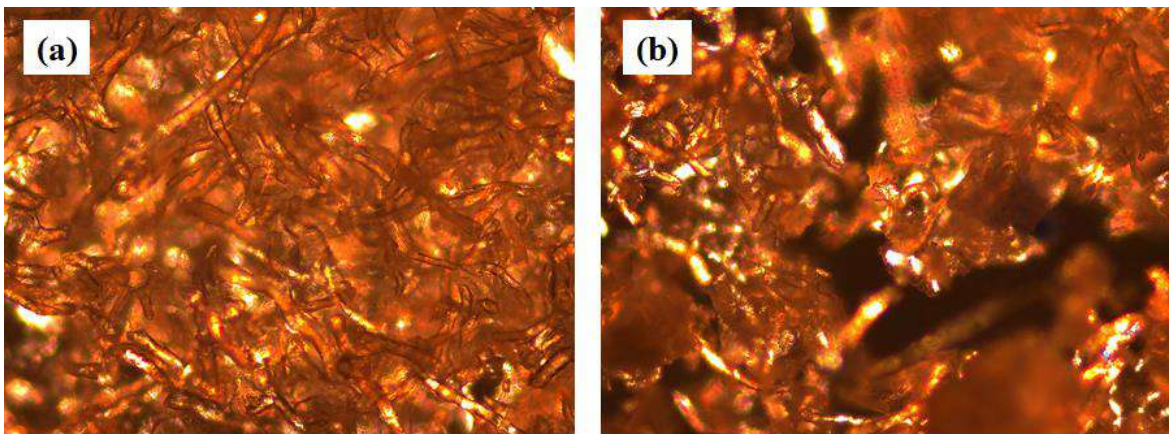
Emprenye işleminin başarısını doğrulamak için selüloz nanofibril köpüğün (STAB-SNF), n-hekzadekanın (n-HD) ve kompozit FDM'nin (HD-SNF5) FT-IR analizi ile spektrumları elde edilmiş ve sonuçlar Şekil 7'de sunulmuştur. N-hekzadekana ait spektrum incelendiğinde C-H grubuna ait gerilme titreşimleri 2956, 2921 ve 2852 cm^{-1} 'de görülmektedir. 1466 cm^{-1} 'deki pik C-H bükülme titreşiminden ileri gelmektedir. Bundan başka 1378 cm^{-1} ve 720 cm^{-1} 'de görülen pikler ise metil bükülme titreşimi kaynaklıdır (Mert ve Mert, 2020). HD-SNF5 kompoziti incelendiğinde ise bu spektrumun hem n-HD'a, hem de selüloz

temelli kompozit matrisdeki (STAB-SNF) tüm karakteristik pikleri içerdiği görülmüştür. Bu veriler parafin esaslı kompozit malzemenin başarılı bir şekilde üretildiğini teyit etmektedir.

Elde edilen HD-SNF5 kompozitinin FDM içeriği polarize optik mikroskop (POM) ile görüntülenmiştir. Şekil 8a'da destek materyali olarak üretilen STAB-SNF matrisine ait POM görüntüsü, Şekil 8b'de ise yapıda FDM bulunduran HD-SNF5 kompozitine ait POM görüntüsü sunulmuştur. Görüntülerden de net şekilde görüldüğü üzere n-HD emprenye işlemi neticesinde boş selüloz temelli köpüğe kıyasla kompozit malzemede FDM varlığını kanıtlayan daha koyu ve opak bölgeler görüntülenmiştir.



Şekil 7. n-HD, STAB-SNF ve HD-SNF5 kompozitinin FT-IR spektrumları



Şekil 8 (a) Selüloz nanofibril köpük (STAB-SNF) ve (b) HD-SNF5 kompozitinin POM görüntüleri

3.4. Parafin Esaslı Kompozit FDMlerin Sızdırma Testi

Üretilen STAB-SNF5 kompozitinin FDM erime sıcaklığı üzerindeki sıcaklıklarda sızıntı yapıp yapmadığını test etmek e-ISSN: 2148-2683

amacıyla üretilen kompozit malzeme bir cam tüpe yerleştirilmiş ve 45 ± 5 °C sabit sıcaklıktaki bir su banyosunda bir saat süreyle tutulmuştur (Şekil 9). Süre sonunda cam tüp çeperinde sızıntıya atfedilebilecek herhangi bir yağ damlacığı gözlenmemiştir. Buna göre üretilen bu kompozit malzemenin söz konusu sıcaklıkta

FDM sızıntısı göstermediği ve kararlılığını sürdürdüğü söylenebilir.



Şekil 9 HD-SNF5 kompozitinin sızdırma testi öncesi ve sonrası görüntüleri

4. Sonuç

Bu çalışmada, selüloz nanofibril temelli ve parafin esaslı kompozit faz değiştirilen maddeler tek adımda emprenye işlemi yöntemiyle hazırlanmıştır. FDM olarak bir parafin olan n-hekzadekan, iskelet olarak ise selüloz nanofibrillerin bir kuaterner amonyum sürfaktan olan setil trimetil amonyum bromür (STAB) varlığında dondurarak şablonlama yöntemiyle modifikasyonu sonucu elde edilen köpük kullanılmıştır. Farklı bileşimlerde üretilen kompozit malzemelerin gerçekleştirilen ısı analizleri sonucunda en yüksek FDM içeriği (%26,05), %50 STAB-SNF köpük-%50 n-HD bileşiminden oluşan HD-SNF5 kompozitinde elde edilmiştir. Bu kompozitin pik erime ve pik kristallenme sıcaklıkları sırasıyla 20,54 °C ve 13,55 °C, erime ve kristallenme entalpileri ise sırasıyla 54,7 J/g ve -52,9 J/g olarak bulunmuştur. Gerçekleştirilen FT-IR analizi ve çekilen polarize optik mikroskop görüntüleriyle kompozit yapısındaki FDM varlığı kanıtlanmıştır. Analiz sonuçlarına göre elde edilen selüloz temelli yeşil mühendislik ürünü bu kompozit malzemenin özellikle sürdürülebilir yeşil akıllı binalarda iç konfor sıcaklığının sağlanmasına yönelik enerji depolama uygulamalarında kullanım potansiyeline sahip olduğu öngörülmüştür.

Teşekkür

Bu çalışma Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından desteklenmiştir (Proje Numarası: 2020/YL/0005).

Kaynakça

Badenhorst H (2019) A review of the application of carbon materials in solar thermal energy storage. *Solar Energy* 192:35–68.

Chen X., Gao H., Atinafu D.G., (2019). Shape-stabilized phase change materials based on porous supports for thermal energy storage applications. *Chemical Engineering Journal*, 356, 641-661.

Gupta, S., Martoia, F., Orgéas, L., Dumont, P.J.J., (2018). Ice-Templated Porous Nanocellulose-Based Materials: Current Progress and Opportunities for Materials Engineering. *Applied Sciences*, 8, 2463.

Jamekhorshid A., Sadrameli S.M., Farid M., (2014). A review of microencapsulation methods of phase change materials (PCMs) as a thermal energy storage (TES) medium. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 31, 531-542.

Kaboorani, A. and Riedl, B. (2015). Surface modification of cellulose nanocrystals (CNC) by a cationic surfactant. *Industrial Crops and Products*, 65, 45-55.

Lavoine N. and Lennart Bergström L., (2017). Nanocellulose-based foams and aerogels: processing, properties, and applications. *Mater. Chem. A*, 2017, 5, 16105. *Review. Journal of Materials Chemistry A*, 5, 16105-16117.

Li, Y., Yu, S., Chen, P., Rojas, R., Hajian, A., Berglund, L., (2017). Cellulose nanofibers enable paraffin encapsulation and the formation of stable thermal regulation nanocomposites. *Nano Energy*, 34, 541-548.

Mert, M., Sert, M., Mert, H. (2018). Isıl Enerji Depolama Sistemleri İçin Organik Faz Değiştiren Maddelerin Mevcut Durumu Üzerine Bir İnceleme. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6 (1) , 161-174.

Mert H.H., Mert M.S. (2019). Preparation and characterization of encapsulated phase change materials in presence of gamma alumina for thermal energy storage applications. *Thermochimica Acta*, 681, 178382.

Mert M.S., Mert H.H., Sert, M. (2019a). Investigation of Thermal Energy Storage Properties of a Microencapsulated Phase Change Material Using Response Surface Experimental Design Methodology”, *Applied Thermal Engineering*, 149, 401-413.

Mert M.S., Mert H.H., Yılmaz Gümüş C., (2019b). Preparation and characterization of paraffin microcapsules for energy-saving applications”, *Journal of Applied Polymer Science*, 136, 47874.

Mert H.H., 2020. PolyHIPE composite based-form stable phase change material for thermal energy storage. *International Journal of Energy Research*, 44 (8), 6583-6594.

Mert, H., Mert, M., (2020). Faz Değiştiren Madde Olarak n-Hekzadekan Esaslı Mikrokapsüllerin Hazırlanması, Karakterizasyonu ve Isıl Performansının T-Kayıt Yöntemiyle Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (18), 148-161.

Salajkova, M., Berglund L.A., Zhou, Q., (2012). Hydrophobic cellulose nanocrystals modified with quaternary ammonium Salts. *Journal of Materials Chemistry*, 22, 19798-19805.

Umair M.M., Zhang Y., Iqbal K., Zhang S., Tang B., (2019). Novel strategies and supporting materials applied to shape-stabilize organic phase change materials for thermal energy storage – A review. *Applied Energy*, 235, 846-873.

Wang, C., Feng, L., Li, W., Zheng, J., (2012). Shape-stabilized phase change materials based on polyethylene glycol/porous carbon composite: the influence of the pore structure of the carbon materials. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 105, 21-26.

Wu, D., Wen W., Chen, S., Zhang, H., (2015). Preparation and properties of a novel form-stable phase change material based on a gelator. *Journal of Materials Chemistry A*, 3, 2589-2600.

Zaman, A., Huang, F., Jiang, M., Wei, W., Zhou Z., (2020). Preparation, Properties, and Applications of Natural Cellulosic Aerogels: A review. *Energy and Built Environment*, 1(1), 60-76.



Guidance and Control of a Surface-to-Surface Projectile Using a Nose Actuation Kit

Bülent Özkan¹, Harun Gökçe^{2*}

¹ TÜBİTAK Defense Industries Research and Development Institute, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0003-3112-9723)

² TÜBİTAK Defense Industries Research and Development Institute, Ankara, Turkey (ORCID: 0000-0002-2702-0111)

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.848994)

ATIF/REFERENCE: Özkan, B. & Gökçe, H. (2021). Guidance and Control of a Surface-to-Surface Projectile Using a Nose Actuation Kit. *European Journal of Science and Technology*, (22), 282-292.

Abstract

Surface-to-surface projectiles are fired from ground launchers to specified ground targets to destroy them in an effective and economical manner. The mentioned munition is usually unguided and thus follows a ballistic trajectory. However, it is inevitable to have large miss distances when the diverting effects of the wind and thrust uncertainty are apparent. In this study, a gradual guidance and control strategy is proposed to improve the performance of this kind of munition. The effectiveness of this approach is shown by means of relevant computer simulations. The use of a simpler and cheaper nose actuation kit with pneumatic actuation makes this approach a preferable option for the application.

Keywords: Surface-to-surface projectile, guided projectile, guidance and control, nose actuation kit, thrust uncertainty.

Karadan Karaya Bir Mermi'nin Burun Eyletim Kiti Kullanılarak Güzüm ve Denetimi

Öz

Karadan karaya mermiler, belirlenen yer hedeflerini etkin ve ekonomik bir şekilde tahrip etmek amacıyla, yerde konuşlu fırlatma platformlarından atılmaktadır. Bahsedilen mühimmat genellikle güdümsüz olup balistik bir yörüngeyi takip etmektedir. Öte yandan, rüzgâr ve itki belirsizliğinin neden olduğu olumsuz etkiler, mermilerin hedeften sapma miktarlarının artmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Bu çalışmada, belirtilen tipteki mühimmatın başarımlarını iyileştirmek amacıyla, kademeli bir güdümlü ve denetim yaklaşımı önerilmektedir. Bahsedilen yöntemin etkinliği, gerçekleştirilen bilgisayar benzetimleri vasıtasıyla gösterilmeye çalışılmıştır. Oluşturulan şemanın pnömatik eyletimli basit yapıda ve ucuz bir burun kiti kullanılarak gerçekleştiriliyor olması, sunulan yaklaşımı uygulamada tercih edilir bir seçenek olarak ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Satıhtan satha mühimmatlar, güdümlü mermi, güdümlü ve kontrol, burun eyletim kiti, itme kararsızlığı.

* Corresponding Author: TÜBİTAK Defense Industries Research and Development Institute, Ankara, Turkey, ORCID: 0000-0002-2702-0111, harungokce@yahoo.co

1. Introduction

Surface-to-surface projectiles (SSP's) have been widely used in military operations for long years. Ease of application and low cost advantages have made them a viable solution in land battles. They are usually provided with a high-rate continuous rotation around their longitudinal axis which is called "spin" from the beginning to the end of the trajectory to maintain their stability during the flight [1, 2]. On the other hand, since they are inherently unguided, the expected success levels occur below the expectations. Especially certain diverting effects including uncontrolled atmospheric phenomena such as wind and uncertainties on parameters and thrust make their performance decrease [1, 3, 4].

As per the current defence concepts, it is intended to hit the predefined target points without or at least with minimum collateral damage. In recent decades, this intention has led to the development and improvement of guided munition. While the munition with thrust is classified as rockets or missiles, the free-falling munition such as guided bombs are called as smart munition. Besides some of the guided munition is developed starting from the conceptual design phase as original systems, it is another common approach to convert general purpose munition into guided systems. The latter approach is usually applied on general purpose bombs. Apart from this, there is no obstacle on adapting this method to unguided SSP's to improve their performance characteristics. Despite their small mass resulting low amount of momentum effect during impact and relatively short range, low cost advantage of these projectiles makes this adaptation a viable option [1, 3, 4].

When unguided munition is equipped with guidance capability, it is observed that their performance is dramatically increased. Namely, the yielded miss distance to the target becomes very smaller than their unguided counterparts. Looking at the relevant studies, certain guidance approaches are suggested for light munition [5, 6].

In the literature, the following control approaches are encountered for controlling the unguided SSP's [1, 3, 4, 7]:

- Reaction jets,
- High-frequency piezo-electric actuators,
- Certain internal components of the munition,
- Nose actuation kit (NAK),
- Reverse rotation.

Using the approaches listed above, the trajectory of the projectile is tried to be diverted from its course to recover its nominal form which is distorted by certain external effects such as lateral wind. In fact, these methods are not often assisted by a certain guidance law. In few numbers of applications, an inertial guidance approach in which the SSP is directed towards the predefined path to the target as per the measurements of the critical kinematic parameters of the projectile including linear acceleration and angular speed components by means of certain onboard sensors is encountered. Here, what is primarily important to attain the desired control effectiveness is to adjust the control effort in a way that it does not cause an undesired instability due to high spin rates [8-11]. In this sense, none of those approaches except the NAK implementation utilizes a closed loop control scheme. That is, the relevant corrections are performed in an open

loop manner on the desired trajectory. On the other hand, the usual SSP configuration involving a closed loop control system has only two control fins and thus its spatial effectiveness becomes quite limited.

In this study, a pneumatically-actuated add-on NAK consisting of two coupled fin pairs is proposed to make the control of the SSP's in accordance with a convenient guidance approach. Here, unlike the present control strategies over the guided SSP's as grouped above, a guidance strategy is considered as if the SSP were aimed at hitting a moving target. Namely, by means of a kinematic inversion point of view, the deviations on the trajectory of the missile due to external wind and/or thrust uncertainty are fictitiously transferred onto the target as if it behaved like a moving target law although it is stationary. For this purpose, the linear homing guidance (LHG) law is utilized for the mentioned motion planning of the projectile in its diving phase. Here, the main contribution of the present study is the application of a known guidance law along with a widely-used control scheme within an unusual strategy based on the kinematic inversion mentioned above upon the motion planning on the SSP's. In other words, despite the fact that this work does not have any claim on suggesting neither a new guidance method nor a control approach, it is aimed at showing the applicability and success of a guidance strategy which is originally utilized against moving targets on their stationary counterparts. At the end of the relevant computer simulations in which the unguided and guided projectile models are compared, it is testified that the guided projectile involving the proposed pneumatic NAK system results in comparatively small miss distances under even lateral wind effects.

2. Dynamic Modelling of the Projectile

The schematic representation of the considered unguided and guided projectiles are given in Figure 1 and Figure 2, respectively. As δ_a and δ_f stand for the fixed cant angle of the projectile and variable angular displacement of the control fins on NAK, respectively, NAK comprising four moveable control fins placed in "+" configuration is mounted in front of the unguided projectile body given in Figure 1 and Figure 2. Here, the horizontal fins are mutually coupled to constitute the elevator while the vertical ones are coupled to get the rudder. For the ease of control and cost effectiveness, the elevator and rudder are actuated pneumatically in bang-bang formation. Namely, the control fins rotate to limit values of the deflections angles, i.e. δ_f , only as per the angular commands sent by the controllers. In the mechanical sense, it is assumed that NAK can be screwed to the nose of the projectile. Thus, it becomes possible to remove the kit easily by unscrewing and changing it with a solid nose if desired.

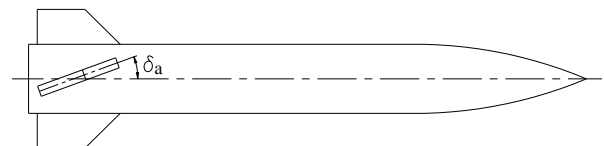


Figure 1. Unguided projectile geometry.

In the suggested use, the projectile is fired from a ground launcher with thrust and high-rate initial spin, and it remains climbing to its top point without control. Once it goes beyond the top point and begins diving, NAK switches on. The kit first attempts to nullify the high-rate spin by keeping the control fins at a fixed orientation which provides the projectile with roll motion in the sense opposite to the sense of the spin and then starts

moving them in accordance with the commands generated by the guidance law.

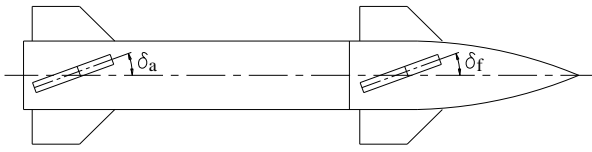


Figure 2. Guided projectile geometry.

As shown in Figure 3, the projectile is subjected to aerodynamic, Magnus, inertial, and thrust forces. Also, the aerodynamic moment resulted from the offset between the center of pressure upon which the aerodynamic and Magnus effect forces act (C_P) and mass center of the projectile (C_M) forces the projectile to move. The aerodynamic effects can be dealt with separately for steady and unsteady states. The thrust force is exerted on the projectile at the beginning of its motion and it burns out after a while very short compared to the total flight time [9-12].

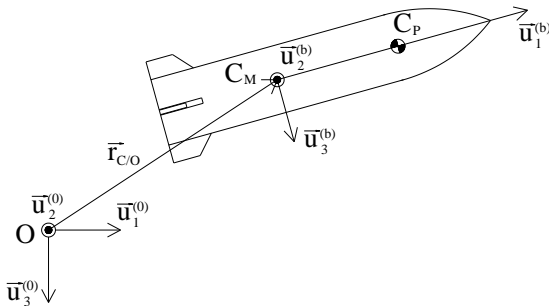


Figure 3. Guided projectile kinematics.

In Figure 3, as $j = 1, 2$ and 3 and $k = 0$ and b $\vec{u}_j^{(k)}$ denotes the unit vector indicating the j^{th} axis of F_0 and F_b which correspond to the earth-fixed reference frame with the origin of point O and projectile-fixed reference frame with the origin of point C_M , respectively. Furthermore, $\vec{r}_{C/O}$ stands for the relative position vector of point C_M with respect to point O .

The overall orientation of the projectile with respect to F_0 can be expressed using the rotated-frame-based yaw, pitch, and roll rotation sequence, i.e. 3-2-1 sequence, in the following manner [9-12]:

$$F_0 \xrightarrow{\psi} F_m \xrightarrow{\theta} F_n \xrightarrow{\phi} F_b \quad (1)$$

In the sequence above ψ , θ , and ϕ represent the angular displacement variables of the projectile around the yaw, pitch, and roll axes, respectively. Moreover, F_m and F_n correspond to the intermediate frames between $F_0 - F_b$ transformation. Regarding the rotation sequence in equation (1), the overall transformation matrix from F_0 to F_b is obtained as a result of the forthcoming multiplication [13]:

$$C^{(0,b)} = \hat{R}_3(\psi) \cdot \hat{R}_2(\theta) \cdot \hat{R}_1(\phi) \quad (2)$$

The first, second, and third basic rotation matrices, i.e. $\hat{R}_1(\phi)$, $\hat{R}_2(\theta)$, and $\hat{R}_3(\psi)$, in equation (2) are defined as follows [13]:

$$\hat{R}_1(\phi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos(\phi) & -\sin(\phi) \\ 0 & \sin(\phi) & \cos(\phi) \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\hat{R}_2(\theta) = \begin{bmatrix} \cos(\theta) & 0 & \sin(\theta) \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin(\theta) & 0 & \cos(\theta) \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$\hat{R}_3(\psi) = \begin{bmatrix} \cos(\psi) & -\sin(\psi) & 0 \\ -\sin(\psi) & \cos(\psi) & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (5)$$

As per the rotation sequence in equation (1), the angular velocity vector of the projectile with respect to F_0 , i.e. $\vec{\omega}_{b/0}$, is determined using the following equality:

$$\vec{\omega}_{b/0} = \psi \vec{u}_3^{(0)} + \dot{\theta} \vec{u}_2^{(m)} + \dot{\phi} \vec{u}_1^{(n)} \quad (6)$$

Using the basic rotation matrices in equations (3) through (5), equation (6) can be expressed in terms of its components in F_0 as follows:

$$\vec{\omega}_{b/0}^{(0)} = [-\dot{\theta} \sin(\psi) + \dot{\phi} \cos(\psi) \cos(\theta)] \vec{u}_1 + [\dot{\theta} \cos(\psi) + \dot{\phi} \sin(\psi) \cos(\theta)] \vec{u}_2 + [\dot{\psi} - \dot{\phi} \sin(\theta)] \vec{u}_3 \quad (7)$$

where, as letter T indicates the matrix transpose, the column matrices of the unit vectors are introduced as $\vec{u}_1 = [1 \ 0 \ 0]^T$, $\vec{u}_2 = [0 \ 1 \ 0]^T$, and $\vec{u}_3 = [0 \ 0 \ 1]^T$. $\vec{\omega}_{b/0}$ vector can be written in F_b as given below:

$$\vec{\omega}_{b/0}^{(b)} = [p \ q \ r]^T \quad (8)$$

where p , q , and r denote the angular velocity components of the projectile in the roll, pitch, and yaw directions, respectively. Taking the time derivative of equation (8) yields the column matrix representation of the angular acceleration vector of the projectile, i.e. $\vec{\alpha}_{b/0}$, in F_b .

$$\vec{\alpha}_{b/0}^{(b)} = [\dot{p} \ \dot{q} \ \dot{r}]^T \quad (9)$$

The column representation of the linear acceleration vector of point C_M , i.e. $\vec{a}_{C/O}$, in F_b is found by taking the time derivative of $\vec{r}_{C/O}$ twice:

$$\vec{a}_{C/O}^{(b)} = (\dot{u} + qw - rv) \vec{u}_1 + (\dot{v} - pw + ru) \vec{u}_2 + (\dot{w} + pv - qu) \vec{u}_3 \quad (10)$$

where u , v , and w denote the components of the linear velocity vector of C_M relative to O , i.e. $\vec{v}_{C/O}$, in F_b . Force and moment equations of the projectile are derived using the well-known Newton-Euler equalities:

$$\vec{F}_A + \vec{F}_M + \vec{W} + \vec{T} = m \vec{a}_{C/O} \quad (11)$$

$$\vec{M}_A + \vec{M}_U + \vec{M}_M + \vec{M} = \check{J}_C \cdot \vec{\alpha}_{b/0} + \vec{\omega}_{b/0} \times \check{J}_C \cdot \vec{\omega}_{b/0} \quad (12)$$

The following quantities are introduced in equations (11) and (12):

m : Mass of the projectile

\check{J}_C : Moment of inertia dyadic of the projectile about C_M

\vec{F}_A : Aerodynamic force vector

\vec{F}_M : Magnus force vector

\vec{W} : Weight vector of the projectile

\vec{T} : Thrust vector

\vec{M}_A : Steady aerodynamic moment vector

\vec{M}_U : Unsteady aerodynamic moment vector

\vec{M}_M : Magnus moment vector

\vec{M} : Thrust misalignment moment vector

\vec{M}_A and \vec{M}_M in equation (12) are the effects of \vec{F}_A and \vec{F}_M which act on the projectile at C_P on C_M , respectively. As the position vector of C_P relative to C_M is shown by \vec{r}_{C_P/C_M} , the forthcoming relationships are held for \vec{M}_A and \vec{M}_M :

$$\vec{M}_A = \vec{r}_{C_P/C_M} \times \vec{F}_A \quad (13)$$

$$\vec{M}_M = \vec{r}_{C_P/C_M} \times \vec{F}_M \quad (14)$$

Equations (11) and (12) are expressed in the column matrix forms in F_b as follows:

$$\vec{F}_A^{(b)} + \vec{F}_M^{(b)} + \vec{W}^{(b)} + \vec{T}^{(b)} = m\vec{a}_{C/O}^{(b)} \quad (15)$$

$$\vec{M}_A^{(b)} + \vec{M}_U^{(b)} + \vec{M}_M^{(b)} + \vec{M}^{(b)} = \hat{f}_C^{(b)} \vec{\alpha}_{b/O}^{(b)} + \vec{\omega}_{b/O}^{(b)} \hat{f}_C^{(b)} \vec{\omega}_{b/O}^{(b)} \quad (16)$$

As to be used to expand equations (15) and (16), the effective cross-sectional area of the projectile, dynamic pressure, angle of attack, and side-slip angle, i.e. S_P , q_∞ , α , and β , can be formulated as functions of the diameter of the projectile, air density, and magnitude of the linear velocity vector of the projectile, i.e. d_p , ρ , and $v_p = \sqrt{u^2 + v^2 + w^2} = |\vec{v}_{C/O}|$ in the following manner by assuming $\pi = 3.14$:

$$S_P = (\pi/4)d_p^2 \quad (17)$$

$$q_\infty = (1/2)\rho v_p^2 \quad (18)$$

$$\alpha = a \tan(w/v_p) \quad (19)$$

$$\beta = a \tan(v/v_p) \quad (20)$$

As g represents the gravity ($g = 9.81 \text{ m/s}^2$) and I_a and I_t correspond to the axial and lateral moment of inertia components of the projectile, the terms in equations (15) and (16) can be expanded as follows [4, 11, 14]:

$$\hat{f}_C^{(b)} = \begin{bmatrix} I_a & 0 & 0 \\ 0 & I_t & 0 \\ 0 & 0 & I_t \end{bmatrix} \quad (21)$$

$$\vec{\omega}_{b/O}^{(b)} = \begin{bmatrix} 0 & -r & q \\ r & 0 & -p \\ -q & p & 0 \end{bmatrix} \quad (22)$$

$$\vec{F}_A^{(b)} = q_\infty S_P \begin{bmatrix} C_{y\beta}\beta + C_{y\delta}\delta_r + C_{yr}[d_P/(2v_P)]r \\ C_{z\alpha}\alpha + C_{z\delta}\delta_e + C_{zq}[d_P/(2v_P)]q \end{bmatrix} \quad (23)$$

$$\vec{F}_M^{(b)} = q_\infty S_P \begin{bmatrix} 0 \\ C_{MFy}[d_P/(2v_P)]\alpha p \\ C_{MFz}[d_P/(2v_P)]\beta p \end{bmatrix} \quad (24)$$

$$\vec{W}^{(b)} = mg \begin{bmatrix} -\sin(\theta) \\ \cos(\theta) \sin(\varphi) \\ \cos(\theta) \cos(\varphi) \end{bmatrix} \quad (25)$$

$$\vec{T}^{(b)} = [X_T \quad Y_T \quad Z_T]^T \quad (26)$$

$$\vec{M}_A^{(b)} = q_\infty S_P d_P \begin{bmatrix} C_{10} \\ C_{m\alpha}\alpha + C_{m\delta}\delta_e + C_{mq}[d_P/(2v_P)]q \\ C_{n\beta}\beta + C_{n\delta}\delta_r + C_{nr}[d_P/(2v_P)]r \end{bmatrix} \quad (27)$$

$$\vec{M}_U^{(b)} = q_\infty S_P d_P \begin{bmatrix} C_{IU0} + C_{IUp}[d_P/(2v_P)]p \\ C_{MUq}[d_P/(2v_P)]q \\ C_{MUr}[d_P/(2v_P)]r \end{bmatrix} \quad (28)$$

$$\vec{M}_M^{(b)} = q_\infty S_P d_P \begin{bmatrix} 0 \\ C_{MTm}[d_P/(2v_P)]\alpha p \\ C_{MTn}[d_P/(2v_P)]\beta p \end{bmatrix} \quad (29)$$

$$\vec{M}^{(b)} = [L_T \quad M_T \quad N_T]^T \quad (30)$$

where X_T , Y_T , and Z_T denote the components of the thrust vector while L_T , M_T , and N_T indicate the components of the thrust misalignment moment vector in the directions of $\vec{u}_1^{(b)}$, $\vec{u}_2^{(b)}$, and $\vec{u}_3^{(b)}$ unit vectors in F_b , respectively. Also, δ_r and δ_e correspond to the rudder and elevator angles of the projectile.

The following relationships can be established among the aerodynamic coefficients C_{x0} , $C_{y\beta}$, $C_{y\delta}$, C_{yr} , $C_{z\delta}$, $C_{z\alpha}$, C_{zq} , C_{MFy} , C_{MFz} , C_{10} , $C_{m\alpha}$, $C_{m\delta}$, C_{mq} , $C_{n\beta}$, $C_{n\delta}$, C_{nr} , C_{IU0} , C_{IUp} , C_{MUq} , C_{Mur} , C_{MTm} , and C_{MTn} in equations (23), (24), (27), (28), and (29) thanks to the rotational symmetry of the projectile [15]:

$$C_{y\beta} = C_{z\alpha} \quad (31)$$

$$C_{y\delta} = -C_{z\delta} \quad (32)$$

$$C_{yr} = -C_{zq} \quad (33)$$

$$C_{n\beta} = -C_{m\alpha} \quad (34)$$

$$C_{n\delta} = C_{m\delta} \quad (35)$$

$$C_{nr} = C_{mq} \quad (36)$$

$$C_{MFy} = C_{MFz} \quad (37)$$

$$C_{Mur} = C_{MUq} \quad (38)$$

$$C_{MTn} = C_{MTm} \quad (39)$$

Substituting equations (21) through (39) into equations (15) and (16) and then making the necessary arrangements, the equations of motion defining the spatial motion of the projectile come into the picture as given below

$$\dot{u} + qw - rv = d_x + (X_T/m) - g \sin(\theta) \quad (40)$$

$$\dot{v} - pw + ru = d_{z\alpha}\beta + d_{z\delta}\delta_r - d_{zq}r + d_{zp}\alpha p + (Y_T/m) + g \cos(\theta) \sin(\varphi) \quad (41)$$

$$\dot{w} + pv - qu = d_{z\alpha}\alpha + d_{z\delta}\delta_e + d_{zq}q + d_{zp}\beta p + (Z_T/m) + g \cos(\theta) \cos(\varphi) \quad (42)$$

$$\dot{p} = d_l + d_{lp}p + (L_T/I_a) \quad (43)$$

$$\dot{q} + [(I_a/I_t) - 1]pr = d_{m\alpha}\alpha + d_{m\delta}\delta_e + d_{mq}q + d_{mp}\alpha p + (M_T/I_t) \quad (44)$$

$$\dot{r} - [(I_a/I_t) - 1]pq = -d_{m\alpha}\beta + d_{m\delta}\delta_r + d_{mq}r + d_{mp}\beta p + (N_T/I_t) \quad (45)$$

where $d_x = q_\infty S_P C_{x0}/m$, $d_{z\alpha} = q_\infty S_P C_{z\alpha}/m$, $d_{z\delta} = q_\infty S_P C_{z\delta}/m$, $d_{zq} = (q_\infty S_P d_P C_{zq})/(2mv_P)$, $d_{zp} = (q_\infty S_P d_P C_{MFz})/(2mv_P)$, $d_l = q_\infty S_P d_P (C_{10} + C_{IU0})/I_a$, $d_{lp} = (q_\infty S_P d_P^2 C_{IUp})/(2I_a v_P)$, $d_{m\alpha} = q_\infty S_P d_P C_{m\alpha}/I_t$, $d_{m\delta} = q_\infty S_P d_P C_{m\delta}/I_t$,

$$d_{mq} = [q_{\infty} S_P d_P^2 (C_{mq} + C_{MUq})] / (2I_t v_P),$$

$$d_{mp} = (q_{\infty} S_P d_P^2 C_{MTm}) / (2I_t v_P).$$

Here, as $C_{l\delta}$ stands for the relevant stability derivative, C_{l0} can approximately be defined as a linear function of δ_a :

$$C_{l0} = C_{l\delta} \delta_a \quad (46)$$

3. Guidance Law

As per a basis is establish for the guidance scheme, the engagement geometry between the projectile and target can be described by the following relationships where $r_{T/P}$ indicates the distance between the projectile and target while λ_p and λ_y denote the orientation angles of $r_{T/P}$ with respect to the pitch and yaw planes, respectively [16]:

$$r_{T/P} = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2} \quad (47)$$

$$\lambda_p = \arctan[-\Delta z \cos(\lambda_y) / \Delta x] \quad (48)$$

$$\lambda_y = \arctan(\Delta y / \Delta x) \quad (49)$$

The total miss distance at the end of the engagement, i.e. d_{miss} , at $t = t_F$ where t_F represents the final time of the engagement can be calculated from the following formula just as the vertical component of $r_{T/P}$ becomes zero, i.e. $\Delta z = 0$ [16].

$$d_{miss} = \sqrt{\Delta x^2(t_F) + \Delta y^2(t_F)} \quad (50)$$

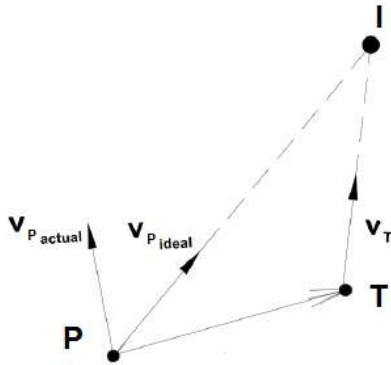


Figure 4. Linear homing guidance geometry.

The motion planning of the projectile is carried out in accordance with the LHG law for the terminal flight phase starting right after the roll nullification. In the LHG law whose schematic representation is submitted in Figure 4, as the projectile (P), target (T), and predicted intercept point (I) form a triangular shape called the collision triangle whose dimensions are continuously updated during the engagement, the objective is first to put and then to keep the velocity vector of the object on the fictitious line connecting the object and predicted intercept point on the collision triangle. In Figure 4, the symbols $v_{P actual}$ and $v_{P ideal}$ denote the actual and desired velocity vectors of the projectile while v_T indicates the target velocity vector. In this approach, in order for point P to catch point T, the guidance commands can be derived in terms of the flight path angles of the projectile which are the orientation angles of $\vec{v}_{c/o}$ from the lateral and vertical axes of F_0 , i.e. η_q^c and γ_q^c , in the following manner [16]:

$$\eta_q^c = a \tan[(v_{Ty} \Delta t - \Delta y) / (v_{Tx} \Delta t - \Delta x)] \quad (51)$$

$$\gamma_q^c = a \tan\{(\Delta z - v_{Tz} \Delta t) / [(v_{Tx} \Delta t - \Delta x) \cos(\eta_q^c) + (v_{Ty} \Delta t - \Delta y) \sin(\eta_q^c)]\} \quad (52)$$

As x_c , y_c , and z_c denote the components of $\vec{r}_{c/o}$ in F_0 while x_T , y_T , and z_T are used to indicate the linear position vector components of the target point relative to point O in F_0 , the definitions made in equations (51) and (52) are revealed below by introducing the velocity components of the target in F_0 as v_{Tx} , v_{Ty} , and v_{Tz} as well as the magnitude of the target velocity vector of v_T [16]:

$$\Delta x = x_c - x_T \quad (53)$$

$$\Delta y = y_c - y_T \quad (54)$$

$$\Delta z = z_c - z_T \quad (55)$$

$$v_{Tx} = v_T \cos(\gamma_t) \quad (56)$$

$$v_{Ty} = v_T \sin(\gamma_t) \quad (57)$$

$$v_{Tz} = 0 \quad (58)$$

Where γ_t denotes the flight path angle of the target on the horizontal plane of F_0 . Furthermore, the remaining time duration till the end of the engagement, i.e. Δt , is found below [16]:

$$\Delta t = \left[\sqrt{\sigma^2 + (v_c^2 - v_T^2) \Delta r^2} - \sigma \right] / (v_c^2 - v_T^2) \quad (59)$$

where $\sigma = v_{Tx} \Delta x + v_{Ty} \Delta y + v_{Tz} \Delta z$ and $\Delta r^2 = \Delta x^2 + \Delta y^2 + \Delta z^2$. In the present problem, the projectile is fired towards a stationary ground target. Therefore, v_T is zero. This condition simplifies the general form of the LHG law explained above regarding the case.

4. Projectile Control System

The guidance commands generated by the LHG law in terms of the flight path angle components of the projectile can be converted into physical motion by means of a conveniently designed control system, i.e. autopilot. For this purpose, regarding that the high-rate spin of the projectile, i.e. roll rate, is almost nullified primarily at the beginning of the guidance and control phase ($p \approx 0$), equations (41), (42), (44), and (45) can be reduced to the following forms:

$$\dot{v} + ru = d_{z\alpha} \beta + d_{z\delta} \delta_r - d_{zq} r + (Y_T / m) + g \cos(\theta) \sin(\varphi) \quad (60)$$

$$\dot{w} - qu = d_{z\alpha} \alpha + d_{z\delta} \delta_e + d_{zq} q + (Z_T / m) + g \cos(\theta) \cos(\varphi) \quad (61)$$

$$\dot{q} = d_{m\alpha} \alpha + d_{m\delta} \delta_e + d_{mq} q + (M_T / I_t) \quad (62)$$

$$\dot{r} = -d_{m\alpha} \beta + d_{m\delta} \delta_r + d_{mq} r + (N_T / I_t) \quad (63)$$

Since the thrust effect burns out before the guided phase of the projectile, the relevant force and moment terms vanish in the equations of motion. Apart from this, evaluating the gravity effect as a constant bias, or disturbing effect, on the control system, equations (60) through (63) are more simplified as follows:

$$\dot{v} + ru = d_{z\alpha} \beta + d_{z\delta} \delta_r - d_{zq} r \quad (64)$$

$$\dot{w} - qu = d_{z\alpha} \alpha + d_{z\delta} \delta_e + d_{zq} q \quad (65)$$

$$\dot{q} = d_{m\alpha}\alpha + d_{m\delta}\delta_e + d_{mq}q \quad (66)$$

$$\dot{r} = -d_{m\alpha}\beta + d_{m\delta}\delta_r + d_{mq}r \quad (67)$$

The longitudinal component of $\vec{v}_{C/O}$ in F_b , i.e. u , is much larger than its lateral components, i.e. v and w . Thus, the following approximation upon u can be taken into consideration along with the small angle equivalents of α and β as introduced in equations (19) and (20) in the autopilot design:

$$u \approx |\vec{v}_{C/O}| = v_p \quad (68)$$

$$w \approx u\alpha \quad (69)$$

$$v \approx u\beta \quad (70)$$

Ignoring the change of u in time, first time derivatives equations (69) and (70) yield the next expressions:

$$\dot{w} \approx u\dot{\alpha} \quad (71)$$

$$\dot{v} \approx u\dot{\beta} \quad (72)$$

Plugging equations (69) through (72) into equations (64) through (67), the following scalar relationships are obtained:

$$\dot{\beta} = -c_{\alpha q}r + c_{\alpha\alpha}\beta - c_{\alpha\delta}\delta_r \quad (73)$$

$$\dot{\alpha} = c_{\alpha q}q + c_{\alpha\alpha}\alpha + c_{\alpha\delta}\delta_e \quad (74)$$

$$\dot{q} = d_{mq}q + d_{m\alpha}\alpha + d_{m\delta}\delta_e \quad (75)$$

$$\dot{r} = d_{mq}r - d_{m\alpha}\beta + d_{m\delta}\delta_r \quad (76)$$

where $c_{\alpha q} = (d_{zq}/v_p) + 1$, $c_{\alpha\alpha} = d_{z\alpha}/v_p$, and $c_{\alpha\delta} = d_{z\delta}/v_p$. Noting that $\dot{\theta} \approx q$ and $\dot{\psi} \approx r$, the differential equations governing the motion of the projectile in the pitch and yaw planes can be gathered in the forthcoming state space forms:

$$\dot{\bar{x}}_p = \hat{A}_p\bar{x}_p + \bar{b}_p\delta_e \quad (77)$$

$$\dot{\bar{x}}_y = \hat{A}_y\bar{x}_y + \bar{b}_y\delta_r \quad (78)$$

where, as the column representations of the state variable vectors for the pitch and yaw planes are introduced to be $\bar{x}_p = [\theta \ q \ \alpha]^T$ and $\bar{x}_y = [\psi \ r \ \beta]^T$, respectively,

$$\hat{A}_p = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & d_{mq} & d_{m\alpha} \\ 0 & c_{\alpha q} & c_{\alpha\alpha} \end{bmatrix}, \bar{b}_p = [0 \ d_{m\delta} \ c_{\alpha\delta}]^T,$$

$$\hat{A}_y = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & d_{mq} & -d_{m\alpha} \\ 0 & -c_{\alpha q} & c_{\alpha\alpha} \end{bmatrix}, \text{ and } \bar{b}_y = [0 \ d_{m\delta} \ -c_{\alpha\delta}]^T.$$

The input variables δ_e and δ_r can be designated as per the state feedback approach as follows:

$$\delta_e = k_\theta(\theta_d - \theta) - k_qq - k_\alpha\alpha \quad (79)$$

$$\delta_r = k_\psi(\psi_d - \psi) - k_r r - k_\beta\beta \quad (80)$$

In equations (79) and (80), θ_d and ψ_d denote the desired values of θ and ψ , respectively. Also, k_θ , k_q , k_α , k_ψ , k_r , and k_β are assigned as the controller gains. Defining the reference inputs for the pitch and yaw planes as $r_p = \theta_d$ and $r_y = \psi_d$, equations (79) and (80) can be expressed more compactly as shown below:

$$\delta_e = -\bar{k}_p^T\bar{x}_p + k_\psi r_p \quad (81)$$

$$\delta_r = -\bar{k}_y^T\bar{x}_y + k_\psi r_y \quad (82)$$

where $\bar{k}_p = [k_\theta \ k_q \ k_\alpha]^T$ and $\bar{k}_y = [k_\psi \ k_r \ k_\beta]^T$. Eventually, inserting equations (81) and (82) into equations (77) and (78), the state space representations of the closed loop pitch and yaw autopilots come into the picture in the following fashion:

$$\dot{\bar{x}}_p = (\hat{A}_p - \bar{b}_p\bar{k}_p^T)\bar{x}_p + k_\theta\bar{b}_p r_p \quad (83)$$

$$\dot{\bar{x}}_y = (\hat{A}_y - \bar{b}_y\bar{k}_y^T)\bar{x}_y + k_\psi\bar{b}_y r_y \quad (84)$$

Having applied the laplace transformation to equations (83) and (84), the characteristics polynomials of the resulting transfer functions of the pitch and yaw planes are obtained. Then, equating these polynomials to the standard third order characteristic polynomial $B_3(s)$ given in equation (85) for $i = p$ and y , the controller gains appear as in equations (86) and (87):

$$B_3(s) = s^3 + (2\zeta_i + 1)\omega_{ic}s^2 + (2\zeta_i + 1)\omega_{ic}^2s + \omega_{ic}^3 \quad (85)$$

$$\bar{k}_p = \hat{C}_p^{-1}\bar{d}_p \quad (86)$$

$$\bar{k}_y = \hat{C}_y^{-1}\bar{d}_y \quad (87)$$

where ω_{ic} and ζ_i stand for the desired bandwidth and damping ratio for the pitch and yaw planes. Also;

$$\hat{C}_p = \begin{bmatrix} 0 & d_{m\delta} & c_{\alpha\delta}d_{m\alpha} - c_{\alpha\alpha}d_{m\delta} & c_{\alpha q}d_{m\delta} - c_{\alpha\delta}d_{mq} \\ c_{\alpha\delta}d_{m\alpha} - c_{\alpha\alpha}d_{m\delta} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$\bar{d}_p = \begin{bmatrix} (2\zeta_p + 1)\omega_{pc} + d_{mq} + c_{\alpha\alpha} \\ (2\zeta_p + 1)\omega_{pc}^2 + c_{\alpha q}d_{m\alpha} - c_{\alpha\alpha}d_{mq} \\ \omega_{pc}^3 \end{bmatrix},$$

$$\hat{C}_y = \begin{bmatrix} 0 & d_{m\delta} & c_{\alpha\delta}d_{m\alpha} - c_{\alpha\alpha}d_{m\delta} & c_{\alpha\delta}d_{mq} - c_{\alpha q}d_{m\delta} \\ c_{\alpha\delta}d_{m\alpha} - c_{\alpha\alpha}d_{m\delta} & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

$$\text{and } \bar{d}_y = \begin{bmatrix} (2\zeta_y + 1)\omega_{yc} + d_{mq} + c_{\alpha\alpha} \\ (2\zeta_y + 1)\omega_{yc}^2 + c_{\alpha q}d_{m\alpha} - c_{\alpha\alpha}d_{mq} \\ \omega_{yc}^3 \end{bmatrix}.$$

The standard third-order characteristic polynomial puts the three poles of the closed loop pitch and yaw autopilots on the left-hand-side of the complex plane. Thus, the asymptotical stabilities of these autopilots, i.e. control systems, are guaranteed by updating the values of the aerodynamic coefficients in accordance with the instantaneous state of the flight.

Different from electro-mechanical or hydraulic actuation, the control fins rotate at amount of either $-\delta_f$ or δ_f . Regardless their magnitudes, the signs of δ_e and δ_r define the sign of δ_f . Thus, the command signals, i.e. δ'_e and δ'_r , are sent to the pneumatic control fins by the pitch and yaw autopilots in the following forms:

$$\delta'_e = \text{sign}(\delta_e)\delta_f \quad (88)$$

$$\delta'_r = \text{sign}(\delta_r)\delta_f \quad (89)$$

5. Computer Simulations

In the computer simulations, the performance characteristics of three projectile configurations are examined:

- Unguided projectile with zero cant angle (U-Z),
- Unguided projectile with nonzero cant angle (U-N),
- Guided projectile with zero cant angle (G).

That is, the unguided, i.e., ballistic, projectiles are considered for both uncanted and canted fixed tail fins configurations while the guided projectile is taken to be in an uncanted manner. Here, the fixed cant angle, i.e., δ_a , is assigned to be 0.5° . Also, the magnitude of the net orientation angle defined as the difference between δ_a and δ_e/δ_r is set to be -5° for the high-rate spin nullification phase whereas the upper and lower limits of the pneumatically actuated control fins, i.e., δ_f are adjusted to be $\pm 1^\circ$ for the guidance phase. The engagement scenarios are designed regarding the uncontrolled lateral wind effect in addition to the thrust uncertainty. In this designation, it is assumed that the wind affects the projectile at altitudes which are higher than the half of the top point the projectile can attain. The relevant aerodynamic coefficients including the Magnus force and moment terms are obtained using the look-up tables prepared special for the considered situations. Also, all the simulations are terminated once the relative altitude between the projectile and target point drops down 0.5 m.

The numerical values of the projectile parameters used in the simulations are shown in Table 1.

Table 1. Essential parameters for the projectile.

Parameter	Symbol	Value
Diameter	d_P	70 mm
Cross-Sectional Area	S_P	3,848.5 mm ²
Total Length	L_P	2,000 mm
Total Mass	m	15 kg
Axial Moment of Inertia	I_a	0.018 kg·m ²
Transversal Moment of Inertia	I_t	5.005 kg·m ²

Under the stated conditions, the attained results for the engagement time and miss distance quantities are submitted in Table 2 and Table 3 for the initial pitch angle, i.e. θ , values of 30° and 45° . In these scenarios, lateral wind speed is assumed to be 0, 10, and 30 m/s [7]. Apart from these issues, -10% of thrust uncertainty is taken into account as in the related simulation data in Table 3.

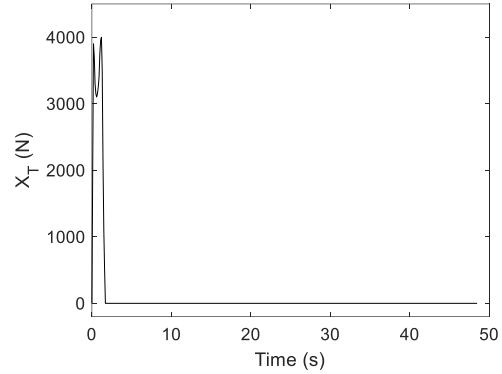


Figure 5. Thrust profile.

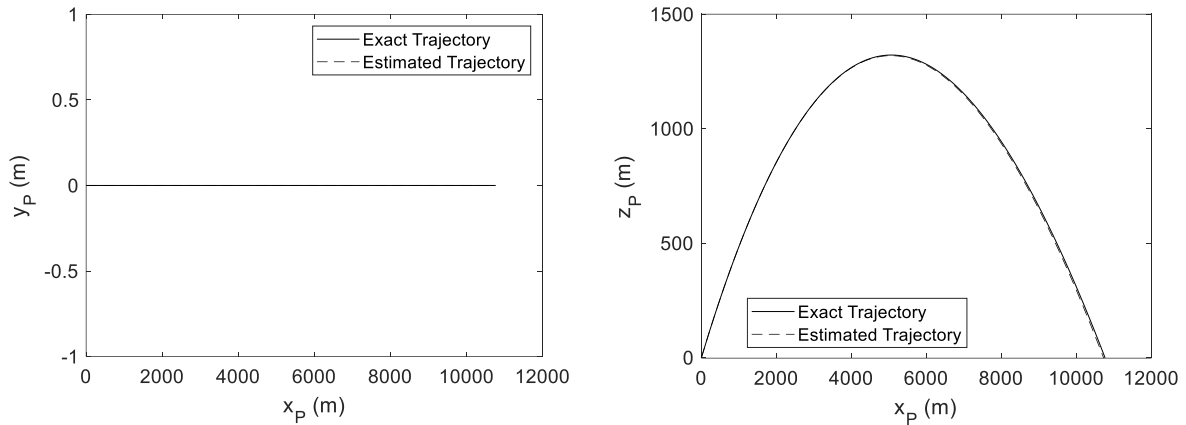
The reference ranges of the guided projectile configuration are determined as per the estimated range of the unguided projectile with zero cant angle. As seen from the profile given in Figure 5, the thrust burns out at 1.7 s after the launch for all the cases considered. Also, the engagement geometries are submitted in Figure 6 through Figure 15 as well as sample time response graphs. In all the cases, the initial speed of the projectile is taken to be 408 m/s.

Table 2. Results for $\theta=30$ and 45° without thrust uncertainty.

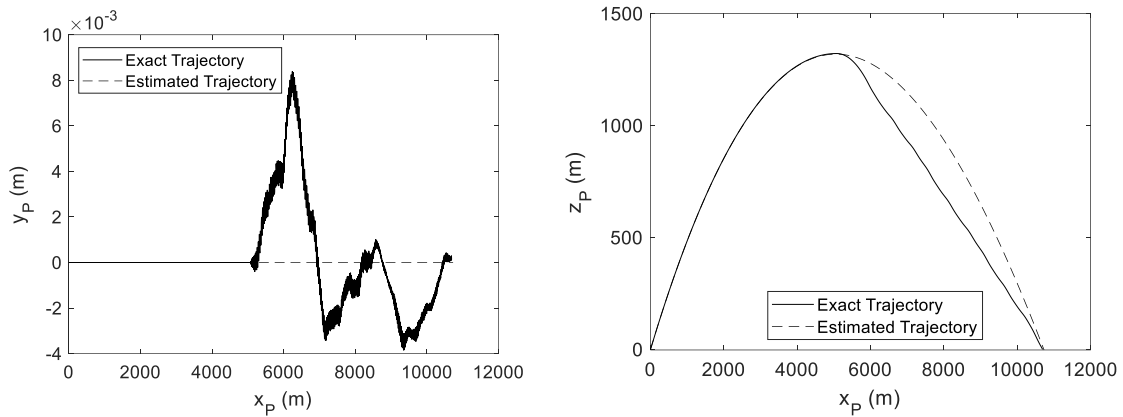
Case Number	Lateral Wind Speed (m/s)	Projectile Configuration	Estimated Distance to Target (m)	Engagement Time (s)	Miss Distance (m)		
					Lateral	Longitudinal	Resultant
$\theta=30^\circ$							
1	0	U-Z	10,735	34	0	37	37
2		U-N	10,783	34	0	4	4
3		G	10,735	34	0	-39	39
$\theta=45^\circ$							
4	0	U-Z	12,291	48	0	-51	51
5		U-N	12,259	48	0	-6	6
6		G	12,291	48	0	-69	69
7	10	U-Z	12,291	48	-1	48	48
8		U-N	12,259	50	1,352	277	1,380
9		G	12,291	48	0	-74	74
10	30	U-Z	12,291	49	13	1,052	1,052
11		U-N	12,259	54	2,644	581	2,707
12		G	12,291	46	0	-69	69

Table 3. Results for $\theta=45^\circ$ with thrust uncertainty of -10% .

Case Number	Lateral Wind Speed (m/s)	Projectile Configuration	Estimated Distance to Target (m)	Engagement Time (s)	Miss Distance (m)		
					Lateral	Longitudinal	Resultant
13	0	U-Z	12,291	43	0	-2,838	2,838
14		U-N	12,259	43	-21	2,784	2,784
15		G	12,291	53	0	-98	98
16	10	U-Z	12,291	43	0	-2,785	2,785
17		U-N	12,259	43	-394	-2,922	2,948
18		G	12,291	53	0	-86	86
19	30	U-Z	12,291	43	-14	-2,382	2,382
20		U-N	12,259	44	-571	-2,236	2,308
21		G	12,291	51	0	-135	135



Horizontal Engagement Vertical Engagement
 Figure 6. Engagement geometry for case 1.



Horizontal Engagement Vertical Engagement
 Figure 7. Engagement geometry for case 3.

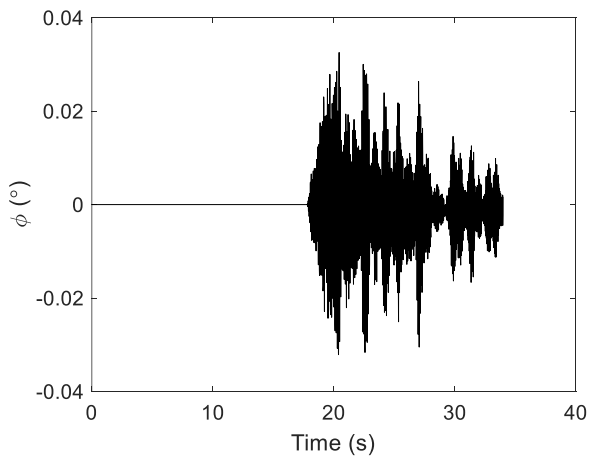


Figure 8. Change of the roll angle in time for case 3.

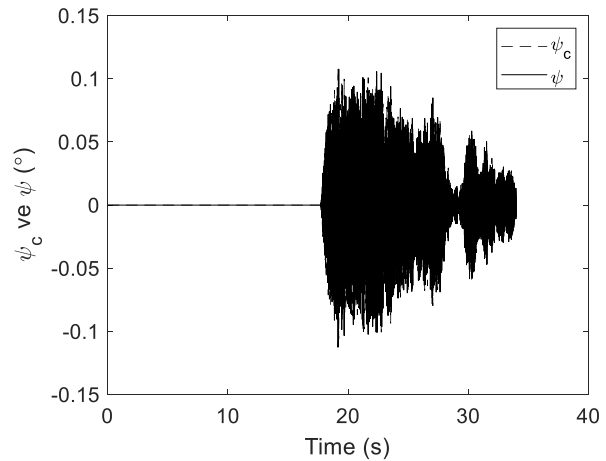


Figure 9. Time response of yaw autopilot for case 3.

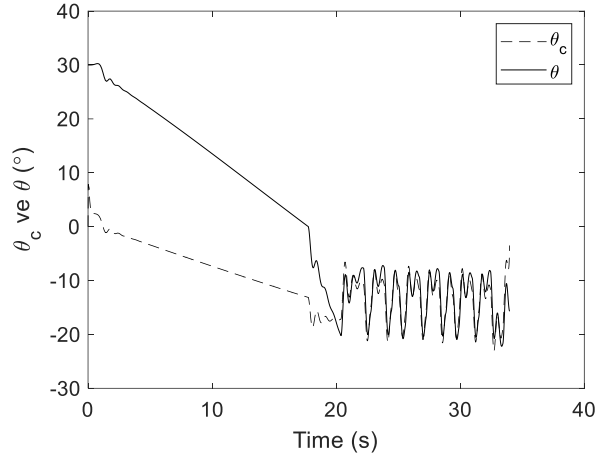


Figure 10. Time response of pitch autopilot for case 3.

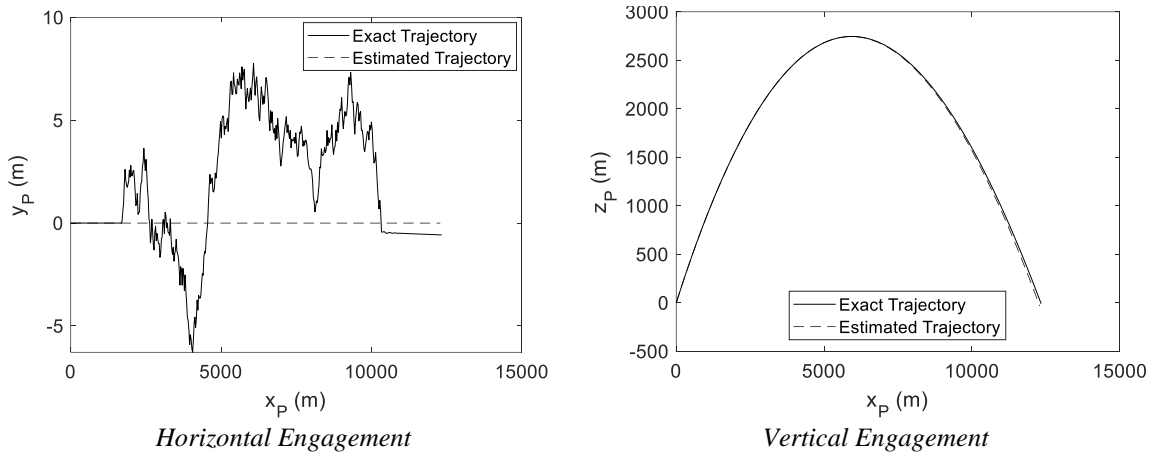


Figure 11. Engagement geometry for case 7.

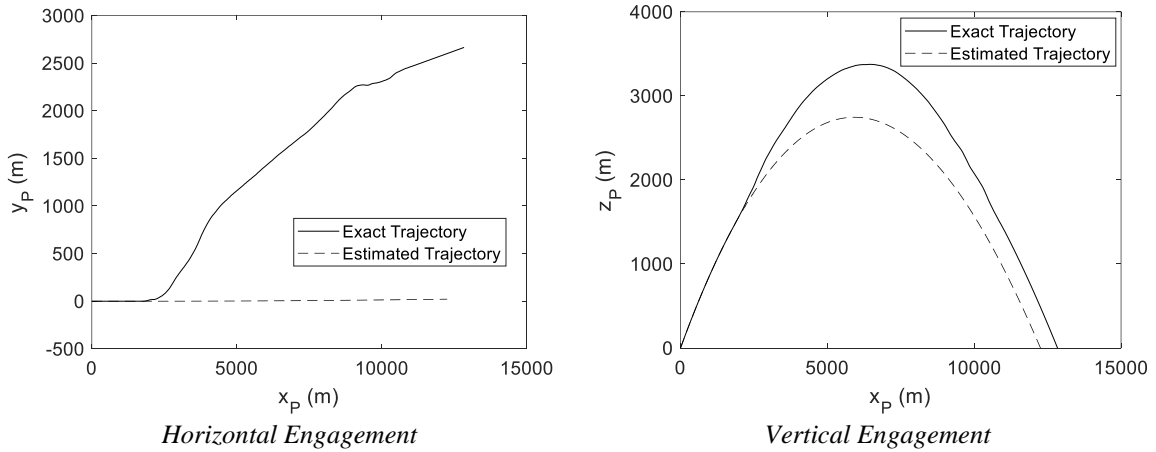
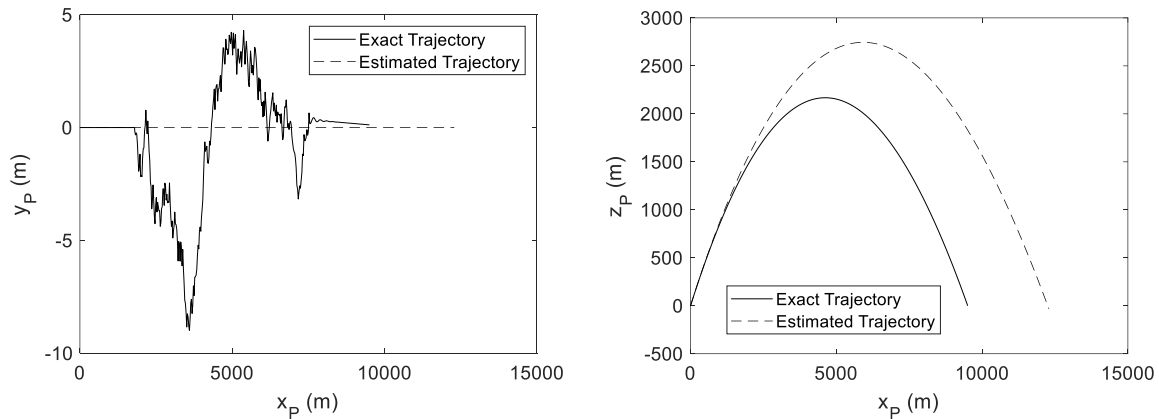
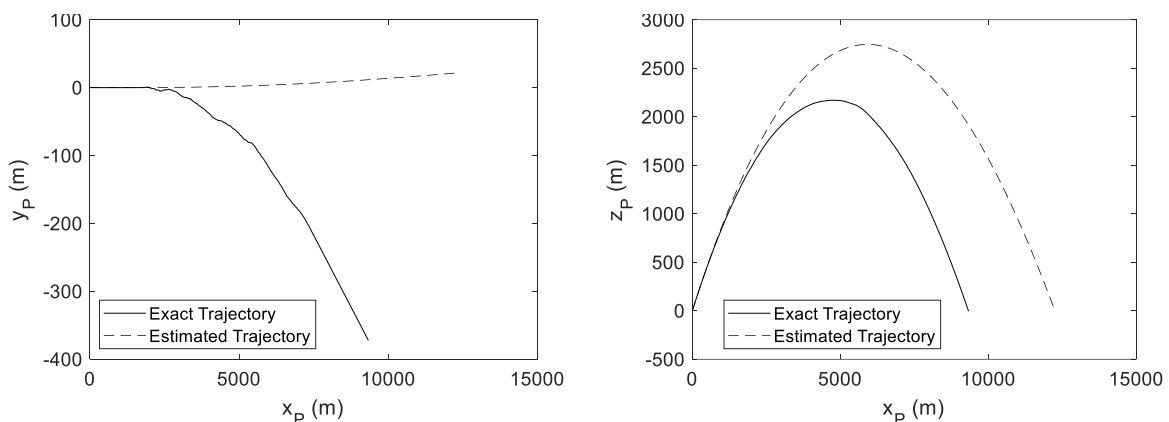


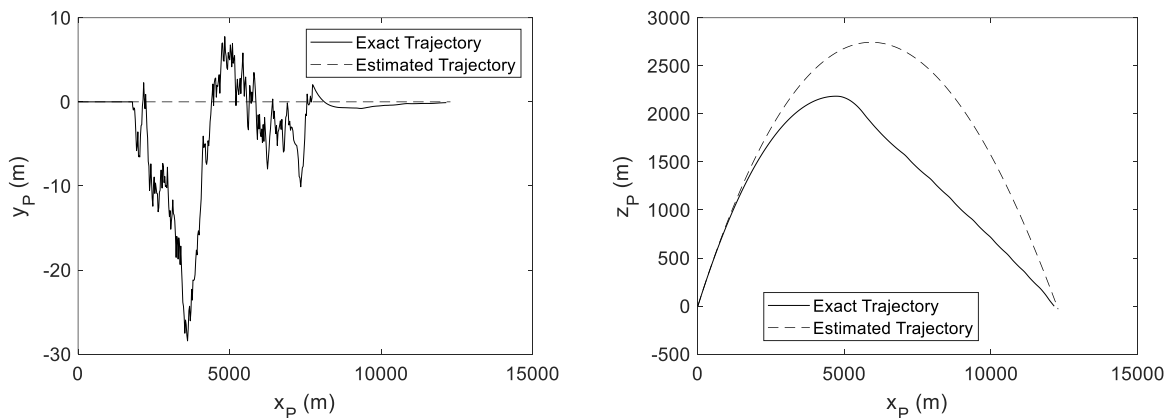
Figure 12. Engagement geometry for case 11.



Horizontal Engagement Vertical Engagement
 Figure 13. Engagement geometry for case 16.



Horizontal Engagement Vertical Engagement
 Figure 14. Engagement geometry for case 17.



Horizontal Engagement Vertical Engagement
 Figure 15. Engagement geometry for case 21.

6. Discussion and Conclusion

When the data acquired from the computer simulations in Table 2 and Table 3 are examined, it is observed that the guided projectile does not have any certain advantage over its unguided, or ballistic, counterparts independent of the initial pitch angle value provided that no lateral wind effect and thrust uncertainty occur. However, once the speed of the lateral wind becomes different from zero, the guided configuration leads considerably small resultant miss distances. This superiority is more apparent when the thrust of the projectile has nonzero uncertainty. That is, the supplementation of guidance makes the resultant miss

distance drop down to very low values when the thrust uncertainty comes into the picture.

Here, one of the interesting points is that the guided projectile completes the engagement within almost the same duration independent of the wind existence for a specified initial pitch angle and thrust uncertainty conditions. That duration becomes longer than the engagement times yielded by the unguided projectiles in the scenarios with thrust uncertainty, but it is concluded with comparatively small miss distances from the target point.

Comparing the unguided projectiles in between, the configuration with nonzero cant angle yields smaller miss distance when there is no lateral wind effect. However, the occurrence of the wind causes the projectile with nonzero cant angle to divert more easily from its planned trajectory than the zero-cant-angle configuration. That is, it seems that the continuous high spin rate provides an unguided SSP with stability for clear weather conditions, but the spin can be a disadvantage when the projectile is subjected to side wind effect.

In the sense of the proposed gradual guidance and control strategy, the results of the computer simulations demonstrate that the roll, or spin, rate of the projectile can be zeroed within a short time interval by the constant nonzero fin deflections of NAK. In the following stage, the designed pitch and yaw autopilots track varying guidance commands accurately even under the effect of side wind.

It is evaluated that the use of a simpler, lighter, and cheaper pneumatic actuation in accordance with a convenient guidance law can make this method a viable choice for SSP applications in accordance with the yielded satisfactory miss distance and comparable engagement time results. It will be more beneficial if the simulation results can be verified by means of well-planned experimental tests as done in some of the previous studies [17].

References

- [1] F. Fresconi, G. Cooper, I. Celmins, J. DeSpirito, M. Costello, "Flight mechanics of a novel guided spin-stabilized projectile concept" Proc. ImechE, Part G: Journal of Aerospace Engineering, 226: 327-340, 2011.
- [2] F. Fresconi, I. Celmins, "Experimental flight characterization of spin stabilized projectiles at high angle of attack" US Army Research Laboratory Report, USA, 2017.
- [3] M. D. Ilg, Guidance, "Navigation, and control for munitions" PhD Thesis, Drexel University, USA, 2008.
- [4] J. Rogers, M. Costello, "Design of a roll stabilized mortar projectile with reciprocating canards" Journal of Guidance, Control, and Dynamics, 33(4): 1026-1034, 2010.
- [5] Y. Qing, L. Chunsheng, "A differential game-based guidance law for an accelerating exoatmospheric missile" Asian Journal of Control, 19(3): 1205-1216, 2017.
- [6] G. Jiwei, C. Yuan-Li Cai, "Three-dimensional impact angle constrained guidance laws with fixed time convergence" Asian Journal of Control, 19(6): 2240-2254, 2017.
- [7] M. Eroğlu, "Design and control of nose actuation kit for position correction of spin stabilized munitions under wind effect" MSc Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2016.
- [8] Y. Habash, "Roll controlled guided mortar (RCGM)" NDIA Joint Armaments Conference, Seattle, WA, USA, 2012.
- [9] D. N. Gkritzapis, D. P. Margaris, E. E. Panagiotopoulos, G. Kaimakamis, K. Siassiakos, "Prediction of the impact point for spin and fin stabilized projectiles" WSEAS Transactions on Information Science and Applications, 5(12): 1667-1676, 2008.
- [10] D. N. Gkritzapis, E. E. Panagiotopoulos, D. P. Margaris, D. G. Papanikas, "Modified linear theory for spinning or non spinning projectiles" The Open Mechanics Journal, 1(1): 6-11, 2008.
- [11] L. Baranowski, "Equations of motion of a spin-stabilized projectile for flight stability testing" Journal of Theoretical and Applied Mechanics, 51(1): 235-246, 2013.
- [12] J. Yin, X. Wu, J. Lei, T. Lu, X. Liu, "Canards interference on the magnus effect of a fin stabilized spinning missile" Advances in Mechanical Engineering, 10(7): 1-16, 2018.
- [13] B. Özkan, "Dynamic modeling of spin-stabilized projectiles" 19th National Theory of Machine Symposium, İskenderun Technical University, İskenderun, Hatay, Turkey, 2019.
- [14] G. R. Cooper, M. Costello, "Trajectory prediction of spin-stabilized projectiles with a liquid payload" Journal of Spacecraft and Rockets, 48(4): 664-670, 2011.
- [15] K. D. Şahin, "A pursuit evasion game between an aircraft and a missile" MSc Thesis, Middle East Technical University, Ankara, Turkey, 2002.
- [16] B. Özkan, M. K. Özgören, G. Mahmutyazıcıoğlu, "Modeling of dynamics, guidance, and control systems of air-to-surface missiles" The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology, 9(2): 101-112, 2012.
- [17] M. Milinović, D. Jerković, O. Jeremic, M. Kovac, "Experimental and simulation testing of flight spin stability for small caliber cannon projectile" Journal of Mechanical Engineering, 58(6): 394-402, 2012.



UNIFAC Yöntemi Kullanılarak Etilasetat-Etanol Sistemi İçin İzotermal Buhar-Sıvı Dengesi Kestirimi

Yavuz Salt ^{1*}

^{1*} Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalürji Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1375-6953), salt@yildiz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.849857)

ATIF/REFERENCE: Salt, Y. (2021). UNIFAC Yöntemi Kullanılarak Etilasetat-Etanol Sistemi İçin İzotermal Buhar-Sıvı Dengesi Kestirimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 293-299.

Öz

Esterler ve alkollerin endüstriyel ve bilimsel önemi nedeniyle bunların ikili karışımları üzerine çok sayıda araştırma yapılmıştır. Etilasetat, asetik asit ve etanolün Fischer esterleşme reaksiyonu ile üretilen önemli bir çözücüdür. Etilasetat saflaştırma işleminde, birkaç ikili ve üçlü azeotropolar oluşmaktadır. Sıvı karışımındaki bileşenlerin aktivite katsayılarının kestiriminin yapılması, buhar-sıvı dengesi (VLE) gibi faz dengesi hesaplamalarında çok önemlidir. Bu nedenle, sıvı karışım özelliklerinin, özellikle aşırı Gibbs serbest enerjisinin (G^E) kestirimi için doğru modeller gerekmektedir. Bu çalışmada, etilasetat-etanol sisteminin 298,15 K, 313,15 K ve 323,15 K sıcaklıklarda izotermal buhar-sıvı denge hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. UNIFAC yöntemi kullanılarak aktivite katsayılarının kestirimi yapılmış ve daha sonra aşırı Gibbs serbest enerji değerlerinden ikili etkileşim parametreleri hesaplanmıştır. Sonuçlar, sıcaklığın artışıyla birlikte aktivite katsayılarının ve ikili etkileşim parametrelerinin azaldığını göstermiştir. Etilasetat konsantrasyonundaki artışla birlikte aktivite katsayıları azalmış, ikili etkileşim parametreleri artmıştır. Etilasetat-etanol sistemi pozitif aşırı Gibbs serbest enerjisi değerlerine sahiptir ve Raoult yasasından pozitif sapma gösterir.

Anahtar Kelimeler: Buhar-sıvı Dengesi, Etilasetat, Etanol, UNIFAC Yöntemi, İkili Etkileşim Parametresi.

Prediction of Isothermal Vapor-Liquid Equilibrium for the Ethylacetate-Ethanol System Using UNIFAC Method

Abstract

Many studies have been conducted on binary mixture of esters and alcohols due to their industrial and scientific importance. Ethyl acetate is an important solvent that can be produced by Fischer esterification reaction of acetic acid and ethanol. In the purification process of ethyl acetate, a few binary and ternary azeotropes are formed. It is crucial to estimate the activity coefficients of components in a liquid mixture for phase equilibrium calculations such as vapor-liquid equilibrium (VLE). Therefore, accurate models are required to estimate liquid mixture properties, particularly excess Gibbs free energy (G^E). In the present study, isothermal vapor-liquid equilibrium was calculated for ethyl acetate-ethanol system at various temperatures, i.e., 298.15 K, 313.15 K and 323.15 K. Activity coefficients were estimated using the UNIFAC method, and then binary interaction parameters were calculated from the excess Gibbs free energy values. The results showed that the activity coefficients and binary interaction parameters decreased with the increase in temperature. The activity coefficients decreased as well as binary interaction parameters increased with the increase in ethyl acetate concentration. The ethyl acetate-ethanol system has positive values of the excess Gibbs free energy, and exhibits a positive deviation from Raoult's law.

Keywords: Vapor-liquid Equilibrium, Ethylacetate, Ethanol, UNIFAC Method, Binary Interaction Parameter.

* Sorumlu Yazar: salt@yildiz.edu.tr

1. Giriş

Etil asetat, $\text{CH}_3\text{COOC}_2\text{H}_5$ formülüne sahip ve moleküler ağırlığı 88,10 olan organik bileşiktir. Bu renksiz sıvı, içinde kullanıldığı belirli yapııştırıcılar veya oje çıkarıcılar gibi karakteristik, keskin bir kokuya sahiptir. Etil asetat, etanol ve asetik asitten ester; çözücü olarak kullanılmak üzere büyük ölçekte üretilir. Etil asetat, uçucu, nispeten toksik olmayan ve higroskopik olmayan avantajlara sahip orta derecede polar bir çözücüdür. Zayıf bir hidrojen bağı alıcısıdır ve asidik proton eksikliği nedeniyle donör değildir. Etil asetat% 3'e kadar suyu çözebilir ve oda sıcaklığında suda% 8'lik bir çözünürlüğe sahiptir. Güçlü sulu bazlar ve asitlerin varlığında kararsızdır. Alkol, aseton, eter ve kloroform gibi çoğu organik çözücüde çözünür. Ayrıca çevreye ve insana ciddi zarar veren aromatik bileşiklerin yerine konması için birçok kimyasal işlemede çözücü olarak kullanılmıştır (Pattanaik ve Mandalia, 2011).

Birçok bilimsel ve endüstriyel uygulamaya sahip önemli bir endüstriyel kimyasal olan etilasetat endüstriyel verniklerde, matbaa mürekkebinde, boyalarda, tinerlerde ve nitroselüloz verniklerde kullanılan önemli bir çözücüdür ve ayrıca birçok polimerik malzemenin üretiminde de kullanılırlar. Etilasetat saflaştırma işlemi sırasında, ayrılacak birkaç ikili ve üçlü azeotropolar yapılanmaktadır (Zhang ve ark., 2009; Ghanadzadeh ve ark., 2012; Xia ve ark., 2012). Etil asetat üretiminde asetik asidin Fischer esterleştirme reaksiyonu ve etanol dehidrojenasyon yöntemi kullanılmaktadır. Bu işlemlerde, etil asetat ve etanol karışımı atmosfer basıncında geleneksel distilasyon ile ayrılması zor olan bir minimum azeotrop oluşturur (Zhang ve ark., 2008; Zhang ve ark., 2009; Zhang ve ark., 2017). Çözücü karışımları, eczacılık ve kozmetikte, suda az çözünür aktif bileşenlerin çözünürlüğünü arttırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. 1,2-propandiol ve etanol, ilaç tasarım işlemlerinde en çok kullanılan yardımcı çözücülerdir. Etil asetat, olası tüm bileşimlerde etanol ile karışabilen yaygın bir organik çözücüdür (Ruidiaz ve ark., 2010).

Kimyasal proses tasarımı genellikle sıvı karışımların ayrılması ile ilgilidir ve çoğunlukla sıvı faz aktivite katsayılarının belirlenmesi gerekmektedir. Sıvı karışımların termodinamik özelliklerinin belirlenmesi, distilasyon, ekstraksiyon veya absorpsiyon kolonları gibi kimyasal üretim ekipmanlarının tasarımında önemli bir konu durumundadır. Bu nedenle, kimyasal proses simülasyonunda sıvı karışım özelliklerini, özellikle aktivite katsayısı verilerini kullanarak aşırı Gibbs enerjisini (G^E) kestirimi için doğru bir modele ihtiyaç duyulmaktadır. (Fredenslund ve ark., 1975; Huang ve Lee, 1996; Parsana ve Parikh, 2015). Özellikle deneysel verilerin mevcut olmadığı durumlarda mevcut verilerden yola çıkarak faz dengesi verilerinin kestiriminin yapılmasında birçok grup katkısı yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntemlerdeki temel fikir, binlerce kimyasal bileşik olmasına rağmen bu bileşikler oluşturulan fonksiyonel grupların sayısının az olmasına ve bir sıvının fiziksel bir özelliğinin molekülün fonksiyonel grupları tarafından yapılan katkıların toplamı olduğu varsayımına dayanmaktadır. Bu varsayım; bir grubun katkısının başka bir grubun katkısından bağımsız olduğunu ve bir moleküldeki herhangi bir grubun etkisinin, o molekül içindeki diğer grupların doğasından etkilenmediğini ifade etmektedir (Fredenslund ve ark., 1975).

Önemli grup katkı yöntemleri arasında ASOG (Analytical Solution of Groups-Grupların Analitik Çözümü) ve UNIFAC (Uniquac Functional Group Activity Coefficient-Uniquac Grup Aktivite Katsayısı) yöntemleri öne çıkmaktadır (Sandler, 2017).

UNIFAC yöntemi, düşük ve orta basınçlarda ve 300 ile 425 K arasındaki sıcaklıklarda, elektrolit olmayan, polimerik olmayan karışımlarda termokimyasal özelliklerin belirlenmesi ve sıvı faz aktivite katsayılarının kestirimi için güvenilir ve hızlı bir yöntemdir. (Gmehling, ve ark., 1982; Letyanina ve ark., 2016). Ayrıca, farklı moleküller arasındaki çekim kuvvetlerini değerlendirebilmek için etkileşim parametrelerinin belirlenmesi gerekmektedir (Kobuchi ve ark., 2013). Kavram olarak, UNIFAC yöntemi, karışımlardaki aktivite katsayılarının yapısal gruplar arasındaki etkileşimlerle ilişkili olduğu ASOG yöntemini takip eder (Poling ve ark., 2001).

Moleküler aktivite katsayısı iki kısma ayrılır: bir kısım moleküler boyut ve şekil farklılıkları nedeniyle katkı sağlayan tümleşik (combinatorial) terim, diğeri moleküler etkileşimler nedeniyle katkıyı sağlayan artık (residual) terim. Aktivite katsayısına artık katkı grup alanları ve grup etkileşimlerine bağlıdır. UNIQUAC yönteminde tümleşik terim boyut parametreleri için grup katkıları kullanırken artık terim her bir ikili sisteme ait iki ayarlanabilir parametre içerir. UNIFAC yönteminde her iki katkı terimi de grup katkıları kullanılarak bulunmaktadır. Böylelikle karışımın moleküllerden değil fonksiyonel gruplardan oluştuğu düşünülmektedir. UNIFAC yönteminde UNIQUAC aktivite katsayılarının tümleşik kısmı doğrudan kullanılmakta ve bu kısmı sadece saf bileşen özellikleri kullanılmaktadır (Poling ve ark., 2001; Sandler, 2017).

Etil asetat-etanol sisteminin buhar-sıvı denge verilerinin elde edilmesine yönelik literatürde farklı çalışmalar yapılmıştır. Furnas ve Leighton (1937) tarafından sunulan çalışmada atmosferik basınçta etanol-etil asetat ve etil asetat-asetik asit sistemi için buhar-sıvı denge verilerini vermişlerdir. Murti ve Van Winkle (1957), etilasetatın metanol, etanol, 1-propanol ve 2-propanol ile ikili karışımları ve 1-propanol-su sistemi için 760 mmHg basınçlık izobarik koşullar için buhar sıvı denge verilerini elde etmişler ve 40 ve 60°C için toplam basınç değişimini ortaya koymuşlardır. Ortega ve ark. (1986), 760 mmHg'lık izobarik koşullarda etilasetat-etanol karışımlarının buhar-sıvı dengesini çalışmışlar ve deneysel verileri elde ederek aktivite katsayılarını hesaplamışlardır. İzotermal koşullar altında birçok farklı ikili karışım için de olmak üzere Nagata ve ark., (1975) etilasetat/etanol sisteminin 55°C sıcaklıkta deneysel olarak buhar-sıvı denge verilerini elde etmişler ve Wilson denklemini kullanarak aşırı Gibbs enerjilerini hesaplamışlardır. Diğer bir çalışmada, Susial ve ark. (2011), 0,1, 0,5 ve 0,7 MPa basınçlarında olmak üzere izobarik VLE verilerini deneysel bir çalışmayla belirlemiş ve UNIFAC ve ASOG yönteminin kestirim doğruluğunu incelemişlerdir. Ayrıca, Kobuchi ve ark. (2013), Wilson parametrelerinin hesaplanmasına yönelik olarak, saf bileşen için önerilen bir yöntemle ester içerikli ikili karışımların etkileşim parametrelerini sunmuşlar ve etil asetat-etanol ve I-propil asetat-2-propanol sistemleri için 101,3 kPa basınçta VLE verilerini karşılaştırmışlardır.

Bu çalışmada, etilasetat-etanol sisteminin 298,15K, 313,15K ve 323,15K sıcaklıklarda izotermal buhar-sıvı denge hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında hazırlanan Excel programına literatürde verilen parametreler ve ilgili eşitlikler girilerek oluşturulan hesaplama prosedürü çerçevesinde UNIFAC yöntemi kullanılarak aktivite katsayılarının kestirimi yapılmış ve aşırı Gibbs (fark) enerjileri bulunarak ikili etkileşim parametreleri hesaplanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Etilasetat ve etanolün bazı özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Etilasetat ve Etanolün Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Abraham ve ark., 1971; Barton, 1975; Khasanshin, 1984; Mulder and Smolders, 1986; Nijhuis ve ark., 1993; Dean, 1999; Resa ve ark., 2004; Mackay ve ark., 2006; Ruidiaz ve ark., 2010).

Özellik	Etilasetat	Etanol				
M.A.	88,10 g/mol	46,07 g/mol				
T _{kaynama}	77,11°C	78,29°C				
T _c	250,2°C	240,9°C				
P _c	38,31 atm	60,57 atm				
V _c	286 cm ³ /mol	167 cm ³ /mol				
ρ _c	0,378 g/cm ³	0,276 g/cm ³				
δ*	8,9 cal ^{1/2} cm ^{-3/2}	13,0 cal ^{1/2} cm ^{-3/2}				
	298,15K	313,15K	323,15K	298,15K	313,15K	323,15K
V**	98,55	100,69	102,1	58,69	59,68	60,38
ρ	0,894	0,875	0,863	0,785	0,772	0,763

*Çözünürlük parametresi; **Molar hacim, hesaplanan değer (cm³/mol)

2.2. Materyal

2.2.1. İkili Etkileşim Parametresi ve Aktivite Katsayısı

Flory-Huggins teorisine göre, bileşen 1(EtAc) ve 2 (EtOH) arasındaki ikili etkileşim parametresi şu şekilde verilmektedir (Mulder ve ark., 1985; Rhim and Huang, 1989):

$$\chi_{12} = \frac{1}{x_1 v_2} \left[x_1 \ln(x_1 / v_1) + x_2 \ln(x_2 / v_2) + G^E / RT \right] \quad (1)$$

Bu eşitlikte; x ve v sırasıyla mol kesri ve hacim kesridir. Aşırı Gibbs enerjileri izotermal buhar-sıvı denge verilerinden yararlanarak aşağıda verilen eşitlikten bulunabilir (Nagata ve ark., 1975; Letyanina ve ark., 2016):

$$G^E = RT \sum_i x_i \ln \gamma_i \quad (2)$$

Aktivite katsayıları (γ_i) ise UNIFAC yöntemi kullanılarak hesaplanabilmektedir (Poling ve ark., 2001). UNIFAC yönteminde aktivite katsayısı iki kısımdan oluşmaktadır: tümleşik ve artık.

$$\ln \gamma_i = \ln \gamma_i^C + \ln \gamma_i^R \quad (3)$$

Aktivite katsayısına moleküllerin büyüklük ve şekliyle ilgili olan tümleşik katkı aşağıdaki eşitlikle verilmektedir:

$$\ln \gamma_i^C = \ln \frac{\Phi_i}{x_i} + \frac{z}{2} q_i \ln \frac{\theta_i}{\Phi_i} + l_i \frac{\Phi_i}{x_i} \sum_j x_j l_j \quad (4)$$

θ_i and Φ_i aşağıdaki eşitliklerle verilen alan ve segment kesirleridir:

$$\theta_i = \frac{q_i x_i}{\sum_j q_j x_j} \quad (5)$$

$$\Phi_i = \frac{r_i x_i}{\sum_j r_j x_j} \quad (6)$$

$$l_i = \frac{z}{2} (r_i - q_i) - (r_i - 1) \quad (7)$$

Koordinasyon sayısı z, 10’a eşittir. r_i ve q_i molar grup hacim ve grup alan parametrelerinden hesaplanabilir:

$$r_i = \sum_k v_k^{(i)} R_k \quad (8)$$

$$q_i = \sum_k v_k^{(i)} Q_k \quad (9)$$

Burada v_k⁽ⁱ⁾ i molekülündeki k tipli grupların sayısıdır. Residual kısım ise grup alanlarına ve grup etkileşimlerine bağlıdır:

$$\ln \gamma_i^R = \sum_k v_k^{(i)} \left(\ln \Gamma_k - \ln \Gamma_k^{(i)} \right) \quad (10)$$

Γ_k , grup residual aktivite katsayısı ve Γ_k⁽ⁱ⁾ sadece i tipli moleküller için k grubunun residual aktivite katsayısıdır. Grup aktivite katsayısı aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplanabilir:

$$\ln \Gamma_k = Q_k \left[1 - \ln \left(\sum_m \theta_m \Psi_{mk} \right) - \sum_m \frac{\theta_m \Psi_{km}}{\sum_n \theta_n \Psi_{nm}} \right] \quad (11)$$

$$\theta_m = \frac{q_m X_m}{\sum_n q_n X_n} \quad (12)$$

Burada θ_m m grubunun alan kesri ve X_m karışımdaki m grubunun mol kesridir. Grup etkileşim parametresi sıcaklığa bağımlı olarak aşağıdaki eşitlikten bulunabilir:

$$\Psi_{mn} = \exp \left(- \frac{a_{mn}}{T} \right) \quad (13)$$

a_{mn} grup etkileşim parametresidir (a_{mn} ≠ a_{nm}). Ayrıca, a_{1,1}, Ψ_{5,5} and Ψ_{11,11} = 0,0 olduğundan dolayı Ψ_{1,1} = Ψ_{5,5} = Ψ_{11,11} = 1,0 olarak alınmalıdır.

2.2.2. Buhar-sıvı Denge Hesaplaması

Buhar evresinin ideal gaz olarak kabul edilebileceği kadar düşük basınçlarda buhar evresi bileşimi ve toplam basınç (P) iki bileşenli bir karışım için aşağıdaki eşitliklerden hesaplanabilir (Kobuchi ve ark., 2013):

$$y_i P = P_i^s x_i \gamma_i \quad i = 1, 2 \quad (14)$$

$$P = P_1^s x_1 \gamma_1 + P_2^s x_2 \gamma_2 \quad (15)$$

P₁^s ve P₂^s sırasıyla etilasetat ve etanolün buhar basınçlarıdır ve Antoine eşitliği kullanılarak hesaplanabilir (Poling et al., 2001):

$$\log(P_1^s / \text{bar}) = A - \frac{B}{T + C - 273,15} \quad (16)$$

Tablo 2. Etilasetat ve Etanol için Antoine Sabitleri (Poling et al., 2001)

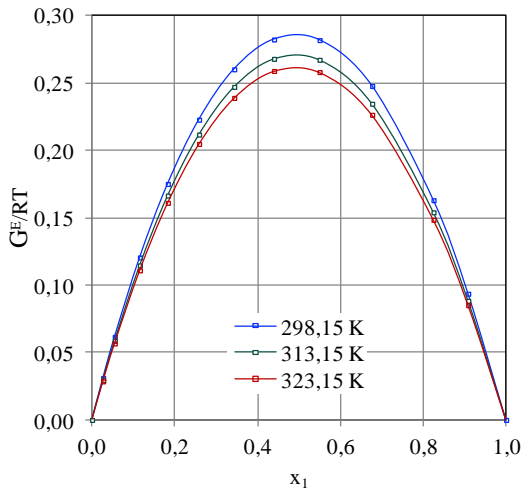
Antoine Sabitleri			
Bileşen	A	B	C
Etilasetat	4,13361	1195,13	212,47
Etanol	5,33675	1648,22	230,918

Etilasetat-etanol ikili sistemi için sıcaklık (T) ve etilasetat sıvı evresi mol kesri (x_1) girdileri kullanılarak buhar-sıvı denge hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. İlk olarak UNIFAC grup katkı yöntemiyle sırasıyla etilasetat ve etanol için olmak üzere γ_1 ve γ_2 aktivite katsayılarının kestirimi yapılmıştır. Daha sonra Antoine eşitliğinden buhar basınçları bulunarak toplam basınç bulunmuş ve buhar-sıvı dengesi eşitliğinden buhar evresi bileşimi hesaplanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

EtOAc(1)–EtOH(2) sistemi için UNIFAC grup spesifikasyonları ve parametreleri Tablo 3’de, hesaplanan grup ve grup-grup etkileşimleri ise Tablo 4’de verilmiştir. Aşırı Gibbs fonksiyonları, aktivite katsayıları ve ikili etkileşim parametresi değerleri EtOAc(1)–EtOH(2) sistemi için karışım bileşiminin fonksiyonu olarak 298,15 K, 313,15 K ve 323,15 K sıcaklıklarında hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 5 ve 6’da verilmiştir.

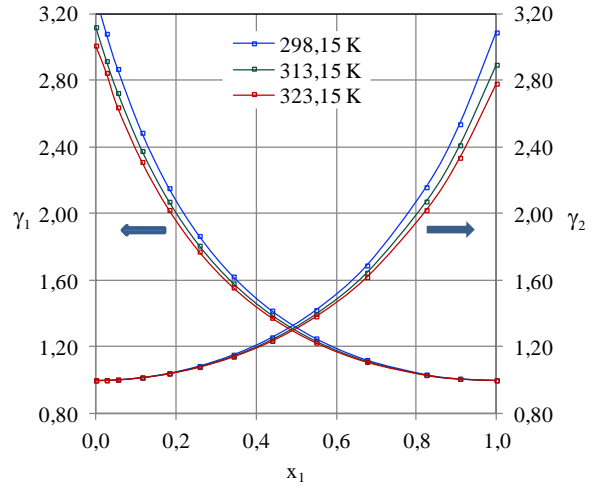
Etilasetat sıvı mol kesriyle aktivite katsayılarının, aşırı Gibbs enerjisinin ve buhar mol kesrinin değişimi sırasıyla Şekil 1 ve 2’de, etilasetat sıvı ve buhar mol kesirlerinin toplam basınçla değişimi ise sırasıyla Şekil 3 ve 4’de gösterilmiştir. Pozitif Gibbs enerjisi değerlerine sahip EtOAc (1)–EtOH (2) sisteminin Raoult yasasından pozitif sapma sergilediği açıktır. Susial ve ark. (2011), görülen bu pozitif sapmanın alkoldeki hidrojen bağlanmasından ve ester grubundaki π – elektronlarıyla dipolar kuvvetten kaynaklanabileceğini belirtmiştir.



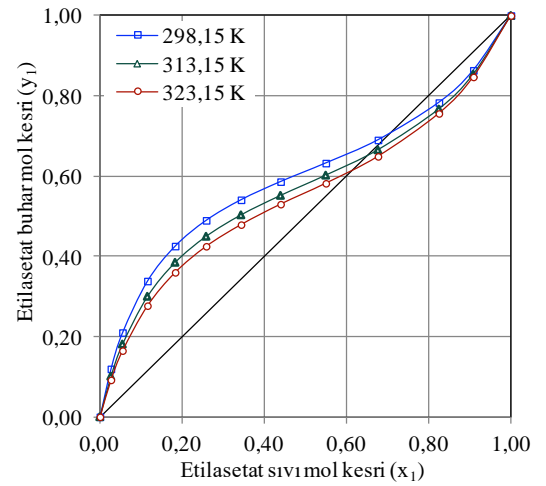
Şekil 1. EtOAc(1)–EtOH(2) Sistemi için Farklı Sıcaklıklarda Aşırı Gibbs Enerjisinin Değişimi

1’den büyük aktivite katsayıları, iki bileşen arasındaki çekim kuvvetlerinin zayıf olduğunu göstermektedir. Ayrıca aşırı

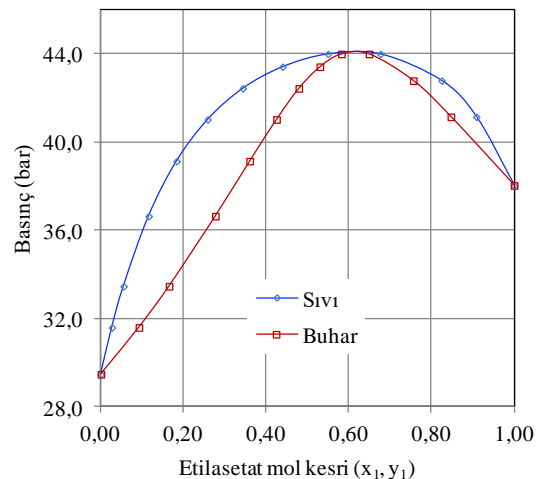
Gibbs enerjisi üzerinde bileşimin önemli bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Anila ve ark. (2016) bunun benzer olmayan moleküller arasındaki dağılım kuvvetlerinden kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Ayrıca, ikili etkileşim parametresi, karışımdaki etil asetat konsantrasyonu artışıyla birlikte artmakta, sıcaklık artışıyla birlikte ise azalmaktadır.



Şekil 2. EtOAc(1)–EtOH(2) Sistemi için Farklı Sıcaklıklarda Aktivite Katsayılarının Değişimi



Şekil 3. EtOAc(1)–EtOH(2) Sistemi için Sıvı Mol Kesriyle Buhar Mol Kesri Değişimi



Şekil 4. EtOAc(1)–EtOH(2) Sistemi için Mol Kesriyle Toplam Basınç Değişimi

Tablo 3. EtOAc(1)–EtOH(2) Sistemi için UNIFAC Grup Spesifikasyonları ve Parametreleri (Poling et al., 2001)

Molekül	Grup	Grup Numarası		$v_j^{(i)}$	R_j	Q_j
		Ana	İkincil			
Etilasetat (1)	CH ₃	1	1	1	0,9011	0,848
	CH ₂	1	2	1	0,6744	0,540
	CH ₃ COO	11	21	1	1,9031	1,728
Etanol (2)	CH ₃	1	1	1	0,9011	0,848
	CH ₂	1	2	1	0,6744	0,540
	OH	5	14	1	1,0000	1,200
a_{mn}		1	5			11
1		0	986,5			232,1
5		156,4	0			101,1
11		114,8	245,4			0

Tablo 4. EtOAc(1)–EtOH(2) Sistemi için Hesaplanan Grup-Grup Etkileşimleri

298,15 K							
Grup etkileşimleri							
Etilasetat (CH ₃ :1, CH ₂ :2, CH ₃ COO: 3)				Etanol (CH ₃ :1, CH ₂ :2, OH: 3)			
Ψ_{mn}	1	2	3	Ψ_{mn}	1	2	3
1	1	1	0,459	1	1	1	0,0366
2	1	1	0,459	2	1	1	0,0366
3	0,6804	0,6804	1	3	0,5918	0,5918	1
Grup-grup etkileşimleri (CH ₃ :1, CH ₂ :2, CH ₃ COO: 3, OH: 4)							
Ψ_{mn}	1	2		3		4	
1	1	1		0,459		0,0366	
2	1	1		0,459		0,0366	
3	0,6804	0,6804		1		0,4391	
4	0,5918	0,5918		0,7124		1	
313,15 K							
Grup etkileşimleri							
Etilasetat (CH ₃ :1, CH ₂ :2, CH ₃ COO: 3)				Etanol (CH ₃ :1, CH ₂ :2, OH: 3)			
Ψ_{mn}	1	2	3	Ψ_{mn}	1	2	3
1	1	1	0,4765	1	1	1	0,0428
2	1	1	0,4765	2	1	1	0,0428
3	0,6931	0,6931	1	3	0,6069	0,6069	1
Grup-grup etkileşimleri (CH ₃ :1, CH ₂ :2, CH ₃ COO: 3, OH: 4)							
Ψ_{mn}	1	2		3		4	
1	1	1		0,4765		0,0428	
2	1	1		0,4765		0,0428	
3	0,6931	0,6931		1		0,4567	
4	0,6069	0,6069		0,7241		1	
323,15 K							
Grup etkileşimleri							
Etilasetat (CH ₃ :1, CH ₂ :2, CH ₃ COO: 3)				Etanol (CH ₃ :1, CH ₂ :2, OH: 3)			
Ψ_{mn}	1	2	3	Ψ_{mn}	1	2	3
1	1	1	0,4876	1	1	1	0,0472
2	1	1	0,4876	2	1	1	0,0472
3	0,701	0,701	1	3	0,6163	0,6163	1
Grup-grup etkileşimleri (CH ₃ :1, CH ₂ :2, CH ₃ COO: 3, OH: 4)							
Ψ_{mn}	1	2		3		4	
1	1	1		0,4876		0,0472	
2	1	1		0,4876		0,0472	
3	0,701	0,701		1		0,468	
4	0,6163	0,6163		0,7313		1	

Tablo 5. EtOA (1)–EtOH (2) Sistemi için Farklı Sıcaklıklarda (T, K) Buhar-Sıvı Denge Verileri ve Aktivite Katsayıları

x_1	y_1			P (kPa)			γ_1			γ_2		
	298,15	313,15	323,15	298,15	313,15	323,15	298,15	313,15	323,15	298,15	313,15	323,15
0,027	0,119	0,101	0,092	8,71	19,40	31,60	3,0807	2,9165	2,8457	1,0010	1,0009	1,0006
0,055	0,210	0,181	0,165	9,46	20,74	33,47	2,8690	2,7250	2,6387	1,0040	1,0038	1,0037
0,116	0,338	0,300	0,277	10,71	23,00	36,65	2,4862	2,3768	2,3109	1,0175	1,0167	1,0162
0,183	0,426	0,385	0,360	11,69	24,76	39,14	2,1536	2,0723	2,0230	1,0434	1,0414	1,0401
0,259	0,490	0,450	0,425	12,43	26,11	41,03	1,8671	1,8083	1,7726	1,0864	1,0823	1,0798
0,343	0,541	0,503	0,479	13,00	27,12	42,44	1,6230	1,5822	1,5572	1,1539	1,1463	1,1416
0,440	0,586	0,552	0,530	13,42	27,85	43,42	1,4185	1,3917	1,3753	1,2582	1,2449	1,2365
0,550	0,632	0,602	0,582	13,72	28,33	44,00	1,2517	1,2358	1,2260	1,4219	1,3983	1,3836
0,677	0,690	0,665	0,649	13,88	28,47	44,00	1,1227	1,1148	1,1099	1,6894	1,6461	1,6195
0,825	0,783	0,767	0,756	13,75	27,89	42,79	1,0348	1,0325	1,0310	2,1593	2,0735	2,0218
0,909	0,864	0,854	0,847	13,40	26,96	41,15	1,0094	1,0088	1,0084	2,5374	2,4112	2,3360

Tablo 6. EtOAc (1)–EtOH (2) Sistemi için Aşırı Gibbs Enerjileri ve İkili Etkileşim Parametresi Değerleri

x_1	G^E (cal/mol)			χ_{12}		
	298,15 K	313,15 K	323,15 K	298,15 K	313,15 K	323,15 K
0,027	18,41	18,39	18,38	1,375	1,320	1,285
0,055	36,52	36,49	36,45	1,395	1,339	1,303
0,116	71,45	71,37	71,29	1,437	1,380	1,343
0,183	103,77	103,62	103,47	1,484	1,425	1,387
0,259	132,03	131,79	131,56	1,537	1,475	1,435
0,343	154,20	153,83	153,50	1,597	1,532	1,490
0,440	167,31	166,79	166,35	1,665	1,597	1,553
0,550	167,04	166,35	165,80	1,744	1,671	1,624
0,677	146,85	146,04	145,44	1,836	1,758	1,708
0,825	96,63	95,91	95,40	1,947	1,862	1,807
0,909	55,50	55,02	54,68	2,012	1,922	1,864

4. Sonuç

Birçok sanayi dalında yaygın olarak kullanılan etilasetat ve etanolün azeotrop oluşturan ikili karışımının izotermal buhar-sıvı denge davranışı UNIFAC yöntemi kullanılarak sıvı faz aktivite katsayılarının kestirimi temelinde gerçekleştirilmiştir.

İdeal davranıştan sapmalar genellikle aktivite katsayılarıyla ifade edilirler ve bir karışımda aktivite katsayısı aşırı Gibbs enerjisiyle bağlantılıdır. İdeallikten sapmalar pozitif veya negatif olabilir. Pozitif değerlere sahip bir sistem için ideallikten pozitif sapma olduğu söylenebilir. Ters durumda ise negatif sapma söz konusudur. Aşırı Gibbs serbest enerjisinin pozitif değerleri birbirine benzemeyen moleküller arasındaki spesifik etkileşimlere işaret eder ve bileşim, sıcaklık ve basıncın bir fonksiyonudur. Ancak en önemli değişken bileşimdir. Raoult yasasından pozitif sapmalar benzer molekülleri arasında güçlü, farklı moleküller arasında ise zayıf kuvvetler olduğunun göstergesidir. Etilasetat-etanol sistemi için görülen pozitif sapmalar ve l'den büyük aktivite katsayıları moleküller arası hidrojen bağlanması nedeniyle ortaya çıkan etkileşimlerden ve iki bileşen arasındaki çekim kuvvetlerinin zayıf olmasından kaynaklanabilir.

Kaynakça

Abraham, T., Bery, V., & Kudchadker, P. (1971). Densities of some substances. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 16(3), 355-356.

- Barton, A.F.M. (1975). Solubility parameters. *Chemical Reviews*, 75, 731-753.
- Dean, J.A. (1999). *Lange's Handbook of Chemistry*, USA: McGraw-Hill.
- Fredenslund, A., Jones, R.L., & Prausnitz, J.M. (1975). Group-contribution estimation of activity coefficients in nonideal liquid mixtures. *AIChE Journal*, 21(6), 1086-1099.
- Furnas, C.C., & Leighton, W.B. (1937). Ethyl alcohol-ethyl acetate and acetic acid-ethyl acetate systems. *Industrial and Engineering Chemistry*, 29(6), 709-710.
- Ghanadzadeh, A., Ghanadzadeh, H., & Alinejad, M. (2012). Dielectric study on polar binary mixtures of (ester-alcohol) at 298.2 K. *Iranian Journal of Chemical Engineering*, 9(3), 22-30.
- Gmehling, J., Rasmussen, P., & Fredenslund, A. (1982). Vapor-liquid equilibria by UNIFAC group contribution. Revision and extension. 2. *Industrial & Engineering Chemistry Process Design Development*, 21, 118-127.
- Huang, J.-F., & Lee, L.-S. (1996). Simultaneous estimation of excess enthalpy, excess Gibbs energy and vapor-liquid equilibrium using the modified Wilson model. *Fluid Phase Equilibria*, 121, 27-43.
- Khasanshin, T.S., & Aleksandrov, A.A. (1984). Thermodynamics properties of ethanol at atmospheric pressure. *Journal of Engineering Physics*, 47, 1046-1052.
- Kobuchi, S., Takakura, K., Yonezawa, S., Fukuchi, K., & Arai, Y. (2013). Prediction of vapor-liquid equilibria of binary systems containing esters by using Wilson equation with

- parameters estimated from pure-component properties. *Fluid Phase Equilibria*, 352, 114– 117.
- Letyanina, I., Tsvetov, N., Toikka, A. (2016). Application of the UNIFAC models for prediction and description of excess molar enthalpies for binary mixtures of n-propanol, acetic acid, n-propyl acetate, and water. *Fluid Phase Equilibria*, 427, 202-208.
- Mackay, D., Shiu, W.Y., Ma, K.-C., & Lee, S.C. (2006). *Handbook of Physical-Chemical Properties and Environmental Fate for Organic Chemicals*. Volume III, 2nd ed., CRC Press, USA: Taylor & Francis.
- Mulder, M.H.V., & Smolders, C.A. (1986). Pervaporation, solubility aspects of the solution-diffusion model. *Separation & Purification Technology*, 15, 1-19.
- Mulder, M.H.V., Franken, T., & Smolders, C.A. (1985). Preferential sorption versus preferential permeability in pervaporation. *Journal of Membrane Science*, 22, 155-173.
- Murti, P.S., & Van Winkle, M. (1958). Vapor-liquid equilibria for binary systems of methanol, ethyl alcohol, 1-propanol, and 2-propanol with ethyl acetate and 1-propanol-water. *Industrial and Engineering Chemistry*, 3(1), 72-81.
- Nagata, I., Yamada, T., & Nakagawa, S. (1975). Excess Gibbs free energies and heats of mixing for binary systems ethyl acetate with methanol, ethanol, 1-propanol, and 2-propanol. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 20(3), 271-275.
- Nijhuis, H.H., Mulder, M.H.V., & Smolders, C.A. (1993). Selection of elastomeric membranes for the removal of volatile organics from water. *Journal of Applied Polymer Science*, 47, 2227-2243.
- Ortega, J., Pena, J.A., & de Alfonso, C. (1986). Isobaric vapor-liquid equilibria of ethylacetate mixtures at 760 ± 0.5 mmHg. *Journal of Chemical and Engineering Data*, 31, 339-342.
- Parsana V.M., & Parikh S.P. (2015). Vapor-liquid equilibrium data prediction by advanced group contribution methods for a binary system of cyclopentyl methyl ether and acetic acid at atmospheric pressure. *Research Journal of Chemical Sciences*, 5(6), 64-72.
- Pattanaik, B.N., & Mandalia, H.C. (2011). Ethylacetate: properties, production processes and applications-a review. *International Journal of Current Research and Review*, 3(12), 23-40.
- Poling, B.E., Prausnitz, J.M. & O'Connell, J.P. (2001). *The Properties of Gases and Liquids*. New York: McGraw-Hill.
- Resa, J. M., González, C., Goenaga, J. M., & Iglesias, M. (2004). Temperature dependence of excess molar volumes of ethanol + water + ethyl acetate. *Journal of Solution Chemistry*, 33(2), 169-198.
- Rhim, J.-W. & Huang, R.Y.M. (1989). On the prediction of separation factor and permeability in the separation of binary mixtures by pervaporation. *Journal of Membrane Science*, 46, 335-348.
- Ruidiaz, M.A., Vargas, E.F., & Martínez, F. (2010). Study of some volumetric properties of the pharmaceutical model solvent system ethanol + ethyl acetate at several temperatures. *Latin American Journal of Pharmacy*, 29(2), 306-312.
- Sandler, S.I. (2017). Kimya, Biyokimya ve Mühendislik Termodinamiği. (Çev. Sinan Yapıcı). İzmir: İzmir Güven Kitabevi. (Kitabın Orijinal Basımı 2006).
- Susial, P., Sosa-Rosario, A., Rodriguez-Henriquez, J.J., & Rios-Santana, R. (2011). Vapor pressures and VLE data measurements. ethyl acetate+ethanol at 0.1, 0.5 and 0.7 MPa binary system. *Journal of Chemical Engineering of Japan*, 44(3), 155-163.
- Xia, S., Wei, W., Liu, G., Dong, X., & Jin, W. (2012). Pervaporation properties of polyvinyl alcohol/ceramic composite membrane for separation of ethyl acetate/ethanol/water ternary mixtures. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 29(2), 228-234.
- Zhang, D.L., Deng, Y.F., Li, C.B., & Chen, J. (2008). Separation of ethyl acetate-ethanol azeotropic mixture using hydrophilic ionic liquids. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 47, 1995-2001.
- Zhang, X.H., Liu, Q.L., Xiong, Y., Zhu, A.M., Chen, Y., & Zhang, Q.G. (2009). Pervaporation dehydration of ethyl acetate/ethanol/water azeotrope using chitosan/poly (vinyl pyrrolidone) blend membranes. *Journal of Membrane Science*, 327, 274–280.
- Zhang, Z., Wu, K., Zhang, Q., Zhang, T., Zhang, D., Yang, R. & Li, W. (2017). Separation of ethyl acetate and ethanol azeotrope mixture using dialkylphosphates-based ionic liquids as entrainers. *Fluid Phase Equilibria*, 454, 91-98.



Gen Transfer Teknolojisi ve Yağ asidi Kompozisyonlarına Katkısı- CRSPR/Cas Teknolojisi

Barış Eren^{1*}

^{1*} Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Iğdır, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-3852-6476), bariseren@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.853850)

ATIF/REFERENCE: Eren, B. (2021). Gen Transfer Teknolojisi ve Yağ asidi Kompozisyonlarına Katkısı- CRSPR/Cas Teknolojisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 300-305.

Öz

Son yüzyılda biyoteknolojik çalışmalarla canlı organizmaların anlaşılmasına ve organizmalar arasında genetik bilgi aktarımına olanak sağlamıştır. Genetik mühendisliği sahasının genişlemesi tarımsal faaliyetlerde verim, kalite, hastalık ve zararlılara dirençli, biyotik/abiyotik stres faktörlerine dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesine olanak sağlamıştır. Gen transfer teknolojisinin bir diğer çalışma sahası ise bitki besin içeriklerinde değişimi mümkün kılan çalışmalar olmuştur. Genetik modifikasyonlarla besin kalitesi, kimyasal içeriğin artırılması/azaltılması, beslenme fizyolojisine uygunluk gibi önemli ekonomik katkılar sağlamıştır. Gen modifikasyon çalışmalarıyla bitki besin bileşenlerinin artırılması yada azaltılmasıyla uygun fizyolojik beslenme amaçlanmıştır. Son yapılan çalışmalarla kolza, haşhaş, patates, soya, ayçiçeği gibi bitkilerde ekonomik değeri yüksek besin içerikleri elde edilmiştir. Bitki besin içeriği değişiminde yeni bir teknik olan CRISPR/cas teknolojisi ile kolza, ayçiçeği, zeytin, ketencik gibi çeşitli bitkilerde MUFA/PUFA içeren yağlar elde edilmiştir. Ayrıca yapılan son çalışmalar ile CRISPR/Cas ile düzenlenmiş bitkilerin GDO'lu bitkiler kategorisine tabi tutulmadığı gösterilmiştir. Ancak gen modifikasyonu ile elde edilen tüm ürünlerin olası risklerinin azaltılması için insan-çevre ilişkilerinin gerekli testlere tabi olması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyoteknoloji, Gen transferi, Yağ asidi, CRSPR/Cas.

Gene Transfer Technology and Its Contribution to Oil Acid Compositions- CRSPR / Cas Technology

Abstract

In the last century, biotechnological studies have enabled the understanding of living organisms and the transfer of genetic information between organisms. The expansion of the field of genetic engineering has enabled the development of yield, quality, disease and pest resistant varieties that are resistant to biotic / abiotic stress factors in agricultural activities. Another field of study of gene transfer technology has been studies that enable changes in plant nutrient contents. With genetic modifications, it has made important economic contributions such as food quality, increase / decrease of chemical content, compliance with nutritional physiology. Proper physiological nutrition is aimed by increasing or decreasing plant nutritional components with gene modification studies. With the latest studies, nutrients with high economic value have been obtained in plants such as rapeseed, poppy, potato, soybean and sunflower. With the CRISPR / cas technology, which is a new technique in plant nutrient content change, oils containing MUFA / PUFA have been obtained in various plants such as rapeseed, sunflower, olive, camelina. In addition, with the recent studies, it has been shown that the plants arranged with CRISPR / Cas are not subjected to the GMO plants category. However, human-environment relationships should be subjected to necessary tests in order to reduce the possible risks of all products obtained by gene modification.

Keywords: Biotechnology, Gene transfer, Oil acid, CRSPR/Cas.

* Sorumlu Yazar: bariseren@gmail.com

1. Giriş

Biyoteknoloji, genetik materyale sahip tüm canlılarda oluşan ya da oluşabilecek sorunların çözümü ve istenilen faydalı özelliklere sahip ürünlerin elde edilmesi için biyolojik karakterlere dayalı popüler bir bilim dalı olarak bilinmektedir. Biyoteknolojik çalışmalar biyolojik mekanizmaların tam olarak anlaşılması için yüz yıllar öncesine kadar dayanmaktadır (Demirel, 2020). İnsanlar için peynir, ekmeğe, sirke, bira ve hayvan beslemesinde ise bitkilerin klasik ıslah metodlarıyla geliştirilmesinde biyoteknolojik yöntemler kullanılmıştır. Ayrıca mikroorganizmalar aracılığıyla farklı ürünlerin ortaya konmasında biyoteknolojiden faydalanılmıştır. Son yarım yüzyılda gen transferi, hücre doku kültürü ve rekombinant DNA teknolojisi gibi gelişmelerle birlikte biyoteknolojinin çalışma sahası daha da genişlemiştir.

Biyoteknolojinin, tıp, bitki ıslahı, kozmetik ilaç sanayi, kimyasal maddelerin üretimi, atık zararlarının giderilmesi, rekombinant DNA teknolojisi, klonlama ve biyolojik silah üretimi gibi birçok çalışma sahası olduğu bilinmektedir (Awais et al., 2010). Biyoteknolojinin en geniş çalışma sahaslarından biri hiç şüphesiz tarımdır. Tarımsal faaliyetlerde ürün yetiştirilmesi ve geliştirilmesi konusunda genetik modifikasyonlarla geleneksel tarım faaliyetlerinin de ötesine geçilmiştir. Son yarım asırda biyoteknolojik gelişmeler ile istenilen özelliklerin elde edilmesi amacıyla bir organizmadan diğerine gen transferi mümkün hale gelmiştir (Uzogara, 2000; Mucci and Hough, 2003). Hücre ve doku kültürü teknikleri, in vitro olarak izole edilmiş bitki hücrelerinden veya dokudan, yani meristemler, olgunlaşmamış embriyolar, anterler, mikrosporlar, protoplastlar gibi bitkileri yeniden üretmeyi hedefler. Moleküler yöntemler, genlerin belirlenmesi, izolasyonu ve transferi için teknikleri içerir. Manipüle edilmiş hücrelerin ve dokuların tüm bitkilere yeniden oluşturulması gerektiğinden, verimli hücre ve doku kültürü yöntemleri genetik mühendisliğinin ayrılmaz bir parçasıdır. Bu şekilde üretilen yeni genotipler, yeni çeşitlere doğru sadece ilk adımdır; bunlar daha ileri uygulamalı ıslah programları için temel germplazmadır (Thierfelder ve ark., 1992). Bu çalışmalarla, genetik materyalin anlaşılması ve transferiyle birlikte tarımsal ürünlerin geliştirilme süreci de hız kazanmıştır. Tarımsal alanda hastalık ve zararlılara dayanıklı genotiplerin geliştirilmesi, bitki verim ve kalite özelliklerinin artırılması bu çalışmaların en güzel örnekleridir.

Artan dünya nüfusu ile birlikte beslenme gereksinimini karşılayacak yeterli ve besin değeri yüksek gıdaya ihtiyaç artacaktır. Geleneksel tarımın aksine seleksiyon ve melezleme yöntemleriyle verim ve kalitenin, hastalık, zararlılar ve stres faktörlerine dayanıklılığın artırılması biyoteknolojinin hedeflerini oluşturmaktadır. Böylelikle yararlı türlerin ortaya çıkarılması, bitki verim, kalite ve sürdürülebilirliği ile genetik modifikasyonlara yer verilmektedir (Ohlrogge, 1994). Bunlarla birlikte biyoteknolojik çalışmalar, bitki besin içeriklerinin değiştirilmesine de olanak sağlamaktadır. Bunun sonucu olarak biyoteknolojik araçlar besin kalite ve ihtiyacın giderilmesine katkısı oldukça büyük olacaktır. Özellikle beslenme fizyolojisine katkı sağlaması amacıyla bitki besin içeriklerinde kimyasal değişimle yararlı formlara dönüştürülerek zenginleştirilebilmektedir.

2. Biyoteknolojik Çalışmalarla Bitkilerde Kimyasal İçeriğin Değişimi

Canlıların biyolojik mekanizmalarının anlaşılması ve son yarım yüzyılda artan biyoteknolojik çalışmalarla gen aktarımı canlı organizmalar arasında mümkün hale gelmiştir. Canlı genomunun kazanımı ve gen modifikasyonu yöntemlerinin gelişmesi istenen özelliklerin kontrolünü sağlayan genlerin eklenip çıkarılmasına imkan sağlamıştır (Lack, 2002). Bunun sonucu olarak birçok bitkide istenen özelliklerin elde edilmesi için genetik modifikasyonun yapıldığı söylenebilir (Uzogara, 2000). Ayrıca biyoteknolojik çalışmalarla bazı besin içeriklerinin modifikasyonu ile direnç kazandırılmaktadır. Bu modifikasyonlar ile elde edilen besinler ve besin içerikleri endüstriyel olarak kullanılmaktadır. Besin içeriklerinde yapılan modifikasyonlardaki amaç, fizyolojik açıdan daha uygun hale getirmek, bitki besin içeriği az olan bileşenlerin miktarının artırılması ya da azaltılması ve istenmeyen özelliklerin baskılanması olarak söylenebilir. Örneğin gen modifikasyonu ile patatesten elde edilen Cyclodextrin gıda ve eczacılık alanlarında aromatik bileşiklerin stabilizasyonunda kullanılmaktadır. Ayrıca aynı bileşik istenmeyen (kolesterin ve acılık) özelliklerinde baskılanmasında kullanılmaktadır. Yine beta-karoten biosentez geniyile modifiye edilmiş olan altın pirinç içerdiği A vitamini miktarında ve demir birikimi için önemli bir genetik mühendisliği ürünü olduğu ortaya konmuştur.

Biyoteknolojik uygulamalar ile birlikte birçok tarımsal ürün içerdikleri alkolit, yağ ve proteinler sayesinde endüstriyel olarak değer kazanmaktadır. Bitkilerin yağ asidini sentezleme mekanizmaları karmaşık bir olay olmakla beraber çok farklı enzimler bu sentezleme olayında yer alabilmektedir (Ohlrogge, 1994). Biyoteknolojik yaklaşımlar ile yağ asidi sentezinde rol alan enzimlerin kompozisyonunun değiştirilebilmesi mümkün hale gelmiştir. Örneğin; kolza yağının yağ asidi kompozisyonu Stearoyl-acyl taşıyıcı desaturaz enzimini kodlayan genin antisens ifadesi ile değiştirilmiştir (Turgut vd., 2001). Genetik modifikasyonla birlikte geliştirilen ürünler tıp, gıda, kozmetik, kimya ve boya endüstrilerinde kullanılmaktadır. Böylelikle yararlı forma dönüştürülen besin içeriklerine sahip ürünlerin ticari değeri artmaktadır. Örneğin kolza bitkisinde yapılan son çalışmalar ile yağ asidi bileşenlerinde C10 ve C22 atomları içeren çeşitlerin geliştirildiği, yine kolza bitkisi içerdiği yağ asidi kompozisyonlarının değiştirilmesi ile beslenme fizyolojisine katkı sağladığı belirlenmiştir (Wenzel ve Mohler, 2001; Turgut ve ark., 2001). Ayrıca haşhaş bitkisi içerdiği yağ asidi bileşenlerinin geliştirilmesiyle kolesterol dengesini sağlamada ve bazı hastalıkların önlenmesine katkı sağladığı bildirilmiştir (Peter, 2001; Ghafoor et al., 2019).

2.1. CRISPR/Cas Teknolojisi ve Yağ Asidi Kompozisyonlarına Katkısı

Genetik mühendisliği teknikleri biyotik/abiyotik stres toleransı ve yağ kompozisyonunun değiştirilmesi/artırılması gibi önemli özelliklerin iyileştirilmesine olanak sağladığından çok sayıda yağ bitkisinde uygulanmıştır. Geleneksel ıslahın aksine rekombinant DNA teknolojisi herhangi bir organizmadan arzu edilen genlerin yağ bitkilerine aktarılmasına izin vermektedir. Böylece yağ bitkilerinde ıslah ile üstün özelliklere sahip yeni genotiplerin geliştirilmesi mümkün olmaktadır. Ancak, genetik mühendisliği ile oluşturulmuş GDO'lu bitkilerin gelişimi büyük ölçüde düzenleyici sistem süreçlerinden etkilenmektedir. Bu düzenlemeler aynı zamanda GDO'lu

bitkilerin biyogüvenliğine tüketicilerin inanmasına yardım etmektedir (Stirling et al., 2015).

Tablo 1. Bazı bitkilerde kimyasal içeriğin modifiye edildiği genetik kaynaklar.

Bitki	Kimyasal İçerik	Genetik Kaynak
Soya Fasulyesi, Kolza, Ayçiçeği	Yağ asidi içeriğinin değiştirilmesi, doymamış yağ asitlerinin artırılması	FAD3 VE FAD2 geninin klonlanması
Tütün, Yonca	α -amilaz, Fitaz, Xylanaz gibi enzimlerin ifadesi	<i>B. licheniformis</i> (α -amilaz), <i>A. niger</i> (Fitaz), <i>C. thermocellum</i> (Xylanaz) genleri
Kolza	Yağ asidi zincir azaltma ve laurin asit artışı	Asetil-ACP-Tioesteraz spesifik geninin transferi
<i>A. thaliana</i> , Kolza	PHB ve PHB/V üretimi	<i>R. eutropha</i> 'dan 3-Ketotiyolaz, Asetoasetil-Coa Reduktaz, PHA-Syntaz enzimleri ilvA466, BktB, phbB, phbC genlerinin transferi
Çeltik	B karoten	<i>Narcissus</i> türleri veya <i>E. uredovora</i> 'dan Terpenoid metabolizmasının anahtar enzimleri
Çeltik	Demir içeriği	<i>Phaseolus vulgaris</i> 'ten bir demir geni, <i>A. fumigatus</i> 'tan bir Phytase geni
Patates	Nişasta içeriği	AGPaz geninin <i>E. coli</i> 'den transferi
Domates	Lycopin ve Lutein oranı	Phytoenin, lycopine değişimi için gen transferi

Hoffmann, 1997.

GDO'lu ürünlerin onaylanması için yüksek maliyet gerektirmesi ve sıkı düzenlemeler, ürünlerin marketleme sürecini geciktirebilir (Falck-Zepeda et al. 2012). Dolayısı ile son zamanlarda biyoteknolojik yaklaşımlardan biri olan CRISPR/Cas teknolojisinin bazı uygulamaları GDO düzenlemeleri kapsamına girmemektedir (Kim and Kim, 2016). 2017'de FDA CRISPR ile genetiği modifiye edilmiş olan yağ içeriği artırılmış ketencik bitkisi (*Camelina sativa*) ve kurak-tolerant soya (*Glycine max*) bitkisinin pazarlanmasına onay vermiş ve CRISPR/Cas ile düzenlenmiş bitkilerin GDO'lu bitkiler kategorisine tabi tutulmadığı gösterilmiştir (Waltz, 2018).

CRISPR sistemi bakteri ve arkealarda mevcut olan bakteriyofaj, eksojen plazmid gibi yabancı genomlara karşı savunmada görevli adaptiv immün mekanizmasıdır (Sternberg et al., 2016). Genom mühendisliği aracılığıyla oluşturulan Cas9'un genom düzenlemenin bir aracı olarak kullanılabilmesinin keşfi ile 2013'den sonra CRISPR/cas teknolojisi ile genom düzenleme çalışmaları hız kazanmıştır. Günümüze kadar bu teknoloji biyomedikal, biyoteknoloji, gen terapisi, biyo-yakıt endüstrisi gibi alanlarda uygulanmış ve ayrıca tarım alanında önemli olan sorgum, pirinç, buğday ve mısır gibi bitkilerin genomlarının düzenlenmesinde kullanılmıştır (Demirel et al., 2020). Model bitki türü olan *Arabidopsis thaliana*'da CRISPR/Cas ile ilişkili birçok çalışma mevcut olmasına rağmen, soya (Cai et al., 2015; Li et al., 2015), *Brassica ssp* (Yang et al., 2017), pamuk (Zhang et al., 2018) ve ketencik (Jiang et al., 2017) gibi yağ bitkisi türlerinde genom düzenleme çalışmaları sınırlı olmakla birlikte son zamanlarda araştırma sayısı artmaktadır.

Tohum boyutu ve sayısı birim alandan elde edilen yağ bitkisinin verimini belirleyen önemli bir kriterdir. Bitki yapısı ve büyüme özelliklerinin değiştirilmesi bitkinin adaptasyonunu ve tohum verimini önemli ölçüde artırabilir (Teicmann and Muhr, 2015). Özellikle CLAVATA (CLV1, CLV2 ve CLV3) gibi gen grupları bitki boyunun belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır.

Bu üç CLV geninin herhangi birinde fonksiyonu etkileyen mutasyonlar meristematik hücrelerin aşırı büyümesine neden olarak organ oluşumunda bir gecikmeye yol açmaktadır (Clark et al., 1993; Clark et al., 1995; Schoof et al., 2000). Tarımsal performans bakımından bu etki, çiçek sayısının artması ve meyve morfolojisinde değişim gibi arzu edilebilir özelliklere katkı sağlayabilir. CLV1 ve CLV3 mutasyonlarının *Brassica juncea* ve *Brassica rapa* bitkilerinde tohum verimini arttırdığı bildirilmiştir (Yadava et al., 2014; Xu et al., 2017). Kendiliğinden ya da uyarılmış mutasyon türevli çok lokuslar ve mutantlar *Brassica napus*'ta henüz tanımlanmamıştır. Yang et al. (2018), NHEJ aracılı genom düzenleme mekanizmasını kullanarak *B. napus* bitkisinde CLV1, CLV2 ve CLV3 genlerinde mutasyon oluşturmuşlardır. Mutant bitkilerin yabani tip kontrol ile karşılaştırıldığında daha fazla tohum sayısına, tohum ağırlığına ve yaprak sayısına sahip olduğu gösterilmiştir (Yang et al., 2018).

Kökteki dallanmanın artması birçok bitkide tohum veriminin artmasına katkı sağlayabilir. Strigolakton biosentezinde yer alan bir sitokrom P450 monooksijenazı (CYP711A1) kodlayan MORE AXILLARY GROWTH 1 (MAX1) geni, çoğu bitki türünde vejetatif aksiller tomurcuk büyümesinin bir baskılayıcısı olarak rol oynamaktadır (Lazar ve Goodman, 2006 ; Zhang, Cheng, vd., 2018; Zheng vd., 2020). Eş zamanlı olarak dört *B. napus* BnaMAX1 allelin CRISPR / Cas9 ile NHEJ aracılığıyla susturulmasıyla, hem dal hem de tohum veriminde önemli artışa neden olan yarı cüce fenotipli bitkiler elde edilmiştir (Zheng et al. al., 2020).

SQUAMOSA PROMOTER BAĞLAYICI PROTEINLIKE (SPL) transkripsiyon faktörlerinin, vejetatif-üreme geçişleri ve filiz dallanmasını içeren birçok bitki gelişim sürecinde hayati bir rol oynadığı bilinmektedir (Wang ve Wang, 2015). Bu genlerin bir alt kümesinin (AP1 / SQUA homologları dahil) karmaşık bir çiçeklenme düzenleyici ağda merkezi işlevlere sahiptir (Wang,

Çek, vd. 2009; Wang ve Wang, 2015). Sürgün dallanmasındaki farklı SPL genlerinin rolü nedeniyle, bu genlerdeki mutasyonlar bitkisel biyokütlerde artışlara neden olabilmektedir (Schwarz ve diğerleri, 2008; Gou ve diğerleri, 2018), bu da dolaylı yoldan tohum sayısında artışa yol açabilir. Bao et al. (2019), CRISPR/cas9 ile soyada farklı SPL9 homologlarının susturulması ile bitkilerde daha yüksek yaprak, nod ve dal sayısı gözlemlenildi ve elde edilen fenotipik özelliklerin bitkide tohum sayısını arttırmada etkili olabileceğini ifade etmişlerdir. Bir yağ bitkisi olan soyada CRISPR/Cas9 aracılığıyla bir başka genom düzenleme Cai et al. (2018, 2020) tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırmacılar hedef gen olarak FLOWERING LOCUS T (FT)'yi belirlemişlerdir. Bu gen çiçeklenme sürecinde merkezi rol oynayan yüksek derecede korunmuş özelliğe sahiptir. Soyada iki FT homologunun (GmFT2a ve GmFT5a) NHEJ mekanizması ile oluşturulan GmFT2a/GmFT5a bakımından çift mutant bitkilerin kontrol bitkiler ile karşılaştırıldığında her bitki başına tohum sayısında nispeten %250 artış gözlemlendiği rapor edilmiştir (Cai et al., 2020). Yağ bitkilerinde tohum boyutu, tohum verimliliği ve tohum sayısının artırılması amacıyla CRISPR/Cas genom düzenleme çalışmaları diğer alanlardaki genom düzenleme çalışmalarına kıyasla az sayıdadır. Bu tarz çalışmaların yanı sıra CRIPR/Cas yaklaşımı ile yağ kompozisyonunun düzenlenmesi üzerine çalışmalar başlangıç seviyesindedir.

Keten (flax) ve ketencik (camelina) gibi bitkilerden elde edilen yağlarda yüksek seviyede PUFA (polyunsaturated fatty acids/çoklu doymamış yağ asitleri)'nin sağlık yönünden birçok faydası varken, daha yüksek MUFA (monounsaturated fatty acids/Tekli doymamış yağ asitleri) içeren yağlara göre oksidasyona daha duyarlıdır (Belide et al., 2012). Dolayısıyla MUFA oranı yüksek PUFA oranı düşük bitkisel yağlar çoğu besin uygulamaları için arzu edilebilir form olmuştur. Kolza, ayçiçeği, zeytin, soya, ketencik ve keten gibi çeşitli yağ bitkisi türlerinde geleneksel ıslah ve transgenik yaklaşımlar kullanılarak 18:1 oranında MUFA/PUFA içeren tohum yağları elde edilmiştir (Singer et al., 2014; Velasco and Fernández-Martínez, 2002; Chen et al., 2015). FAD2 (fatty acid desaturase 2) genlerinde genom düzenleme araçları ile mutasyon oluşturularak 18:1 MUFA/PUFA oranına sahip tohum yağları piyasada yer almaktadır. CRISPR/cas9 ve TALEN ile FAD2 genlerinin düzenlenmesi soya (Al Amin et al., 2019; Demorest et al., 2016; Do et al., 2019; Haun et al., 2014) ve ketencik bitkisinde gerçekleştirilmiştir (Jiang et al., 2017). Genomu düzenlenen bu bitkilerde kontrol ile karşılaştırıldığında 18:1 MUFA/PUFA oranının tohumlarda %50 ile %83 arasında arttığı gösterilmiştir. Bunun yanı sıra araştırmacılar tohumlarda bulunan doymamış uzun yağ asit içeriğini düşürmek ve kısa yağ asit içeriğini arttırmak adına genom düzenleme tekniklerini kullanmıştır (Ozseyhan et al., 2018, McGinn et al., 2019). İnsan sağlığı için yüksek MUFA içeriğine sahip yağlar arzu edilse de endüstriyel uygulamalar için yüksek SFA (saturated fatty acids/doymuş yağ asitleri) içeren bitki yağları tercih edilmektedir. Lyzenga et al. (2019), CRISPR/Cas aracılığıyla tohum depo proteinini kodlayan CRUC (cruciferin C) lokusunda modifikasyon ile ketencik bitkisinde toplam SFA'nın arttığını rapor etmişlerdir.

4. Sonuç

Tarımsal faaliyetlerde beslenme amacıyla her türlü canlı organizmadan yararlanılmaktadır. Biyoteknolojik çalışmalar ile canlı organizmalardan daha fazla yararlanmak için teknolojik yöntemler artmaktadır. Genetik mühendisliği araçlarının gelişmesi

bir organizmadan başka bir organizmaya uygun karakterlerin kazandırılması mümkün hale gelmiştir. Genetik modifikasyonlarla bitki verim ve kalitesinin artırılması, hastalık ve zararlılara karşı direnç, biyotik ve abiyotik stres faktörlerine dayanıklı ve besin içeriklerinin değiştirilmesi gibi çeşitli çalışmalar yapılmaktadır.

Genetik modifikasyonlarla bitki besin içeriklerinde kimyasal değişim ile fizyolojik uygunlukla birlikte, yararlı veya istenmeyen bileşenlerin ise miktarının artırılması ya da azaltılması mümkün hale gelmiştir. Son yıllarda kolza, keten ve haşhaş benzeri bitkilerde yapılan yağ asidi kompozisyonundaki değişim çalışmaları örnek teşkil etmektedir. Yağ asidi kompozisyonu üzerine CRISPR/cas ile kolza, ayçiçeği, zeytin, ketencik gibi çeşitli bitkilerde MUFA/PUFA içeren yağlar elde edilmiştir. Ayrıca doğmamış yağ asidi içeriğini düşürmek/arttırmak işlemlerini sağlayan genom düzenleme yöntemleri geliştirmişlerdir.

Yapılan tüm gen modifikasyon yöntemleri gıda ve ekonomisi açısından büyük önem arz etmektedir. Özellikle artan dünya nüfusunun beslenme ihtiyaçlarının karşılanması açısından yapılan bu çalışmalar umut kaynağı olmaktadır. Ancak biyoteknolojik yöntemlerin artılarının yanında olası risklerinin de göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Bu nedenle bu kazanımların agronomik çalışmalarıyla beraber insan-çevre etkileşimleri ve insan sağlığına etkileri ve kabul edilebilirliği için gerekli araştırmaların sayısının artırılması gerekmektedir.

Kaynakça

- Al Amin, N., Ahmad, N., Wu, N., Pu, X., Ma, T., Du, Y., ... & Wang, P. (2019). CRISPR-Cas9 mediated targeted disruption of FAD2-2 microsomal omega-6 desaturase in soybean (*Glycine max.* L). *BMC biotechnology*, 19(1), 1-10. <https://doi.org/10.1186/s12896-019-0501-2>
- Awais, M., Pervez, A., Yaqub, A., Sarwar, R., Alam, F., & Siraj, S. (2010). Current status of biotechnology in health. *American Eurasian J. Agric. & Environ. Sci*, 7(2), 210-220.
- Bao, A., Chen, H., Chen, L., Chen, S., Hao, Q., Guo, W., ... & Zhang, C. (2019). CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis of GmSPL9 genes alters plant architecture in soybean. *BMC plant biology*, 19(1), 1-12. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1746-6>
- Belide, S., Petrie, J. R., Shrestha, P., & Singh, S. P. (2012). Modification of seed oil composition in Arabidopsis by artificial microRNA-mediated gene silencing. *Frontiers in plant science*, 3, 168. <https://doi.org/10.3389/fpls.2012.00168>
- Cai, Y., Chen, L., Liu, X., Guo, C., Sun, S., Wu, C., ... & Hou, W. (2018). CRISPR/Cas9-mediated targeted mutagenesis of GmFT2a delays flowering time in soya bean. *Plant biotechnology journal*, 16(1), 176-185. <https://doi.org/10.1111/pbi.12758>
- Cai, Y., Chen, L., Liu, X., Sun, S., Wu, C., Jiang, B., ... & Hou, W. (2015). CRISPR/Cas9-mediated genome editing in soybean hairy roots. *PLoS One*, 10(8), e0136064. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136064>
- Cai, Y., Wang, L., Chen, L., Wu, T., Liu, L., Sun, S., ... & Han, T. (2020). Mutagenesis of GmFT2a and GmFT5a mediated by CRISPR/Cas9 contributes for expanding the regional adaptability of soybean. *Plant biotechnology journal*, 18(1), 298-309. <https://doi.org/10.1111/pbi.13199>

- Chen, Y., Zhou, X. R., Zhang, Z. J., Dribnenki, P., Singh, S., & Green, A. (2015) Development of high oleic oil crop platform in flax through RNAi-mediated multiple FAD2 gene silencing. *Plant Cell Reports*, 34:643–653. <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1737-5>
- Clark, S. E., Running, M. P., & Meyerowitz, E. M. (1993). CLAVATA1, a regulator of meristem and flower development in Arabidopsis. *Development*, 119(2), 397-418.
- Clark, S. E., Running, M. P., & Meyerowitz, E. M. (1995). CLAVATA3 is a specific regulator of shoot and floral meristem development affecting the same processes as CLAVATA1. *Development*. 121: 2057–2067.
- Demirel, F. 2020. Bitki ve Hayvan Biyoteknolojisi; Hücresel Tarım ve Nano-Teknoloji. *Journal of Agriculture*, 3(2), 1-9. <https://doi.org/10.46876/ja.822503>
- Demirel, S., Usta, M., & Demirel, F. (2020). Fitopatojenlere Karşı Dayanıklılıkta CRISPR/Cas Teknolojisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 693-702. <https://doi.org/10.31590/ejosat.765369>
- Demorest, Z. L., Coffman, A., Baltes, N. J., Stoddard, T. J., Clasen, B. M., Luo, S., ... & Mathis, L. (2016). Direct stacking of sequence-specific nuclease-induced mutations to produce high oleic and low linolenic soybean oil. *BMC plant biology*, 16(1), 225. <https://doi.org/10.1186/s12870-016-0906-1>
- Do, P. T., Nguyen, C. X., Bui, H. T., Tran, L. T., Stacey, G., Gillman, J. D., ... & Stacey, M. G. (2019). Demonstration of highly efficient dual gRNA CRISPR/Cas9 editing of the homeologous GmFAD2–1A and GmFAD2–1B genes to yield a high oleic, low linoleic and α -linolenic acid phenotype in soybean. *BMC plant biology*, 19(1), 311. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1906-8>
- Falck-Zepeda, J., Yorobe Jr, J., Husin, B. A., Manalo, A., Lokollo, E., Ramon, G., ... & Sutrisno. (2012). Estimates and implications of the costs of compliance with biosafety regulations in developing countries. *GM crops & food*, 3(1), 52-59. <https://doi.org/10.1080/21645698.2019.1612689>
- Ghafoor, K., Özcan, M. M., Fahad, A. J., Babiker, E. E., & Fadimu, G. J. (2019). Changes in quality, bioactive compounds, fatty acids, tocopherols, and phenolic composition in oven- and microwave-roasted poppy seeds and oil. *LWT*, 99, 490-496. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.10.017>
- Gou, J., Debnath, S., Sun, L., Flanagan, A., Tang, Y., Jiang, Q., ... & Wang, Z. Y. (2018). From model to crop: functional characterization of SPL 8 in *M. truncatula* led to genetic improvement of biomass yield and abiotic stress tolerance in alfalfa. *Plant biotechnology journal*, 16(4), 951-962. <https://doi.org/10.1111/pbi.12841>
- Haun, W., Coffman, A., Clasen, B. M., Demorest, Z. L., Lowy, A., Ray, E., ... & Mathis, L. (2014). Improved soybean oil quality by targeted mutagenesis of the fatty acid desaturase 2 gene family. *Plant biotechnology journal*, 12(7), 934-940. <https://doi.org/10.1111/pbi.12201>
- Hoffmann, T. (1997). Gentransfer bei höheren Pflanzen. *Biologische Grundlagen der Pflanzenzüchtung*. Parey Bucherverlag, Berlin, 275-323. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.468218>
- Jiang, W. Z., Henry, I. M., Lynagh, P. G., Comai, L., Cahoon, E. B., & Weeks, D. P. (2017). Significant enhancement of fatty acid composition in seeds of the allohexaploid, *Camelina sativa*, using CRISPR/Cas9 gene editing. *Plant biotechnology journal*, 15(5), 648-657. <https://doi.org/10.1111/pbi.12663>
- Jiang, W. Z., Henry, I. M., Lynagh, P. G., Comai, L., Cahoon, E. B., & Weeks, D. P. (2017). Significant enhancement of fatty acid composition in seeds of the allohexaploid, *Camelina sativa*, using CRISPR/Cas9 gene editing. *Plant biotechnology journal*, 15(5), 648-657. <https://doi.org/10.1111/pbi.12663>
- Kim, J., & Kim, J. S. (2016). Bypassing GMO regulations with CRISPR gene editing. *Nature biotechnology*, 34(10), 1014-1015. <https://doi.org/10.1038/nbt.3680>
- Lack, G. (2002). Clinical risk assessment of GM foods. *Toxicology letters*, 127(1-3), 337-340. [https://doi.org/10.1016/S0378-4274\(01\)00517-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4274(01)00517-3)
- Lazar, G., & Goodman, H. M. (2006). MAX1, a regulator of the flavonoid pathway, controls vegetative axillary bud outgrowth in Arabidopsis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(2), 472-476. <https://doi.org/10.1073/pnas.0509463102>
- Li, Z., Liu, Z. B., Xing, A., Moon, B. P., Koellhoffer, J. P., Huang, L., ... & Cigan, A. M. (2015). Cas9-guide RNA directed genome editing in soybean. *Plant physiology*, 169(2), 960-970. <https://doi.org/10.1104/pp.15.00783>
- Lyzenga, W. J., Harrington, M., Bekkaoui, D., Wigness, M., Hegedus, D. D., & Rozwadowski, K. L. (2019). CRISPR/Cas9 editing of three CRUCIFERIN C homoeologues alters the seed protein profile in *Camelina sativa*. *BMC plant biology*, 19(1), 292. <https://doi.org/10.1186/s12870-019-1873-0>
- McGinn, M., Phippen, W. B., Chopra, R., Bansal, S., Jarvis, B. A., Phippen, M. E., ... & Durrett, T. P. (2019). Molecular tools enabling pennycress (*Thlaspi arvense*) as a model plant and oilseed cash cover crop. *Plant biotechnology journal*, 17(4), 776-788. <https://doi.org/10.1111/pbi.13014>
- Mucci, A., & Hough, G. (2004). Perceptions of genetically modified foods by consumers in Argentina. *Food Quality and Preference*, 15(1), 43-51. [https://doi.org/10.1016/S0950-3293\(03\)00021-1](https://doi.org/10.1016/S0950-3293(03)00021-1)
- Ohlrogge, J. B. (1994). Design of new plant products: engineering of fatty acid metabolism. *Plant physiology*, 104(3), 821. <https://doi.org/10.1104/pp.104.3.821>
- Ozseyhan, M. E., Kang, J., Mu, X., & Lu, C. (2018). Mutagenesis of the FAE1 genes significantly changes fatty acid composition in seeds of *Camelina sativa*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 123, 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2017.11.021>
- Peter, K. V. (Ed.). (2012). *Handbook of herbs and spices*. Elsevier.
- Schoof, H., Lenhard, M., Haecker, A., Mayer, K. F. X., Jurgens, G., & Laux, T. (2000). The stem cell population of Arabidopsis shoot meristems is maintained by a regulatory loop between the CLAVATA and WUSCHEL genes. *Cell*. 100: 635–644. doi:10.1016/S0092-8674(00)80700-X
- Schwarz, S., Grande, A. V., Bujdosó, N., Saedler, H., & Huijser, P. (2008). The microRNA regulated SBP-box genes SPL9 and SPL15 control shoot maturation in Arabidopsis. *Plant molecular biology*, 67(1-2), 183-195. <https://doi.org/10.1007/s11103-008-9310-z>
- Singer, S. D., Weselake, R. J., & Rahman, H. (2014) Development and characterization of low α -linolenic acid Brassica oleracea lines bearing a novel mutation in a 'class a' FATTY ACID DESATURASE 3 gene. *BMC Genetics*, 15:94. <https://doi.org/10.1186/s12863-014-0094-7>.

- Sternberg, S. H., Richter, H., Charpentier, E., & Qimron, U. (2016). Adaptation in CRISPR-Cas systems. *Molecular cell*, 61(6), 797-808. <https://doi.org/10.1016/j.molcel.2016.01.030>
- Stirling, A., Glover, D., & Millstone, E. (2015). Regulating Genetic Engineering: the limits and politics of knowledge.
- Teichmann, T. & Muhr, M. (2015). Shaping plant architecture. *Front. Plant Sci.* 6: 233. <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00233>
- Thierfelder, A., Lühs, W., & Friedt, W. (1992). Breeding of industrial oil crops with the aid of biotechnology: a review. *Industrial Crops and Products*, 1(2-4), 261-271. [https://doi.org/10.1016/0926-6690\(92\)90027-S](https://doi.org/10.1016/0926-6690(92)90027-S)
- Turgut, K., Uranbey, S., & Özcan, S. (2001). Antisens RNA Teknolojisi. *Bitki Biyoteknolojisi: Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları* (Ed. S. Özcan, E. Gürel ve M. Babaoğlu). s, 401-420.
- Uzogara, S. G. (2000). The impact of genetic modification of human foods in the 21st century: A review. *Biotechnology advances*, 18(3), 179-206.
- Velasco, L., & Fernández-Martínez, J. M. (2002) Breeding oilseed crops for improved oil quality. *Journal of Crop Production*, 5: 309-344. https://doi.org/10.1300/J144v05n01_13
- Waltz, E. (2018). With a free pass, CRISPR-edited plants reach market in record time. <https://doi.org/10.1038/nbt0118-6b>
- Wang, H. & Wang, H. (2015). The miR156/SPL module, a regulatory hub and versatile toolbox, gears up crops for enhanced agronomic traits. *Mol. Plant.* 8: 677-688. doi: 10.1016/j.molp.2015.01.008
- Wenzel, G., & Mohler, V. (2001). Innovationen in der Pflanzenbiotechnologie. *Euro-Biotech*, 2001, 108-111.
- Yang, H., Wu, J. J., Tang, T., Liu, K. D., & Dai, C. (2017). CRISPR/Cas9-mediated genome editing efficiently creates specific mutations at multiple loci using one sgRNA in *Brassica napus*. *Scientific reports*, 7(1), 1-13. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07871-9>
- Yang, Y., Zhu, K., Li, H., Han, S., Meng, Q., Khan, S. U., ... & Zhou, Y. (2018). Precise editing of *CLAVATA* genes in *Brassica napus* L. regulates multilocular silique development. *Plant biotechnology journal*, 16(7), 1322-1335. <https://doi.org/10.1111/pbi.12872>
- Zhang, Y., Cheng, X., Wang, Y., Díez-Simón, C., Flokova, K., Bimbo, A., ... & Ruyter-Spira, C. (2018). The tomato MAX1 homolog, SIMAX1, is involved in the biosynthesis of tomato strigolactones from carlactone. *New Phytologist*, 219(1), 297-309. <https://doi.org/10.1111/nph.15131>
- Zhang, Z., Ge, X., Luo, X., Wang, P., Fan, Q., Hu, G., ... & Wu, J. (2018). Simultaneous editing of two copies of Gh14-3-3d confers enhanced transgene-clean plant defense against *Verticillium dahliae* in allotetraploid upland cotton. *Frontiers in plant science*, 9, 842. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00842>
- Zheng, M., Zhang, L., Tang, M., Liu, J., Liu, H., Yang, H., ... & Hua, W. (2020). Knockout of two Bna MAX 1 homologs by CRISPR/Cas9-targeted mutagenesis improves plant architecture and increases yield in rapeseed (*Brassica napus* L.). *Plant biotechnology journal*, 18(3), 644-654. <https://doi.org/10.1111/pbi.13228>



Fiziki Kayıpların Azaltılması İçin İzole Alt Bölgelerin Etkin Yönetimi

Recep Kılıç^{1*}

¹ Sakarya Su ve Kanalizasyon İdaresi (SASKİ), Kentpark, PK 144, Adapazarı, Sakarya, TÜRKİYE (ORCID No:0000-0003-1580-1997)
recep.kilic@sakarya-saski.gov.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.856200)

ATIF/REFERENCE: Kılıç, R. (2021). Fiziki Kayıpların Azaltılması İçin İzole Alt Bölgelerin Etkin Yönetimi, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 306-315.

Öz

İçmesuyu şebekelerindeki su kayıpları en basit olarak şebekeye verilen su ile aboneden tahakkuk ettirilen su arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır. Bu kayıpların pek çok sebepleri (sayaçların hatalı okuması, şebekedeki sızıntılar, depo sızıntı ve taşmaları ile pompa salmastralarından kaynaklanan kayıplar, vb.) vardır. Bu sebeplerden en önemlisi sistem basıncından kaynaklanan fiziki sızıntılardır. Bu sorunu çözebilmek için ileri otomasyon sistemleri ile izlemeyi içeren yeni yaklaşımlara ihtiyaç vardır. Bu izlemeyi en iyi şekilde yapabilmek için su dağıtım şebekeleri bilinen klasik yöntemden ziyade İzole Alt Bölgeler (İAB) şeklinde tesis edilmesi gerekmektedir. Su idareleri İAB'lerin girişlerine Basınç Kırıcı Vana (BKV) ve debimetre takarak sistem basıncını yönetmektedirler. Bu çalışmada, İAB'lerdeki BKV'lerin etkin bir şekilde çalıştırılması için yapılması gerekenlerden bahsedilmiştir. Ayrıca, İBA'ların verimli bir şekilde yönetilmesi için geliştirilen yazılımın saha uygulamasından örnekler verilmiştir. Geliştirilen yazılımın su yönetimine sağladığı katkılar ortaya konmuştur. Yazılım sayesinde şebekedeki fiziki sızıntı miktarları belirlenerek işletme verimliliği ortaya konulmuştur. Ayrıca İAB'lerin etkin kontrolünün sonucu sağlanan kazanımlara örnekler verilmiştir. Çalışma sırasında İBA'ların basınçları 7.5 bardan 3-5 bara düşürülerek sistemin dengeli (stabil) çalışması sağlanmıştır. İAB'lerin etkin yönetilmesi sonucunda yüzeye çıkmayan arızalara zamanında müdahale edilmesinin sonucu olarak yaklaşık %7'lik su kaybının önlendiği ortaya konulmuştur. Ayrıca ortaya çıkan arıza sayılarında %55'lik bir azalmanın olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Fiziki su kaybı, izole alt bölge, basınç yönetimi, su dağıtım sistemi

Effective Management Of District Meters Areas To Reduce Physical Losses

Abstract

Water losses in drinking water networks are simply defined as the difference between water supplied to the network and water accrued from the subscriber. There are many reasons (improper reading of meters, leaks in the network, tank leaks and overflows, as well as losses caused by pump seals, etc) for these losses. The most important of these reasons are physical leaks caused by system pressure. In order to solve this problem, new approaches are needed, which include advanced automation systems and monitoring. In order to make this monitoring in the best way, water distribution networks need to be created in the form of isolated District Meters Areas (DMA), rather than the conventionally known methods. Water administrations manage the system pressure by installing Pressure regulating Valves (PRV) and aflow meter at the inputs of DMAs. In this study, it is explained about what needs to be done to operate effectively PRVs in DMA. In addition, examples are given from the field application data treatments by means of the software developed for the efficient management of DMAs. The contributions of the developed software to water management have been demonstrated. The amount of physical leakage in the network is determined and operational efficiency is demonstrated through software. In addition, examples of gains are achieved as a result of effective control of DMAs. During the operation, the pressure of the DMAs is reduced from 7.5 bar to 3-5 bar, and the system was enabled to work stably. As a result of effective management of IABS, water loss of approximately 7% is prevented by timely intervention in faults that do not surface. In addition, it was observed that there is a 55% decrease in the number of malfunctions.

Keywords: Water loss, district meters areas, pressure management, water distribution system

* Sorumlu Yazar: recep.kilic@sakarya-saski.gov.tr

1. Giriş

Dünyanın birçok bölgesinde değişen iklim koşulları ve kuraklığın etkisinin artmasından dolayı su kayıplarının azaltılması ve kontrolü daha da önemli hale gelmiştir. Birçok su idaresi su kaynaklarının korumak için su kayıplarını ekonomik ve kabul edilebilir değere indirmede yeni stratejiler geliştirmektedir (Wu, 2011).

Su kıtlığı probleminin çözümü geleneksel su kaynaklarının geliştirilmesi yönteminden küresel eğilim olan Su Talebi Yönetimine (STY) geçişte yatmaktadır. STY'yi açıklamak için birçok tanım kullanılmaktadır. En geniş anlamıyla, teknolojik olarak ölçüm ve düzenlemelerle (basınç kontrolü gibi) su talebinin kontrol edildiği; ekonomik, sosyal şartların göz önünde bulundurulduğu bir yaklaşım olarak ifade edilmektedir. Ekonomik yönü su fiyat tarifelerini kapsamaktadır. Sosyal yönü ise su tüketiminde bilinçlendirme çalışmaları yapılarak abonelerin tasarrufa yönelik faaliyetlerde bulunmalarını sağlamaktadır.

Su dağıtım sistemleri, en yüksek talepte en düşük basıncı karşılamak üzere tasarlanmaktadır. Ancak su dağıtım sistemlerinde gün boyunca değişken debi talepleri yaşanmasından dolayı, sistem basıncı da talebe bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Talebin düşük olduğu gün içerisinde belirli saatler ve gece sistem basıncı yükselmektedir (Choi Y.J., 2014). Talebin düşüp, basıncın yükseldiği anlarda, sistemdeki kaçak oranı da basınç artışına paralel olarak yükselmektedir. Böylelikle basıncın yüksek olduğu noktalarda, hem normal işletme şartlarında, hem de talebin düşük olduğu dönemlerde basıncın, ihtiyaç duyulan sabit minimum değere düşürülmesi gerekmektedir. Bu yüzden, şebekelerdeki su kaçaklarının azaltılması yönünde en önemli etken, basıncın değişken işletme şartlarında talebi karşılayacak değere düşürülerek kontrol altına alınmasıdır (Fernando G. A., 2019).

Su kaybının sıfır olduğu bir su dağıtım sistemi mevcut değildir. Su kayıpları ve şebekedeki sızıntıların bu günkü teknoloji ile tamamen önlenmesi imkânsızdır. Bir şehirde yaklaşık % 10 oranında su kaybı normal sayılabilmektedir. Dünyadaki birçok büyük şehirde % 50'ye ve hatta daha yüksek oranlara ulaşan su kayıpları olduğuna dair veriler bulunmaktadır (Karadirek, 2016). Türkiye'deki durumun dünyadakinden farklı olmadığı bilinmektedir. Bununla birlikte, büyük ölçekli su şebekelerinin sorunsuz çalışmaması hala önemli bir mühendislik sorunudur (Ates, 2016). Bu sorunların başında ise su artıma tesislerinde üretilen suyun son kullanıcılara ulaşmadan ekseriyetinin kaybolması işlenmiş suyun israf edilmesine ve su idarelerinin büyük gelir kayıplarına neden olmaktadır. Genellikle, su dağıtım sistemleri, daha önceden tahmin edilen büyüme oranıyla beraber genişletilmek üzere tasarlanır. Ancak, boru hatlarındaki öngörülemez hızlı yıpranma, uygulama hataları, hayat standardındaki ve nüfustaki artışa bağlı olarak taleplerin artışı, borulardaki basınç kayıplarının artışına neden olur (Hussein M., 2017).

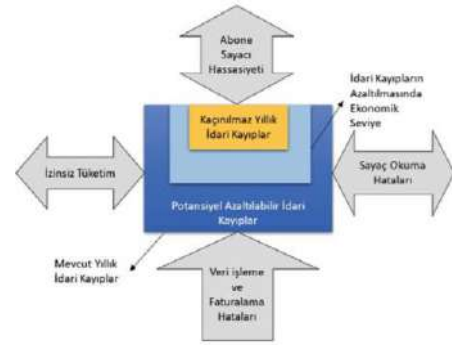
Dünya üzerinde, su kaynaklarının hızla azalması karşısında mevcut sistemlerin en verimli şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu yüzden, su sistemlerinde temel sorun olan kaçaklara karşı yeni teknolojileri kullanarak gerekli önlemlerin alınması zorunludur (Lambert, 2000).

Su kaçaklarının büyük ekonomik etkisi olduğundan, bu sorunla ilgili çeşitli yaklaşımlar önerilmiştir. Bununla birlikte, su kayıp problemlerini çözmeye geleneksel yaklaşımlar yeterli gelmemektedir. Bu sorun ileri otomasyon sistemleri ile izlemeyi içeren yeni yaklaşımlarla çözülebilir (Abu-Mahfouz, 2016).

Şebekedeki kaçağı azaltmak için, su idareleri tarafından kullanılmak üzere bazı temel kaçak yönetim stratejileri önerilmiştir. Bu stratejiler Şekil 1'de görülmektedir. Burada basınç yönetiminin kaçak yönetim stratejisinin temel unsurlarından biri olduğu görülmektedir. Bunun nedeni, daha önceki araştırmaların sonucu olarak su dağıtım sistemindeki kaçak ve basınç arasında bir ilişkinin olduğunu ortaya koymasındır (Thornton, Progress in practical prediction of pressure: Leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships, 2005). Bu ilişki Denklem 1-2'de verilmiştir.

$$q_1 = kP^n \quad (1)$$

Burada q_1 kaçak akış hızını, k kaçak katsayısını, P borudaki basıncı, n ise kaçak üssünü ifade etmektedir. Kaçak tipine bağlı olarak n değeri, 0.5 ila 2.5 arasında değişir (Abu-Mahfouz, 2016) (Lambert, 2000).



Şekil 1. Temel kaçak yönetimi stratejisi (Wu, 2011)

May (May, 1994) tarafından önerilen sabit alan ve değişken alan deşarjı (FAVAD) kavramına göre, sızıntı açıklıklarının boru uzunluğu boyunca değişmesine dayanmaktadır. Bu nedenle, kaçak-basınç ilişkisi ayrıca;

$$Q_1 = C_d A_l^f \sqrt{2gH} + C_d A_l^v \sqrt{2gH} \quad (2)$$

şeklinde de yazılabilir. Burada;

Q_1 = Akış Hızı (m/s)

C_d^v = Kaçak deşarj katsayısı

A_l^f = Sabit kaçak açıklığı alanı(mm²)

A_l^v = Değişken kaçak açıklık alanı(mm²)

H = Pompa basıncı (mSS)

g = Yer çekimi ivmesi (m/s²)

Her iki denklemde de, şebeke basıncının düşmesiyle kaçak akış hızının da düşeceği görülmektedir. Bu nedenle, Su Dağıtım Sistemlerinde (SDS) basınç yönetimi stratejisi, sızıntıları azaltmak için en verimli ve uygun maliyetli politikalarından biri olarak kabul edilmektedir (Giustolisi, 2008). (SDS)'lerde sızıntıları en aza indirmenin yanı sıra, boru patlama risklerini azaltmak için basınç yönetiminden yararlanabilir. Bu durum ise sistemin hizmet ömrünü uzatır. (Farley, 2003) (Thornton J. L., 2007).

İAB odaları tasarlanırken kullanılacak donanımların teknik olarak seçimi çok önemlidir. Örneğin, bu noktadaki debi ölçümü çok hassas olmalıdır. Bu sebeple harici enerji kaynaklı elektromanyetik debimetre tercih edilmelidir.

Kullanılacak basınç kırıcı vanaların seçimini yaparken, basınç kırıcı vananın, ne kadar ve hangi oranda basıncı düşüreceği belirlenmeli, bununla beraber bölgeye verilecek debi miktarı hesaplanmalı ve bu kriterler doğrultusunda basınç kırıcı vana seçilmelidir. Her basınç kırıcı vana kontrol edilirken farklı karakteristikler göstermektedir. Bu nedenle, basınç kırıcı vananın kendi kapalı devre kontrolü iyi olmalıdır. Bu odanın önemli parçalarından bir tanesi de elektronik BKV kontrolörüdür. Kontrolör sayesinde bölgenin basıncı otomatik olarak ayarlanırken, aynı zamanda oda içindeki sistemlerden ve cihazlardan alınan veriler anlık olarak bir merkeze transfer edilmektedir. Cihaz tasarlandığı konfigürasyona göre bölgeye gönderilen suyun basıncını ayarlamakta ve konfigürasyonda belirtildiği şekilde verileri merkeze transfer etmektedir.

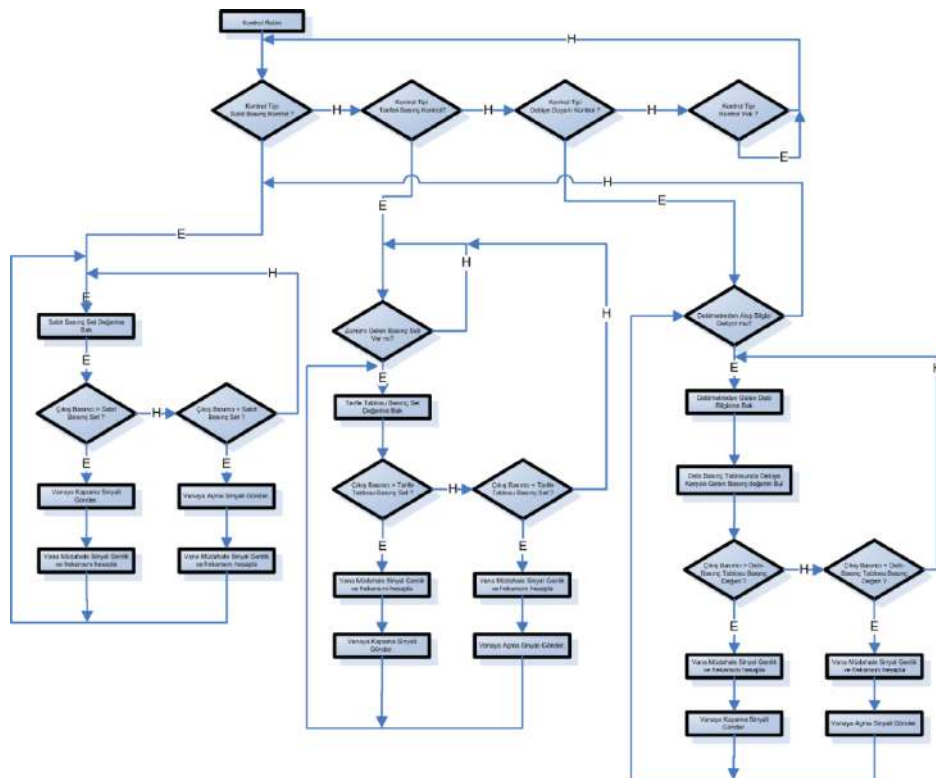
4. Gerçek Zamanlı Kontrol (GZK) Algoritması

İzole Bölgeler tespit edilmiş, İAB girişine oda yapılmış, gerekli kontrol ve ölçüm ekipmanlarının montajı yapılmıştır. Bundan sonraki adım artık bölge basıncının yönetilmesini sağlamaktır. İçmesuyu şebekelerinde, sistem ihtiyacından daha fazla basınçla çalıştırıldığında mevcut kayıp noktalarından daha fazla su kaybedildiği yapılan hesaplamalar sonucunda görülmüştür. Bu problemin çözümü için bölgeye verilen su basıncının belli yöntemlerle ayarlaması yapılmalıdır. İAB’de basınç yönetimi yapacağımız BKV akışa duyarlı çalışacak şekilde gerçek zamanlı kontrol (GZK) edilecek şekilde tasarlanmıştır. Debimetreden alınan akış verisine göre kontrol olayını gerçekleştirecek

algoritma geliştirilmiştir. Sistem ayarlanırken bölgenin su kullanım verilerine göre bir basınç debi tablosu yapılmıştır. Bu tablo kontrolöre BKV ayar parametresi olarak yüklenmiştir. Sisteme basınç tablosu girildikten sonra sistem debimetreden aldığı akış verisine göre çıkış basıncını ayarlamaktadır. Bu yöntemin diğer basınç kontrol yöntemlerine göre faydası, su tüketim grafiğine göre çıkış basıncının ayarlanmasıdır. Bu yöntem sayesinde gün içinde ihtiyaç duyulan debi talebinin artışında veya düşmesinde en uygun çıkış basınç değerini gerçek zamanlı olarak ayarlayacaktır. İAB odalarındaki tüm cihazlar GZK olarak ayarlanmıştır. Ayrıca BKV'nin kontrol modları olan sabit basınç kontrolü, zaman modülasyonlu basınç kontrolü ve akış modülasyonlu basınç kontrolü, uzaktan GZK olarak ayarlanabilmektedir. Bütün bu işlemler kullanıcı ofisinden yapılabilmektedir. Bu işlemlerin kolay bir şekilde yapılabilmesi için web tabanlı bir yazılım tasarlanmıştır. Şekil 5’te gerçek zamanlı kontrol algoritması gösterilmektedir.

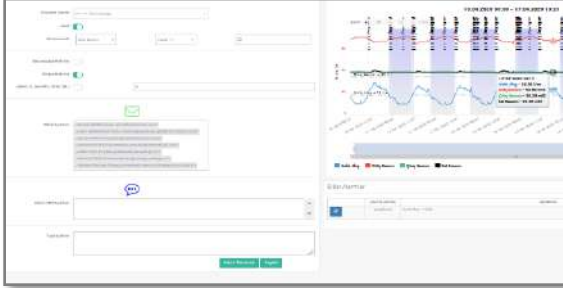
5. Yönetim ve Raporlama Yazılımı

İzole Alt Bölgelerin (İAB) verimli bir şekilde yönetilmesi için web tabanlı bir yazılım geliştirilmiştir. Geliştirilen bu yazılımla kullanıcı ister cihaz üzerinden isterse uzaktan web yönetim yazılımından cihazın kontrol yöntemini seçebilir, (Şekil 6). Cihazın içindeki kontrol yöntemlerinden biri seçildikten sonra seçilen kontrol yönteminin prosedürleri uygulanır. Seçilen kontrol yöntemi sabit basınç kontrol yöntemi ise sistem sabit basınç set değerini referans alır. Sabit basınç set değeri cihaz üzerinden girilebildiği gibi yine uzaktan web yönetim yazılımı ile de girilebilir. Bu değer vana çıkışında görülmek istenilen değerdir. Eğer kontrol yöntemlerinden tarifeli basınç yönetimi seçilmişse, öncelikle zaman basınç tablosu doldurulur (Şekil 7).

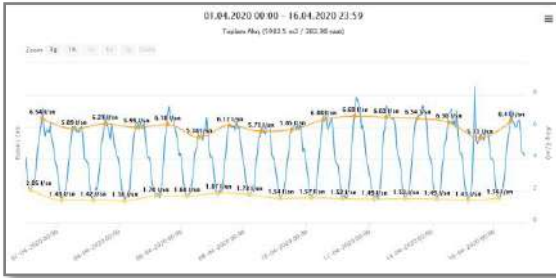


Şekil 5. Gerçek Zamanlı Kontrol Algoritması

Ayrıca programdan istenilen tarihler arasında verilen toplam su miktarı değerleri alınabilmektedir. Yine anlık olarak sistemin akış bilgisi, giriş basıncı, çıkış basıncı ve set basıncı değerleri takip edilebilmektedir (Şekil 9). İAB'lerdeki maksimum akış ortalaması ve minimum akış ortalaması takip edilerek grafikte değişim gözlemlenebilmektedir (Şekil 12).

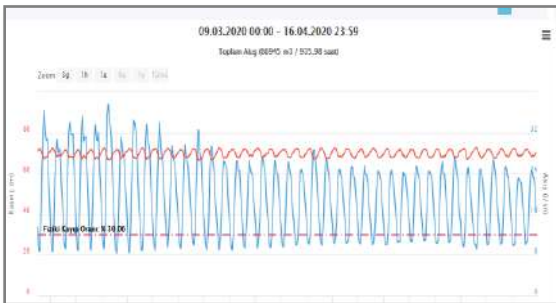


Şekil 11. Alarm ekran görüntüsü

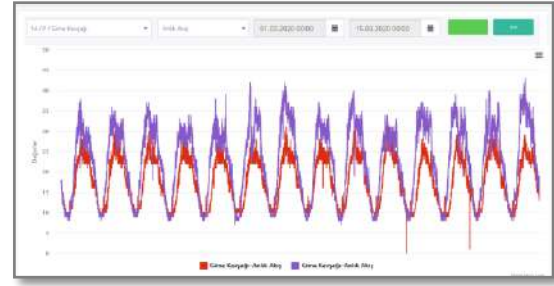


Şekil 12. İBA'ların maksimum ve minimum akış ortalaması

Her bölgeye ait fiziki kayıp oranı görülebilmektedir. Bu sayede kayıp oranı yüksek olan bölgeler tespit edilerek kayıp önleme çalışmaları bu bölgelerde yoğunlaştırılmaktadır (Şekil 13). Yazılım vasıtasıyla grafik karşılaştırma ile aynı istasyona ait farklı tarihlerde ya da farklı istasyonların istenilen tarihlerdeki anlık akış, giriş basıncı ve çıkış basıncı bilgileri karşılaştırma yapılabilmektedir (Şekil 14). Bu sayede aynı İAB'lerin farklı yıllarda aynı dönemleri karşılaştırılarak kayıp ile mücadele en verimli bir şekilde yapılabilmektedir.



Şekil 13. İBA'ların fiziki kayıp ortalaması



Şekil 14. İBA'lardaki akış ve basınç bilgilerini karşılaştırma ekranı

6. Vaka Çalışması

Bu çalışma Sakarya ili merkezinde (Adapazarı, Serdivan ve Erenler) yapılmıştır. Bölgenin Su Dağıtım Sistemi (SDS) kayıp-kaçak ile etkin mücadele edebilmek adına 111 adet İzole Alt Bölgeye (İAB) ayrılmıştır. Devreye alınan İAB sayısı 49 adettir.

Tüm İAB'ler gerçek zamanlı kontrol edilmekte olup geliştirilmiş web tabanlı program vasıtası ile izlenmektedir. Bu program aktif olarak çalıştırılmaya başlanmıştır. Çalışma sahasının yaklaşık nüfusu 374,801 ve abone sayısı 155,874'dir. Kontrol edilen su dağıtım sistemindeki ana boruların toplam uzunluğu yaklaşık 1,750 km'dir. Nominal Çaplar $\phi 1000$ mm ile 63 mm arasında değişmektedir. Hizmet verilen alanı besleyen depoların kotu 104 m, ağırlıklı yerleşke ise 32 m kodlarındadır. Sistemin çalışma basıncı 7.5 bar (75 m) dir.

7. Sonuç Ve Öneriler

Literatürdeki kriterlere uygun bir şekilde SDS'leri İAB'lere ayırdıktan sonra, İAB'lerin girişine yapılan kontrol odaları öncelikle manuel olarak test edilirler. Bu testler sonucunda her hangi bir problem gözükmezse İAB'lerin sistem tanımlamaları yapılır. Bu sistem tanımlamaları programın daha rahat ve kolay yönetilebilmesi için ilçe bazında sisteme kaydedilmektedir. Bu kayıtlar sonucunda sistemin ekran görüntüsü Şekil 15'de görülmektedir. Burada sol bölmede programın kullanım ikonları yer almakta, üst bölmede tanımlı ilçeler yer almakta ve ana ekranda ise seçili ilçedeki istasyonları küçük kareler şeklinde göstermektedir.



Şekil 15. WEB Programının Ana Ekran Görüntüsü

İAB'lerin etkin bir şekilde yönetilmesi için geliştirilen programın aktif bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Bu program sayesinde kurumsal olarak pek çok fayda sağlanmıştır. Ortaya çıkan birçok arızaya zamanında ve etkin bir şekilde müdahale edilmiştir. Yüzeye çıkmayan birçok su arızaları sistemden fark edilerek akustik dinleme yöntemleriyle noktasal olarak yeri tespit edilmiş ve onarılmıştır. Bölgedeki arıza durumuna bağlı olarak sisteme verilen sudaki artış net olarak gözlemlenebilmektedir. Bu sayede gerekli tedbirler alınarak arızanın hızlı bir şekilde bulunması sağlanmaktadır. Bu durum yüzeye çıkmayan arızalar için bazen günlerce sürdüğü gözlemlenmektedir.

Sistem devreye ilk alındığında her bir İAB'ler izlenmekte sistemin giriş debisi ve kritik nokta basınç ayarları abonelerin kullanım konforunu bozmayacak şekilde ayarlamaları yapılmaktadır. Bu ayarlamalar yapıldıktan sonra bütün bölge bir program çerçevesinde akustik dinlemeden geçirilmektedir. Dinleme sırasında yüzeye çıkmayan arızalar tespit edilmektedir.

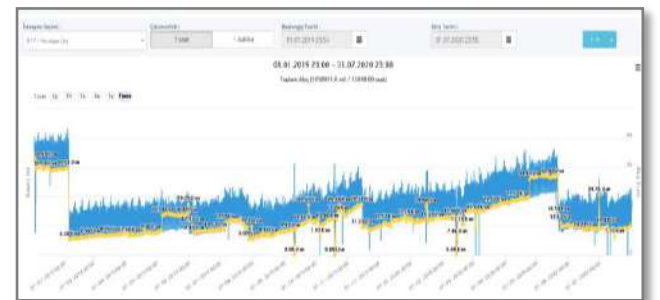
Çalışmanın yapıldığı alanlardan biri olan Hızırtepe bölgesi Adapazarı ilçe merkezinde yaklaşık 1871 abonesi olan, konut ağırlıklı ve azda olsa işyerleri bulunmaktadır. Bölgenin alt yapısı 1999 depreminin hemen sonrasında acil olarak yapılmış daha sonra her hangi bir yenileme çalışması yapılmamıştır. Bu sebepten ötürü bölgenin su kayıp oranı oldukça yüksektir. Su kayıpları ile mücadelede minimum gece debisi en önemli parametrelerden birisidir. Bu sebeple çalışmamızda bu parametre bize daima yol gösterici olacaktır. Bölgenin devreye alınmasından sonra ortalama min. gece debisi 34-35 l/sn olarak gözükmektedir. Bölgenin gerek akustik dinleme gerekse alan daraltma yöntemleri ile elden geçirilmesinden sonra ortalama min gece debisinin 6-7 l/sn olduğu Şekil 16'da görülmektedir. Çalışma sonucunda ortalama kazanç 29.2 l/sn olarak elde edilmiştir (Şekil16). Bölgenin su tüketimine ve min. gece debisine geniş zaman aralığında (01.01.2019-31.07.2020) baktığımızda da min gece debisinin 6-8 l/sn aralığında olduğunu görmekteyiz (Şekil17). Bunun dışındaki yükselmeler arıza kaynaklı olmaktadır.

Ayrıca Şekil 17'de min gece debisinin anlık akış grafiği sarı renkli görülmektedir. Bu şekilde 01.05.2019-01.06.2019 tarihleri ve 01.05.2020-01.06.2020 tarihleri aralığındaki gece debisinde yükselme olmasının sebebi Ramazan Ayı'ndaki gece kullanımlarından kaynaklanmaktadır. Buradan da şu ortaya e-ISSN: 2148-2683

çıkılmaktadır ki literatürdeki min. gece debisi hesaplama teorisine ((García V. J. Cabrera E., August 2006) (Jaber M. A. Alkassab, 2013)) Ramazan ayındaki su tüketim davranışı uymamaktadır.



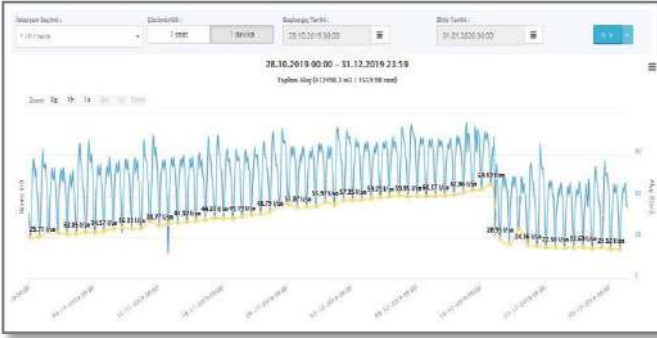
Şekil 16. Hızırtepe bölgesinin minimum gece Debisinin belirlenmesi



Şekil 17. Hızırtepe bölgesi su tüketim ve min gece debisi değişiminin geniş aralık bandından izlenmesi

Su kaybı ile mücadelede İAB'lerin büyüklüğü çalışmanın verimliliği açısından büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle İAB'nin abone sayısı 3000 olacak şekilde ayarlanması birçok çalışmada belirtilmektedir (Kazem B. A., 2018) (Muhammetoğlu A., 2018). Aşağıda örnek vereceğimiz bölgede henüz küçük İAB'lere ayrılmamış bir bölgedir. Bu yüzden bölgede arıza tespitinin yapılması oldukça zor olmaktadır. Şekil 18'de arızanın ortaya çıkması ile bulunması arasında yaklaşık iki haftalık bir sürecin olduğu görülmektedir. Yine Şekil 18'den min gece debisinin 29 l/sn'ler den 69 l/sn ye yükseldiği görülmektedir.

Şekil 19’da ise Yazlık bölgesinin geniş band aralığındaki min gece akışı ile anlık su tüketimi grafiği görülmektedir. Şekilden de görüleceği gibi bölgenin ortalama min gece debisinin yaklaşık olarak 25-30 l/sn olduğu görülmektedir. Bunun üzerindeki debilerin kayıp olacağı aşikardır.



Şekil 18. Yazlık bölgesi arıza oluşum grafiği



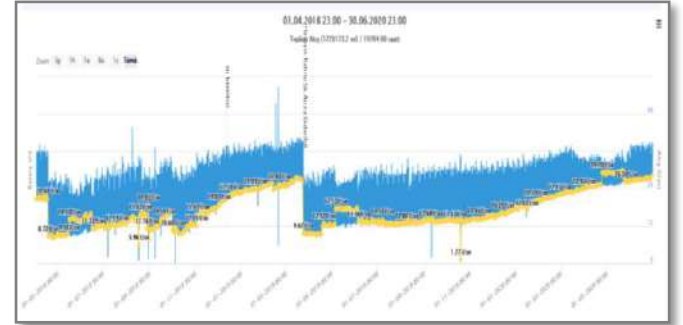
Şekil 19. Yazlık bölgesi su tüketim ve min gece debisi değişiminin geniş aralık bandından izlenmesi

Aşağıdaki verilerin alındığı bölge Adapazarı ilçe merkezinde yaklaşık 2,266 abonesi olan, konut ve işyerleri bulunmaktadır. Bölgenin alt yapısı 1999 depreminin hemen sonrasında acil olarak yapılmış daha sonra her hangi bir yenileme çalışması yapılmamıştır. Bu sebepten ötürü bölgenin su kayıp oranı oldukça yüksektir. Şekil 20’de görülebileceği gibi çalışma öncesinde bölgenin ortalama minimum gece debisi 20-21 l/sn arasında gözükmektedir. Akustik dinleme sonrasında bulunan arızanın giderilmesi sonucu bölgenin min. gece debisi 8 – 9 l/sn olmaktadır. Tespit edilen bir arızanın giderilmesi sonucu kazanılan su miktarı ise 11.93 l/sn dir. Min. gece debisindeki küçük salınımlar vatandaş kullanımına ve yüzeye çıkan arızalarla ilgilidir (Şekil20).

Şekil 21’de ise bölgenin geniş band aralığındaki min. gece debisi ve anlık akış grafiği görülmektedir. Grafikten de görüleceği gibi min. gece debisi sürekli yükselmekte ve uzun süre bu şekilde devam edilmektedir. Bu olayın sebebi bu bölgenin merkezde olması ve bulunan arızaların hemen yapılamamasından kaynaklanmaktadır. Bu tür bölgelerde yapılması gereken en uygun yöntem bölgenin alt yapısının değiştirilmesidir.

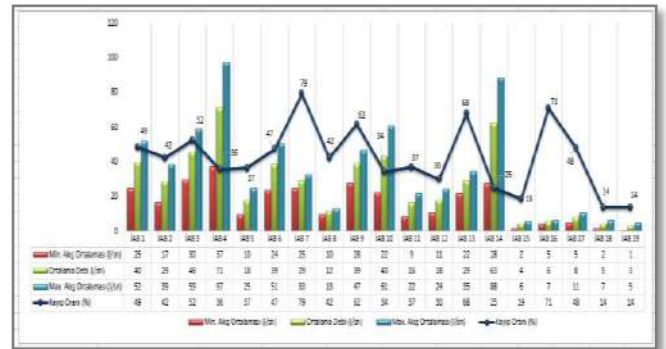


Şekil 20. Eski Reji bölgesinin minimum gece Debisinin belirlenmesi

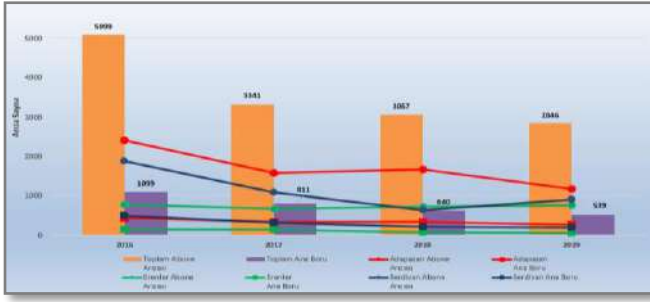


Şekil 21. Eski Reji bölgesi su tüketim ve min gece debisi değişiminin geniş aralık bandından izlenmesi

Bu yazılımın İAB’ler ile etkin bir şekilde kullanılmasından sonra su kayıplarının önlenmesi adına belli başlı faydalar elde edilmiştir. Bunlardan en önemlisi yapılan her bir İAB’nin kayıp oranını program aracılığı ile takip edilmesidir. Yine her bir İAB’nin max. ve min. akış ortalaması ve ortalama debinin anlık olarak izlenebilmesidir. Ayrıca bütün İAB’lerin değerlerini karşılaştırma yapacak şekilde grafikleştirerek kayıpların önlenmesinde hangi bölgelere öncelik verileceği hususunda büyük kolaylık sağlamaktadır (Şekil 22).



Şekil 22. İAB’lerin max. ve min. akış ortalaması, ortalama debi ve su kayıp oranları grafiği



Şekil 23. Çalışma sonucu elde edilen arıza sayıları grafiği

İzole Alt bölgelerin etkin yönetiminin sonucunda sağlanan faydalardan bir diğeri ise arıza sayılarındaki azalmadır (Şekil 23). Arıza sayılarının azalması bölgelere verilen su miktarının azalması demektir. Diğer bir deyişle sistemin su kaybının azalmasıdır.

Su dağıtım sistemlerinde su kaybı ile mücadelede yüzeye çıkan arızalardan ziyade yüzeye çıkmayan arızaların tespiti büyük önem arz etmektedir. Yüzeye çıkmayan arızaların tespitinde İAB'lerin etkin bir şekilde takip edilerek minimum gece debisinin değişimi durumunda akustik dinleme yöntemiyle bu arızaların bulunması verimliliği artırıcı önemli bir yöntemdir. Bu yolla bulunan her bir arızanın meydana getirdiği su kaybını teorik olarak hesaplamak mümkün olamamaktadır. Ancak hesaplana bilen arızalardan yapılan çalışmalar ile ilgili örnek bir durum Tablo 1'de görülmektedir.

Bu çalışmada su kayıplarının azaltılması sağlanarak kayıp kaçak oranlarının denetimi ve önlenmesi sağlanmıştır. Böylelikle su yönetimindeki aksaklıkların ekonomik açıdan bir kayıp teşkil etmesinin de önüne geçilmiştir. İAB'lerin etkin yönetilmesi sonucunda sistem basıncı 7.5 bardan 3-5 bar aralığına düşürülmüştür. Ayrıca sistemde oluşan arızalarda %55'lik bir düşüş olduğu görülmüştür. Yüzeye çıkmayan arızalara zamanında müdahale edilmesi ile (sadece hesaplanabile arızalar göz önüne alındığında) yaklaşık %7'lik su kaybı önlenmiştir ve bu durum yapılan çalışmanın ekonomik olarak katkısını göstermektedir.

Tablo 1. İBA'ların Etkin Yönetilmesi İle Kazanılan Su

İAB	2018		2019	
	Kazanılan Su	Yıllık Kazanç	Kazanılan Su	Yıllık Kazanç
Yazlık			230 m ³ /sa	2.014.800 m ³ /yıl
Eski Reji	43.2 m ³ /sa	378.432 m ³ /yıl	64.8 m ³ /sa	567.648 m ³ /yıl
Şeker	64.8 m ³ /sa	567.648 m ³ /yıl		
Hızırtepe	28.8 m ³ /sa	252.288 m ³ /yıl	165.6 m ³ /sa	1.450.656 m ³ /yıl
Maltepe	18 m ³ /sa	157.680 m ³ /yıl		
Dibektaş	72 m ³ /sa	630.720 m ³ /yıl	90 m ³ /sa	788.400 m ³ /yıl
İhsaniye	64.8 m ³ /sa	567.648 m ³ /yıl		
Mithatpaşa	25.2 m ³ /sa	220.757 m ³ /yıl	18 m ³ /sa	157.680 m ³ /yıl
Yenicami	18 m ³ /sa	157.680 m ³ /yıl		
Tekeler	75.6 m ³ /sa	662.256 m ³ /yıl		
Gıma Kavşağı			18 m ³ /sa	157.680 m ³ /yıl
TOPLAM	410.4 m³/sa	3.595.104 m³/yıl	586.4m³/sa	5.136.840 m³/yıl

6.Kaynaklar

- [1] Abu-Mahfouz, A. M. (2016). Real-time dynamic hydraulic model for potable water loss reduction. *Procedia Engineering*, 154(7), 99– 106.
- [2] Araujo, L. S. (2006). Pressure control for leakage minimisation in water distribution systems management. *Water Resources Management*, 20, 133–149, .
- [3] Ates, S. (2016). Hydraulic modelling of closed pipes in loop equations of water distribution networks. *Applied Mathematical Modelling*, 40, 966–983.
- [4] Choi Y.J., A. J. (2014). Best Management Practices For Water Loss Control İn Seoul. *Procedia Engineering*, 1585-1593.
- [5] Farley, M. &. (2003). *Losses in water distribution networks-A practitioner's guide to assessment, monitoring and control*. IWA Publishing. London: 2003.
- [6] Fernando G. A., A. A. (2019). "Pressure Management For Leakage Reduction Using Pressure Reducing Valves, Case Study İn An Andean City. *Alexandria Engineering Journal* 58, 1313–1326.
- [7] Fontana N., A. M. (2018). Real-Time Control Of Pressure For Leakage Reduction İnWater Distribution Network: Field Experiments. *J. Water Resour. Plann. Manage* 144(3), 04017096-1-04017096-12, .
- [8] García V. J. Cabrera E., C. E. (August 2006). The Minimum Night Flow Method Revisited. 8th Annual Water Distribution Systems Analysis Symposium, (s. 27-30,). Cincinnati, Ohio, USA,.
- [9] Giustolisi, O. S. (2008). Pressure-driven demand and leakage simulation for water distribution networks. *Journal of Hydraulic Engineering*, 134(5), 626–635.
- [10] Hussein M., Y. K. (2017). Effects Of Number Of Connections And Pipe Length To The Water Losses İn Melaka. *Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering)* 79:3, 45–59.
- [11] Jaber M. A. Alkaseh, M. N. (2013). Applying Minimum Night Flow to Estimate Water Loss Using Statistical Modeling: A Case Study in Kinta Valley. *Water Resour Manage*, 27, 1439–1455.
- [12] Kanakoudis V., G. K. (2014). Applying Pressure Management to Reduce Water Losses in Two Greek cities' WDSs: Expectations, Problems, Results and Revisions. *Procedia Engineering* 89, 318 – 325.
- [13] Kara S., K. I. (2015). Real time monitoring and control in water distribution systems for improving operational efficiency. *Desalination and Water Treatment*, 1–14.
- [14] Karadirek, İ. E. (2016). Urban Water Losses Management İn Turkey: The Legislation And Challenges. *Anadolu University Journal of Science and Technology A- Applied Sciences and Engineering*, 572 –584.
- [15] Karathanasia I, P. C. (2016). Development of a leakage control system at the water supply network of the city of Patras. , *Procedia Engineering* 162, 553 – 558, .
- [16] Kazeem B. A., Y. H. (2018). Pressure Management Strategies for Water Loss Reduction in Large-Scale Water Piping Networks: A Review. *Advances in Hydroinformatics*, Springer Water, 465-480.
- [17] Lambert, A. (2000). What do we know about pressure: Leakage relationship in distribution systems? Brno: IWA,, Czech Rep: System Approach to Leakage Control and Water Distribution Management.
- [18] May, J. (1994). Leakage, pressure and control. BICS International Conference on Leakage Control. London: BICS.

- [19] Muhammetoğlu A, M. H. (2018). Management of Water Losses in Water Supply and Distribution Networks in Turkey. Turkish Journal Of Water Science & Management , January - February - March - April - May - June / Volume.
- [20] Muhammetoğlu A., M. H. (2018). Management Of Water Losses In Water Supply And Distribution Networks In Turkey. Turkish Journal Of Water Science & Management, Volume 2, Issue 1, 58 - 75.
- [21] Samir N., K. R. (2017). Pressure control for minimizing leakage in water distribution systems. Alexandria Engineering Journal 56, 601–612.
- [22] Thornton, J. &. (2005). Progress in practical prediction of pressure: Leakage, pressure: burst frequency and pressure: consumption relationships. Proceedings of the IWA Special Conference, Leakage 05. Nova Scotia: IWA.
- [23] Thornton, J. &. (2007). Pressure management extends infrastructure life and reduce un-necessary energy cost. Proceedings of the IWA Special Conference on Water Loss (s. 511–521). Bucharest, Romania, : IWA.
- [24] Wu, Z. Y. (2011). *Water loss reduction* (1 b.). USA: Bentley Institute Press.



Periyodik Eğrilikli İki Komşu İçi Boş Lif İçeren Elastik Ortamdaki Normal Gerilmeler Üzerine

Reşat Köşker^{1*}, İsmail Gülten²

^{1*} Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalürji Fakültesi, Matematik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0051-340X), kosker@yildiz.edu.tr

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Matematik Mühendisliği Programı, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9459-5970), ismailgulten@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.864126)

ATIF/REFERENCE: Köşker, R. & Gülten, İ. (2021). Periyodik Eğrilikli İki Komşu İçi Boş Lif İçeren Elastik Ortamdaki Normal Gerilmeler Üzerine. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 316-324.

Öz

Bu makalede, sonsuz elastik cisme gömülü, sonsuz uzunluklu periyodik eğrilikli birbirine komşu içi boş iki lif olması durumunda lif-matris arayüzeyinde normal gerilmelerin dağılımı incelenmiştir. Komşuluk kavramı, içi boş lifler arasında etkileşim olduğunu ifade etmek için kullanılmıştır. Liflerin orta çizgilerininin aynı düzlemde ve birbirlerine göre aynı fazlı başlangıç eğriliklerine sahip oldukları durum ele alınmıştır. Elastik ortama, lifler yönünde düzgün dağılmış normal kuvvetler etkilediği ve lifler ile matris arasında ideal temas koşullarının sağlandığı düşünülmüştür. Çalışmada, elastisite teorisinin lineerize edilmiş üç boyutlu kesin denklemleri, parçalı-homojen cisim modeli çerçevesinde kullanılmıştır. Böylece, sınır değer probleminin matematiksel modeli kurulabilmiş, bu modelin çözümü için ise sınır formu pertürbasyon yöntemi uygulanmıştır. Buna göre, alan denklemleri ile temas koşulları, eğilmeyi ifade edecek şekilde tanımlanan küçük parametre cinsinden seri formda yazılarak her bir yaklaşım için, önceki yaklaşımların çözümlerini içeren, ayrı ayrı sınır değer problemleri elde edilmiş ve bu problemler sıfıncı ve birinci yaklaşımlar için çözülmüştür. Böylece, periyodik eğrilikli içi boş lifler ile matris arayüzeyinde normal gerilmelerle ilgili sayısal sonuçlar elde edilebilmiş ve bu sonuçlar yorumlanmıştır. İçi boş liflerin birbirleri ile etkileşimlerinin, liflerin kalınlık değişimlerinin ve malzeme sabitlerinin, bu gerilme değerlerine etkisi incelenmiş ve tartışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İçi Boş komşu iki Lif, Lifli Kompozitler, Normal Gerilmeler, Periyodik Eğrilik, Kompozit Malzeme.

On Normal Stresses in Elastic Media Containing Two Neighboring Hollow Fibers with Periodic Curvature

Abstract

In this paper, the distribution of normal stresses at the fiber-matrix interface in the case of two neighboring hollow fibers with infinite length periodic curvature embedded in an infinite elastic body is investigated. The concept of neighborhood is used to express the interaction between hollow fibers. The case where the midlines of the fibers are in the same plane and have the same phase initial curvature with respect to each other is considered. It is thought that uniformly distributed normal forces are applied to the elastic medium in the direction of the fibers and ideal contact conditions are provided between the fibers and the matrix. In the study, linearized three-dimensional equations of the theory of elasticity is used within the framework of the piecewise-homogeneous body model. Thus, the mathematical model of the boundary value problem is established, and the boundary form perturbation method is applied to the solution of this model. Accordingly, by writing the governing field equations and the complete conditions in series form in terms of the small parameter defined to express the bending, separate boundary value problems containing the solutions of the previous approaches are obtained for each approach. Obtained boundary value problems are solved for the zeroth and first approaches. Thus, numerical results are obtained regarding the normal stresses at the matrix interface with hollow fibers with periodic curvature and these results are

* Sorumlu Yazar: kosker@yildiz.edu.tr

interpreted. The effects of the interaction of hollow fibers with each other, thickness changes of fibers and material constants on the values of these normal stresses are investigated.

Keywords: Two Neighboring Hollow Fibers, Fibrous Composites, Normal Stresses, Periodic Curvature, Composite Materials.

1. Giriş

Kompozit malzemeler, en az farklı iki malzemenin mikro veya makro ölçekte bir araya getirilmesiyle oluşturulmuş ve her birinden ayrı ayrı daha üstün özelliklere sahip malzemelerdir. Bu malzeme, matris adı verilen ana faz ve bunun içine dağılmış takviye elemanlardan oluşur. Takviyenin lif olduğu ve lifli kompozit malzemeler olarak adlandırılan malzemeler, kompozit malzemelerin önemli bir kısmını oluşturmaktadır. Bu malzemelerin, günümüzde, enerji, spor, askeri, otomotiv, denizcilik ve havacılık sektörlerinde, inşaat mühendisliği, biyomedikal uygulamalar ve hatta müzik endüstrisi gibi çok sayıda uygulama alanları mevcuttur. Dolayısıyla, bu malzemelerin mekanik davranışlarının hem teorik hem de deneysel olarak araştırılması önemlidir (Erden ve Ho, 2017).

Lifli kompozit malzemeler üretilirken güçlendirici olarak kullanılan liflerin, farklı geometrik şekillerde malzemeye dahil edilmesiyle farklı özelliklere sahip malzeme elde edilmektedir. Ayrıca, lifler başlangıç eğriliklerine sahip olabilmektedirler. Genellikle, periyodik eğrilige sahip lifler tasarım gereksinimlerinden oluşturulmakta, yerel eğrilige sahip lifler ise teknolojik işlemler sonucu ortaya çıkan kusurlar olarak gözlenmektedir (Kelly, 1998; Akbarov ve Guz, 2000; Guz, 2003). Bu malzemeler, dış etkilere maruz kaldıklarında, liflerdeki eğrilik sebebiyle temas yüzeyindeki gerilmeler artar ve bu artış yapılaşma mukavemetini aşabilir. Bu durumda, malzemenin mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkileyecek makro çatlaklar oluşabilir. Bunlar dışında, liflerin sözü edilen eğrilikleri, stabilite kaybı problemlerinde de kullanılır (Akbarov ve Guz, 2000; Corten ve ark., 1967; Kashtalyan, 2005; Akbarov, 2012). Dolayısıyla, eğrisel yapıya sahip liflerin yer aldığı lifli kompozit malzemelerin teorik olarak çalışılması hem literatüre katkı sağlaması hem de bu malzemelerin yukarıda sayılan alanlarda yapı elemanı olarak kullanılmasından dolayı mühendislik açısından oldukça önemlidir. Bu alandaki teorik çalışmaları, yaklaşık yöntemler kullananlar ve sürekli ortam teorisinin kesin denklemleri çerçevesinde yapılanlar olarak sınıflandırabiliriz (Köşker, 2002; Akbarov ve Guz, 2002). İkinci gruba dahil edilecek ve üç boyutlu elastisite denklemleri kullanılarak yapılan Akbarov ve Guz (1985) çalışması, periyodik eğrilikli lif yoğunluğunun az olduğu lifli kompozit malzemede lif-matris ara yüzeyindeki gerilme durumları araştırması için bir yöntem önermiştir. Akbarov ve Kosker (2003a, 2003b), Kosker ve Akbarov (2003) çalışmalarında bu yöntem, kompozit malzemede birbirine yakın periyodik eğrilikli iki lif olması durumuna geliştirilmiş ve liflerin karşılıklı etkileşimlerinin gerilme değerlerine katkısı tartışılmıştır. Kosker ve Ucan (2004), Akbarov ve ark (2004, 2006, 2010, 2016) yayınlarında ise periyodik olarak tek sıra halinde yerleşmiş periyodik eğrilikli liflerin varlığı durumunda gerilme analizleri yapılmıştır. Bu çalışmalarda parçalı-homojen cisim modeli çerçevesinde elastisite teorisinin lineerize edilmiş üç boyutlu kesin denklemleri kullanılmıştır.

Buraya kadar anılan çalışmalarda, lifler geleneksel malzeme olarak alınmıştır. Karbon nanotüpün pek çok uygulama alanlarında etkin şekilde hayatımıza girmesi ve bu malzemenin,

boyutları ile ilgili bazı kısıtlamalar dikkate alındığında, içi boş lif olarak modellenebileceği fikri (Qian ve ark., 2000; Zhuk ve Guz, 2007; Guz ve Dekret, 2008; Maligino ve ark., 2009) yukarıdaki çalışmaların bu alana yayılmasını sağlamıştır. Akbarov (2013) yayınında, çift duvarlı karbon nanotüpün takviye elemanı olarak kullanıldığı malzemede stabilite problemi incelenmiştir. Köşker ve Gülten (2020) çalışmasında periyodik eğrilikli sonsuz uzunluklu içi boş lifin gömülü olduğu kompozit malzeme ele alınmış ve gerilme yayılımı incelenmiştir. Sözü edilen özellikteki lifin malzemede düşük yoğunluklu olduğu durum incelenmiş, dolayısıyla lifler arası etkileşim ihmal edilmiştir. Oysa, uygulamada, genellikle, yapı elemanlarındaki güçlendiriciler, aralarındaki etkileşimin dikkate alınmasını gerektirecek kadar yakındırlar.

Bu çalışmada, sonsuz bir cisimde, sonsuz uzunlukta periyodik eğrilikli birbirine yakın içi boş iki lif olduğu problem ele alınmış ve bu problemde lif-matris ara yüzeyindeki normal gerilmelerin dağılımı araştırılmıştır. İçi boş liflerin orta çizgilerinin aynı düzlemde ve başlangıç küçük eğriliklerinin aynı fazlı olduğu düşünülmüştür. Elastisite teorisinin üç boyutlu doğrusallaştırılmış denklemleri, parçalı-cisim modeli çerçevesinde kullanılmıştır. Ortama, lifler yönünde sonsuzda düzgün dağılmış normal kuvvetler etkilediği durum ele alınmıştır.

2. Problemin Formülasyonu

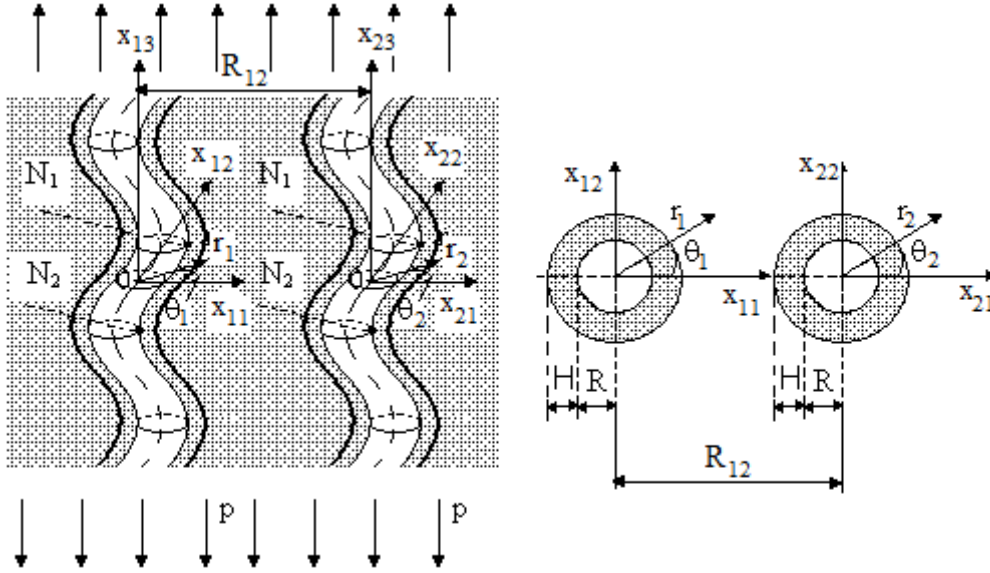
Sonsuz elastik ortama gömülü periyodik eğrilikli içi boş komşu iki lif olduğu, liflerin orta çizgilerinin aynı düzlemde ve başlangıç eğriliklerinin birbirlerine göre aynı fazlı olduğu durum dikkate alınmaktadır (Şekil 1). Liflerin, yüzeylerine dik kesitlerinin iç yarıçaplarının R , kalınlıklarının ise H olduğu ve bu değerlerin lifler boyunca değişmediği kabul edilmektedir. Bundan sonra, bu çemberlerin merkezlerinin olduğu eğri, liflerin orta çizgi olarak anılacaktır. Ayrıca, ortama sonsuzda içi boş lifler yönünde p yoğunluklu düzgün dağılmış normal kuvvetlerin etkilediği varsayılmaktadır. Şekil 1'de görüldüğü gibi, merkezleri içi boş liflerin orta çizgilerinin üzerinde bulunan $O_n x_{n1} x_{n2} x_{n3}$ kartezyen ve $O_n r_n \theta_n z_n$ silindirik koordinat takımları Lagrange koordinatları olarak tanımlanmaktadır. Burada $n = 1, 2$ olup sırasıyla birinci ve ikinci içi boş lifi göstermektedir. Şekil 1'den de görüldüğü gibi, bu koordinat takımları arasında aşağıdaki bağıntılar vardır.

$$x_{12} = x_{22}, x_{13} = x_{23} = z, r_1 e^{i\theta_1} = R_{12} + r_2 e^{i\theta_2} \quad (1)$$

İçi boş liflerin orta çizgilerinin $x_{12} = x_{22} = 0$ düzleminde olduğu varsayılmakta ve bu çizgilerin denklemleri aşağıdaki gibi alınmaktadır.

$$\begin{aligned} x_{11} &= L \sin\left(\frac{2\pi}{\ell} x_{13}\right) = \ell \varepsilon \sin\left(\frac{2\pi}{\ell} x_{13}\right) = \varepsilon \delta_1(x_{13}) \\ x_{21} &= L \sin\left(\frac{2\pi}{\ell} x_{23}\right) = \ell \varepsilon \sin\left(\frac{2\pi}{\ell} x_{23}\right) = \varepsilon \delta_2(x_{23}) \end{aligned} \quad (2)$$

Burada, L içi boş liflerin eğilme genliği ve ℓ eğilme periyodu olmak üzere içi boş liflerin başlangıç eğriliklerinin derecesini karakterize eden $\varepsilon = \frac{L}{\ell}$ parametresi tanımlanmıştır ($0 < \varepsilon \ll 1$).



Şekil 1. Problemin geometrisi ve seçilen koordinat takımları

Bundan sonra, sırasıyla, birinci ve ikinci içi boş lifler ile ilgili büyüklükler (21) ve (22) üst indisleri ile, matris ile ilgili büyüklükler ise (1) üst indisi ile gösterilecektir. Sonsuz elastik ortamda ve her bir içi boş lifte sağlanan aşağıdaki alan denklemleri yazılabilir.

$$\begin{aligned} \nabla_i \left[\sigma^{(q)in} \left(g_n^j + \nabla_n u^{(q)j} \right) \right] &= 0, \\ 2\varepsilon_{jm}^{(q)} &= \nabla_j u_m^{(q)} + \nabla_m u_j^{(q)} + \nabla_j u^{(q)n} \nabla_m u_n^{(q)}, \\ \sigma_{(in)}^{(q)} &= \left(\lambda^{(q)} e^{(q)} \right) \delta_i^n + 2 \left(\mu^{(q)} \varepsilon_{(in)}^{(q)} \right), \quad e^{(q)} = \varepsilon_{rr}^{(q)} + \varepsilon_{\theta\theta}^{(q)} + \varepsilon_{zz}^{(q)} \quad (3) \end{aligned}$$

İçi boş liflerin iç yüzeyleri $n = 1, 2$ olmak üzere S_{0n} , matris ile temas halinde olan dış yüzeyleri ise S_{1n} ile gösterilsin. İçi boş liflerin dik kesitlerinin iç yarıçaplarının değişmediği varsayımı ile ilgili olan koşul ve lif-matris arasında ideal temas koşulları aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\begin{aligned} \sigma^{(2q)in} \left(g_n^j + \nabla_n u^{(2q)j} \right) \Big|_{S_{0q}} n_{qj} &= 0, \\ \sigma^{(2q)in} \left(g_n^j + \nabla_n u^{(2q)j} \right) \Big|_{S_{1q}} n_{qj} &= \sigma^{(1)in} \left(g_n^j + \nabla_n u^{(1)j} \right) \Big|_{S_{1q}} n_{qj}, \\ u_j^{(2q)} \Big|_{S_{1q}} &= u_j^{(1)} \Big|_{S_{1q}} \quad (4) \end{aligned}$$

Yukarıda ifade edilen kabullerden aşağıdaki koşullar da yazılır.

$$\sigma_{zz}^{(1)} \xrightarrow{z \rightarrow \infty} p, \quad \sigma_{(ij)}^{(1)} \xrightarrow{r_q \rightarrow \infty} 0 \quad (ij) \neq (zz) \quad (5)$$

Verilen formüllerde tansör notasyonu kullanılmıştır ve altı çizili indise göre toplam yoktur.

Böylece, araştırılan problem (3) denklemlerinin (4) ve (5) temas ve sınır koşulları çerçevesinde çözülmesine indirgenmiş olmaktadır. Ulaşılan bu sınır-değer problem, ele alınan problemin matematiksel formülasyonudur.

3. Sınır-Değer Probleminin Çözümü

İçi boş liflerin dik kesit koşullarından S_k yüzeylerinin denklemleri aşağıdaki gibi yazılır.

$$r_q = (1 + \varepsilon^2 (\delta'_q(t_3))^2 \sin^2 \theta_q)^{-1} \left\{ (\varepsilon \delta_q(t_3) + \varepsilon^3 \delta_q(t_3) (\delta'_q(t_3))^2) \sin \theta_q + \left[R^2 - \varepsilon^2 (\delta_q(t_3))^2 - \varepsilon^4 (\delta'_q(t_3))^2 (\delta_q(t_3))^2 (1 + \varepsilon^2 (\delta'_q(t_3))^2) \sin^2 \theta_q \right]^{1/2} \right\}$$

$$z_q = t_3 - \varepsilon \delta'_q(t_3) r_q(t_3) \sin \theta_q + \varepsilon^2 \delta_q(t_3) \delta'_q(t_3), \quad \delta'_q(t_3) = \frac{d\delta_q(t_3)}{dt_3},$$

$$\delta_q(t_3) = \ell \sin\left(\frac{2\pi}{\ell} t_3\right) \quad (6)$$

Burada, $t_3 \in (-\infty, +\infty)$ bir parametredir. (6) denklemleri ve bilinen bazı işlemler kullanılarak, S_k yüzeylerinin birim dış normallerinin bileşenleri aşağıdaki gibi bulunur.

$$\begin{aligned} n_{qr} &= r_q(\theta_q, t_3) \frac{\partial z_q(\theta_q, t_3)}{\partial t_3} \left[A_q(\theta_q, t_3) \right]^{-1} \\ n_{q\theta} &= \left[\frac{\partial z_q(\theta_q, t_3)}{\partial \theta_q} \frac{\partial r_q(\theta_q, t_3)}{\partial t_3} - \frac{\partial r_q(\theta_q, t_3)}{\partial \theta_q} \frac{\partial z_q(\theta_q, t_3)}{\partial t_3} \right] \left[A_q(\theta_q, t_3) \right]^{-1} \\ n_{qz} &= -r_q(\theta_q, t_3) \frac{\partial r_q(\theta_q, t_3)}{\partial t_3} \left[A_q(\theta_q, t_3) \right]^{-1} \quad (7) \end{aligned}$$

(7)'de aşağıdaki notasyon kullanılmıştır.

$$A_q(\theta_q, t_3) = \left[\begin{aligned} & \left(r_q(\theta_q, t_3) \frac{\partial z_q(\theta_q, t_3)}{\partial t_3} \right)^2 + \\ & \left(\frac{\partial z_q(\theta_q, t_3)}{\partial \theta_q} \frac{\partial r_q(\theta_q, t_3)}{\partial t_3} - \frac{\partial z_q(\theta_q, t_3)}{\partial t_3} \frac{\partial r_q(\theta_q, t_3)}{\partial \theta_q} \right)^2 \\ & + \left(r_q(\theta_q, t_3) \frac{\partial r_q(\theta_q, t_3)}{\partial t_3} \right)^2 \end{aligned} \right]^{1/2} \quad (8)$$

Matematiksel formülasyonu verilen problemin çözümü için Akbarov ve Guz (2000)'de verilen sınır formu pertürbasyon yöntemi kullanılacaktır. Bu yöntemde göre aranan tüm büyüklükler daha önce tanımlanan küçük ε parametresine göre seri formda yazılacaktır.

$$\left\{ \sigma_{(ij)}^{(m)}; \varepsilon_{(ij)}^{(m)}; u_{(i)}^{(m)} \right\} = \sum_{q=0}^{\infty} \varepsilon^q \left\{ \sigma_{(ij)}^{(m),q}; \varepsilon_{(ij)}^{(m),q}; u_{(i)}^{(m),q} \right\} \quad (9)$$

(6) ve (7) ifadeleri ε cinsinden seri formda aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned} r_q &= R + \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon^k a_{qk}(\theta_q, t_3), \quad z_q = t_3 + \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon^k b_{qk}(\theta_q, t_3), \\ n_{qr} &= 1 + \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon^k c_{qk}(\theta_q, t_3), \quad n_{q\theta} = \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon^k d_{qk}(\theta_q, t_3), \\ n_{qz} &= \sum_{k=1}^{\infty} \varepsilon^k g_{qk}(\theta_q, t_3). \end{aligned} \quad (10)$$

Buradaki, ε^k 'nin katsayıları olan $a_{qk}(\theta_q, t_3), \dots, g_{qk}(\theta_q, t_3)$ fonksiyonlar (6) ve (7)'den kolaylıkla elde edilebilirler. (3) kullanılarak (9)'daki her bir yaklaşım için sağlanan alan denklemleri bulunur. $n_{qr}, n_{q\theta}, n_{qz}$ büyüklüklerinin (10)'daki eşitlikleri kullanılır ve tüm büyüklükler $(r_q = R + H, \theta_q, t_3)$ ve $(r_q = R, \theta_q, t_3)$ civarında seriye açılırsa, her bir yaklaşımın temas ve sınır koşulları önceki yaklaşımların büyüklükleri cinsinden elde edilmiş olur.

$\nabla_n u^{(q),j,0} \ll 1$ olduğundan sıfırıncı yaklaşımla ilgili denklemlerde doğrusal olmayan terimin ihmal edilebileceği durumlar ele alınmıştır. Dolayısıyla, birinci ve sonraki yaklaşımlarda $(g_n^j + \nabla_n u^{(q),j,0})$ terimi δ_n^j ile yer değiştirebilir. Ayrıca, sıfırıncı yaklaşımda, $\sigma_{(ij)}^{(q),0} (ij) \neq zz$ gerilmelerinin $\sigma_{zz}^{(q),0}$ gerilmelerine göre ihmal edilebilir oldukları varsayılır (Akbarov ve ark, 2004). Bu kabule göre, sıfırıncı yaklaşım için alan denklemleri ile temas koşulları aşağıdaki gibi elde edilmiş olur.

$$\begin{aligned} \nabla_i \sigma^{(q)ij,0} &= 0, \quad 2\varepsilon_{ij}^{(q),0} = \nabla_j u_i^{(q),0} + \nabla_i u_j^{(q),0}, \\ \sigma_{(in)}^{(q),0} &= \left(\lambda^{(q)} e^{(q),0} \right) \delta_i^n + 2 \left(\mu^{(q)} \varepsilon_{(in)}^{(q),0} \right), \\ e^{(q),0} &= \varepsilon_{rr}^{(q),0} + \varepsilon_{\theta\theta}^{(q),0} + \varepsilon_{zz}^{(q),0} \quad (11) \\ \sigma_{(ij)}^{(2q),0} \Big|_{r_q=R} &= 0, \quad \sigma_{(ij)}^{(2q),0} \Big|_{r_q=R+H} = \sigma_{(ij)}^{(1),0} \Big|_{r_q=R+H}, \quad u_{(i)}^{(2q),0} \Big|_{r_q=R+H} = u_{(i)}^{(1),0} \Big|_{r_q=R+H}; \\ (ij) &= rr, r\theta, rz, \quad (i) = r, \theta, z; q = 1, 2 \quad (12) \end{aligned}$$

Böylece, sıfırıncı yaklaşım, (11) denklemlerinin (12) temas koşullarıyla çözümüne indirgenmiştir.

Birinci yaklaşım için, alan denklemleri aşağıdaki gibi yazılır.

$$\nabla_i \left[\sigma^{(k)ij,1} + \sigma^{(k)in,0} \nabla_n u^{(k),j,1} \right] = 0 \quad (13)$$

$$2\varepsilon_{ij}^{(k),1} = \nabla_j u_i^{(k),1} + \nabla_i u_j^{(k),1} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{(in)}^{(k),1} &= \left(\lambda^{(k)} e^{(k),1} \right) \delta_i^n + 2 \left(\mu^{(k)} \varepsilon_{(in)}^{(k),1} \right), \\ e^{(k),1} &= \varepsilon_{rr}^{(k),1} + \varepsilon_{\theta\theta}^{(k),1} + \varepsilon_{zz}^{(k),1}. \end{aligned} \quad (15)$$

Sınır ve temas koşulları ise aşağıdaki gibi bulunur.

$$\begin{aligned} \left[\sigma_{(ir)} \right]^{2q,1} + f_{1q} \left[\frac{\partial \sigma_{(ir)}}{\partial r} \right]^{2q,0} + \phi_{1q} \left[\frac{\partial \sigma_{(ir)}}{\partial z} \right]^{2q,0} + \\ \gamma_{rq} \left[\sigma_{(ir)} \right]^{2q,0} + \gamma_{\theta q} \left[\sigma_{(i)\theta} \right]^{2q,0} + \gamma_{zq} \left[\sigma_{(iz)} \right]^{2q,0} = 0 \\ \left[\sigma_{(ir)} \right]_{1,1}^{2q,1} + f_{1q} \left[\frac{\partial \sigma_{(ir)}}{\partial r} \right]_{1,0}^{2q,0} + \phi_{1q} \left[\frac{\partial \sigma_{(ir)}}{\partial z} \right]_{1,0}^{2q,0} + \\ \gamma_{rq} \left[\sigma_{(ir)} \right]_{1,0}^{2q,0} + \gamma_{\theta q} \left[\sigma_{(i)\theta} \right]_{1,0}^{2q,0} + \gamma_{zq} \left[\sigma_{(iz)} \right]_{1,0}^{2q,0} = 0 \\ \left[u_{(i)} \right]_{1,1}^{2q,1} + f_{1q} \left[\frac{\partial u_{(i)}}{\partial r} \right]_{1,0}^{2q,0} + \phi_{1q} \left[\frac{\partial u_{(i)}}{\partial z} \right]_{1,0}^{2q,0} = 0 \end{aligned} \quad (16)$$

Burada, aşağıdakiler kullanılmıştır.

$$\begin{aligned} \left[\phi \right]^{2q,s} = \phi^{(2q),s}, \quad \left[\phi \right]_{1,s}^{2q,s} = \phi^{(2q),s} - \phi^{(1),s}; \quad f_{1q} = \delta_q(t_3) \cos \theta_q; \\ \phi_{1q} = -R \delta_q'(t_3) \cos \theta_q, \quad \gamma_{rq} = \left(\frac{\delta_q(t_3)}{R} - \delta_q''(t_3) R \right) \cos \theta_q; \\ \gamma_{\theta q} = -\frac{\delta_q(t_3)}{R} \sin \theta_q; \quad \gamma_{zq} = -\delta_q'(t_3) \cos \theta_q; \quad q = 1, 2 \quad (17) \end{aligned}$$

Şimdi, sınır-değer problemleri elde edilen sıfırıncı ve birinci yaklaşımların çözümü ile ilgilenilecektir. Kolaylık için, lif malzemelerinin aynı, dolayısıyla bunların Poisson oranlarının eşit $\nu^{(21)} = \nu^{(22)} = \nu^{(2)} \quad (\nu^{(2q)} \text{ q. lifin Poisson oranı})$ ve bunun da matris malzemesinin Poisson oranı olan $\nu^{(1)}$ değerine eşit olduğu varsayılmıştır

Bu durumda, sıfırıncı yaklaşımın çözümü aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\begin{aligned} \sigma_{zz}^{(1),0} = p; \quad \sigma_{zz}^{(21),0} = \sigma_{zz}^{(22),0} = \frac{E^{(2)}}{E^{(1)}} p; \quad \varepsilon_{zz}^{(21),0} = \varepsilon_{zz}^{(22),0} = \varepsilon_{zz}^{(1),0} = \frac{p}{E^{(1)}}; \\ z = z_1 = z_2, \quad u_z^{(21),0} = u_z^{(22),0} = u_z^{(1),0} = \varepsilon_{zz}^{(1),0} z; \quad \sigma_{(ij)}^{(2q),0} = \sigma_{(ij)}^{(1),0} = 0; \\ (ij) = rr, \theta\theta, r\theta, \theta z, rz \quad (18) \end{aligned}$$

(18)'deki $E^{(1)}, E^{(2)}$ sırasıyla, matris ve lif malzemelerinin elastisite sabitleridirler.

Sıfırıncı yaklaşımın çözümü olarak elde edilen (18) ifadeleri birinci yaklaşımın denge denklemleri olan (13)'de kullanılırsa aşağıdakiler elde edilir.

$$\begin{aligned} \frac{\partial \sigma_{rr}^{(q),1}}{\partial r_q} + \frac{1}{r_q} \frac{\partial \sigma_{r\theta}^{(q),1}}{\partial \theta_q} + \frac{\partial \sigma_{rz}^{(q),1}}{\partial z_q} + \frac{1}{r_q} \left(\sigma_{rr}^{(q),1} - \sigma_{\theta\theta}^{(q),1} \right) = 0, \\ \frac{\partial \sigma_{r\theta}^{(q),1}}{\partial r_q} + \frac{1}{r_q} \frac{\partial \sigma_{\theta\theta}^{(q),1}}{\partial \theta_q} + \frac{\partial \sigma_{\theta z}^{(q),1}}{\partial z_q} + \frac{2}{r_q} \sigma_{r\theta}^{(q),1} = 0, \end{aligned}$$

$$\frac{\partial \sigma_{rz}^{(q),1}}{\partial r_q} + \frac{1}{r_q} \frac{\partial \sigma_{\theta z}^{(q),1}}{\partial \theta_q} + \frac{\partial \sigma_{zz}^{(q),1}}{\partial z_q} + \frac{1}{r_q} \sigma_{rz}^{(q),1} = 0 \quad (19)$$

Bu denklemler, elastisite teorisinin üç boyutlu doğrusallaşmış denklemleri ile çakışır. Benzer şekilde, (14) ifadeleri aşağıdakilere dönüşür.

$$\begin{aligned} \varepsilon_{rr}^{(q),1} &= \frac{\partial u_r^{(q),1}}{\partial r_q}, \quad \varepsilon_{r\theta}^{(q),1} = \frac{1}{2} \left(\frac{1}{r_q} \frac{\partial u_r^{(q),1}}{\partial \theta_q} + \frac{\partial u_\theta^{(q),1}}{\partial r_q} - \frac{u_\theta^{(q),1}}{r_q} \right), \\ \varepsilon_{rz}^{(q),1} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_z^{(q),1}}{\partial r_q} + \frac{\partial u_r^{(q),1}}{\partial z_q} \right), \quad \varepsilon_{\theta\theta}^{(q),1} = \frac{1}{r_q} \frac{\partial u_\theta^{(q),1}}{\partial \theta_q} + \frac{u_r^{(q),1}}{r_q}, \\ \varepsilon_{\theta z}^{(q),1} &= \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_\theta^{(q),1}}{\partial z_q} + \frac{1}{r_q} \frac{\partial u_z^{(q),1}}{\partial \theta_q} \right), \quad \varepsilon_{zz}^{(q),1} = \frac{\partial u_z^{(q),1}}{\partial z_q}, \end{aligned} \quad (20)$$

Sıfıncı yaklaşımın çözümleri dikkate alınır, birinci yaklaşıma ait ve (16) ile verilen temas ve sınır koşulları aşağıdaki hale gelirler.

$$\begin{aligned} [\sigma_{rr}]^{2q,1} &= 0, \quad [\sigma_{r\theta}]^{2q,1} = 0, \quad [\sigma_{rz}]^{2q,1} = \delta'_q(t_3) \sigma_{zz}^{(2),0} \cos \theta_q, \\ [\sigma_{rr}]_{1,1}^{2q,1} &= 0, \quad [\sigma_{r\theta}]_{1,1}^{2q,1} = 0, \\ [\sigma_{rz}]_{1,1}^{2q,1} &= \delta'_q(t_3) (\sigma_{zz}^{(1),0} - \sigma_{zz}^{(2),0}) \cos \theta_q, \\ [u_r]_{1,1}^{2q,1} &= 0, \quad [u_\theta]_{1,1}^{2q,1} = 0, \quad [u_z]_{1,1}^{2q,1} = 0 \end{aligned} \quad (21)$$

Bu denklemlerin çözümü için, (19) denklemlerini de dikkate alan Akbarov ve Guz (2000)'de verilen aşağıdaki gösterim kullanılır.

$$\begin{aligned} u_r^{(q),1} &= \frac{1}{r_q} \frac{\partial}{\partial \theta_q} \psi^{(q)} - \frac{\partial^2}{\partial r_q \partial z_q} \chi^{(q)}; \\ u_\theta^{(q),1} &= -\frac{\partial}{\partial r_q} \psi^{(q)} - \frac{1}{r_q} \frac{\partial^2}{\partial \theta_q \partial z_q} \chi^{(q)}; \quad \Delta_1^{(q)} = \frac{\partial^2}{\partial r_q^2} + \frac{1}{r_q} \frac{\partial}{\partial r_q} + \frac{1}{r_q^2} \frac{\partial^2}{\partial \theta_q^2} \\ u_z^{(q),1} &= (\lambda^{(q)} + \mu^{(q)})^{-1} \left((\lambda^{(q)} + 2\mu^{(q)}) \Delta_1^{(q)} + (\mu^{(q)} + \sigma_{zz}^{(q),0}) \frac{\partial^2}{\partial z_q^2} \right) \chi^{(q)} \end{aligned} \quad (22)$$

Buradaki $\psi^{(q)}, \chi^{(q)}$ fonksiyonları aşağıdaki diferansiyel denklemleri sağlarlar.

$$\begin{aligned} \left(\Delta_1^{(q)} + (\xi_1^{(q)})^2 \frac{\partial^2}{\partial z_q^2} \right) \psi^{(q)} &= 0; \\ \left(\Delta_1^{(q)} + (\xi_2^{(q)})^2 \frac{\partial^2}{\partial z_q^2} \right) \left(\Delta_1^{(q)} + (\xi_3^{(q)})^2 \frac{\partial^2}{\partial z_q^2} \right) \chi^{(q)} &= 0 \end{aligned} \quad (23)$$

$\xi_i^{(q)}$ ($q = 21, 22, 1; i = 1, 2, 3$)'ler sabitlerdir (Kosker ve Akbarov, 2003). (23) diferansiyel denklemlerinin, (21)'deki koşulların sağ tarafı da dikkate alınan çözümleri aşağıdaki gibi elde edilir.

$$\psi^{(2q),1} = \alpha \sin \alpha z \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left\{ \begin{aligned} &C_n^{(2q)} I_n(\xi_1^{(2q)} \alpha r_q) + \\ &D_n^{(2q)} K_n(\xi_1^{(2q)} \alpha r_q) \end{aligned} \right\} \exp(in\theta_q),$$

$$\chi^{(2q),1} = \cos \alpha z \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left\{ \begin{aligned} &A_n^{(2q)} I_n(\xi_2^{(2q)} \alpha r_q) + \\ &B_n^{(2q)} I_n(\xi_3^{(2q)} \alpha r_q) + \\ &E_n^{(2q)} K_n(\xi_2^{(2q)} \alpha r_q) + \\ &F_n^{(2q)} K_n(\xi_3^{(2q)} \alpha r_q) \end{aligned} \right\} \exp(in\theta_q), \quad (24)$$

$$\begin{aligned} \psi^{(1),1} &= \alpha \sin \alpha z \sum_{q=1}^2 \sum_{n=-\infty}^{\infty} C_n^{(1)q} K_n(\xi_1^{(1)} \alpha r_q) \exp(in\theta_q), \\ \chi^{(1),1} &= \cos \alpha z \sum_{q=1}^2 \sum_{n=-\infty}^{\infty} \left[\begin{aligned} &A_n^{(1)q} K_n(\xi_2^{(1)} \alpha r_q) + \\ &B_n^{(1)q} K_n(\xi_3^{(1)} \alpha r_q) \end{aligned} \right] \exp(in\theta_q) \end{aligned} \quad (25)$$

(24) ve (25), $\alpha = 2\pi/\ell$ ve $I_n(x), K_n(x)$ fonksiyonları ise, sırasıyla, sanal argümanlı Bessel fonksiyonları ve Macdonald fonksiyonlarıdır. $A_n^{(2q)}, \dots, C_n^{(2q)}, A_n^{(1)q}, \dots, C_n^{(1)q}$ bilinmeyenleri kompleks sabitlerdir ve aşağıdaki ilişkileri sağlarlar.

$$\begin{aligned} A_n^{(2q)} &= \overline{A_{-n}^{(2q)}}, \quad B_n^{(2q)} = \overline{B_{-n}^{(2q)}}, \quad C_n^{(2q)} = \overline{C_{-n}^{(2q)}}, \\ \text{Im } A_0^{(2q)} &= \text{Im } B_0^{(2q)} = \text{Im } C_0^{(2q)} = 0 \\ A_n^{(1)q} &= \overline{A_{-n}^{(1)q}}, \quad B_n^{(1)q} = \overline{B_{-n}^{(1)q}}, \quad C_n^{(1)q} = \overline{C_{-n}^{(1)q}}, \\ \text{Im } A_0^{(1)q} &= \text{Im } B_0^{(1)q} = \text{Im } C_0^{(1)q} = 0 \end{aligned} \quad (26)$$

(r_2, θ_2) koordinatlarındaki büyüklükleri (r_1, θ_1) koordinatları cinsinden veya tersini yapmak için toplam teoreminden (Watson, 1966) ve koordinatlar arasındaki ilişkilerden yararlanılır.

$$\begin{aligned} r_m \exp i\theta_m &= R_{mn} \exp i\phi_{mn} + r_n \exp i\theta_n, \\ K_\nu(cr_n) \exp i\nu\theta_n &= \sum_{k=-\infty}^{\infty} \left[\begin{aligned} &(-1)^k I_k(cr_m) K_{\nu-k}(cr_{mn}) \cdot \\ &\exp[i(\nu-k)\phi_{mn}] \exp ik\theta_m \end{aligned} \right], \quad mn = 12; 21 \\ m; n &= 1, 2; \quad r_m < R_{mn}; \quad R_{12} = R_{21}; \quad \phi_{12} = 0; \quad \phi_{21} = \pi. \end{aligned} \quad (27)$$

Bütün bunlar, (21)'de kullanılır ve problemin geometrisinden kaynaklanan simetri de dikkate alınır, sonsuz boyutlu denklemler sistemine ulaşılır. Böylece, yakınsaklık kriteri kullanılarak yeteri kadar denklemler alınıp birinci yaklaşıma ait bilinmeyenler belirlenerek istenen normal gerilme değerleri hesaplanabilir.

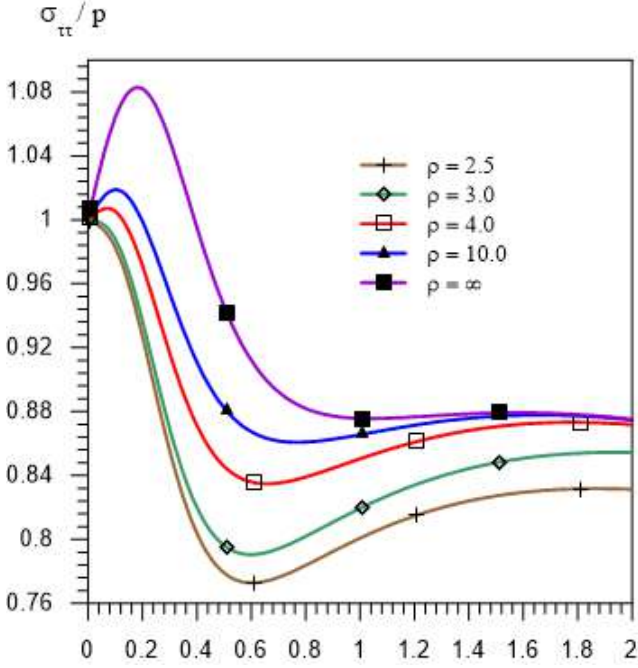
4. Sayısal Sonuçlar ve Değerlendirme

Sırasıyla, teğet τ ve binormal e vektörleri yönündeki normal gerilmeler olan $\sigma_{\tau\tau}$ ve σ_{ee} gerilmelerinin, içi boş lif ile matris ara yüzeyi üzerinde matrise ait değerleri ile ilgilenilecektir. Eğer içi boş liflerin eğriliği ihmal edilirse, yani $\varepsilon = 0$ alınırsa, $\sigma_{\tau\tau}^{(1)} = \sigma_{zz}^{(1),0} + \varepsilon \sigma_{zz}^{(1),1} + O(\varepsilon^2)$ ve $\sigma_{ee}^{(1)} = \varepsilon \sigma_{\theta\theta}^{(1),1} + O(\varepsilon^2)$ olduğundan gerilmeler sırasıyla $\sigma_{\tau\tau}^{(1)} = \sigma_{zz}^{(1),0}$ ve $\sigma_{ee}^{(1)} = 0$ olur.

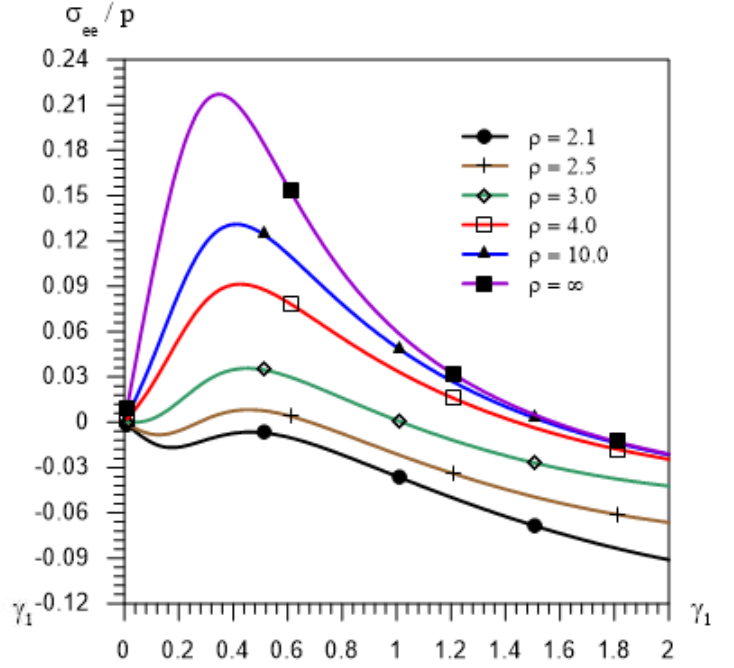
Sayısal sonuçlar sıfıncı ve birinci yaklaşımlar çerçevesinde elde edilmiştir. Bu hesaplar, gerilme değerlerinin parametrelere göre davranışını görmek için yeterlidir. Sonraki yaklaşımlar sayısal değerleri sadece nicelik olarak biraz daha iyileştirebilir (Akbarov ve Guz, 2000). Her iki normal gerilme, mutlak değerce maksimum değerlerini aldıkları $\theta = 0, \alpha t_3 = \pi/2$ noktasında hesaplanmıştır. Ayrıca, Poisson oranları $\nu^{(1)} = \nu^{(21)} = \nu^{(22)} = 0.3$ olarak kullanılmıştır. Gerilme değerlerine, lifler arasındaki uzaklığın etkisini görmek için

$\rho = R_{12}/R$, elastisite modulleri oranının etkisini görmek için $E = E^{(2)}/E^{(1)}$, lif yarıçap değişiminin etkisini görmek için $\gamma_1 = 2\pi(R+H)/\ell = \alpha(R+H)$ ve içi boş lifin kalınlığının etkisini

görmek için $\gamma_2 = H/(R+H)$ boyutsuz parametreleri tanımlanmıştır.

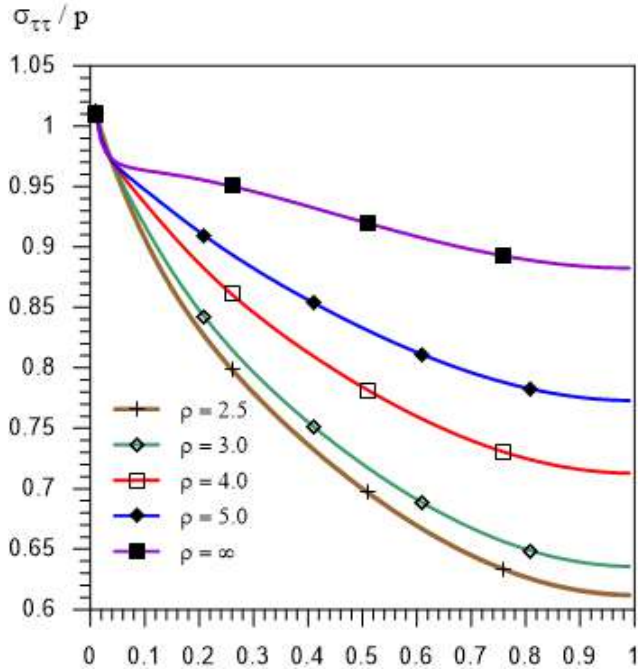


(a)

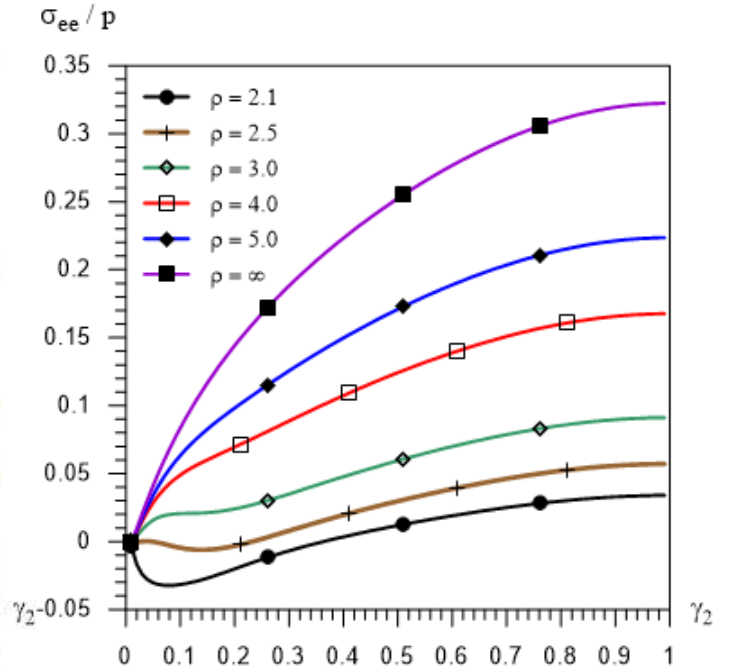


(b)

Şekil 2. Çeşitli ρ değerlerinde $\sigma_{\tau\tau}/p$ (a) ve σ_{ee}/p (b) değerlerinin γ_1 parametresi ile değişimi ($E = 100, \gamma_2 = 0.3, \varepsilon = 0.015$)



(a)



(b)

Şekil 3. Çeşitli ρ değerlerinde $\sigma_{\tau\tau}/p$ (a) ve σ_{ee}/p (b) değerlerinin γ_2 parametresi ile değişimi ($E = 100, \gamma_1 = 0.5, \varepsilon = 0.015$)

Şekil 2 ve 3’de çeşitli ρ değerlerinde $\sigma_{\tau\tau}/p$ (a) ve σ_{ee}/p (b) normal gerilme değerlerinin sırası γ_1 ve γ_2 parametrelerine göre değişimi görülmektedir. Her iki grafikte $E=100$, $\varepsilon=0.015$ değerleri kullanılmış, Şekil 2’de $\gamma_2=0.3$, Şekil 3’de ise $\gamma_1=0.5$ alınmıştır. Bu grafiklerden, hesaplanan normal gerilme değerlerinin lif yarıçapı ile ilişkisinin monoton olmadığı, oysa $\sigma_{\tau\tau}/p$ ’nin lif kalınlığı ile değişimi monoton iken σ_{ee}/p ’nin lif kalınlığı ile değişiminin, lifler birbirine yaklaştıkça, monoton olmadığı söylenebilir. Diğer taraftan,

$\sigma_{\tau\tau}/p$ normal gerilme değerleri lifler birbirine yaklaştıkça azalmakta, ancak σ_{ee}/p normal gerilme değerleri ise lif yarıçapının belli bir değerine kadar (yaklaşık $\gamma_1=1$), lifler birbirine yaklaşıırken azalmakta iken lif yarıçapının bu değerinden büyük değerleri için ise lifler birbirine yaklaştıkça artmaktadır. Bu grafiklerde $\rho=\infty$ durumu, içi boş lifler arası etkileşimin olmadığı Köşker ve Gülten (2020) çalışmasındaki probleme karşı gelen değerleri vermektedir.

Tablo 1. $\gamma_1=0.5$, $\gamma_2=0.3$ ve çeşitli E , ρ ve ε değerlerinde normal gerilmeler

E	ρ	ε	$\frac{\sigma_{\tau\tau}}{p}$	$\frac{\sigma_{ee}}{p}$
10	2.5	0.01	0,94944	0,00040
		0.015	0,92416	0,00061
		0.02	0,89889	0,00081
	3.0	0.01	0,95467	0,01190
		0.015	0,93201	0,01785
		0.02	0,90934	0,02380
	4.0	0.01	0,95889	0,01852
		0.015	0,93834	0,02778
		0.02	0,91778	0,03704
50	2.5	0.01	0,90610	0,01119
		0.015	0,85915	0,01679
		0.02	0,81220	0,02238
	3.0	0.01	0,92510	0,03494
		0.015	0,88765	0,05241
		0.02	0,85021	0,06988
	4.0	0.01	0,93906	0,05028
		0.015	0,90859	0,07542
		0.02	0,87812	0,10056

E	ρ	ε	$\frac{\sigma_{\tau\tau}}{p}$	$\frac{\sigma_{ee}}{p}$
100	2.5	0.01	0,86417	0,02335
		0.015	0,79626	0,03502
		0.02	0,72835	0,04670
	3.0	0.01	0,89718	0,05913
		0.015	0,84577	0,08869
		0.02	0,79436	0,11826
	4.0	0.01	0,92154	0,08374
		0.015	0,88231	0,12561
		0.02	0,84308	0,16748
150	2.5	0.01	0,83903	0,03104
		0.015	0,75855	0,04656
		0.02	0,67807	0,06209
	3.0	0.01	0,88032	0,07409
		0.015	0,82049	0,11114
		0.02	0,76065	0,14819
	4.0	0.01	0,91105	0,10456
		0.015	0,86658	0,15684
		0.02	0,82211	0,20912

Tablo 2. Denklem sayısı ile gerilme değerlerinin yakınsaması ($E=100$, $\gamma_1=0.5$ $\rho=3.0$, $\gamma_2=0.3$)

	Denklem Sayısı						
	42	51	60	69	78	87	186
$\sigma_{\tau\tau}/p$	0.7959	0.7959	0.7959	0.7962	0.7962	0.7962	0.7962
σ_{ee}/p	0.0347	0.0347	0.0347	0.0349	0.0349	0.0349	0.0350

Tablo 1 $\gamma_1 = 0.5$, $\gamma_2 = 0.3$ için çeşitli E , ρ ve ε değerlerinde normal gerilmeleri göstermektedir. Bu tablodaki verilerden, eğilmenin derecesi (ε) ve elastisite modülü oranı (E) arttıkça σ_{rr}/p değerleri azalırken σ_{ee}/p değerlerinin arttığı gözlenmektedir. Ayrıca, liflerin birbirine yaklaşmasının söz konusu normal gerilmeleri azalttığı da söylenebilir.

Tablo 2’de, birinci yaklaşımla ilgili bilinmeyenleri elde etmek için elde edilen sonsuz denklemler sisteminin sonlu ile değiştirilebileceğini veren sayısal değerlerin yakınsaklığı görülmektedir. Burada, gerilme değerleri $E = 100$, $\gamma_1 = 0.5$ $\rho = 3.0$, $\gamma_2 = 0.3$ parametre değerlerinde hesaplanmıştır.

Sayısal verilere, FTN77 programlama dilinde kodlama yapılarak ulaşılmıştır. Liflerin kalınlıklarının artırılması ve lifler arasındaki uzaklığın büyük alınması durumunda elde edilen sayısal veriler, Köşker ve Uçan (2004) çalışmasında yer alan ve periyodik eğrilikli içi dolu lif problemindeki normal gerilmelerle çakışmakta, bu ise kullanılan algoritmanın ve yapılan hesapların doğruluğunu göstermektedir.

4. Sonuç

Bu çalışmada, elastisite teorisinin üç boyutlu dağrusallaştırılmış denklemleri kullanılarak parçalı-homojen cisim modeli çerçevesinde sonsuz uzunluklu periyodik başlangıç eğriliğine sahip içi boş komşu iki lifin gömülü olduğu sonsuz elastik ortamda normal gerilmeler çalışılmıştır. Liflerin orta çizgilerinin aynı düzlem üzerinde ve başlangıç eğriliklerinin birbirlerine göre aynı fazlı olduğu düşünülmüştür. Ayrıca, lifler yönünde sonsuzda düzgün dağılmış normal kuvvetlerin varlığı dikkate alınmıştır. Liflerin kalınlıklarının ve yarıçaplarının sabit kaldığı durumla ilgilenilmiştir. Normal gerilme değerleri lif-matris ara yüzeyinde, ancak matris üzerinde hesaplanmıştır.

İçi boş liflerin yarıçaplarının değişimi ile normal gerilmeler arasındaki ilişkinin monoton olmadığı, bu gerilme değerlerinin lif kalınlığı değişimi ile ise monoton olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, lifler arasındaki etkileşimin hesaplanan normal gerilme değerlerini azalttığı ortaya çıkmıştır. Eğilmenin derecesi ve elastisite modülü oranının artmasının σ_{rr}/p değerlerini azalttığı, oysa σ_{ee}/p değerlerini artırdığı izlenmiştir.

Uygulamada, genellikle, daha çok sayıda lifin etkileşimi söz konusudur. Dolayısıyla, bu çalışma, daha çok lifin etkileşiminin dikkate alınacağı çalışmanın temelini oluşturmaktadır. Ayrıca, bu çalışma, yapı elemanı olarak da kullanılan ve burada ele alınan kompozit malzemede normal gerilmelerin davranışı ile ilgili, uygulamacıya fikir verir.

Açıklama: Bu araştırma Yıldız Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü’nce desteklenmiştir. Proje No: 2014-07-03-DOP01

Kaynakça

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. (2012). *Stability Loss and Buckling Delamination: Three-Dimensional Linearized Approach for Elastic and Viscoelastic Composites*. Springer.

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 (2003a). “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. ve KOSKER, Resat (2003b). “Stress Distribution Caused By Anti-Phase Periodical Curving of Two Neighbouring Fibers in a Composite Material”. *European Journal of Mechanics A/Solids*. 22 : 243-256.

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.

ERDEN, S. ,HO K. (2017), *Fiber Technology for Fiber-Reinforced Composites*, Seydibeyoglu M O, Mohanty A K, Misra M, Editor, Woodhead Publishing.

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.
- KÖŞKER, Reşat (2002). *Tek Yönlü Lifli Elastik ve Viskoelastik Kompozitlerin İç stabilitesi ve Gerilme Durumuna Ait Bazı Problemler*, YTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İstanbul.
- KOSKER, Resat ve GULTEN, İsmail (2020). "Stress Distribution in Elastic Media Containing Hollow Fiber with Periodic Curvature," *European Journal of Science and Technology*. 19: 809-820.
- 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.
- KOSKER, Resat ve UCAN, Yasemen (2004). "On the normal stresses in the elastic body with Periodically curved row fibres " *Journal of Engineering and Natural Sciences (Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi)- Sigma*. 4: 294-304.
- 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.; DICKEY, E. C.; ANDREWS, R.; RANTELL, T. (2000): "Load transfer and deformation mechanisms of carbon nanotube-plytyrene 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.
- WATSON, G.N. (1966), *A Treatise on the Theory of Bessel Functions*, Cambridge.



Türkiye’de Defne (*Laurus nobilis* L.) Bitkisinin Durumu

Abdurrahim Yılmaz^{1*}, Vahdettin Çiftçi²

^{1*} Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9991-1792), ayilmaz88@hotmail.com

² Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0440-5959), vahdet2565@yahoo.com

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.856195)

ATIF/REFERENCE: Yılmaz, A. & Çiftçi, V. (2021). Türkiye’de Defne (*Laurus nobilis* L.) Bitkisinin Durumu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 325-330.

Öz

Ülkemizin önde gelen uçucu yağ ve aromatik bitkilerinden birisi olan defne (*Laurus nobilis* L.)’nin ekonomimizdeki yeri oldukça önemlidir. Yaprağından baharat, yağından sabun, parfüm ve vücut losyonu elde edilen defne bitkisi ilaç sanayinde de değerlendirilmektedir. Ayrıca tentür, çay yapımı ve aromaterapi amaçlı olarak da kullanılmaktadır. Antifungal ve antimikrobiyal özellikleri sayesinde gıda koruyucu olarak da değerlendirilen defne bitkisinin ülkemizde yaygın olarak kullanılmaktadır. Mide ve bağırsak gazlarını giderici, iştah açıcı ve idrar söktürücü özellikleri de bulunan bu bitki üzerine yapılan detaylı çalışmalar artıka değeri daha çok anlaşılmaktadır. Ancak çok yıllık bir bitki olmasından dolayı ıslah çalışmalarına yeterince zaman ayrılamamıştır. Bu sebeple geliştirilen bir çeşit henüz bulunmamaktadır. Son yıllardaki verilere göre dünya defne pazarının yaklaşık %90’ına hâkim olan ülkemizde bu bitkinin potansiyeli daha iyi değerlendirilmeli ve araştırmacıların yönelimi artırılmalıdır. Bu vesile ile bu derleme, defne bitkisine yönelimin artmasını amaçlama niteliği taşıyarak bazı defne kalite parametrelerini, defne kullanım alanlarını, defne pazarını ve ekonomik değerini içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Defne, *Laurus nobilis* L., Kullanım alanları, Ekonomik değer

Status of Laurel Plant (*Laurus nobilis* L.) in Turkey

Abstract

Laurel (*Laurus nobilis* L.), one of our country's leading essential oil and aromatic plants has very important place in our economy. The laurel plant, which has been producing spices from its leaves, soap, perfume and body lotion from its oil, is also used in the pharmaceutical industry. It is also used for tincture, tea making and aromatherapy. Laurel plant, which is also used as a food preservative thanks to its antifungal and antimicrobial properties, is widely used in our country. However, since it is a perennial plant, it hasn't been enough time for breeding works. For this reason, there is no standard variety developed yet. According to recent data, in our country, which dominates about 90% of the world Laurel market, the potential of this plant should be better evaluated and the orientation of researchers should increase. Hereby, this review contains some laurel quality parameters, bay usage areas, laurel market and economic value, aiming to increase the orientation to the laurel plant.

Keywords: Laurel, *Laurus nobilis* L., Usage areas, Economic value

* Sorumlu Yazar: ayilmaz88@hotmail.com

1. Giriş

Tıbbi bitkiler, doğadan toplanan, kültürü yapılan ve drogu alınarak alternatif tıp sektöründe veya ilaç sanayinde kullanılan bitkilerdir. Aromatik bitkiler ise aroma ve koku özelliği bulunan bitkilere denilmektedir (Sezik, 2014). Her iki kelimenin de yer aldığı tıbbi ve aromatik bitkiler ise insan ve hayvan sağlığının korunmasını sağlayan, hastalıkları önleyen, içerisinde etken maddeler bulunan ve iyileştirici etkilerinden yararlanan bitkilerdir (Arslan, 2007). Tıbbi ve aromatik bitkilerin önemi, insanların beslenme, sağlık ve kozmetik sektöründe doğaya ve doğal kaynaklara olan eğiliminden dolayı gün geçtikçe artmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkilerin rutin yaşam koşullarındaki gerekliliği ve önemi hiçbir zaman azalmayacak ve akademik camiâ içerisindeki popülerliğini daima koruyacaktır. Okigbo ve ark. (2008)'na göre tıbbi ve aromatik bitkiler; özellikle son yıllarda kırsal kesimdeki insanların ekonomilerindeki rolleri, tıbbi uygulamalardaki kapsamı, kültürel konulardaki kullanımları ve sonuç olarak insanların refahlarına olan katkıları nedeniyle giderek daha fazla tanınmaktadır. Ticaret hacminin büyümesiyle ve oluşan talebin gün geçtikçe artmasıyla da söz konusu bitkilerin üretimine yönelik çalışmaların artırılması giderek hız kazanmıştır. Netice itibarıyla tıbbi ve aromatik bitkilerin doğada toplama oranlarında da ciddi artışlar meydana gelmiştir (Acıbuca ve Budak, 2018).

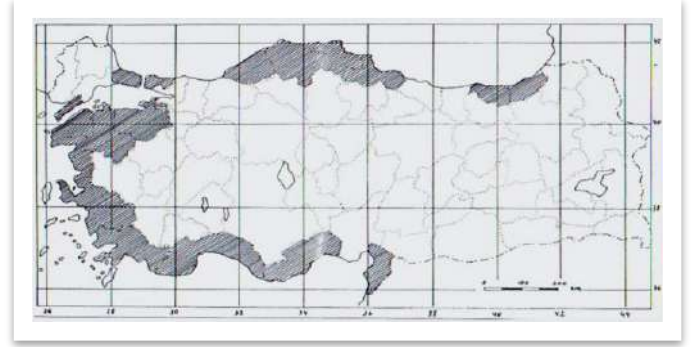
Ülkemizin önemli tıbbi ve aromatik bitkilerinden birisi olan defne bitkisi dünyada diğer tıbbi ve aromatik bitkilere kıyasla yaygın olarak tanınmamasına karşın Türkiye'de ekonomik değeri ve popülerliği yüksek olan bitkilerdendir. Defne (*Laurus nobilis* L.) bitkisi antik çağlardan beridir kullanılan ve değer verilen bir tıbbi ve aromatik bitki olup, ülkemiz ve diğer bazı dünya ülkeleri açısından da bu özelliğini halen korumaktadır (Kayacık, 1977; Bayan, 2016). Antik çağlarda olimpiyat müsabakalarında başarılı olan sporcuların alınlarına defne yapraklarından oluşturulan taç ile ödül verildiği bilinmektedir. Roma döneminde milattan önce 342 yılında altın paraların üzerinde defne bitkisinden çelenk figürü bulunduğu, Yunanlılar ve Romalıların spor ve savaş zaferlerinde bu bitkinin yapraklarından yapılan çelenkleri taç olarak kullandıkları, ayrıca eski Romalıların dönemde defne yaprağının yıldırım çarpmasına karşı insanları koruyucu etkide olduğuna inanıldığı ve fırtınalı havalarda birer defne dalı bulundurdıkları da bilinmektedir (Duke, 1987; Duke ve ark., 2008).

Defne bitkisinin anavatanı bazı kaynaklarda Akdeniz ülkeleri, bazı kaynaklarda ise Küçük Batı Asya (Anadolu) ve Balkanlar olarak geçmektedir. Lauraceae familyasında yaklaşık olarak 45 cins ve 1000 tür, *Laurus* cinsinde ise *L. canariensis* Willd ve *Laurus nobilis* L. olarak iki tür yer almaktadır. Bitkiler aleminde vasküler (Damarlı) bitkiler sınıfında yer alan defne bitkisi (*Laurus nobilis* L.), tohumlu bitkiler (Spermatophyta) şubesi, dikotiledonlar (Magnoliopsida) sınıfı, Magnoliidae alt sınıfı, kapalı tohumlular (Angiospermae) alt bölümü, Laurales takımı, defnegiller (Lauraceae) familyası ve *Laurus* cinsi içerisinde yer almaktadır. *Laurus nobilis*'in ise, kenarları dalgalı olan *aurea*, *crispa* ve *undula* ile dar yapraklı olan *angustifolia* olarak 4 alt türü bulunmaktadır (Kayacık, 1977; Seçmen ve ark., 1995; Baydar, 2009; Boza, 2011).

Eski çağlardan itibaren Akdeniz'deki tüm kıyı şeridinde görülen defne bitkisi, Türkiye en başta olmak üzere Yunanistan, Cezayir, Fas, Fransa, Belçika, Meksika, İspanya, Portekiz, Kanarya Adaları gibi ülkelerde de yayılış göstermektedir. Diğer

yayılış alanları Libya, Romanya, Arnavutluk, Suriye, Kırım başta olmak üzere tüm diğer Batı Akdeniz Havzası'dır (Ayanoğlu ve ark., 2010). Dünyanın diğer ülkelerinde defne bitkisi İngilizcede; Laurel, Sweet Bay, Bay Laurel, İspanyolcada; laurel, Fransızcada; Laurier Sauce, Laurier, Almandaca; Lorbeerbaum, Lorbeer, Çince; Ye Gui, Japoncada; gekke iju, İtalyancada; Lauro, Alloro, Arapçada; Habbül Gar, Rend Gar, Rusçada; Laur Brogorodry, İsveçcede; lager, Fince; Laakerinlehti, Laakeripuu ve Lehçede; Wacurnzyn Szlachetny olarak isimlendirilir (Pala, 2010; Yurtlu, 2011).

Defne bitkisinin Türkiye'deki yayılışı ise Ege ve Akdeniz bölgesinin alçak rakımları ile Karadeniz bölgesinde Akdeniz iklimini temsil eden alanlardır. Bitkinin yaygın olarak görüldüğü iller Bursa, Balıkesir, Yalova, İstanbul, Kastamonu, Sinop, Zonguldak, Rize, Trabzon, Muğla, İzmir, Mersin, Antalya ve Kahramanmaraş'tır (Şekil 1; Davis, 1982; Şafak ve Okan, 2004).



Şekil 1. Defnenin Türkiye'deki yayılış alanları (Davis, 1982)

Davis (1982)'in tanımlamalarına göre defne ağacı, yaprak dökmeyen, çalı tipi, 2,15 m uzunluğa kadar boyolanabilen Akdeniz bölgesine özgü bir bitkidir. Amerika'da ve Avrupa'da süs bitkisi olarak yetiştirilen bu bitki, Türkiye'nin genellikle sahil şeridinde olmak üzere 600-800 m rakımlara kadar yetişebilmektedir. Defne bitkisi yağışı yeterli, nemli ve güneşli iklimlerde iyi gelişmektedir. Genç dönemlerde dona karşı hassas olan defne ağaçları tipik Akdeniz iklimine çok iyi adaptasyon sağlamıştır. Yazın sıcak ve nemli, kışın ise ılıman ve yağışlı iklim isteğine sahiptir. Yüksek rakımlarda yaprak alanı ve uçucu yağ içeriği azalmaktadır. Kültürü için de drenaj sorunu olmayan, süzek, hafif kireçli ve verimli topraklar tercih edilmelidir (Baydar, 2009). Defne bitkisinin yayılım alanlarına etki eden en önemli faktörler; toprak yapısı ve hava nemidir. Genellikle taban suyunun yüksek olduğu akarsu kenarı ya da denizden gelen nemli rüzgarlara hakim yüksekliklerde yetişebildiği görülmüştür. Doğal olarak yayılış gösterdiği alanlarda toprak yapısı balçık, balçıklı kum, kumlu balçık, killi balçık, kil ve kumlu killi balçık halinde orta derin topraklar olup ana kayası kalkerdir. Defne bitkisinin yetiştiği alanlarda topraklar tuzsuzdur ve tuzluluk problemlerine rastlanmamaktadır. (Güler, 2006; Özel ve ark., 2008; Parlak ve Demirci, 2011; Düzenli ve Karaömerlioğlu, 2012; Baytöre, 2014).

Ana yayılış bölgesi Balkanlar, Küçük Asya ve Akdeniz Havzası olan defne (*Laurus nobilis* L.), makinin (Akdeniz bitki örtüsü) tipik ağaçlarından ve genellikle batı ile kuzey yamaçlarda, dere ve serin vadi içlerindeki nemli alanlarda ve *Pinus brutia*'nın (Kızılçam) bulunmadığı açık bölgelerde yayılış göstermektedir. Kurak ve sıcak alanlarda ise daha az görülmektedir. Bitki bu alanlarda 7-8 m'ye kadar boyolanabilmektedir. Karadeniz Bölgesi'nde ise yalancı makinen (pseudomaki) dolayı denizin hemen kıyısında yer alan defneler,

bu bölgenin 0 m'den başlayıp 100 m ve biraz üzeri rakımlara kadar olduğu alanlarında yetişebildiği görülmektedir (Güler, 2006; Düzenli ve Karaömerlioğlu, 2012).

Türkiye, Meksika, Portekiz, İtalya, İspanya, Fransa, Cezayir ve Fas'taki defne bitkisinin aromatik yaprakları ticari amaçlar için yetiştirilmektedir. Türkiye, dünyada en büyük ihracatçı ülke konumundadır. Bu nedenle, Türkiye'nin en popüler şifalı ve aromatik bitkilerinden olan defne bitkisi, birçok amaç için yetiştirilmektedir. Defne yaprakları genellikle Türkiye'de balık, et, çorba, güveç, puding, sirke ve içecekler için baharat ve aromatik tatlandırıcılar olarak kullanılmaktadır. Bir diğer yetiştirme amacı uçucu yağ üretimi olan defnenin uçucu yağının az miktarda da ihracatı yapılmaktadır. Hem uçucu yağı hem de sabit yağı; gıda, kozmetik ve tıbbi amaçlar için kullanılmaktadır. Defne yaprakları ayrıca halk tıbbında romatizma, gastrointestinal problemler ve idrarla ilgili problemlerin tedavisinde de yaygın olarak kullanılmaktadır (Ali-Shtayeh ve ark., 2000). Defne yapraklarında antioksidan, antiseptik, antibakteriyel, antiinflamatuvar, antikonvulsant, antifungal, ağrı kesici, terletici, migren önleyici, mide rahatsızlıklarını giderici ve diyabeti tedavi edici özellikler bulunmaktadır. Ayrıca defne bitkisinin halsizlik, hazımsızlık, uykusuzluk, aybaşı düzensizlikleri ve romatizma hastalıklarına da iyi geldiği birçok araştırmada ortaya konmuştur (Baytop, 1984; Acartürk, 1997; Duke, 1997; Özhatay ve ark., 1997; Sayyah ve ark., 2002; Sayyah ve ark., 2003; Simic ve ark. 2003; Rodilla ve ark., 2008). Sentetik boyar maddelerin yerine son zamanlarda doğal boyar maddelere olan ilgi giderek artmaktadır. Meyvesinde bulunan antosiyanin içeriği ile defne bitkisi (*Laurus nobilis* L.); kozmetik, ilaç ve gıda sanayinde doğal boyar madde olarak da değerlendirilmektedir (Özer, 1987; Hammer ve ark., 1999; Driver ve Arroy, 2001; Longo ve Vasapollo, 2005).

2. Ülkemizde Defne Bitkisi

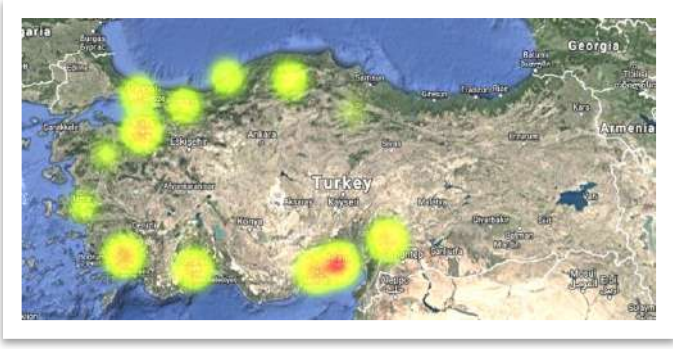
Halk arasında defne (*Laurus nobilis* L.) bitkisi pek çok farklı isimle adlandırılmaktadır. Mersin, Osmaniye ve Adana'da "teynel, har, defne", Hatay'da "gar, teynel, har ve defne", Manavgat, Antalya-Gazipaşa, Akseki, Finike, Sırt Köy ve Sinanhoca Köyü'nde "ehnel", Kahramanmaraş'da "harve, defne", Sakarya'da ve Samsun Alaçam'da "taflan, defne", Kastamonu İnebolu'da "defnün" ya da "tefrin" (meyve vermeyen defnelere "aşlı", veren defnelere "açtı" ismi verilmekte), Bartın'da "tehni", Cide'de "talimi" gibi farklı yöresel isimler verilmekte ve Güzelbağ'da defne tohumuna "gülik" denilmektedir. Diğer bazı yerlerde ise "tehnel, tenel, nehtel, tefrün, tahnal ve teynel" isimleri kullanılmaktadır (Baytop, 1994; Düzenli ve Karaömerlioğlu, 2012; Baytöre, 2014).

Türkiye'de hem iç pazarda bulunan hem de ihracata yönelik olarak toplanan defne türü, Akdeniz defnesi olarak bilinen *Lauris nobilis*'tir. Akdeniz defnesi defnegiller familyasından her mevsim yeşil renkte kalabilen yaprakları olan, hoş kokulu ve kullanım alanı oldukça geniş olan bir çalı türüdür. Türkiye'nin sahip olduğu defne envanteri 298.948.953 kg'dır ve bu veri ile dünya defne ihtiyacının yaklaşık olarak %90'ı temin edilmektedir. Türkiye'de, alan olarak en yüksek defne yayılımına sahip iller sırası ile Adana, Muğla, Mersin, Bursa ve Kahramanmaraş'tır. Dış ticaret rakamlarına bakıldığında, defne ihracatı toplamının 2005 yılından itibaren 2015 yılına kadar yaklaşık olarak 3 katına çıktığı görülmüştür. 2015 verilerinde

Adana'nın 22.239, Muğla'nın 15.796, Mersin'in 15.581, Bursa'nın 15.396 ve Kahramanmaraş'ın 13.893 hektarlık defne alanına sahip olduğu bilinmektedir (Şekil 2; OGM, 2016).

Türkiye'de defne bitkisinin en çok yetiştiği 4 coğrafi bölgedeki (Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz) 100 lokasyondan temin edilen örneklerle uçucu yağ oranı ve bileşenlerini araştırmak için yürütülen bir çalışmada uçucu yağ oranları %0,4-4,5 arasında olup ortalama uçucu yağ oranı %1,78 olarak belirlenmiştir. Uçucu yağ bileşenleri ise 1,8-cineole (%31,87-67,56), α -terpinyl acetate (%4,09-22,22), α -terpineol (%0,94-16,08), linalool (%0,40 – 13,04), terpinen-4-ol (%2,31-9,22) ve sabinene (%0,56-9,08) olarak tespit edilmiştir (Karık ve ark., 2015). Gen havuzu daha dar ölçekli olduğu Hatay'ın farklı lokasyonlarından defne uçucu yağı kimyasal içeriğinin karşılaştırıldığı bir diğer çalışmada sırasıyla 1,8- cineole (%46,61-59,94), α -terpinyl acetate (%11,94-25,70), α -pinene (%3,66-2,61) sabinene (%14,05-7,83), terpinen-4-ol (%1,82-2,20) içerikleri belirlenmiştir (Sangun ve ark., 2007). Hasat esnası ve sonrasındaki kriterlerden; bitkinin gelişim döneminin, hasat saatinin, bitkinin bulunduğu bölgenin iklim koşullarının, bitkinin yöneyinin farklı olmasına bağlı olarak etkili madde miktarında meydana gelen bazı varyabiliteler oluşabilecektir. Bu sebeple, istenilen düzeyde etkili madde miktarlarını elde etmek için yürütülecek çalışmalarda tüm bu kriterler üzerine mümkün mertebe optimal koşulların sağlanması gerekmektedir.

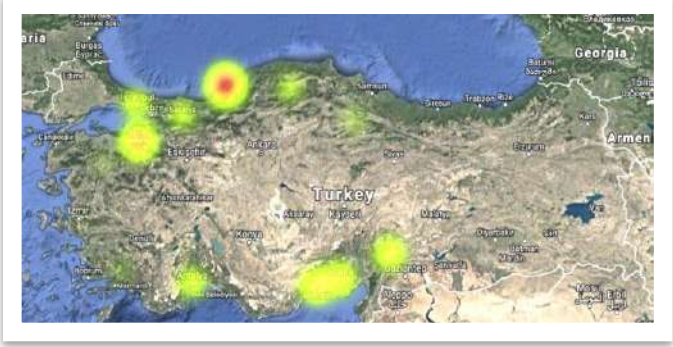
Defne ağaçları ülkemizde devlete ait ormanlarda bulunduğu gibi özel mülkiyetler içerisinde de yer almaktadır. Orman alanlarında bulunan defne ağaçlarının meyve ve yapraklarının toplanması için Tarım ve Orman Bakanlığı'ndan izin almak gerekmektedir. Defne yapraklarının üretimi için, Orman Genel Müdürlüğü'nün 283 sayılı tebliğ esasına ve yıllık üretim programına göre düzenlenme yapılmaktadır. 6831 sayılı Orman Kanunu'nun 37. maddesine göre izinler verilmekte ve sadece tarife bedeli alınarak 40. maddede ifade edilen köylerde üretim yaptırılmaktadır. Üreticileri teşvik amaçlı çok düşük tutulan bu bedel OGM (Orman Genel Müdürlüğü) tarafından belirlenmektedir. Defne'de yaprak üretimi, sahaya göre değişmekte ve amenajman planlarına bağlı sahalarda belirlenen plana göre yapılmaktadır. Üretim planı yapılmamış ise üretime dayalı sahalarda envanter çalışması yaparak seri planlama ya da yeterli potansiyel mevcut değil ise işletme bazında planlama yapılmaktadır. Ülkemizde yaprak üretimi haziran ayının ortasında ve temmuz ayı başlarında başlayıp ekim ayı sonunda bitmektedir. Bölgesel farklılıklara göre bu üretim zamanları mikro iklim kıyasına bağlı olarak değişim göstermektedir. Yalova'da Tarım ve Orman Kalkınma Kooperatifleri kapsamında yürütülen toplama işlemi, ekim ayında başlamakta ve tüccarlara yaş yapraklı olarak satışı yapılmaktadır (Yazıcı, 2002; Sivrikaya ve ark., 2006; Baytöre, 2014). Dünya'daki defne bitkisi varlığının %90'ı ülkemizde bulunmakta ve yaklaşık olarak 150 bin ha alanda yayılış göstermektedir. Her yıl 22 bin ton civarı kurutulmuş defne yaprağı üretilmekte ve yaklaşık olarak 1 milyon insan da bu alanda istihdam etmektedir (OGM, 2017).



Şekil 2. İllere göre defne alanı haritası (OGM, 2016)

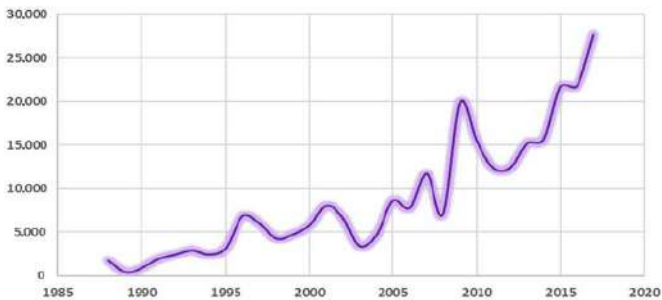
Defne bitkisi, büyük oranda orman arazilerinden orman köylüleri tarafından, az oranda da özel arazi müteşebbisleri tarafından toplanmaktadır. Arazi sahipleri defnenin meyve ve yapraklarını toplamak adına herhangi bir izin almamaktadır. Ancak kendi bölgelerindeki Orman İşletme Müdürlükleri'ne kendilerine ait olan araziden defne toplayacaklarına dair dilekçe vermeleri gerekmektedir (OGM, 2016).

Defne envanteri olarak Zonguldak'ın en yüksek envantere sahip il olduğu görülmektedir. Zonguldak, 101.288.917 kg ile 298.948.953 kg'lık toplam Türkiye defne envanterinin 3'te 1'inden fazlasına sahiptir. Sırası ile defne envanterlerinde Zonguldak'ı Bursa (53.492.019), Mersin (34.379.228), Adana (26.309.022) ve Kahramanmaraş (22.430.933) illeri izlemektedir (Şekil 3; OGM, 2016).



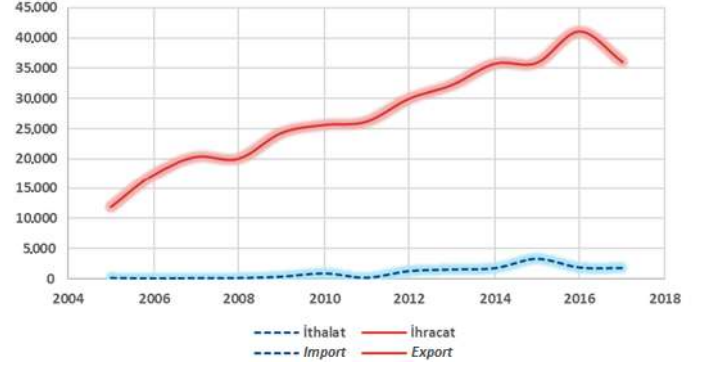
Şekil 3. İllere göre defne miktarı haritası (OGM, 2016)

Yıllara göre değerlendirildiğinde, Türkiye'de 2010 sonrası defne miktarının öncesine göre 3 kat arttığı görülmüştür. Gerek bölgedeki değişken faktörlerin defnenin ekonomik değerini görmesi, gerekse dünyada defne bitkisine olan talebin artması, tedarik süreçlerinin hızlandırılmasına ve defne bölgelerinde yeni aktörlerin ortaya çıkmasına neden olmuştur. Artış eğilimi bugün itibari ile de devam etmektedir: 2017 yılında defne miktarı 30 bin tona yaklaşmıştır (Şekil 4; OGM, 2016; OGM, 2017a).



Şekil 4. Yıllara göre defne üretim miktarı (ton) (OGM, 2017a)

Dış ticaret rakamlarına bakıldığında da defne ihracatı toplamının 2005 yılından itibaren 2017 yılına kadar 3 kattan fazla arttığı ve 2017 itibarı ile kuru defne ihracatında 40 milyon dolarlık rakamlara yaklaşıldığı görülmüştür (36.058.749 \$). İhracatı yapılan yan ürünler de eklendiğinde defnenin ekonomik hacminin 100 milyon doların üzerinde olduğu tahmin edilmektedir (Şekil 5; OGM, 2016a; OGM, 2017b).



Şekil 5. Yıllara göre defne ithalat ve ihracatı (1000 \$) (OGM, 2017b)

Defne'nin değer değişimi üzerine değerlendirme yapıldığında ise; 2005 yılında 5.557 ton ihracatı yapılan defneden ton başına 2.130 dolar alındığı, 2015 yılında ise 12.741 ton ihracatı yapılan defneden ton başına 2.817 dolar alındığı görülmüştür. 10 yıllık süreçte ihracatı yapılan defne miktarı iki katından fazlasına yükselmiş, ton başına satış bedelinde ise %32'lik bir artış görülmüştür. Toplam olarak 2005 yılından 2015 yılına kadar defne ihracat rakamlarının yaklaşık olarak 3 katına çıktığı görülmüştür (Çizelge 1; OGM, 2016).

Tablo 1. Defnenin ton başına değer değişimi (OGM, 2016).

Değer	2005	2015	Değişim
Ton	5557	12741	%32
\$	11.838.907	35.889.541	
Ton başına \$	2130	2817	

Defne miktarı ve ihracat rakamları birlikte değerlendirildiğinde 2017 yılı için defne miktarının 27.678 ton, ihracatının ise 12.708 ton olduğu görülmektedir. Hasat edilen defnelerin çok büyük bir bölümünün de ihraç edildiği görülmektedir. Ayrıca, yaş daldan ancak yaklaşık 5'te 1 oranında ürün alınabildiği dikkate alındığında, kayıt altına alınamayan defne kesiminin söz konusu olabileceği anlaşılmaktadır. Envanter ve ihracat verilerine bakıldığında ise defnenin ihracat potansiyeli yüksek olduğu ve yan ürünlerinin çeşitliliği göz önünde bulundurulduğunda dünyada giderek daha fazla talep edilen bir ürün olacağı söylenebilir.

3. Sonuç

Ülkemizin önemli uçucu yağ ve baharat bitkilerinden birisi olan defne bitkisi dış ticaretimizde önemli bir yere sahiptir. Defne bitkisi kültüre alınıp yetiştirilmediğinden dolayı doğadan toplanmaktadır. Ülkemizde aşırı toplama ve hatalı kültürel işlemler nedeniyle defne alanları tahrip olmaktadır. Defne gen kaynakları ıslah üzerine yapılan çalışmalarda yeterli düzeyde değerlendirilemediğinden, geliştirilen herhangi bir çeşit bulunmamaktadır. Ayrıca giderek artan taleplere karşı üretim miktarı da yeterli düzeyde değildir. Bu sebeple, ülkemizde defne genetik kaynakları yönünden mevcut zenginliğin yürütülecek olan çalışmalar ile ortaya çıkarılması ve bunların yeni çeşit geliştirme odaklı kullanılması oldukça önem taşımaktadır. Önceki çalışmalara bakıldığında defnenin genetik çeşitliliğine dair çalışmaların sayısı oldukça sınırlıdır. Geleceği tehdit altında olan defne bitkisinin korunması ve geliştirilmesi açısından yapılacak çalışmaların önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bundan dolayı, ülkemizde defne ıslahı çalışmalarına ağırlık verilerek, yeni çeşitler geliştirilmesi ve bunların üretime katılarak ülkemiz defne üretiminin artırılması, acil olarak ele alınması gereken konulardandır. Bu gibi çalışmalara ağırlık verilmesi adına öncelikli olarak yerel defne genotiplerinin ıslah programlarındaki yeri ve öneminin çok iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu sebeple, yerel defne genotiplerinin morfolojik ve moleküler düzeyde yeterli derecede tanımlanması ve bunların ıslah çalışmalarında kullanılması; farklı ekolojik bölgeler için defne çeşitlerinin elde edilmesine önemli katkılar sağlayacaktır.

Açıklama: Bu derleme, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde yürütülen **620825** numaralı doktora tezinin bir kısmını kapsamaktadır.

Kaynakça

Acartürk, R. (1997). Şifalı Bitkiler, Flora ve Sağlığımız. Ovak Yayınları, Yayın No:1, Ankara.

Acıbuca, V., Budak, D.B. (2018). Dünya'da ve Türkiye'de Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Yeri ve Önemi. *Çukurova J. Agric. Food Sci.* 33(1): 37-44.

Ali-Shtayeh, M.S., Yaniv, Z., & Mahajna, J. (2000). Ethnobotanical survey in the Palestinian area: a classification of the healing potential of medicinal plants. *Journal of Ethnopharmacology*, 73(1-2), 221-232.

Arslan, N. (2007). Genel Tıbbi Bitkiler Ders Notları (Basılmamış kitap /Online), 2007.

Ayanoğlu, F., Mert, A., Kaya, A., & Köse, E. (2010). Hatay Yöresinde Doğal Olarak Yetişen Defne (*Laurus nobilis* L.) Bitkisinin Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi ve Seleksiyonu, Tübitak Proje No: 108O878, 268s, Hatay.

Ayanoğlu, F., Kaya, D.A., Mert, A., & Köse, E. (2013). Determination of quality aspects and selection of native grown laurel (*Laurus nobilis* L.) in Hatay province of Turkey. 1st Mediterranean Symposium on Medicinal and Aromatic Plants (MESMAP-2013) 17-20 April 2013, Gazimagosa, Turkish Republic of Northern Cyprus. pp. 59.

Bayan AA (2016). International Engineering, Science and Education Conference, 22-26.

Baydar, H. (2009). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 51, Isparta, pp. 234-235.

Baytop, T. (1984). Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi. İ.Ü., Eczacılık Fakültesi Yayınları No:40, İstanbul, pp. 520.

Baytop, T. (1994). Türkçe Bitki Adları Sözlüğü. Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Türk Dil Kurumu Yayınları, No: 578, Ankara.

Baytöre, F. (2014). Yalova ilinde farklı yüksekliklerde doğal olarak yetişen defne (*Laurus nobilis* L.) populasyonlarında bazı morfolojik ve kalite özellikleri ile ontogenetik varyabilitenin belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ.

Boza, A. (2011). Karaburun Çeşme ve Dilek Yarımadası'nda Bulunan Doğal Defne (*Laurus nobilis* L.) Populasyonları Üzerinde Araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir.

Davis, P.H. (1982). Flora of Turkey, Vol. 7, Edinburg University Press, Edinburg, pp. 947.

Driver, C., & Arroy, G. (2001). Contributions of Jeffrey Harborne and coworkers to the study of anthocyanins. *Phytochemistry*, 56, 229-236.

Duke, J.A. (1987). CRC Handbook of Medicinal Herbs, CRC Press inc., Florida, pp. 677.

Duke, J.A. (1997). The green pharmacy: New discoveries in herbal remedies for common diseases and conditions from the world's foremost authority on healing herbs. NY: Rodale Press, New York, pp. 501.

Duke, J.A., Duke, P.A.K., Judith, L., & DuCellie, J.L. (2008). Duke's Handbook of Medicinal Plants of the Bible CRC press, USA, pp. 237-240.

Düzenli, A. & Karaömerlioğlu, D. (2012). Türkiyede Defne ve Defnecilik Orman ve Su İşleri Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü ISBN:978-605-4610-10-5, Ankara, pp. 5-8.

Güler, S. (2006). Defne (*Laurus nobilis* L.) Yaprağı Verimi Üzerinde Etkili Faktörlerin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar (Antalya-Manavgat Yaylaalan Örneği), Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Isparta.

Hammer, K.A., Carson, C.F., & Rley, T.V. (1999). Antimicrobial Activity of Essential Oils and Other Plant Extracts. *Journal of Applied Microbiology*, 86, 985-990.

Karık, Ü., Çiçek, F., Tutar, M., & Ayas, F. (2015). Türkiye defne (*Laurus nobilis* L.) populasyonlarının uçucu yağ bileşenleri. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 1-16.

Kayacık, H. (1977). Orman ve Park ağaçlarının Özel sistematiği. Cilt II.

Longo, L., & Vasapollo, G. (2005). Anthocyanins from Bay (*Laurus nobilis* L.) Berries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 8063-8067.

O.G.M. (2016). Orman Genel Müdürlüğü, Odun Dışı Ürün ve Hizmetler Dairesi Başkanlığı, Defne Eylem Planı 2016-2020, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü Erişim: https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Yayinlar/Defne_Eylem_Planı.pdf.

O.G.M (2017a). Ormanlık İstatistikleri, Tali Orman Ürünleri, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Orman Genel Müdürlüğü, 2017. Erişim: <https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Istatistikler>.

O.G.M. (2017b). Orman Genel Müdürlüğü, Odun Dışı Orman Ürünleri Resmi İstatistikleri, 2017.

Okigbo, R.N., Eme, U.E., & Ogbogu, S. (2008). Biodiversity and conservation of medicinal and aromatic plants in Africa. *Biotechnology and Molecular Biology Reviews*, 3(6), 127-134.

- Özel, N., Akbin, G., Öner, H.H., Altun, N., & Akbin, N.A. (2008). Batı Anadolu'da Defne (*Laurus nobilis* L.) Yayılış Alanlarının Yetiştirme Ortamı Özelliklerinin Belirlenmesi Çevre ve Orman Bakanlığı Ege Ormancılık Araştırma Müdürlüğü Teknik Bülten No:40, Bakanlık Yayın No: 329, Müdürlük Yayın No: 39, İzmir, pp. 4-73.
- Özer, S. (1987). Ülkemizdeki Bazı Önemli Orman Tali Ürünlerinin Teşhis ve Tanıtım Klavuzu. Orman Genel Müdürlüğü Yayını, Yayın No: 659, Seri No: 18, Ankara.
- Özhatay, N., Koyuncu, M., Atay, S., & Byfield, A. (1997). Türkiye'nin Doğal Tıbbi Bitkilerinin Ticareti Hakkında Bir Çalışma. Doğal Hayatı Koruma Derneği, ISBN:975-96081-9-7, İstanbul pp. 121.
- Pala, B. (2010). Defne (*Laurus nobilis* L.) Üzerinde Bazı Agroteknik Çalışmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Parlak, S., & Demirci, A. (2011). Soil Properties in Natural Habitats of Daphne (*Laurus nobilis* L.) 2nd International Non-Wood Forest Products Symposium, Isparta, pp. 123.
- Rodilla, J. M., Tinoco, M. T., Morais, J. C., Gimenez, C., Cabrera, R., Benito, D. M., Castillo, L., & Gonzalez-Coloma, A. (2008). *Laurus novocanariensis* essential oil: Seasonal variation and valorization Biochemical Systematics and Ecology, 36, 167-176.
- Sangun, M.K., Aydın, E., Timur, M., Karadeniz, H., & Çalışkan, M. (2007). Comparison of chemical composition of the essential oil of *Laurus nobilis* L. leaves and fruits from different regions of Hatay. *Journal of Environmental Biology*, 28(4) 731-733.
- Sayyah, M., Valizadeh, J., & Kamalinejad, M. (2002). Anticonvulsant activity of the leaf essential oil of *Laurus nobilis* against pentylene-tetrazole- and maximal electroshock-induced seizures. *Phytomedicine*, 9, 212-216.
- Sayyah, M., Saroukhani, G., Peirovi, A., Kamalinejad, & M. (2003). Analgesic and anti-inflammatory activity of the leaf essential oil of *Laurus nobilis* Linn. *Phytotherapy Research*, 17, 733-736.
- Simic M, Kundakovic T, & Kovacevic N. (2004). Preliminary assay on the antioxidative activity of *Laurus nobilis* extracts. *Fitoterapia*, 74(6), 613-616.
- Seçmen, Ö., Gemici, Y., Leblebici, E., Görk, G., & Bekat, L. (1992). Tohumlu Bitkiler Sistematigi, Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi No. 116, İzmir, pp. 241.
- Sezik, E. (2014). Tıbbi ve Aromatik Bitkiler ve Kalite", İnönü Üniversitesi Tıbbi ve Aromatik Bitkilerin Eczacılık ve Ormancılıktaki Önemi Çalıştayı.
- Sivrikaya, F., Karahalil, U., Keleş, S., & Kırış, R. (2006). Bazı Odun Dışı Orman Ürünlerinin (Reçine, Defne, Sığıla) Amenajman Planlama Felsefesi Açısından Değerlendirilmesi, 1. Uluslararası Odun Dışı Orman Ürünleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı, Trabzon, pp. 413-424.
- Şafak, İ., & Okan, T. (2004). Kekik, defne ve çam fıstığının üretimi ve pazarlaması, Doğu Akdeniz Ormancılık Araştırma Müdürlüğü DOA Dergisi, 10, 101-129.
- Yazıcı, H. (2002). Batı Karadeniz Bölgesinde Yetişen Defne (*Laurus nobilis* L.) Yaprak ve Meyvelerinden Faydalanma İmkanlarının Araştırılması. Doktora Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak.
- Yurtlu, B.Y. (2011). Drying Characteristics of Bay Laurel (*Laurus nobilis* L.) Fruits in a Convective Hot-Air Dryer, *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(47), 9593-9599.



2000 Sonrası Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nde Teknoloji Kavramının Değerlendirilmesi

Hilal Aycı*

¹ Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5101-4873)

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.849811)

ATIF/REFERENCE: Aycı, H. (2021). 2000 Sonrası Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nde Teknoloji Kavramının Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 331-341.

Öz

1977 yılında verilmeye başlanan Aga Khan Mimarlık Ödülleri, kuruluş amacı olarak temelde İslam Coğrafyalarındaki yapılı çevrenin iyileştirilmesi üzerine kuruludur. Postmodern dönemde bölgeselcilik söylemlerinin ön planda olduğu bu yıllarda bölgeselcilik düşüncesi mimarlık alanında da yaygındır. Batı mimarlığına karşı Doğu mimarlığı ikilemini ortaya koyarak yola çıkan Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nde özellikle 2000'lerden sonra bilgisayar teknolojisindeki gelişmelerle, teknoloji ve mimarlık ilişkisi dinamik bir alana dönüşmüştür. Bu çalışma 2002-2004 Aga Khan Ödül döneminden günümüze tekil yapı ölçeğinde ödül kazanan ve kriter olarak teknoloji vurgusu yapılan üç yapı olan Cesar Pelli'nin Patronas Kuleleri, WOHA Architects tarafından tasarlanan Moulmein Yüksek Konut Kulesi ve Zaha Hadid tarafından tasarlanan Issam Fares Enstitüsü'nü teknoloji kavramıyla ele almaktadır. Method olarak seçilen üç yapının ödül döngüsüne ait jüri üyeleri, ödül alma nedenleri ve bu nedenlerin teknoloji ile kurduğu ilişki incelenmiştir. Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nin çok uluslu ve çok kültürlü yapısıyla birlikte İslam Mimarlığı tanımının sınırlarından dışarı çıkan bir tartışma zemini sunmuşlardır.

Anahtar Kelimeler: Aga Khan Mimarlık Ödülleri, İslam Mimarlığı, teknoloji

Anaylses Of The Concept Of Tecnology In The Aga Khan Award For Architecture After 2000s

Abstract

Founded in 1977, the Aga Khan Architecture Awards are mainly based on the improvement of the built environment in Islamic geographies. At the Aga Khan Awards for Architecture, which set out by putting the Eastern dilemma against Western architecture, especially with the arrival of the millennium the relationship between technology and architecture has changed. In this context, this study analysed the three buildings, Patronas Towers, designed by Cesar Pelli, Moulmein Rise Residential Tower designed by WOHA Architects and Issam Fares Enstitute designed by Zaha Hadid. These three awarded buildings were examined with the concept of technology. Aga Khan Architecture Awards with its multinational and multicultural structure, these three buildings with their technological approaches offer a platform for discussion that goes beyond the limits of the definition of Islamic Architecture.

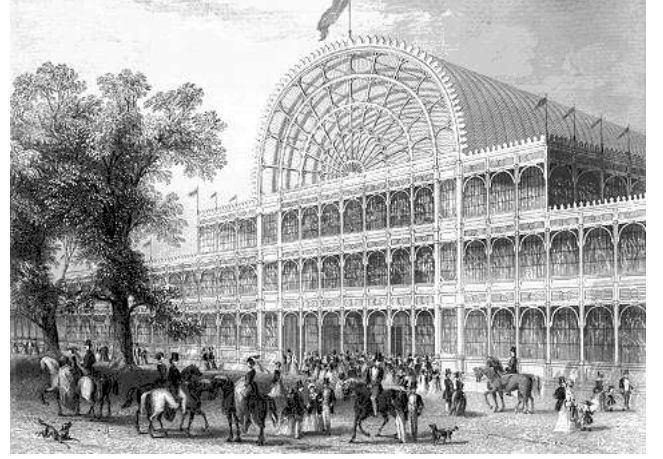
Keywords: Aga Khan Awards for Architecture, Islamic Architecture, technology

* Gazi Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Ankara, Türkiye, ORCID: 0000-0001-5101-4873), hilalayaz@gazi.edu.tr

1. Giriş

Teknoloji kelimesi Yunan kökenli *tecnologia*'dan gelmekte sanat, zanaat ve yapmak kelimelerinin birleşmesiyle oluşmaktadır (Oxford, 2020). Yunanlılar her türlü yapma eylemini *poieses* olarak adlandırmakta, doğanın ürettikleri de bu bağlamda bir yapma eylemi olmaktadır (Korkmaz, 2001). Bu tanımlardan yola çıkacak olursak teknoloji sanatı, zanaati yani el işçiliğini bir araya getiren bir eylemdir. Teknoloji'nin bugünkü bildiğimiz anlamında kullanılması son yüzyılda gerçekleşmiş olsa da teknoloji kelimesinin kökeninden de anlaşılacağı gibi kavram eskilere dayanmaktadır. Makine çağının getirdiği yenilikler birçok alanda mimarlık için devrim niteliğindeki dönüşümlere neden olmuştur. Demirin ve asansörün keşfi yüksek yapılaşmayı, kırdan kente göçler kentlerin yoğunlaşmasını beraberinde getirmiş, betonarmenin yapılarda kullanılması sonrasında ise modern mimarlık ürünleri evrensel diliyle dünyanın birçok noktasına yayılmıştır. II. Dünya Savaşı sonrasında ise modern dönemin evrensel diline gelen eleştiriler farklı modernlerin ve farklı teknolojilerin ortaya çıkmasını sağlamıştır.

Teknoloji ile mimarlık ilişkisi her dönemde etkili olmakla birlikte bugüne etkilerinin en fazla taşındığı süreç Endüstri Devrimi ile başlamaktadır. Endüstri Devriminin merkezi olan kuzey Avrupa ve daha da noktasal olarak İngiltere merkezli yaşanan dönüşüm, değişen teknoloji ve mimarlık ilişkisini gözler önüne sermektedir. Bu nedenle ki 20. Yüzyılın teknoloji tarihi Avrupa tarihi olarak okunur. Mies van der Rohe "Teknoloji ve Mimarlık" makalesinde gerçek amacına eriştiği her yerde teknolojinin mimarlığa dönüştüğünü belirtir. Mimarlık Mies'e göre zamana bağımlı olduğundan, mimarlık ve teknoloji yakın ilişki içindedir (Conrads, 1991). Mimarlık ve sanat, endüstrileşmeyle birlikte yaşanan mekanizasyona ayak uydurma çabasına girmiş, makineleşmeyle birlikte yaşanan bu dönüşüm tarihte ilk etapta tepkiye neden olmuştur. Arts and Crafts hareketi her alanda makineleşmeye ilk etapta tepki gösterse de, Arts and Crafts'ın öncülerinden John Ruskin, teknolojinin insan hayatından ayıramayacağı düşüncesiyle teknolojiyle/makineyle gelen değişimin insanı gereksiz işlerden kurtarabileceğini belirtmiştir (Frampton, 1992, 42). Bugünkü anlamda teknolojinin ilk ürünü olarak tanımlanabilecek Chrystal Palace (1851) yapısı, bir bahçıvan olan Joseph Paxton'un, sera yapmadaki birikimini kullandığı bir yapıdır. Projesini dokuz günlük çok kısa bir sürede hazırlamış ve 560 metre uzunluğunda, 137 metre genişliğinde açıklıkları geçmeyi başarmıştır. Chrystal Palace, prototipleşen bir modül kurgulayıp onun tekrarıyla elde ettiği çıplak bırakılmış yapı teknolojisinin en çarpıcı örneği olarak değerlendirilebilir (Korkmaz, 2001). Değindiği gibi Endüstri Devriminin çıkış noktası olan İngiltere'de teknolojiyle gelen değişime karşı tavırlar da gelişir. Arts and Crafts hareketinin kurucusu William Morris makinenin el sanatlarını öldüreceği düşüncesiyle teknolojiye karşı bir duruş sergilemiştir (Frampton, 1992, 43). Almanya'da bir diğer kurum olan ve özünde sanatı bütüncül olarak ele alan Bauhaus Okulu özünde teknoloji ile sanatı bütüncül bir biçimde ele almıştır (Gideon, 1954). Endüstri devrimiyle mimarlık alanına giren makine, mimarların sanatla birlikte ele aldıkları mekanın ayrılmaz bir parçası olmuştur.



Resim 1. Chrystal Palace, Londra, 1851
(Wikiarquitectura, 2020).

Modern Mimarlığın en önemli isimlerinden Le Corbusier'in ve Gropius'un mimarlığında da teknoloji vurgusu hakimdir. Her ikisi de teknolojiyi değişim için bir güç olarak yorumlamıştır. Corbusier'in "*ev içinde yaşanan bir makinadır*" (Frampton, 1992, 149) söylemi mimarlığın teknoloji ile birlikte tanımlandığının kanıtıdır. Tüm bu söylemler özünde özellikle II. Dünya Savaşı sonrasında kentlerde nüfusun daha da artmasının etkisiyle yaşanan konut sorununa hızlı bir çözüm olarak teknolojinin olanaklarının kullanılmasından kaynaklanmaktadır. 1970'lerden itibaren teknoloji, iletişim olanaklarındaki gelişmeler, teknoloji mimarlık ilişkisine yeni bir boyut getirmiş, mimarlık tarihinde High Tech olarak adlandırılan akım doğrudan teknolojinin kendisine referansla ortaya çıkmıştır. High Tech mimarlıkta enerji ve hareket sistemlerinin bina cephesinde okunması (Resim 2) o dönemin makine estetiği olarak kabul edilmiştir (Pamir, 2000). Reyner Banham'ın (Banham, 1978), ikinci makine estetiği olarak tanımladığı High Tech Mimarlığı, Norman Foster, Renzo Piano, Nicholas Grimshaw gibi öncü isimlerden oluşur.

Yeni yüzyılla birlikte mimarların teknolojiyle olan ilişkileri dönüşüm geçirmiştir. Tschumi'ye göre (1991) mimarların değişen rolü onları yapım teknolojisi ile daha az fakat teknolojinin yapımı ile daha çok ilgilenmelerini sağlamıştır. Dijitalleşen çağda, iletişim ağları teknoloji ile mimarlık ilişkisini ayrılmaz bir bütüne dönüştürür. Diğer yandan dünyanın var olan kaynaklarının azalmasının doğurduğu sorunlar da kimi zaman ekolojik çözüm arayışlarıyla kendisine yol bulur. Bu çevreci ve sürdürülebilir söylemlerde aynı zamanda bilimsel ve teknolojik unsurlar ön plandadır. Teknoloji ile ilişkilenen bir başka kavram olan sürdürülebilirlik, doğal kaynakların kullanılması ve katı atıkların sebep olduğu kirliliğin önüne geçilmesi olarak tanımlanabilmektedir (Ürük, İslamoğlu, 2019). Kimi ünlü mimarlar sürdürülebilirliği bina sertifika sistemleri ve mimari tasarımı binalara eklenen teknik sistemlerin yerleştirilmesi işine dönüştürürken (Guy, Moore, 2005), Ken Yeang (Yeang, 2006) gibi isimler ise bu anlayışa karşı bir duruşla kendi sürdürülebilir mimarlık yöntemlerini ortaya koymuşlardır. Mimarların teknolojiyle olan ilişkileri dönüşüm geçirerek daha da dinamik bir hal almıştır. Strüktür, cepheler, şantiye teknolojileri vb. gibi birçok alanda mimarlık teknoloji ile ayrı düşünülemez. Medya cepheleri, 3D Printing sistemleri ve kinetik cephelerle geleneksel üretim modellerinin dışına çıkarak ileri teknolojinin mimarlığın her alanına girdiği bir sürece tanıklık edilmiştir (Çolak, İlerisoy, Soyuluk, 2019, 541).

Bu araştırmanın amacı, 2000 yılından itibaren dönemsel olarak verilen Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nin batının İslam Mimarlığı tanımlamasındaki kısıtlamalarının dışına çıkarak, evrensel bir kavram olan teknoloji ile ilişkisini tartışmaya açmaktır. Diğer bir ifade ile İslam Mimarlığı adlandırması ile Doğu'daki mekan üretimi için çizilen sınırlar, sınırsız ve dinamik bir kavram olan teknoloji aracılığıyla, Aga Khan Mimarlık Ödülleri'ndeki ödüllü yapıları üzerinden ele alınmıştır.



Resim 2. Pompidou Kültür Merkezi, Paris, 1977
(Archdaily, 2020).

2. İslam Mimarlığı Tartışması ve Aga Khan Mimarlık Ödülleri

İslam Mimarlığı terminolojisini Batı'dan ithal edilmiş ve İslam coğrafyaları için yabancı bir kavram olarak değerlendiren Tanyeli, İslam ülkelerinin kendi geçmişlerine ait araştırma yapmadıkları bir dönemde daha 19. Yüzyılda Batı'da İslam Mimarlığı düşüncesinin üretildiğini ve bazı İslam ülkelerinin bu kavramı sorgulamaksızın kabul ettiklerini belirtir ve bunun da ötesinde Batı'nın neden Hristiyan Mimarlığı gibi bir terminoloji kurmadığını sorar (Tanyeli, 1991, 30). Bu soruyu ise "İslam Mimarlığı tanımının çok da derinlemesine bir araştırma yapılmadan isimlendirildi açıklamasıyla cevap verir" Öyle ki Tanyeli'ye göre Batı, İslam toplumlarının ürettiği mimarlık için en kapsayıcı olarak ve hatta kolaycılığa kaçarak İslam dinine referans vermişlerdir. Fakat İslam Ülkeleri'nin bulunduğu coğrafyaların zengin geçmişleri ile İslam kültürünü de birleştiren bir sonuçtan bahsedilebileceğini de ekler (Tanyeli, 1991). Bu açıdan bakıldığında teknolojinin evrensel bir kavram olduğu düşünüldüğünde bunun ağırlıklı olarak İslam toplumlarındaki yapılara verilen ödüller olan Aga Khan Mimarlık Ödülleri'ndeki yerini sorgulamak İslam Mimarlığı genellemesine karşı bir inceleme denemesi olarak kabul edilebilir. Tanyeli'nin (1991) "bir kültürü güçlü kılan verinin hiçbir dış kaynaktan etkilenmemişiği değil bu etkenin geniş kapsamlı bir sentezinin yapılp yapılmamasıyla ilişkilidir" düşüncesi üzerine ödüllerdeki seçilen yapıların teknoloji ile kurduğu ilişkinin sorgulanması bu sentezin değerlendirilmesi açısından önemlidir.

Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nin misyonu islami coğrafyalarda kentsel büyüme, sürdürülebilir gelişmeler, kentlerin altyapılarının iyileştirilmesi, kentsel yaşam kalitesi, sağlıklı çevreler, yaşanabilirlik, kimlik, güç, çok kültürlülük anahtar kelimeleri ile tarif edilir (Salama, El-Ashmouni, 2020, 5). Bu tanım aynı zamanda islam coğrafyalarındaki yapı kültürü üzerinde derin araştırmalara kapı aralaması açısından da

önemlidir. Hristiyan mimarlığı gibi bir genellemenin Batı tarafından yapılmamasına rağmen İslam Mimarlığı gibi bir geneleme özünde Uğur Tanyeli'ye göre (1991) Avrupa dışı toplumlara Batının tahmülsüzlüğü ve hoşgörüsüzlüğünün ürünüdür.

1970'li yıllarda daha çok Orta Doğu, Kuzey Afrika, Arap Yarımadası ve Uzak Doğu'nun bazı ülkelerinden oluşan yeni bir aydın sınıfı kendi sosyal, heterojen dinamiklerini keşfetmeye ve Doğu Batı arasında yaşanan gelgitleri üzerine yoğunlaşan bir misyonla çalışmalarına başlamışlardır. Erdoğan Erkaslan'a (1999, 6) göre bu oryantalizme ve geri kalmışlık paranoyasına karşı açılmış bir savaştır. Tanyeli (1991), geri kalmışlık paranoyasını Batı'nın İslam mimarlığı adlandırması ile Doğu üzerindeki bilinçli bir üstünlük kurma işlevinin yerine getiricisi görerek, şarkiyatçı bir gelenek olarak adlandırdığı Batı'nın Doğu okumasını, Doğu'yu anlamak üzere atılmış bir adım yerine Batı'nın arzuladığı bir doğu imgesi oluşturmakla görevli bir anlayış olduğunu belirterek 19. ve 20. Yüzyıllarda Batı'nın doğu karşısında ekonomik üstünlüğünün sonucu olan müdahaleci ve sömürgeci politikasını bu şekilde meşrulaştırdığını da ekler. Batılıların kendi toplumları için onay almak üzere meşrulaştırdıkları İslam Mimarlığı, Doğu mimarlığının yalnızca bir parçası olup bu bağlamda doğuda dinsel önyargılar, batı'da ise aklın ön planda olduğu düşüncesi zihinlere yerleştirilmiştir (Tanyeli, 1991). Doğu'nun despotizmine karşı Batı'da kurumlar ve sivil toplumun olduğu, Batı'nın sürekli değişen mimarlığına karşı durağan bir Doğu mimarlığının var olduğu ve İslam mimarlığının da içerisinde olduğu diğer mimari üretimlerin değişmez olduğu algısı oluşturulmaktadır (Tanyeli, 1991). Batı'da ak-kara olarak tanımlanan bu süreçte Batı mimarlığı dışında dünyada hiçbir mimarlığın evrim geçiremez ve sabit olduğu düşüncesi hakimdir (Fletcher, 1950).

Aga Khan Mimarlık Ödülleri Batı dünyasının ak-kara olarak tanımladığı mimarlık anlayışının dışında İslam mimarlığında çoğunlukla "bölgeye" ve "kimlik" kavramlarına odaklanılan bir yaklaşım sunmaktadır. Ödül ayrıca Batı tarafından dışlanan İslam Mimarlığı için otonom söylemlerinden sıyrılmaya amacını dile getirmiştir (Erdoğan-Erkaslan, 1999, 7). 1977 yılından bu yana üç yılda bir verilen ödüller, İslam topluluklarının ihtiyaçlarını belirleme, seçim sürecinde insanların sadece fiziksel, sosyal ve ekonomik ihtiyaçlarına değil aynı zamanda kültürel ve ruhsal ihtiyaçlarını karşılamayı hedefleyen bir mimarlık misyonuna sahiptir. Teknoloji kavramı, yerel kaynaklarla birlikte ve uygun teknoloji yorumuyla (Aga Khan, 2020) sınırlandırılarak ödülün kriterlerinde yer bulur.

Bununla birlikte yaklaşıma eleştiriler de getirilebilecektir. Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nin sorunları, yaratıcılık problemi, yabancı mimarlar ve ithal formlar, klişeler ve modern yapımların sistemlerinin kötü yorumu, geçmiş populist yorumlar, kitsch sorunsalı ve geleneksel mimarlığın kopyaları olarak değerlendirilir (Erdoğan-Erkaslan, 1999, 6). Batıya mimarlığındaki kabullere karşı bir duruş sergilemek üzere 1988 yılında İsviçre'nin Cenevre kentinde özel bağımsız bir bünyeye sahip olarak kurulan Aga Khan Vakfının (Aga Khan, 2020) Doğu'da herhangi bir kent yerine İsviçre merkezli oluşu da tezat oluşturmaktadır. Aga Khan Mimarlık Ödülleri jürisi değişik coğrafyalardan seçilmiş disiplinlerarası (mimar, sanatçı, sosyolog) bir jüridir (Hasol, 2007). Bu güne kadar yapılan Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nde jüri olan isimlerin arasında Peter

Eisenman, Frank Gehry, Kenzo Tange, Zaha Hadid, Charles Correa, Jean Nouvel, Arata İzosaki, Alvaro Siza, Fumikio Maki gibi alanında öne çıkan isimler yer almaktadır (Aga Khan, 2020). Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nde Jürisinde Batılı yıldız mimarlar da yaygın olarak yer almaktadır. Uğur Tanyeli'nin İslam mimarlığı kavramının Batı merkezli bir adlandırma olması düşüncesinin altında yatan tartışmaları, ödülün amacıyla da görülen İslam toplumlarının mimari ihtiyaçlarını belirleme sorunsalında da görülmektedir. İslam toplumlarının mimari ihtiyacı sorunsalı çok genel ve neredeyse cevaplanması bu bağlamda imkansız bir sorundur. Bunun nedeni ise İslam Coğrafyasının ağırlıklı olarak bulunduğu Doğu'nun karakteri Tanyeli'ye (1991) göre uluslararası ve ülkesel üstü bir çeşitliliği barındırmaktadır.

2001 yılında Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nde asli jüri üyeliği yapmış olan Doğan Hasol, ödülün değerlendirme süreciyle ilgili dört noktanın kriter olarak jüriye sunulduğunu belirtmiştir. Bunlardan ilki mimarlık aracılığıyla sosyal konut gibi yoksulların gereksinimlerini belirlemek, ikinci olarak çağdaş toplumlarda insanlar için değerli olan yapıların ve mekanların korunması, üçüncüsü iklime, var olan kaynaklara ve kültürel törelere uygun yanıtlar bulma gereksiniminden yola çıkarak, iklime ve var olan kaynaklara duyarlılık, son olarak ise çağdaş mimarlık ve çevre tasarımındaki başarılar ve yeniliklerdir (Hasol, 2001). Bu dört kriterde de çağdaş mimarlık üretimi vurgusu teknoloji ile ilişki kurarken ödülün ana ekseninde bölgeye ait verilerin değerlendirilmesi yer almaktadır. İslam coğrafyasındaki ana problemlerden biri olan yoksulluk sorunu Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nin teknoloji ile ilişkisini sürdürülebilirlik eksenine kaydıran ana nedenlerden biridir (Aycı, 2021, 421). Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nde bölge, kimlik gibi kavramlar öne çıkarken teknoloji ödül kapsamında geri planda kalmıştır.

3. Aga Khan Mimarlık Ödülü Alan Üç Yapıda Teknoloji Kavramının Değerlendirilmesi

Bu çalışmada, literatür taraması, yapı dokümantasyonu, söylem analizi ve mimarlara ait görüşlerden oluşan bir yöntemle Aga Khan Mimarlık ödülleri 2000 yılı sonrasında ödül alan tek yapı ölçeğindeki projelerde teknolojiye ait niteliksel bir araştırma yapılmaktadır. Teknoloji vurgusu olan ödüllü tekil yapıların jüri üyelerinin ülkeleri, ödüllerde hangi kavramların öne çıktığı ve bu kavramların teknolojiyle kurduğu ilişki araştırılmıştır. Mimarlık ve teknolojinin ilişkisi çok boyutludur. Malzeme, strüktür, teknolojinin servislerde yaptığı değişiklikler (iklim, enerji verimliliği, ısıtma, havalandırma, ışık, akustik), görülmeyen teknolojiler (bilgisayar teknolojisi) ve sürdürülebilirlik kavramları gibi teknoloji unsurları birçok alanda mimari ürünü etkilemektedir. Çalışmanın örneklemelerinin seçiminde verilerin toplanması ve değerlendirilmesi için nitel yöntemler kullanılmış, Aga Khan Mimarlık ödülleri seçilen örnekler 2000 yılı sonrasında gerçekleştirilmiş olan ve ödül alan projeler arasından seçilmiştir. Bu bağlamda çalışmada ele alınan ve teknoloji kavramı açısından değerlendirilen yapılar: Patronas Kuleleri (1998), Moulman Rise Konut Kulesi (2003), Issam Fares Enstitüsü (2014)'dür. Seçilen örneklerin değerlendirilmesindeki verilerin teknoloji ile olan ilişkisini tartışmak için gereken aşamalar analiz edilerek tablolandırılmıştır. Bu tablolarda 2000 sonrası Aga Khan Mimarlık Ödülü almış yapıların teknoloji kavramı ile kurduğu

ilişkinin yanı sıra, inşa edildiği coğrafya, jüri üyelerinin seçimi, ödül verilme nedenleri kriterleri de değerlendirilerek daha kapsamlı bir incelemeyle teknolojiyle kurduğu ilişki çok boyutlu olarak ele alınmıştır.

3.1. Patronas Kuleleri (Malezya, 1998)

2002-2004 dönemi Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nde ödül alan Patronas Kuleleri diğer ödül alan projelerden tekil yapı ölçeği ve teknolojiyle kurduğu ilişki bakımından farklılaşır. Bu dönemde ödül alan yedi yapıdan ikisi kırsal alanda inşa edilen konut projeleridir. Diğer bir ödül kentsel ölçekte gerçekleşen Kudüs'ün eski kent dokusunun yenileme projesine verilmiştir. Diğer ödüller ise 12. Yüzyıla ait bir cami projesi restorasyonu, kırsal alanda inşa edilen ilköğretim projesi ve tarihi İskenderiye kütüphanesi için yapılan yeni kütüphane binasına verilmiştir (Aga Khan, 2020). Ödüllerde genel itibarıyla kırsal alana dair fikirler, koruma ve tarihsel bağlama vurgu yapılmıştır. Patronas Kuleleri'nde ise yükseklik ve teknoloji vurgusu diğer projelerden tekil yapı ölçeğinde farklılaşmaktadır.

Patronas Kuleleri Arjantin asıllı Cesar Pelli (1926-2019) tarafından Malezya'nın güneyinde yer alan Kuala Lumpur kentinde, son on yılda köklü değişimler yaşayan ticari merkezi için tasarlanmıştır. Cesar Pelli'nin yapıları birçoğu yüksek ve teknolojiyle güçlü ilişkiler kuran yapılar olsa da çevreye ve bağlamına duyarlı ürünler olarak tanımlanır (Archdaily, 2020). İkiz Petronas Kuleleri 88 katlı yapı petrol şirketi tarafından Kuala Lumpur'un ticari merkez üçgeninde inşa edilmiştir ve içerisinde karma işlevleri barındırır. Patronas Kuleleri'nin 452 metre yüksekliğe sahip olması onu döneminin dünyadaki en yüksek yapıları arasında da tescillenmesini sağlamıştır. İki kule arasında dolaşımın ve ulaşımın sağlanması amacıyla 41. ve 42. katta yapı köprülerle bağlanmıştır. (Aga Khan, 2020).

Patronas Kuleleri 2000'lerde Dünya'nın en yüksek yapıları arasında Malezya'nın 2020 ulusal ekonomik vizyonu için ülkenin sembolü olarak kabul edilir (Bunnell, 1999, 1) ve aynı zamanda yüksek yapı olmasından kaynaklı teknik zorlukların üstesinden gelmiş, rüzgar yüküne karşı alınan önlemlerin dışında inşasında da uzak doğu teknolojisi kullanılmıştır (Thornton ve diğ., 1997, 261). Dünyadaki birçok yüksek yapıda taşıyıcı olarak çelik kullanılır. Fakat Patronas Kulelerinde mikrosilika adı verilen malzeme aracılığıyla beton hafifletilerek taşıyıcı olarak kullanılmış, uzun açıklıklı zemin kirişlerinde ise çelik kullanılmıştır. Özetle yapı maliyeti, kullanımdaki yararlılıkları arttırmak amacıyla karma bir konstrüksiyon sistemi ile inşa edilmiştir (Thornton ve diğ., 1997, 261).

Patronas Kuleleri'ne Aga Khan Mimarlık ödülü verilmesi ise "İleri teknoloji kullanımında aynı zamanda yerel ve ulusal istekleri sembolize ederek gökdelen mimarlığına yeni bir yön çizmesi" olarak açıklanmıştır (Aga Khan, 2020). 2002-2004 dönemindeki ödüllerde jüriye Aga Khan Komitesi tarafından üç ilke verilmiştir. Bu ilkelerden ilki projelerin sosyal ve etik olmasıdır, ikincisi kaynakların ve malzemelerin etkili ve çevreye uygun kullanılması, üçüncüsü ise bilinen yapma eyleminin sınırlarını zorlamasıdır (deneysellik)(Aga Khan, 2020). Bilinen konvansiyonel yapma eylemine ve biçimlerine getirilen girişimler, yenilikler teknolojinin de kaynağı olan deneyellik kavramı ile örtüşmektedir. Özellikle bilinen yapma biçimlerini zorlaması (Özkan, 2004) bu dönem için teknolojinin öne çıktığı düşüncesini kuvvetlendirir. Jürinin ayrıca 2002-2004 yılındaki değerlendirmesinde en önemli vurgu "Müslüman dünyasındaki çağdaş yapılaşmada güç ve otoritesinin sembolize edilmesi,

kamusal ve özel alanların artiküle edilmesi, kültürel kimliğin, çoğulluğun, toplumlar ve bireyler için konstrüktif temsilin öne çıkarılması” ifadesinde yer alır (Özkan, 2004). Aga Khan Mimarlık Ödülleri jürisinin, ödülü Müslüman olmayan bir mimara vermesinin ödülün tam da hedeflenen çoğulluk fikrine uygun olması olarak değerlendirilir (Özkan, 2004). Jüri ayrıca Patronas Kulelerinin ödüllendirilmesini, ayırım yapmaksızın insanlık için fayda sağlama amacına dayandığını ve yapının Kuala Lumpur’un ticari canlılığına katkı sağladığını belirtir. Patronas Kuleleri ayrıca ticari otoritenin kararıyla inşa edilmiş olsa da dünyanın en yüksek yapısı olması politik otorite’nin de kararı olduğunu göstermektedir (Özkan, 2004). Patronas Kuleleri’nin ödüllendirilmesi Aga Khan Mimarlık Ödülleri kapsamında da Malezya’nın dünyadaki ekonomik mücadelenin sembolü olarak, Patronas Kuleleri karşılık bulur.

Kuruluşunda Batı Mimarlığı’na karşı İslam Mimarlığı için fikir üretme üzerine temellenen bir kurumsal yapısı olsa da Patronas Kuleleri’nin o dönem için dünyanın en yüksek yapısı

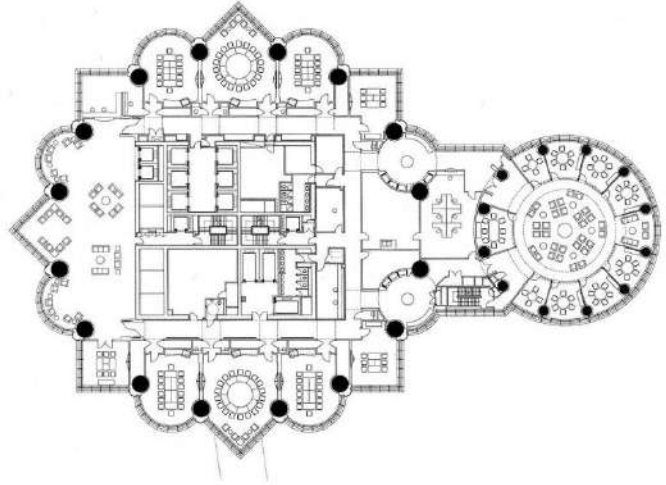
olarak tescillenmesi Aga Khan Mimarlık Ödülleri’nin batı mimarlığına referansla konumlandığını göstermektedir. Aga Khan Mimarlığı’nın İslam’ın insanlık için iyiyi arama düşüncesine dayanan herkes için iyi bir şeyler yapma düşüncesi de ödülün evrensel değerlerle buluşmasını amacını taşır. Patronas Kuleleri, 2000’lerin başındaki mekansal üretim için vurgulanan tasarımda ve konstrüksiyonda inovasyon, deneysellik, yükseklik ve yapının geceleri ışıklandırılması ile Patronas Kuleleri, teknoloji anlamında Malezya’yı dünya ekonomisi içerisinde temsil etme aracı olarak yorumlanmıştır.

Tablo 1. Patronas Kuleleri Aga Khan Mimarlık Ödülleri Değerlendirmesi ve Teknoloji ile İlişkisi

<i>Ödül Dönemi</i>	2002-2004
<i>Mimar</i>	Cesar Pelli (Arjantin, Amerika)
<i>İşlev</i>	Ofis, Alışveriş Merkezi, Sanat Galerisi, Konser Salonu, Multi medya konferans merkezi
<i>İnşa edildiği Ülke, Yer Aldığı Kıta</i>	Malezya, Güney Asya
<i>Jüri Üyeleri , Ülkeleri, Yaşadığı Şehir, Meslekleri</i>	<ul style="list-style-type: none">• Ghada Amer , Mısır, New York, Sanatçı• Rahul Mehrotra, Hindistan, Amerika, Mimar• Farshid Moussavi, İran, İngiltere, Mimar• Modjtaba Sadria, İran, Londra, Felsefeci-Akademisyen• Reinhard Schulze, Almanya, Almanya, dilbilimi, tarih, akademisyen• Elias Torres Tur, İspanya, Barcelona, mimar• Billie Tsien, Amerika, Amerika, sanatçı-mimar• Jafar Tukan, Ürdün, Beyrut, mimar
<i>Ödül Alma Nedeni</i>	<ul style="list-style-type: none">• Tasarım ve konstrüksiyonda inovasyon• Deneysellik• Kimlik katma• Ticari ve politik otorite’nin kararı olması• İkonik• Planda ve cephede kullanılan yıldız, daire gibi doğuya özgü geometriler
<i>Teknoloji ile kurduğu ilişki</i>	<ul style="list-style-type: none">• Yükseklik (Güç ve otorite temsili)• Konstrüktif yenilik• Işıklandırma



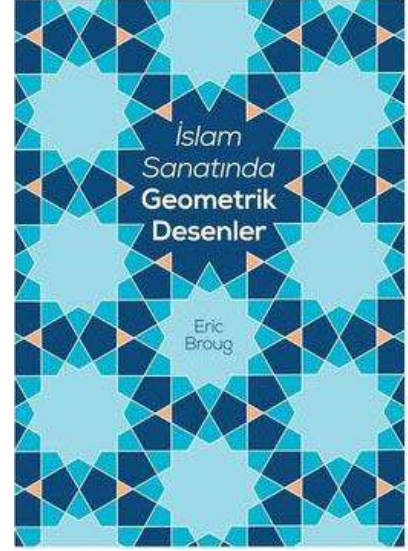
Resim 3. Patronas Kuleleri, Kuala Lumpur, Malzeya, 1998 (Aga Khan, 2020).



Resim 4. Patronas Kuleleri Planı (Architectureweek, 2020).

Literatürde Patronas Kuleleri, dünyanın en yüksek kulelerini inşa etme motivasyonu (Thornton, vd., 1998) başlığıyla yer almıştır. Çinli filozof Lao Tse, mimarlığın gücünü fiziksel olarak duvarların kendisinden değil, duvarların oluşturduğu mekanlardan aldığını belirtir (Architectureweek, 2020). Lao Tse'nin iması burada yükseklikle oluşan mekanın gücününün simgelenmesidir. Malezya'nın ekonomik anlamda gelişen yönüne referansla inşa edilen Patronas Kuleleri'nin tasarım işinin Arjantinli mimar Cesar Pelli'ye verilmesi, Pelli'nin teknolojik işleri ile anılan mimari kariyeri ile de ilişkili olduğunu düşündürür. Dünya'nın birçok yerinde yüksek yapılar, evrensel dile sahiptir ve yerinden bağımsız olarak değerlendirilirler. Patronas Kuleleri'nin plan ve cephelerinde okunan İslam Motifleri ise Tanyeli'nin Batı'nın Doğu Mimarlığı'nı İslam Mimarlığı adlandırması ile sınırlı bir alana hapsedme düşüncesini akla getirir. Dahası yüksek yapılarda farklı geometrik ifadelerin dilde etkili olduğu görülür. Bu bağlamda Patronas Kuleleri, yüksek yapı olarak ifadesini yalın geometride değil, İslam sanatındaki geometrik desenlerin tekrarı ile (Broug, 2019)

tanımlanan oryantalist biçimlenmesi ile İslam mimarlığı genellemesi içerisinde arar.



Resim 5. İslam Sanatında Geometrik Desenler Kitap Kapağı (Broug, 2019).

3.2. Moulmein Konut Kulesi (Singapur, 2003)

Aga Khan Mimarlık Ödülleri 2005-2007 döngüsünde ödül alan Moulmein Konut Kulesi, tek yapı ölçeğinde yerel havalandırma yöntemlerini yüksek yapı ölçeğinde kullanan tasarımıyla diğer ödüllü yapılardan ayrılır. Ödül alan diğer projeler; Burkinofaso'da pazar yeri, Yemen ve Kıbrıs'ta iki tarihi iki şehrin rehabilitasyonu, Etiyopya'da Hollanda elçilik yapısı, kamusal açık alan projesi olarak bir meydan ve kırsal alanda okul projeleridir. Bu döngüde ayrıca Malezya Teknoloji Üniversitesi yerleşkesi de ödül almıştır. Norman Foster tarafından tasarlanan bu yerleşkenin de ödül alma gerekçesinde teknoloji vurgusu olmasına rağmen tek yapı ölçeğinde olmadığı, yapılar grubundan oluştuğu için araştırma kapsamının dışında bırakılmıştır.

1819'da İngiltere'nin sömürgesi olan ve 1965 yılında bağımsızlığını kazanan Güney Asya ada ülkesi Singapur bağımsızlığını ilan ettikten sonra deniz ticaretinin etkisi ile kısa zamanda önemli bir ticaret merkezi haline gelmiştir. Hatta ticari gelişmeler teknolojik gelişmeleri etkilemiş Singapur, bioçeşitlilik, iklim değişikliği, zararlı atıklar, ozon tabakasını koruma politikaları, deniz kirliliği konularındaki araştırmalarla dünyada sembol bir ülke olmuştur. Bağımsızlıklarını ilan ettiklerinde ilk inşa edilen yüksek yapılar Batı'da inşa edilen yapıların kopyasıdır. Sıcak, nemli ve yağmurlu tropikal bir iklime dahip Singapur, büyük oranda denizin etkisindedir (Faruqui Ali, 2007, 1).

Mimarlar yatırımcıyı zeminde az metrekare kaplayarak yükselme fikrine ikna etmişlerdir. Bunun nedeni ise Mason ikliminde yükseldikçe hava kalitesinin daha iyi olması olarak açıklamaktadırlar. Cephe elamanları olarak yatay güneş kırıcılar, düşey perfore ekranlar ve yerel bir eleman olan muson pencereleri kullanılmıştır (Faruqui Ali, 2007, 1). Mimarlar tasarım prensiplerini, DNA sarmalının birkaç proteini farklı biçimde kullanarak elde ettiği çeşitliliğe benzer bir yöntemle tasarladıklarını belirtir. İlham kaynakları ise Escher'in tekrar eden elemanlarla çizdiği resimleri (Resim 5) ve Alhambra Camisidir (Faruqui Ali, 2007, 4).

olan Malezya ve Çin'den getirilmiştir. Yapının taşıyıcısı ise betonarmedir (Faruqui, 2007, 4).



Resim 6. Moulmein Konut Kulesi, Singapur
(Aga Khan, 2020)

Singapur merkezli WOHA mimarlık ofisi tarafından 28 katlı bir konut kütesi olarak tasarlanan Moulmein Konut Kulesi içerisinde 50 daire yer almaktadır. Muson ikliminde tasarlanmasından dolayı kullanıcıya iklimsel konforu sağlamanın yanında çağdaş dünyanın gerekliliklerinden olan ticari beklentileri de sağlamayı amaçlar. Muson penceresi, çıkmalar, güneş kırıcıları gibi muson ikliminin sert güneşine karşı kullanılan geleneksel elemanların yanında oranları ve çağdaş dili ile modern bir görünüme sahiptir. Yapıyı inşa eden ustalar tamamıyla Singapur'un yerel ustaları olup yapıyı inşa etmek üzere kullanılan malzemeler Singapur ve yakın ülkeler



Resim 7. Escher'in Circle Limit çalışması
(Escher, 1995).

Singapur merkezli WOHA mimarlık ofisi tarafından 28 katlı bir konut kütesi olarak tasarlanan Moulmein Konut Kulesi içerisinde 50 daire yer almaktadır. Muson ikliminde tasarlanmasından dolayı kullanıcıya iklimsel konforu sağlamanın yanında çağdaş dünyanın gerekliliklerinden olan ticari beklentileri de sağlamayı amaçlar. Muson penceresi, çıkmalar, güneş kırıcıları gibi muson ikliminin sert güneşine karşı kullanılan geleneksel elemanların yanında oranları ve çağdaş dili ile modern bir görünüme sahiptir. Yapıyı inşa eden ustalar tamamıyla Singapur'un yerel ustaları olup yapıyı inşa etmek üzere kullanılan malzemeler Singapur ve yakın ülkeler olan Malezya ve Çin'den getirilmiştir. Yapının taşıyıcısı ise betonarmedir (Faruqui, 2007, 4).

Tablo 2. Moulmein Rise Konut Kulesi'nin Mimarlık Ödülleri Değerlendirmesi ve Teknoloji ile İlişkisi

Ödül Dönemi	2005-2007
Mimar	WOHA Architects / Wong Mun Summ, Richard Hassel
İşlev	Konut
İnşa edildiği Ülke, Yer Aldığı Kıta	Singapur, Güney Asya, Güney Asya
Jüri Üyeleri, Ülkeleri, Yaşadığı Şehir, Meslekleri	<ul style="list-style-type: none"> Homi K. Bhabha, Hindistan, İngiltere, Sosyal Bilimci Okwui Enwezor, Nijerya, Almanya, Kuratör, Eleştirmen, Şair Homa Farjadi, İran, İngiltere, Mimar Shirazeh Houshiary, İran, Londra, Sanatçı Sahel Al Hiyari, Ürdün, Ürdün, Amerika, mimar, ressam Rashid Kalidi, Filistin, Amerika, tarihçi, akademisyen Han Tümertekin, Türkiye, Türkiye, mimar Kenneth Yeang, Malezya, Malezya, mimar
Ödül Alma Nedeni	<ul style="list-style-type: none"> İklim kontrolü için mekanik elemanlar yerine iklimlendirme için yerel doğal yöntemler (muson penceresi, güneşlik, çapraz havandırma,) Cephede ve plan çözümlerinde varyasyon
Teknoloji ile kurduğu ilişki	<ul style="list-style-type: none"> Yükseklik Sürdürülebilirlik (Yüksek katlı yapılarda mekanik yöntemler yerine yerel yöntemlerin kullanımı)

2005-2007 dönemi ödülleri jüri üyeleri, Han Tümertekin ve Ken Yeang dışında Doğu'da doğmuş fakat eğitimlerini Batı'da almış veya Batı'da iş yaşantılarına devam eden isimlerden oluşur. Dokuz jüri üyesinden dördü mimar diğerleri sosyal bilimlerin diğer alanlarındandır (sanatçı, şair, tarihçi, kuratör, ressam). Yapının ödül alma nedeni yüksek yapı olarak teknolojiyle kurduğu ilişkisinin sürdürülebilirlikle sağlanmasıdır. 2005-2007 dönemi master jürisi 343 projenin başvurularını değerlendirirken süreci sanatçının sergiye kurate etme süreci gibi ele aldıklarını belirtirler (Aga Khan, 2020). Bu süreci ise dört başlık altında toplamışlardır. Bu başlıklardan ilki Müslüman coğrafyaların ve onların gerçekleri (demokratik ve dialog kuran bir mimarlık), ikinci başlık restorasyon, koruma ve çağına uygun yapı (koruma ve restorasyon alanlarında çağına uygunluk ve teknolojinin yeniden öğrenilmesi ve öğretilmesi), üçüncü başlık ölçek ve çeşitlilik (İslam coğrafyasının ölçeğinin ve bu ölçeklerdeki çeşitliliğin çok farklı olması kriteri), dördüncü başlık ise sürdürülebilirlik. Moulmein Rise Konut Kulesi'nin değerlendirme sürecinde yer aldığı başlık olan sürdürülebilirlik sahip olunan kaynakların doğru kullanılması için oldukça önemlidir.

Konut kulelerin yoğunlaşan kentlerde yükselerek var olması 2000'lerin ilk on yılında tüm dünyada da yaygınlaşan ve hatta öne çıkan bir yaklaşım olmuştur. Moulmein Konut Kulesi'nin ödül alma nedeni, iklim kontrolünü mekanik elemanlar yerine yüksek bir yapıda geleneksel yöntemlerle gerçekleştiriyor olmasıdır. Tanyeli'nin vurguladığı gibi, kültürü güçlü kılan şey hiçbir kaynaktan etkilenmemesi değil kapsamlı yeni bir senteze bütünleşip bütünleşmemesidir (Tanyeli, 1991). Yüksek konut yapı yapma geleneği'nin Moulmein konut bloğunda yerel havalandırma yöntemleriyle birleştirilmesi bu anlamda yerel kültürün teknolojiye katkısı olarak yorumlanabilir. Moulmein Konut Kulesi'nin İslam Mimarlığı gibi bir kısıtlamanın dışına çıkarak yüksek konut tipolojisi gibi uluslar arası bir uygulamayı Singapur'a ait yerel bir kültürel iklimlendirme metodu ile birleştirmesi, kapsamlı bir senteze dönüşen bir teknolojik yaklaşımı doğurmuştur.



Resim 8. Moulmein Konut Kulesi Doğal İklimlendirme Detayı (Aga Khan, 2020)

3.3. Issam Fares Enstitüsü (Lübnan, 2014)

Aga Khan Mimarlık Ödülleri 2014-2016 döngüsünde altı projeye ödül vermiştir. Bu projelerden ilki Banglaştta düşük bir bütçeyle gerçekleştirilen cami tasarımıdır. Diğer bir ödüllü proje ise yine Bangladeş'te Arkadaşlık Merkezi olarak adlandırılan sosyal çok fonksiyonlu bir projedir. Bir diğer proje Beijing'de Müslüman nüfusun yoğunlukta olduğu gecekondu bölgesi

içerisindeki Çocuk Kütüphanesi'dir. Diğer iki projeden biri olan Superkilen Danimarka'da çok kültürlü ve çok dinli bir bölgede tasarlanan park ve İran'da iki parkı birleştiren ve içerisinde de park alanların yer aldığı köprü projesidir (Aga Khan, 2020). Ödül alan projeler arasında Zaha Hadid'in Issam Fares Enstitüsü tekil yapı ölçeğiyle ve dinamik biçimlenmesiyle teknoloji ile kurduğu ilişki açısından değerlendirilmiştir.

Zaha Hadid'in tasarladığı Issam Fares Enstitüsü tasarımı doğrudan teknoloji vurgusu olan bir yapı olmasa da dünyanın her yerinde marka değeri olan diğer Zaha Hadid ürünleri gibi bulunduğu çağın izlerini taşır. Bu yönüyle Zaha Hadid'in imzası olarak nitelendirilebilir. Hadid'in Doğu kökenli bir mimar olmasının yanında, yıldız mimar olarak eril bir meslek alanı olarak görülen mimarlıkta, kadın olmasının zorlukları bulunmaktadır (Soyluk, İlerisoy, 2019). Zaha Hadid, mimarlığında Londra'da aldığı eğitiminin büyük rol oynadığını belirtir. Londra'da çok yaygın bir gelenek olan ve Zaha Hadid'in Londra'da kalmasını sağlayan etmen mühendislerle çalışmasıdır. Londra'da mühendislik, mimarlık üretiminde önceliklidir. Hadid, Londra'da her konuda mühendis danışmanlar bulabildiğini belirtir (Hadid, 2012). Hadid, Aga Khan Ödülü'ni almadan önce, Dünya'nın en prestijli mimarlık ödülleri olan Pritzker Ödülü'nü 2004 yılında almıştır. Hadid'in Pritzker Ödülü'nü almasındaki nedeni jüri *Bağdat doğumlu mimarın, geleneksel bir kariyer gelişimi izlemekten uzak, inşa edilebilme gibi kısıtlamalardan bağımsız ortaya koyduğu projelerle yaratıcı ve özgün çizgisi* (Tağmat, 2004) olarak tanımlamaktadır. Görüldüğü gibi Zaha Hadid'in Bağdat doğumlu olmasına rağmen geleneklerden bağımsız üretim yapmasının altı çizilmiştir. Hadid'in ayrıca Irak asıllı kadın bir mimar olması açısından ortaya koyduğu marjinallikten çok, mimarlığın bir sanat biçimi olarak üretilmesinde sağladığı açılımlardan ve mimarlığın yanısıra iç mekan, mobilya ve ürün tasarımı gibi çok boyutlu üretimlerde bulunması değerli görülmüştür (Tağmat, 2004). Zaha Hadid Pritzker Ödül törenindeki konuşmasında kariyerindeki en belirleyici unsurun Irak'ta laik ve modern bir şekilde yetiştirilmesi olduğunu belirtmiştir (Hadid, 2004). Başka bir deyişle Hadid, Batı'nın tariflediği İslam Mimarlığı tanımının dışında kendini konumlandırmıştır. Hadid modern mimarlığın özünde var olan evrensel değerlerin peşinden gitmektedir. Balamir,(2009, 348), Zaha Hadid'in mimarlığını Lebbeus Woods'un *Mimarlık ve Savaş* metni ile ilişkilendirir. Burada özetle Zaha Hadid'in mimarlığının tarihle, hazır biçimlerle, otoriteyle, mezheplerle, kutsallarla, kesinlere, ikonlara karşı duruşu anlatılmaktadır.

Zaha Hadid'in ödüle layık görüldüğü 13. Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nin ana fikri olan çoğulluk, sadece farklı bağlamları değil, aynı zamanda mimarlığın sınırlarının da keşfedilmesidir. Jüri özellikli vurguyu ise mimarlığın evrensel bir dilinin olamayacağı, her yerin kendi üslubunu üretmesi gerekliliği ile temellendirir (Master Jury Report, 2016). Jürinin vurguladığı bu görüş mimarlığın sınırlarının altını çizirken evrensel bir dilinin olamayacağı ifadesi de içerisinde çelişkili görünmektedir. Her bölgenin farklı problemlerinin olması ile ortaya çıkan ürünlerin farklılaşması etkileşim nedeniyle olağandır. Bu sonuç Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nin diğer dönemlerde olduğu gibi bu dönemki jüri kurgusundan da anlaşılabilir. Jüri ağırlıklı olarak Doğu kökenli fakat Batı'da eğitim almış, mimar, sanatçı, şehir plancı, felefece ve tarihçilerden oluşmakla birlikte jüride Batılı ve mimarlık camiası için çok önemli iki isim David Chipperfield ve Elizabeth Diller de yer almaktadır. Jüri'nin oluşturduğu bu hibrit yapı mimarlık

alanına Aga Khan Ödülleri aracılığıyla çok boyutlu bir bakışın da potansiyellerini taşımaktadır.

Zaha Hadid'in Beyrut Amerikan Üniversitesi için yarışma ile kazandığı Issam Fares Enstitüsü'nün bir diğer önemli özelliği Zaha Hadid'in İngiltere'de Architectural Association'da mimarlık eğitimi almadan önce Beyrut Amerikan Üniversitesi'nde Matematik eğitimi almış olmasıdır. Bu bağlamda Hadid, üniversite yerleşkesinin bağlamını deneyimlemiştir. Zaha Hadid'in mimarlığı özellikle teknolojiye vurgu yapmamaktadır. Fakat Hadid statik konusunda farklı yöntemler kullanır. Akıcı olarak tanımlanabilecek tasarımlarında geleneksel denge kurallarına aykırı bir yol çizer. Zaha Hadid'in tasarımlarının en önemli özelliklerinden biri de görünmeyen teknolojiler olarak adlandırılan bilgisayar destekli tasarımı etkin bir biçimde kullanmasıdır. Hadid'in karmaşık, çok boyutlu geometrilerinin arka planında bilgisayar teknolojisinin önemli bir payı vardır (Yavuz, 2007, 126). Bu açıdan da Zaha Hadid'in ürünleri küresel ölçekte ve marka değeri taşıyan yapılarıdır.

Aga Khan Mimarlık Ödülleri jürisi, Issam Fares Enstitüsü'ne ödül verilme nedenini en temelde geleneksel bağlama saygılı olması ve radikal kompozisyonu olduğunu belirtir (Aga Khan, 2020). Araziye ve bağlamına saygı olarak yapının zemindeki ayak izini minimumda tutarak yaya hareketine ve yeşil alana serbestlik sağlanır. Ayrıca Lübnan mimari geleneğinde kullanılan brüt betonun yapıda kullanılması

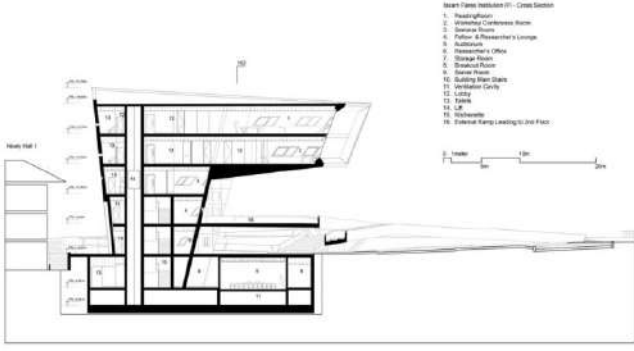
da jüri tarafından yapının bağlamı ile ilişkisini kuvvetlendirdiği şeklinde değerlendirilmektedir. Diğer yandan yapının çağı yansıtan bir dile sahip olması da önemli özelliklerindedir. Zaha Issam Fares Enstitüsü'nde zemindeki yaya hareketlerinin yapı yüzeyindeki dinamik hareketleri belirlemesi Zaha Hadid'in gerçekleştirdiği diğer yapılarında da kullandığı bir tekniktir.



Resim 9. Issam Fares Enstitüsü, Lübnan (Aga Khan, 2020).

Tablo 3. Issam Fares Enstitüsü Aga Khan Mimarlık Ödülleri Değerlendirmesi ve Teknoloji ile İlişkisi

Ödül Dönemi	2014-2016
Mimar	Zaha Hadid Architects
İşlev	Eğitim Yapısı
İnşa edildiği Ülke, Yer Aldığı Kıta	Beyrut, Lübnan, Güney Asya
Jüri Üyeleri, Ülkeleri, Yaşadığı Şehir, Meslekleri	<ul style="list-style-type: none"> • Kwame Anthony Akroma, Ghana, Amerika, felsefe • Meisa Batayneh, Ürdün, Amman-Abu Dhabi, mimar • David Chipperfield, İngiltere, İngiltere, mimar • Elizabeth Diller, Polonya, Amerika, mimar • Edhem Eldem, Türkiye, Türkiye, tarihçi-akademisyen • Mona Fawaz, Beyrut, Lübnan, şehir plancısı • Kareem İbrahim, Mısır, Kahire, mimar ve plancı • Ali M. Malkawi, Ürdün, Amerika, mimar-akademisyen • Nondita Correa Mehrotra, Hindistan, Amerika, mimar
Ödül Alma Nedeni	<ul style="list-style-type: none"> • Radikal kompozisyon • Geleneksel bağlama saygı • Programın şehrin entellektüllerini yaratma iddiası • Yapının zemindeki ayak izini azaltması • Vaziyet planındaki aksların yapının biçimini ve plastiğini oluşturması • Lübnan mimari geleneği olan brüt beton kullanımı • Çağın koşullarını yansıtması
Teknoloji ile kurduğu ilişki	<ul style="list-style-type: none"> • Zeminde minimum ayak izi yakalamak amacıyla 21 metre konsol ile yapının en yoğun programını çözmek • Görünmez teknoloji kullanımı • Çağı yansıtması



Resim 10. Issam Fares Enstitüsü Kesiti
(Zaha Hadid Architects, 2020).

Hadid'in dünyanın her yerinde okunan çizgisini Issam Fares Enstitüsü'nde koruduğu görülmektedir. Kendi çizgilerinin bilgisayar teknolojisi aracılığıyla yapılaşması ve enstitüdeki programın en yoğun bölümünü konsol olarak çalıştırması mühendislerle mesleğinin başından beri kurduğu kuvvetli ilişkisinin sonucudur. Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nin adayların başvurduğu bir ödül olduğu düşünüldüğünde, Hadid'in Aga Khan Mimarlık Ödülleri'ne Beyrut'taki bir yapıyla katılması coğrafi anlamda bir seçim yaptığını da işaret eder. Mekansal kararlar açısından ise dünyanın herhangi bir yerinde inşa edebileceği evrensel bir dille enstitü yapısını inşa etmiştir. Jürinin malzeme kullanımında yöreye özgü brüt betonu kullanması gibi bir olumlama bulunmaktadır. Brüt beton Hadid'in birçok yapısında kullandığı bir malzemedir. Bu açıdan Lübnan'la kurulan geleneksel malzeme ilişkisi, ödülün verilme nedenini kuvvetlendirme amacıyla değerlendirildiğini düşündürür. Jüri'nin yapının çağın ruhunu yansıtmasından dolayı ödüle değer görülmesindeki etkisinin vurgulanması ise Aga Khan Mimarlık Ödülleri'ni sıkıştığı İslam ve Doğu coğrafyaları çerçevesinin dışına çıkarması ve tartışma alanı açması açısından önemli bir adım olarak değerlendirilebilir.

4. Sonuç

Mimarlığın mekan sanatı olması onu zamanına bağımlı kılar (Balamir, 2009). Fakat İslam mimarlığı tanımı mekanı, zamandan da ayırır. İlhan Tekeli'nin "arılar balı her zaman aynı biçimde ürettikleri için kültür üretmezler" (Tekeli, 2011) tanımı olduğu gibi, İslam Mimarlığı kavramı da her zaman aynı biçimde mekan üretimi yapıldığı imasını taşır. Fakat Batı tarafından Hristiyan Mimarlığı tanımı yapılmadığı düşünüldüğünde, İslam Mimarlığı tanımının da indirgemeci bir tutum olduğu görülür (Tanyeli, 1991). Bu bağlamda ağırlıklı olarak doğu ve İslam coğrafyalarındaki mimari ürünler üzerine tartışma zemini oluşturan Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nin içeriğini verilen ödüller çerçevesi içerisinde tartışmak, Doğu mimarlığı ve İslam Mimarlığı genellemesine dair sorular sorulması açısından önemlidir. İslam Mimarlığı kavramını sıkıştırıldığı dar alandan çıkaracak olan da bu sorulardır. Örneğin Pritzker Ödülleri herhangi bir din veya coğrafya vurgulanmadan mimarlar ve işleri üzerinden değerlendirilen ödüllerdir. Bu çalışmada Aga Khan Mimarlık Ödülleri'ne yalnızca İslam Mimarlığı ve Doğu Mimarlığı gibi sınırlı bir bakış açısından değil, teknoloji gibi evrensel bir kavram aracılığıyla bakarak Aga Khan Mimarlık Ödülleri farklı bir perspektiften değerlendirilmiştir. Her ne kadar yükseklik arayışını Patronas

Kuleleri plan düzleminde ve cephede doğu motifleriyle aramış olsa da, Moulmein Kulesi'nde muson ikliminin getirdiği yağmurlara ve neme karşı, mekanizasyonla değil de geleneksel yöntemlerle sağlanan havalandırma yeni bir çabanın ürünü olarak değerlendirilebilir. Diğer yandan Zaha Hadid'in görünmez (bilgisayar teknolojisi) teknolojiyi ve sanatsal çizgilerini birleştirdiği Issam Fares Enstitüsü ile Aga Khan Mimarlık Ödülleri'nde zamanın izi kavramı tartışmaya açılmıştır. Aga Khan Ödüllü üç tekil yapı örneğinin değerlendirilmesi üzerinden görülmektedir ki teknoloji yalnızca mühendislik alanıyla mekansal sınırların zorlanması değil, yapının bağlamından doğan sorunlardan başlayan çözüm arayışlarının sonucudur. Bu bağlamda başka coğrafyalardaki problemlerden çok, Doğu'daki mekansal üretimde, Doğu'nun bağlamına özgü sorular sorular teknolojinin gelişimi için de önemlidir.

Sonuç olarak bu tartışma kapsamında ele alınan üç yapının dünya mimarlığında öne çıkan teknolojik birikimler arasında yer aldığı söylemek ve Doğu mimarlığını üreten mühendisliğin sınırları zorladığından bahsetmek zordur. Daha önce hiç olmadığı kadar evrensel olan bir dünyada mimarlık alanında bu soruları sormak gereksiz bir çaba olarak da değerlendirilebilir. Bu açıdan bu çalışma Aga Khan Mimarlık Ödülleri aracılığıyla Doğu ve İslam Mimarlığı'na dair tüm teknolojik tartışmalara açıklık getirmeye çalışmamıştır. Aga Khan Mimarlık Ödülleri'ndeki teknoloji yaklaşımının arka planı aracılığıyla görülmektedir ki, Doğu ve İslami olarak genellenen bu coğrafyalarda, dünyanın en ilginç teknolojik yaklaşımları da görülmeyebilir. Hatta başka toplumlarda hiç karşılaşılmamış konstrüktif marifetler de yoktur. Bunun yerine teknoloji kelimesinin kökenine gidilecek olunursa, farklı türden yapma denemelerinin önünü açacak olan ağırlıklı olarak Dünyanın doğusunda gerçekleşen mimari ürünleri kalıplarının dışındaki alanlara çekmektedir. Ancak bu şekilde teknoloji kavramının ekonomik nedenlerle Batı'ya ait bir kavram olduğu önyargısı sorgulanabilir. Aga Khan Mimarlık Ödülleri'ndeki teknoloji tartışmaları, Doğuya ve İslam Mimarlığı'na dair kalıplara ilişkin bu sorular için tartışma zemini oluşturması açısından önemlidir.

Kaynakça

- Archdaily, (2020). Issam Fares Institute. <https://www.archdaily.com/515589/issam-fares-institute-nil-american-university-of-beirut-zaha-hadid-architects>. Erişim: 25.12.2020.
- Aga Khan Awards, (2020). Previous Cycles. <https://www.akdn.org/architecture>. Erişim: 23.12.2020.
- Archdaily, (2020). Richard Rogers, One of the Leading Architects of the British High-Tech Movement, <https://www.flickr.com/photos/dalbera/2496569412>. Erişim: 18.12.2020.
- Architectureweek, (2020). Building Petronas Towers, http://www.architectureweek.com/2003/0226/building_1-2.html. Erişim: 29.12.2020.
- Aycı, H. (2021). Fakir yapı kavramı ile Aga Khan Mimarlık Ödülleri / Arcadia Eğitim Projesi ve Mokoko Yüzen Okulu'nun değerlendirilmesi. Murat Dal (Der.), *Mimarlık bilimleri ve teknolojisi* içinde (ss. 403-425). Lyon: Livre de Lyon.
- Balamir, A. (2009). Mimarlık Zamanın Barometresi: Woods'un Ölçerinden Hadid'in Mimarisi, *Mimarlık Dergisi*, 348, <http://www.mimarlikdersisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=362&RecID=2115>. Erişim: 5.12.2020.

- Banham, R. (1978). *Theory and design in the first machine age*, Londra: Oriel Press.
- Broug, E. (2019). *İslam sanatında geometrik desenler*, London: Thames and Hudson.
- Bunnell, T. (1999). Views from above and below: the Petronas Twin Towers and/in contesting visions of development in contemporary Malaysia. *Singapore Journal of Tropical Geography*, 20(1), 1-23.
- Conrads, U. (1991). 20. YY. mimarisinde program ve manifestolar; Sevinç Yavuz (Çev.). Ankara: Şevki Vanlı Yayınları.
- Çolak, B.B., İlerisoy, Z. Y., Soyluk, A. (2019). Ofis Binaları Üzerinden Cephe Tasarım Parametrelerinin Değerlendirilmesi, DES'19 International Design and Engineering Symposium, Sustainability, Innovation, Production, İzmir Demokrasi Üniversitesi, İzmir, 10-12 Ekim 2019, 540-547.
- Erdoğan, Erkaslan, Ö. (1999). The Aga Khan Awards for Architecture and the issue of cultural identity in the Islamic intelligentsia. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Escher, M. (1995). Circle Limit. <https://www.arthipo.com/tr-tr/maurits-cornelis-escher-circle-limit-i.html>. Erişim: 25.12.2020.
- Faruqui, A. Z. (2007). Moulmin High Rise Apartments Review Report.
- Frampton, K. (1992). *Modern Architecture: A Critical History*, London: Thames and Hudson.
- Gintoff, V. (2019). Spotlight: Cesar Pelli, Archdaily, <https://www.archdaily.com/555428/spotlight-cesar-pelli>, Erişim: 01.12.2020.
- Guy, S., Moore, S., (2005). Introduction: The Paradoxes of Sustainable Architecture. Simon Guy, S. Moore (Der.) *Sustainable Architectures: Cultures and Natures in Europe and North America* içinde (ss.1-12), New York: Spon Press.
- Hadid, Z. (2012). Yenilikçiler Röportajında Zaha Hadid, <https://mimnap.org/2012/04/yenilikciler-roportajynda-zaha-hadid/#more-87633>. Erişim: 27.12.2020.
- Korkmaz, T. (2001). Mimari Stiller: Teknolojizm, XXI, Mayıs-Haziran, 78-79.
- Master Jury Report, (2020). <https://www.akdn.org/architecture>. Erişim: 27.12.2020.
- Oxford, (2020). Oxford Sözlük, <https://dictionary.cambridge.org/tr/s%C3%B6zl%C3%BCk/ingilizce/oxford>. Erişim: 23.12.2020.
- Özkan, S. (2004). Röportaj, Aga Khan Mimarlık Ödülleri Resmi Web Sitesi, <https://www.akdn.org/architecture>. Erişim: 27.12.2020.
- Özkan S. (2007). Röportaj, *Yapı Dergisi*, 311, 58-60.
- Salama, A., El-Ashmouni, M. M. (2020). *Architecture Excellence in Islamic Societies*. New York: Routhledge.
- Soyluk, A., İlerisoy, Z. Y. (2019). Medeniyette Kadının Rolü; Kadın Mimarlar ve Zaha Hadid Örneği, Taras Shevchenko International Congress On Social Sciences, Ankara, Türkiye, 1-03 Şubat 2019, 620-631.
- Tanyeli, U., (2011). *Rüya, İnşa, İtiraz*. İstanbul: Boyut Yayın Grubu.
- Tağmet, T.S. (2004). Ödül: 2004 Pritzker Ödülü'nün Sahibi Zaha Hadid: Kısıtlamalardan Uzak Mekan Temsili ve Üretimi, *Mimarlık Dergisi*, 317, <http://www.mimarlikdergisi.com/index.cfm?sayfa=mimarlik&DergiSayi=29&RecID=435>. Erişim: 19.12.2020.
- Tekeli, İ. (2011). Bireysel Görüşme. 12.12.2011, Ankara.
- Thornton, C. H., Hungspruke, U., & Joseph, L. (1998). study of the Petronas Towers design and realisation. *Concrete Engineering International*, 2(8), 18-21.
- Thornton, C. H., Hungspruke, U., & Joseph, L. M. (1997). Design of the world's tallest buildings—Petronas twin towers at Kuala Lumpur City Centre. *The structural design of tall buildings*, 6(4), 245-262.
- Yavuz, E., 2007. Yirminci Yüzyılda Sanatta ve Mimarlıkta Soyutlama İlişkisi, Yayınlanmamış Master Tezi, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Yeang, Ken, 2006, *Ekotasarım: Ekolojik Tasarım Rehberi*, Semih Eryıldız, Demet Eryıldız (Çev.), İstanbul: YEM Yayın.
- Uruk, Z, Külünkoğlu İslamoğlu, A, (2019). Breeam, Leed Ve DGNB Yeşil Bina Sertifikasyon Sistemlerinin Standart Bir Konutta Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (15), 143-154.
- Tanyeli, U. (1991). İslam Mimarlığı Kavramına Eleştirel Bir Bakış, *Ege Mimarlık*, 30-31.
- Tschumi, B., (1991). *Event Architecture, Architecture in Transition Between Deconstruction and New Modernism*, München: Prestel Publishing, 125-131.
- Wikiarquitectura, (2020). Crystalpalace, <https://en.wikiarquitectura.com/building/crystal-palace/#crystal-palace-londres>. Erişim: 25.12.2020.
- Zaha Hadid Architects, (2020). Issam Feras Enstitüsü Kesiti. <https://www.zaha-hadid.com/>. Erişim: 23.12.2020.



Convolutional Neural Networks Based Active SLAM and Exploration*

Akif Durdu¹, Nevzat Bol¹, Erol Öztürk¹, Mehmet Duramaz¹, Mehmet Korkmaz², Berat Yıldız^{3†}, Ahmet Kayabaşı³

¹ Konya Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5611-2322)

² Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Aksaray, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1462-8005)

³ Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5675-6750)

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.862953)

ATIF/REFERENCE: Durdu, A., Bol, N., Öztürk, E., Duramaz, M., Korkmaz, M., Yıldız, B. & Kayabaşı, A. (2020). Convolutional Neural Networks Based Active SLAM and Exploration. *European Journal of Science and Technology*, (22), 342-346.

Abstract

Mobile robots are high-performance robots that are used to perform a specific function in environments such as land, air and water, with free movement options and are equipped with many sensors for different processing capabilities. Today, it is used in many tasks such as object detection, tracking and mapping. Mobile robots used in mapping implementations are usually guided by user inputs. However, in some cases, this guidance is autonomously implemented through exploration algorithms that are examined under the active Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) keyword. These algorithms are usually based on Laser Imaging Detection and Ranging (LIDAR) sensor. Since this sensor has a bulky structure and occupancy grid maps require heavy computing time, it is needed to develop new kinds of algorithms. In this study, we propose a novel Convolutional Neural Network (CNN) based algorithm that can create a map of an environment with a mobile robot that is independent of user inputs and move autonomously. For the first stage, the CNN structure is trained using the data set consisting of the environment image and the wheel angles related to these images so that the CNN model learns how to guide the robot. For the second stage, the robot is navigated autonomously through the trained network in an environment which is different from the first one, and the map of the environment is acquired simultaneously. Training and testing processes have been realized on a real-time implementation and the advantages of the developed method have been verified.

Keywords: Mobil Robot, Convolutional Neural Network (CNN), Simultaneous Localization and Mapping (SLAM), LIDAR, Active-SLAM.

Evrişimli Sinir Ağlarına Dayalı Aktif SLAM ve Keşif

Öz

Mobil robotlar, serbest hareket seçenekleri ile kara, hava ve su gibi ortamlarda belirli bir işlevi yerine getirmek için kullanılan ve farklı işleme kabiliyetleri için birçok sensörle donatılmış yüksek performanslı robotlardır. Günümüzde nesne algılama, izleme ve haritalama gibi birçok görevde kullanılmaktadır. Haritalama uygulamalarında kullanılan mobil robotlar genellikle kullanıcı girdileri tarafından yönlendirilir. Bununla birlikte, bazı durumlarda, bu yönlendirme, aktif Eşzamanlı Lokalizasyon ve Haritalama (SLAM) anahtar sözcüğü altında incelenen keşif algoritmaları aracılığıyla özerk olarak uygulanır. Bu algoritmalar genellikle Lazer Görüntüleme Algılama ve Değişim (LIDAR) sensörüne dayanır. Bu sensör hantal bir yapıya sahip olduğundan ve ızgara doluluk haritaları uzun bir hesaplama süresi gerektirdiğinden, yeni tür algoritmalar geliştirmek gerekir. Bu çalışmada, kullanıcı girdilerinden bağımsız olan ve otonom olarak hareket eden bir mobil robot ile bir ortamın haritasını oluşturabilen yeni bir Evrişimli Sinir Ağı (CNN) tabanlı algoritma öneriyoruz. İlk aşama için CNN modelinin robota nasıl rehberlik edeceğini öğrenmesi için çevre görüntüsü ve bu görüntülerle ilgili tekerlek açılarından oluşan veri seti kullanılarak CNN yapısı eğitilir. İkinci aşama için robot, birincisinden

* 1st International Conference on Computer, Electrical and Electronic Sciences ICCEES 2020 – 8-10 October 2020

† Corresponding Author: Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Karaman, Türkiye, *beratyildiz@kmu.edu.tr

farklı bir ortamda daha önce eğitilmiş ağ üzerinden otonom olarak gezdirilir ve eş zamanlı olarak ortamın haritası alınır. Gerçek zamanlı uygulama üzerinden eğitim ve test süreçleri gerçekleştirilmiş ve geliştirilen yöntemin avantajları doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Mobil Robot, Evrişimli Sinir Ağı (CNN), Eşzamanlı Lokalizasyon ve Haritalama (SLAM), LIDAR, Aktif-SLAM.

1. Introduction

There are many advantages to replacing human tasks with robots. In particular, robots capable of performing tasks in life-threatening areas have an important place in human life. Fukushima nuclear disaster is a striking instance of this situation where the need for replacing kamikazes with robots has been noticed clearly. Moreover, the use of robots instead of humans provides low-cost and effective labor.

One of the most fundamental characteristics of the task robots is of autonomous navigation capability. For a robot to be able to do autonomous navigation, information about where it is (localization), what the world around it looks like (mapping) and where it should be navigated (navigation) has to be given. For example, in an environment where the Global Positioning System (GPS) data are available, the robot can easily answer where it is. Similarly, the robot can recognize the world around it when the environment map is in existence. Besides, the robot knows where to go if task points are previously defined or the user guide is available. However, it may not be possible to access the GPS information in situations such as an indoor, tunnel. Hence, the localization problem has to be handled in another way. By the same token, in some situations, there is no environment map or a priorly obtained map may have changed for many reasons such as natural disasters. The environment map, therefore, should be regenerated or updated. As a result of the map deficiency, the robot task points may get changed. When all these problems are taken into account, the localization and mapping of the robot must be solved simultaneously and autonomous navigation have to be provided accordingly. In this context, there have been improved Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) algorithms and significant engineering problems such as an autonomous driverless car can be cleared up through SLAM algorithms [1]. Although SLAM algorithms provide autonomy for mobile robots, full autonomy is possible if and only if the robot knows where to go. In other words, a robot that is aware of where it is, what the world around it looks like and where to navigate can have full autonomy. This definition is known as active-SLAM in the literature. Such an approach may require more effort, but it is crucial that a robot can decide where to go independent of human control [2].

Developing technological tools allow for heavy computation so that it is possible to go beyond classical machine learning techniques and benefit from deep learning algorithms that resemble human thought. Due to this power, many implementations which are originally done by machine learning techniques have been replacing nowadays with deep learning ones [3]. The study at hand is also related to the active-SLAM algorithm and it is based on Convolutional Neural Network (CNN) which is a special type of deep learning algorithm.

The novelty of the study is the combination of the SLAM scheme with the CNN based navigation instead of user guidance or existing active-SLAM algorithms. As to our knowledge, there is no comprehensive recent research of CNN for active-SLAM. The developed algorithm enables the idea of creating a map and autonomous navigation of many mobile robots which especially share the same environment.

2. Material and Method

2.1. Active SLAM

SLAM is an algorithm that a robot or robot team build a map of an unknown environment while simultaneously localize itself within this map. This algorithm generally has been introduced in two periods which are classical and modern. In the classical era, the problem has been solved with Bayesian-based filters. In that approach, a robot's odometry information and sensor data are applied to the filters such as Kalman or Extended Kalman Filters (EKF). In the early period of the SLAM researches, the EKF-based algorithms have matched excellently with the nonlinearity pattern of the SLAM. Therefore, EKF-SLAM has still regarded as an important cornerstone of the SLAM studies. Contrary to this, it is too slow when the number of landmarks in the environment is overabundant. This handicap is overcome with the development of the Rao-Blackwellised Particle Filter (RBPF-SLAM) which is based on particle filters. Generally, the inputs are the control (u) and sensor data (z) and the outputs are the locations of the robot (x) and a map of the environment (m), (1).

$$P(x_{1:k}, m | z_{1:k}, u_{1:k}) \quad (1)$$

where k points out the steps of the whole algorithm. Whereas the classical period has consisted of Bayesian-based filters, the modern stage (also called Visual SLAM) is formed around computer vision algorithms. The environment map is created based on the images taken from cameras. There is a considerable amount of literature on V-SLAM using cameras such as monocular, stereo, RGBD [4].

To implement SLAM algorithms, there have been many open source software both for classical and modern approaches. Especially Robot Operating System (ROS) based ones such as gmapping, hectormapping, ORB-SLAM are the most preferred algorithms by researchers. This is because ROS provides a comprehensive outline for both real-time and simulation environments. It was also benefitted from the ROS hectormapping packages for the SLAM part of this study. This algorithm is based on a combination of the Laser Imaging Detection and Ranging (LIDAR) sensor data with the scan matching technique [5].

Regardless of the SLAM problem, the first autonomous exploration mentioned in the paper of Whaitte in 1997 [6]. Later on, the techniques combined with SLAM has been improved. A general plan of these methods is the determination of the 2D occupancy grid map of an environment and afterward navigation of the robot to an unknown area. Furthermore, some studies measure the mapping uncertainty based on a pre-defined entropy and try to reduce it. Although these types of work have some upsides, the most drawback of them is that they are generally in need of an occupancy map of the environment to steer the robot.

A navigation problem can be solved by utilizing random movements or exploration algorithms. However, the random exploration process is not preferred due to both requiring high exploration time and having a risk of unexplored regions.

Because of this reason, the exploration algorithms which provide a systematic outline for the discovery of the whole region are preferred. A robot obtains a full autonomy and can navigate to the unknown regions of the environment without the need for user inputs by courtesy of these algorithms. In addition to that, active-SLAM is the integration of the exploration algorithms into the SLAM problem as mentioned in the introduction section. Thanks to the combined scheme, a robot can reach full autonomy.

2.2. Convolutional Neural Networks

So far, machine learning algorithms have been applied to various engineering problems. However, many papers reveal that such algorithms are still nowhere near human thinking. On the contrary, there are promising studies on deep learning that

resembles human thought [7]. Because of that reason, a deep learning scheme is a good alternative to machine learning algorithms and have been applying to many fields of engineering problems. One of the secrets of the success of deep learning algorithms is big-size training data. Classical Central Processing Unit (CPUs) have trouble with the processing of big-size data due to time consumption. At this point, the Graphics Processing Unit (GPUs) is an excellent option. Enhanced GPUs and easy access to them have paved the way for the problem of processing big data and thus, researchers have begun to apply deep learning-based algorithms to the different applications. This paper also benefits from CNN which is a subset of deep learning algorithms. CNN is indeed an advanced ANN (Artificial Neural Network) and generally utilized in image classifications. The CNN structure used in the study illustrates in Fig.1.

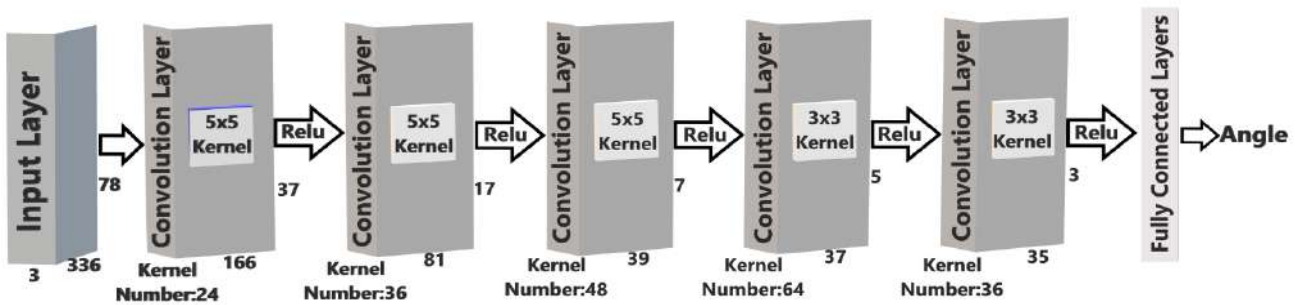


Fig. 1. Convolutional Neural Network architecture.

This structure consists of five convolution and four fully connected layers. A kernel with a size of 5x5 was used to feature extraction in the first 3 convolution layers and Kernel with a size of 3x3 were used in the last 2 layers. For these filtering operations 24, 36, 48, 64 and 64 Kernel were used respectively. After filtering, values were normalized using the Rectified Linear Unit (ReLU) activation function.

The dataset was generated with the images taken while driving and the wheel angles corresponding to these images. In other words, CNN input data is the vehicle and the output data is the wheel angles. The wheel angles in the collected data set are in the range of [-0.35, 0.35] radians. Each image has a value which is corresponding to the steering angle at that time. The frequency of the steering angles for the whole process is illustrated in Fig. 2.

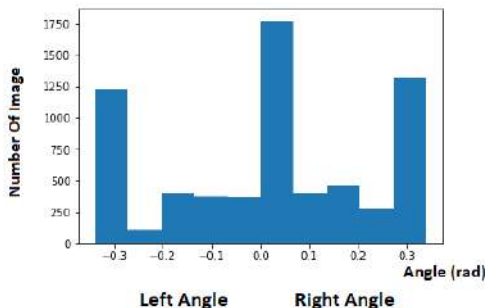


Fig. 2. Frequency of the steering angle.

The augmentation process is applied to diversify the data. The mixed data acquired from the images and angles is registered to the CNN structure. Frames of the images are multiplied with the randomized kernels and transformed into a single row. The low-sized filters obtained from the input images are applied to the three fully connected layers. The obtained

output value evaluated through mean square error (MSE), (2) and backpropagation process is performed.

$$error = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{X}_i - X_i)^2 \quad (2)$$

3. Experimental Setup

A robot that has a differential steering model was used in the study. NVIDIA Jetson TX2 module, Stereolabs's passive zed camera and Scanse's sweep LIDAR were mounted on it. The Jetson module has a capacity of 8 GB RAM and 256 CUDA cores. LIDAR has 360 degrees field of view and its sample frequency is 2 to 8 kHz in Fig. 3.



Fig. 3. The robot used in the experiment.

Within the scope of the application, the environment where the robot carries out the training and testing stages is created as shown in Fig. 4 in a way similar to the environments in hospitals, schools, etc. The training data which consists of environment images and joystick commands (also meaning to steer angle) was collected as the robot was steering in this environment in Fig. 4a. The created CNN architecture was trained with these inputs. And later, this network was tested in a different environment in Fig. 4b.

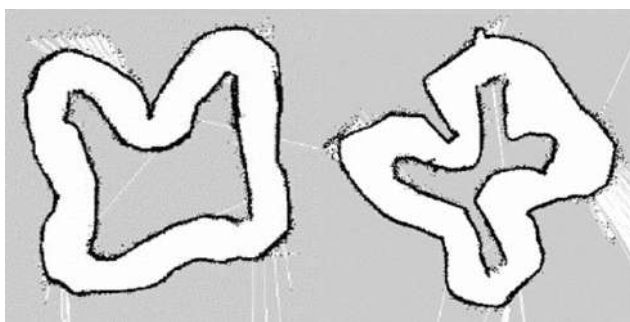


(a)
(b)

Fig. 4. The environment of the experiment. (a) The training environment. (b) The test environment.

4. Results and Discussion

According to the test results, it was witnessed that the robot was able to move autonomously in this unknown test environment. During the test process, neither user data nor information about how to navigate was provided to the robot and all the movements were realized by the trained network. The 2-D occupancy grid map of the training environment is seen in Fig. 6a. In the process of autonomous movements, the test environment map was obtained using the ROS hectormapping package along with the laser sensor mounted on the robot in Fig. 6b.



(a)

(b)

5. Conclusions and Recommendations

In this study, SLAM algorithms were combined with the autonomous exploration methods and an active-SLAM framework for this scheme was constituted. Although there are several methods for autonomous navigation of a mobile robot, it is seen that most of them are generally related to the determination of the unknown regions and steering of the robot into these areas. In our work, the CNN scheme that recently received much attention by many researchers was unified with the SLAM algorithm. The CNN framework was trained with real-time environment images and the steering angle of the

Fig. 6. Maps of the environments acquired by robots. (a) The training environment 2-D map. (b) The test environment 2-D map.

Furthermore, it also uses the signs Quick Response (QR) codes to determine which path should be selected at the points where alternative routes are available. To realize this, the ID and priority path information were assigned to each turning point by the signs (QR codes) in Fig. 7. This information was logged during the experiments. Thanks to the logged information, when the robot revisits any turning point, the control algorithm was guided the robot in the other direction which was not visited yet.



Fig. 7. Quick response codes.

Consequently, within the framework of active-SLAM, a robot was built the environment map and at the same time was able to find an answer to the question of where to steer using a trained CNN scheme. The best result parameters for system performance are given in Table I in the training and test procedures where the CNN structure is used.

Table 1. Deep Learning Parameters

Parameters	Numbers
Number of Training Image	5376
Number of Testing Image	1344
Batch Size	8
CNN Activation Function	ReLU
CNN Loss Function	Mean Squared Error
CNN Optimizer	Adam
Epochs	40

robot. To verify the trained network, a new test environment was made up and real-time experiments were carried out on it. Although the test and training environments were not the same, it was observed that the robot made rotation and forward motion decisions by itself and it successfully fulfilled the autonomous navigation. As well as autonomous navigation, the mapping of the environment was performed simultaneously, thereby the robot gained full autonomy. The enhanced method was tested and verified with real-time implementations. Utilizing the artificially created QR codes, the robot can explore the whole environment and does not have to visit the previously observed regions. In future studies, it is planned to expand the algorithm

by adding feature detection modules such as SIFT, SURF, ORB so that it will not need artificial landmarks. On the other hand, it is also planned to investigate situations where the environment has open/closed sections or certain indicators such as direction signs (stop sign, crosswalk, etc.). To further our research, we intend to develop the study by adding the action recognition part. Thanks to action recognition, it is likely to present an active-SLAM scheme that socially incorporates with humans.

6. Acknowledge

Authors are thankful to Rac-Lab (www.rac-lab.com) for providing the trial version of their commercial software for this study.

References

- [1] Durrant-Whyte, H., & Bailey, T. (2006). Simultaneous localization and mapping: part I. *IEEE robotics & automation magazine*, 13(2), 99-110. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/MRA.2006.1638022>
- [2] Maurović, I., Seder, M., Lenac, K., & Petrović, I. (2017). Path planning for active SLAM based on the D* algorithm with negative edge weights. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics: Systems*, 48(8), 1321-1331. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/TSMC.2017.2668603>
- [3] Zeng, Z., Xiao, H., & Zhang, X. (2016). Self CNN-based time series stream forecasting. *Electronics Letters*, 52(22), 1857-1858. Available: <http://dx.doi.org/10.1049/el.2016.2626>
- [4] Fuentes-Pacheco, J., Ruiz-Ascencio, J., & Rendón-Mancha, J. M. (2015). Visual simultaneous localization and mapping: a survey. *Artificial intelligence review*, 43(1), 55-81.
- [5] Kohlbrecher, S., Von Stryk, O., Meyer, J., & Klingauf, U. (2011, November). A flexible and scalable slam system with full 3d motion estimation. In *2011 IEEE international symposium on safety, security, and rescue robotics* (pp. 155-160). IEEE. Available: <http://dx.doi.org/10.1109/SSRR.2011.6106777>
- [6] Whaite, P., & Ferrie, F. P. (1997). Autonomous exploration: Driven by uncertainty. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 19(3), 193-205.
- [7] Fatih, Ö. (2019). Efficient deep feature selection for remote sensing image recognition with fused deep learning architectures. *The Journal of Supercomputing*, vol. 76, no. 11, pp. 8413-8431, 2020. DOI: 10.1007/s11227-019-03106-y.



Determination of Radon Exposure during the Geothermal Bath Therapies

Feride Kulalı^{1*}

^{1*} Vocational School of Health Services, Nuclear Technology and Radiation Safety, Üsküdar University, Istanbul-TURKEY, (ORCID: 0000-0002-7211-4336),
feride.kulali@uskudar.edu.tr

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.840730)

ATIF/REFERENCE: Kulalı, F. (2021). Determination of Radon Exposure during the Geothermal Bath Therapies. *European Journal of Science and Technology*, (22), 347-351.

Abstract

Radon gas is the widest and primary origin of radiation exposure due to natural radiation sources. Radon and its short-term decay products may adhere to small particles in the air and inhalation of these particles cause an increase in lung cancer risk by irradiating lung tissues by alpha radiation. Radon can reach living spaces by diffusion in air or dissolving in water and also it is well known that radon readily soluble in water and the solubility of radon increases quickly while the temperature of the water is decreasing. For this reason, investigation of radon activity concentration levels in drinking water, groundwater and geothermal waters is necessary to avoid exposure to radiation due to water use. In this study, dissolved radon concentrations in geothermal water samples and the indoor radon levels during the treatment in thermal bath facilities, were measured by using AlphaGUARD PQ2000Pro. The indoor measurements were performed at three facilities which contain bathrooms using geothermal waters in September 2019. Radon levels in the geothermal waters of the region were determined by collecting water samples from nine locations in the geothermal fields in the Büyük Menderes Graben. The annual effective doses received by residents and visitors due to indoor radon concentrations between 753-186 Bq/m³ was calculated.

Keywords: Radon exposure, Geothermal Bath Treatment, SPA.

Jeotermal Banyo Tedavileri Sırasında Radon Maruziyetinin Belirlenmesi

Öz

Radon gazı, doğal radyasyon kaynakları nedeniyle oluşan radyasyon maruziyetinin en yaygın ve birincil kaynağıdır. Radon ve kısa süreli bozunma ürünleri havadaki küçük partiküllere yapışabilmekte ve bu partiküllerin solunması akciğer dokularını alfa radyasyonu ile ışınlamaya akciğer kanseri riskinde artışa neden olmaktadır. Radon, havada difüzyonla veya suda çözünerek yaşam alanlarına ulaşabilmektedir ve ayrıca radonun suda kolaylıkla çözünmediği ve azalan sıcaklıkla çözünürlüğünün hızla arttığı iyi bilinmektedir. Bu nedenle, içme suyu, yeraltı suları ve jeotermal sularda radon aktivite seviyelerinin incelenmesi, su kullanımına bağlı olarak maruz kalınan radyasyonun belirlenmesi için çok önemlidir. Bu çalışmada, jeotermal su örneklerinde çözünmüş radon konsantrasyonları ve termal banyo tesislerinde tedavi sırasındaki bina içi radon seviyeleri AlphaGUARD PQ2000Pro kullanılarak ölçülmüştür. Jeotermal suların kullanıldığı banyoların bulunduğu üç tesiste bina içi radon ölçümleri Eylül 2019'da gerçekleştirilmiştir. Büyük Menderes Grabeni'nde yer alan jeotermal sahalarda bulunan dokuz lokasyondan su örnekleri toplanarak bölgeye ait jeotermal sulardaki radon seviyeleri belirlenmiştir. 753-186 Bq / m³ arasındaki bina içi radon konsantrasyonları nedeniyle bölge sakinleri ve ziyaretçiler tarafından alınan yıllık etkin dozlar hesaplanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Radon maruziyeti, Jeotermal Banyo Tedavisi, SPA.

* Corresponding Author: feride.kulali@uskudar.edu.tr

1. Introduction

Radon gas is an important source of irradiation with natural radiation. The reactivity of radon is poor, so it does not chemically bind to tissues when inhaled. However, radon decay products, which irradiate lung tissue and increase the risk of lung cancer, adhere to dust and other particles to form radioactive aerosols. Inhalation of radon gas does not cause acute effects such as respiratory failure, headache and cough (Keith et al. 2012). However, in order to prevent stochastic effects that may occur, it is essential to examine especially indoor radon levels (Yarar et al. 2015; Günay et al 2018; Yalim et al. 2018; İçedef 2019; Günay et al 2019).

The production of Rn depends on the existence of Ra in the earth's crust, in soil, rocks and groundwater. Radon emanates from solid grains and transports in pores occupied with air and water and then transported by diffusion and advection through this space in order to exhale into the atmosphere. If water is present in these pores, it is easier for the radon atoms to remain here, but if it is dry, the radon atoms can be embedded in another particle where they cannot move through the gap. For most soils, only 10 to 50 percent of the radon actually escapes from the mineral grains and enters the pores. The seasonal variation of radon concentration varies from sea level to elevation. In mountainous regions, fluctuations in concentration are observed due to temperature and wind changes. It is spreading to the environment closely related to the geological structure of the geographical region. Radon concentrations on the earth surface vary according to the permeability of soil, fractured structure of the crust and generally higher the faults (Nazaroff, 1992).

The medical use of geothermal waters, spa pools and mineral baths especially for arthritis treatment is known as balneotherapy. Balneology is the science that studies the healing effects of natural thermal waters and their use in the treatment of diseases. Thermal water treatments have been practiced since ancient times, spread all over the world and are part of the traditional therapies of ancient and modern cultures. Healing thermal waters are used not only as bathing, but also in the form of inhalation, irrigation, drinking cure or mud (Davinelli et al. 2019). There are different regional studies on radon exposure during thermal applications. (Vogiannis et al. 2004; Walczak et al. 2015; Müllerová et al. 2016; Yıldız et al. 2018)

In the current study, radon activity concentrations in groundwater and geothermal water have been measured in some parts of Büyük Menderes Graben where active fault lines are spread over a wide area. In addition, indoor radon concentrations were measured during thermal treatments and effective doses were calculated.

2. Material and Method

2.1. Monitoring Site

Many general geological and geothermal studies have been carried out on the Büyük Menderes Graben (Western Anatolia). Turkey's high enthalpy geothermal fields are located in the Büyük Menderes Graben. Büyük Menderes graben is the result of N-S extension which commenced by the Early Pliocene. Geophysical studies and drilling have shown a normal fault structure, resulting in stepwise graben formation, which is also characteristic of the Germencik, Salavatlı and Kızıldere geothermal fields in the Büyük Menderes Graben (Fig.1) (Simsek, 2003).

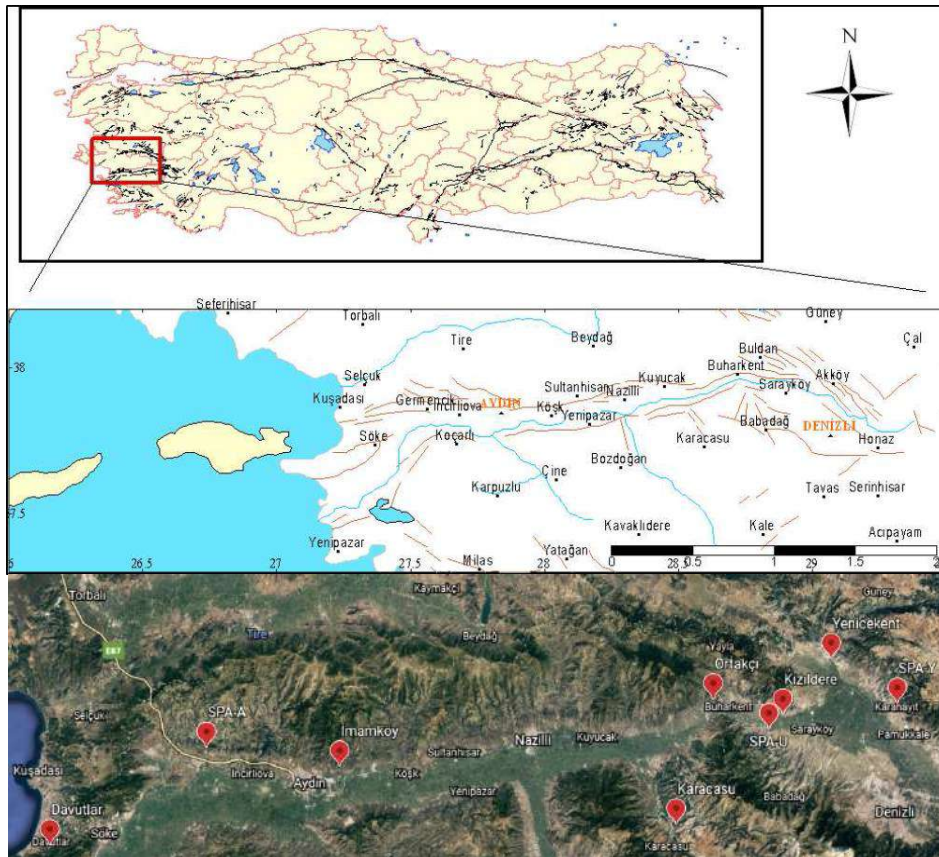


Figure 1. Active faults of Büyük Menderes graben system and measurement points (Eravcı 2006)

2.2. Measurement Technique

Measurements were carried out with AlphaGuard PQ 2000PRO, a portable radon monitor produced for long-term radon survey. AlphaGuard is an ionizing chamber which determines radon via alpha spectrometric techniques. The AlphaGuard device has a variety of equipment for different applications. AquaKIT was used for the determination of radon activity concentration in water (Fig.2). For measurement with Aquakit, water samples were circulated in a radon sealed assembly consisting of two glass containers and an Alpha Guard unit. The water temperatures were measured by thermometer during the sampling. Indoor radon measurements was performed on diffusion mode of the AlphaGuard monitor during the thermal treatments. The device was left in the treatment room for an hour, allowing it to operate in 10-minute data sampling cycles and at the end of process mean value obtained for per treatment.

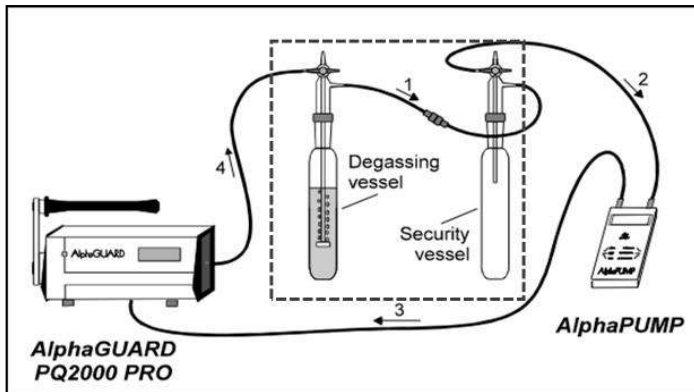


Figure 2. AquaKIT scheme.

AlphaEXPERT is the software of the monitoring system and it was used for the imaging, processing and storage of the measurement data. Radon concentrations in the water samples (C_{water}) were calculated using the following equation

$$C_{\text{water}} = \frac{C_{\text{air}} \times \left(\frac{V_{\text{system}} - V_{\text{sample}}}{V_{\text{sample}}} + k \right) - C_0}{1000} \quad (1)$$

Where C_{air} is the radon activity concentration [Bq/m^3] in the measuring set-up after expelling the radon. C_0 is the radon activity concentration in the measuring set-up before sampling and V is the volume (Genitron Instruments, 2000).

The Ostwald coefficient (k) in the equation explains the solubility of radon in water and is defined as the ratio of radon concentration in the water phase to that in the gas phase. The value of k changes with temperature and there is an inverse correlation between the increase in temperature and the solubility of radon in water.

3. Results and Discussion

In this study, samples of nine geothermal sources located in the Büyük Menderes Graben, including Kızıldere, Germencik and Karahayıt geothermal fields, were collected and radon concentrations in these waters were determined (Table 1). Radon dissolved in water can enter indoor air when water is used. In 1993, the concentration ratio in air and water was taken as 10-4 by Unsear. This value was also suggested in a national review of experimental and model study results in the United States (National Research Council 1998). Considering the measured values, it is clear that their contribution to indoor radon values and to the effective dose due to inhalation will be very low.

The Commission of the European Communities (2001) recommended a reference level for the radon in drinking water of 100 Bq /l, while the USEPA (2000) proposed a MCL (maximum contaminant level) of 11 Bq/l and an AMCL (alternative maximum contaminant level) of 148 Bq /l for radon. Sources are rarely used for drinking, but are often below recommended levels.

Three of the locations were SPA facilities with personal treatment rooms. All SPA facilities have a small pool in the rooms and this pool is filled with geothermal water before the therapy. Before filling the pool, background radon levels were measured and determined as 131 Bq/m³ for SPA-Y, 98 Bq/m³ for SPA-U and 146 Bq/m³ for SPA-A, respectively. The mean values were determined by measuring one hour for an average of one hour treatment period after filling. Effective doses were calculated by measuring the exposed indoor radon concentrations during the treatments performed in these rooms (Table 2-3). Occupancy factor changes for residents of the facilities and visitors for annual effective doses. Visitors stated that they visit the thermal facilities for one week to ten days a year and use the indoor geothermal pools twice a day, while those who live here stated that they use it at least once a week.

Table 1. Rn activity concentrations in geothermal waters

	Location	Temperature(°C)	Rn (Bq/l)	Rn Error (Bq/l)
1	SPA-Y (Karahayıt)	42.5 (59) *	10.634	±1.33
2	Yenicekent	45.1	3.143	±0.93
3	SPA-U (Sarayköy)	89	1.772	±0.22
4	Kızıldere	86 (242) *	2.036	±0.25
5	Ortakçı	30.6	39.340	±4.90
6	Karacasu	25	9.315	±1.16
7	İmamköy	41	4.631	±0.57
8	SPA-A (Alangüllü/Germencik)	61.7 (232) *	1.392	±0.21
9	Davutlar	54	1.899	±0.23
	Recommended reference levels			
	USEPA		11	
	EURATOM		100	

* reservoir temperatures (Simssek 2003)

Table 2. Indoor Rn activity concentrations

Location	Temperature (°C)	Rn (Bq/m ³)	Rn Error (Bq/ m ³)
SPA-Y (Karahayıt)	42.5	753	±94
SPA-U (Sarayköy)	89	186	±24
SPA-A (Alangüllü/Germencik)	61.7	243	±60

Table 3. Effective doses

Location	Effective dose (µSv) (per treatment)	Annual Effective dose (µSv) (for residents)	Annual Effective dose (µSv) (for visitors)
SPA-Y (Karahayıt)	2.7	140.4	37.8-54
SPA-U (Sarayköy)	0.66	34.32	9.24-13.2
SPA-A (Alangüllü/Germencik)	0.87	45.24	12.18-17.4

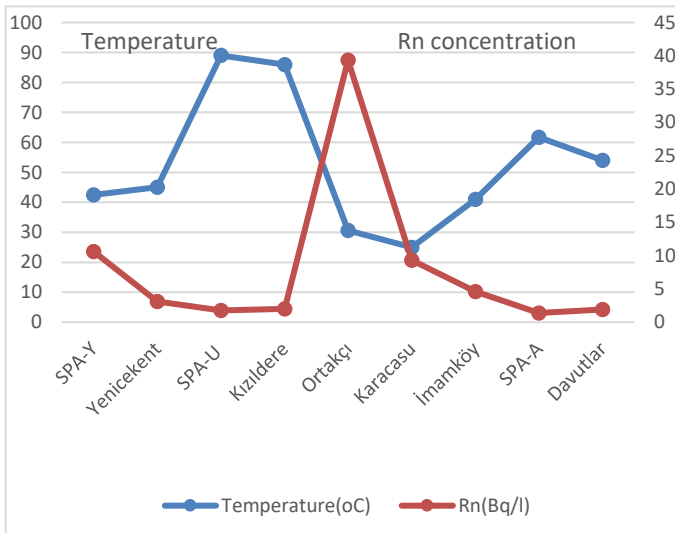


Figure 3. Temperature & Rn concentration graph

It is clear that the radon values dissolved in water are consistent with the oswald coefficient at high temperature differences, but this situation changes at some close values. Because the radon values are not only related to temperature, but are also affected by factors such as the natural radioactivity levels of the region, the proximity of the location to the fault lines and the flow rate of the water (Fig 3).

4. Conclusions and Recommendations

The geothermal water resources of the Büyük Menderes Graben are utilized for varied purposes, such as geothermal treatments in SPAs, swimming in natural and artificial geothermal pools, irrigation and rarely drinking. Ortakçı sample has a radon concentration level that exceeds the maximum pollutant level (MCL) of 11 Bq / l as recommended by the United States Environmental Protection Agency (USEPA 2000) and is significantly higher than at other locations. However, Ortakçı resource is far from settlements and is not used for any special

purpose. Karacasu spring is generally used in irrigation and it was determined that radon activity concentrations in İmamköy, Kızıldere, Davutlar and Yenicekent samples are well below the reference values.

Indoor radon levels are below the 400 Bq.m⁻³ recommended for indoor radon concentration in dwellings by the Turkish Atomic Energy Authority during the treatments at SPA-U and SPA-A, however SPA-Y exceeds the limit (TAEA 2012). As seen from Table 3, the annual effective doses changed from 9.24 µSv to 37.8 µSv for visitors and from 34.32 µSv to 140.4 µSv for residents. The reason why SPA-Y has a higher radon concentration compared to other facilities can be thought to be due to the lower water temperature and higher radon solubility in this water. It is also known that the proximity of active fault lines affects the radon level in geothermal waters. In addition, since the source temperature is very high in SPA-U and SPA-A, the geothermal waters are first taken to the tanks and then served to the rooms, which causes the radon density to decrease. In SPA-Y, on the other hand, water directly reaches the rooms from the source, so gas discharge from the taps is observed along with the water. For this reason, it may be recommended to ventilate the room while filling the pools in the rooms. The effective doses people receive from SPA facilities are restricted by the short exposure time and remains below level of 1.2 mSv the average worldwide exposure due to radon sources. (Unsclear 2000). It can be concluded that the use of geothermal water in balneotherapy will not pose a radiological hazard if the room is ventilated and the treatment times are not exceeded.

References

- Davinelli, S., Bassetto, F., Vitale, M., & Scapagnini, G. (2019). Thermal Waters and the Hormetic Effects of Hydrogen Sulfide on Inflammatory Arthritis and Wound Healing. *The Science of Hormesis in Health and Longevity*, 121-126. doi:10.1016/b978-0-12-814253-0.00010-3
- Eravcı B (2006) Geology and Paleoseismology of Active Faults in Büyük Menderes Graben. Dissertation, Ankara University

- Genitron Instruments, 2000. Alpha Guard PQ2000 PRO Multiparameter Radon Monitor. Genitron Instruments Ltd, Frankfurt.
- Günay O, Aközcan S, Kulalı F (2018) Bina İçi Radon Konsantrasyonlarının Belirlenmesi. *European Journal of Science and Technology* 13: 91-97.
- Günay O, Aközcan S, Kulalı F (2019). Measurement of indoor radon concentration and annual effective dose estimation for a university campus in Istanbul. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(5), 171-178., Doi: 10.1007/s12517-019-4344-x
- İçhedef M (2019) Measurement of Rn-222 and Ra-226 in municipal supply tap water to evaluate their radiological impacts," *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, vol.99, 1069-1077. DOI: 10.1080/03067319.2019.1609461
- Keith S, Doyle JR, Harper C, et al. Toxicological Profile for Radon. Atlanta (GA): Agency for Toxic Substances and Disease Registry (US); 2012 May.
- Müllerová, M., Mazur, J., Blahušiak, P., Grządziel, D., Holý, K., Kovács, T., Shahrokhi, A. (2016). Preliminary results of radon survey in thermal spas in V4 countries. *Nukleonika*, 61(3), 303-306. doi:10.1515/nuka-2016-0050
- Nazaroff, W. W. (1992), Radon transport from soil to air, *Rev. Geophys.*, 30(2), 137– 160, doi:10.1029/92RG00055.
- National Research Council (1998) Risk Assessment of Radon in Drinking Water. National Academy Press, Washington.
- Simsek, S. (2003). Hydrogeological and isotopic survey of geothermal fields in the Buyuk Menderes graben, Turkey. *Geothermics*, 32(4-6), 669-678. doi:10.1016/s0375-6505(03)00072-5
- The Commission of the European Communities (2001) Commission Recommendation of 20 December 2001 on the protection of the public against exposure to radon in drinking water supplies. C(2001)/4580/01/928/EURATOM.
- Turkish Atomic Energy Authority-TAEA (2012) Radon gas in the indoor environment. Technical report 2012/3, Ankara.
- UNSCEAR (1993) United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 1993 Report to the General Assembly, with scientific annexes. United Nations sales publication E.94.IX.2. United Nations, New York.
- UNSCEAR (2000) United Nation Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. Sources and Effects of Ionizing Radiation, United Nations Publications, New York.
- USEPA Office of Ground Water and Drinking Water (2000) Radionuclides Notice of Data Availability, Technical Support Document, The United States Environmental Protection Agency Publications, March 2000, EPA Number: 815R00007
- Vogiannis, E., Niaounakis, M., & Halvadakis, C. (2004). Contribution of 222Rn-bearing water to the occupational exposure in thermal baths. *Environment International*, 30(5), 621-629. doi:10.1016/j.envint.2003.11.004
- Walczak, K., Olszewski, J., & Zmysłony, M. (2015). Estimate of radon exposure in geothermal SPAs in Poland. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health*, 29(1), 161-166. doi:10.13075/ijomeh.1896.00404
- Yalım HA, Gümüş A, Başaran C, Bağcı M, Yıldız A, Açıl D, Özçelik M, İlhan MZ, Ünal R (2018) Comparison of radon concentrations in soil gas and indoor environment of Afyonkarahisar Province. *Arab J Geosci* 11, 246. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3546-y>
- Yarar Z, Taşköprü C, İçhedef M, Saç MM, Kumru MN, Bolca M (2015). Ra-222 and Ra-226 in geothermal waters of Bayındır-Izmir (Turkey). *Environmental Earth Sciences*, vol.74, 6943-6949. DOI: 10.1007/s12665-015-4701-3
- Yıldız A, Başaran C, Bağcı M, Gümüş A, Çonkar FE, Ulutürk Y, Yalım HA (2018) The measurement of soil gases and shallow temperature for determination of active faults in a geothermal area: a case study from Ömer-Gecek, Afyonkarahisar (West Anatolia). *Arab J Geosci* 11, 175. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-3520-8>



Charpy Impact Response of Notched Aluminum 5754-H111 of Repaired with Carbon/Epoxy and E-Glass/Epoxy

Berkant Dindar^{1*}, İnan Ağır²

^{1*} Tokat Gaziosmanpaşa University, Faculty of Engineering and Architectural, Department of Mechanical Engineering, Tokat, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1215-3621), berkant.dindar@gop.edu.tr

² Pamukkale University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, Denizli, Turkey, (ORCID: 0000-0001-8845-1452), iagir@pau.edu.tr

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.844824)

ATIF/REFERENCE: Dindar, B. & Ağır, İ. (2021). Charpy Impact Response of Notched Aluminum 5754-H111 of Repaired with Carbon/Epoxy and E-Glass/Epoxy. *European Journal of Science and Technology*, (22), 352-356.

Abstract

In this study, aluminum sheets with three different notch depths were repaired with carbon/epoxy and e-glass/epoxy composites and than were investigated experimentally for their response to Charpy impact. [90/45/-45] oriented triaxial fabrics were used in patch reinforcement materials. Composite laminates were prepared in [90/45/-45/45/-45/90] orientation by placing these three axial fabrics on top each other. Hand lay-up technique was used in the preparation of laminated composites. The reinforcement fabrics wetted by hand lay-up were cured by hot molding at 100 °C and 7 bar pressure. Composite plates were produced in 40x40 cm dimensions. Aluminum plates were also provided in 40x40 cm dimensions. Both aluminum and composites were cut with water jet to obtain samples and patches from these plates. The aluminum and composite elements cut to the desired dimensions, were glued to each other on one-side with a double component methyl methacrylate adhesive. In the experimental stage, some mechanical properties of the composites were determined first. Afterwards, the energy absorption capacities of the aluminum plates as repaired and unrepaired in three different notch lengths (3 mm, 5 mm, 7 mm), was determined by conducting Charpy notch impact tests. In addition, Scanning Electron Microscope (SEM) analysis of the composite patches were performed. This study, which was conducted to determine to what extend the composite patches affect the notch impact toughness of the aluminum plate, aims to be a guiding resource for engineers and researchers for composite patch repairs.

Keywords: Charpy impact response, E-glass, Carbon fiber, Epoxy.

Karbon/Epoksi ve E-Cam/Epoksi ile Onarılmış Çentikli 5754-H111 Alüminyum Charpy Darbe Tepkisi

Öz

Bu çalışmada, üç farklı çentik derinliğine sahip alüminyum levhalar, karbon/epoksi ve e-cam/epoksi kompozitleri ile tamir edilmiş ve Charpy darbe tepkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Yama melzemeleri [90/45/-45] oryantasyonlu üç eksenli kumaşlar ile takviyelendirilmiştir. Bu üç eksenli kumaşlar üst üste konumlanılarak [90/45/-45/45/-45/90] oryantasyonlu kompozit laminalar oluşturulmuştur. Laminaların oluşturulmasında el yatırması tekniği kullanılmıştır. El yatırması ile ısıtılan takviye kumaşları 100 °C ve 7 bar basınç altında kürleştirilmiştir. Kompozit plakalar 40x40 cm ölçülerinde üretilmiştir. Alüminyum plakalar ise yine 40x40 cm ölçülerinde teemin edilmiştir. Bu plakalardan numune ve yamalar elde etmek için hem alüminyum hemde kompozitler su jeti ile kesilmiştir. İstenilen ölçülerde kesilen alüminyum ve kompozit elemanları, çift bileşenli metil metakrilat yapıştırıcı ile tek taraflı olarak birbirine yapıştırılmıştır. Deneysel aşamada öncelikle kompozitlerin bazı mekanik özellikleri belirlenmiştir. Sonrasında üç farklı çentik boyundaki (3 mm, 5 mm, 7 mm) onarılmış ve onarılmamış alüminyum levhaların enerji emme miktarları Charpy çentik darbe deneyleri ile tespit edilmiştir. Ayrıca kompozit yamaların Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi yapılmıştır. Kompozit yamaların alüminyum plakanın çentik darbe tokluğunu hangi düzeyde etkilediğinin belirlenmesi için yapılan bu çalışma, mühendislere ve araştırmacılara kompozit yama onarımları için bir yol gösterici kaynak olması hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Charpy darbe tepkisi, E-cam, Karbon fiber, Epoksi.

* Corresponding Author: berkant.dindar@gop.edu.tr

1. Introduction

Impact toughness and fracture behavior of aluminum alloys have technical importance in providing fail safe component design in structural applications (Tajally, et. al., 2010). Design methods based on Charpy impact tests often provide solutions to avoid brittle fracture (Wallin, et. al., 2020). Features such as high specific strength, corrosion resistance, high fatigue strength make advanced composite materials an ideal patch repair element (Khalili, et al., 2009). In the repair of cracked metal plates with composite, surface treatments are generally applied to prevent adhesion failure (Papanikos, et. al., 2007). Aluminum adheres better to glass fiber reinforced composites than other composites (Dharaj, et. al. 2020). Although notches are necessary for engineering design, they tend to promote crack initiation as a result of stress concentration in their environment (Torabi, et. al., 2018). Patches reduce the stress around the crack area so that the stresses can be transferred from the cracked aluminum sheet to the patch part, and there is no further crack propagation in the area (Pradhan, et. al., 2020). Notches in structural components are one of the places where stress concentrations occur, so a lot of research has been done on notches in recent years (Sadrjarghouyeh, et. al., 2015), (Htoo, et. al., 2016), (Cazacu, et. al., 2020), (Papuga, et. al., 2019).

Composite materials, due to their properties such as lightness and durability, have been used extensively in recent years (Çalioğlu and Kavla, 2019). Fiber-reinforced polymers (FRP) are frequently used as primary and secondary structures in aerospace structures. Although their specific strength and stiffness are remarkable, their weak mechanical properties throughout the thickness cause the formation of separation cracks and consequently low fracture toughness under out-of-plane loads. The main reasons for low fracture toughness are the absence of reinforcing elements throughout the thickness and the amount of resin between the layers causing a rapid spread of separation cracks in the region (Yıldız, et. al., 2019).

In this study, aluminum 5754-H111 plates were notched in three different depths (3 mm, 5 mm, 7 mm). The effect of these notches on fracture toughness was determined by Charpy impact tests. Later, these notches were repaired with e-glass/epoxy and carbon/epoxy composites and how this repair changes the impact energy absorption was investigated. In the study, some mechanical properties of aluminum and composite materials were determined by performing tensile tests. Finally, SEM images of composite materials were taken and analyzed.

2. Material and Method

2.1. Fabrication Process

In this study, aluminum 5754-H111 was used as substrate material from Metal Reyonu Company, Kocaeli. As shown in Fig. 1 some of the main properties of aluminum are high specific strength and high corrosion resistance (Elahi, et. al., 2016). Samples were cut from 2 mm aluminum sheets in 10x55 mm dimensions and three different notch depths (3 mm, 5 mm, 7 mm) with Kardes Cam water jet (Denizli). Carbon and glass fabrics are triaxial and orientation angles are in the order of [90/45/-45] from Metyx Company, Kocaeli. The layer weight is 300 g/m² for carbon and 280 g/m² for glass. After applying 70-30% wt. of epoxy+curing agent to the fabrics by hand lay-up method, they

were positioned in the [90/45/-45/45/-45/90] orientation and hot molded in six layers (100 °C, 3 h. 7 Bar). Patches from the produced composite plates were cut with water jet in 8x30 mm width x length.

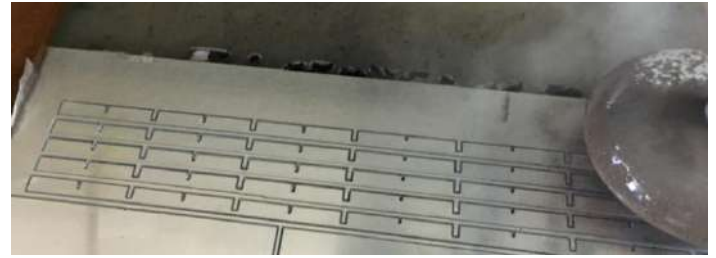


Fig. 1. Cutting of samples with water jet.

Adhesion quality depends on two main factors, surface free energy and surface roughness. Therefore, surface treatment before adhesive bonding, in the production process of fiber metal hybrid laminates (FMLs), is the most critical step that can not be ignored (Laban, et. al., 2017). The thin, slippery layer on the aluminum plates was removed with a rotary felt. These aluminum plates were cleaned with Weicon general cleaner spray. After it is ready to bond with the surface, the carbon/epoxy composite were glued with Weicon RK-7100 two component methyl methacrylate adhesive and as shown in in Fig. 2.

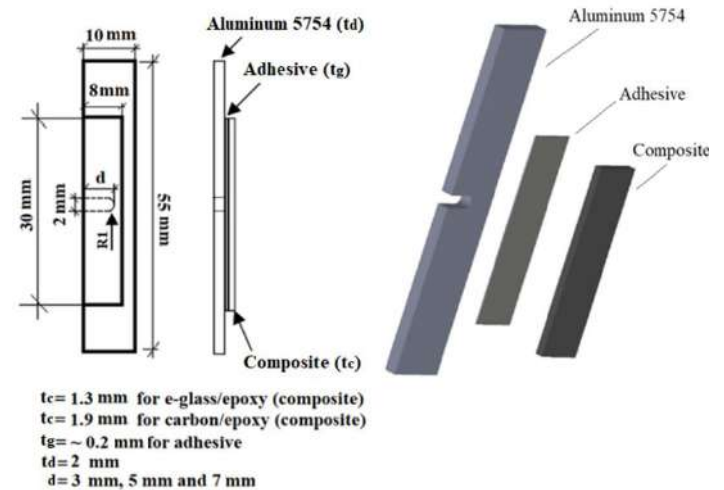


Fig. 2. Dimensions and three-dimensional representation of the sample.

2.2. Experimental Studies

Firstly, the mechanical properties of the materials used in this study were determined by performing tensile tests with Instron 8801 tester. Afterwards, the unrepaired and repaired configurations of the samples were tested with the Digital Charpy notch impact device shown in Figure 3 to determine impact absorption energies and to determine the effect of the patch on the impact. Finally, composite materials SEM analyzes were performed by taking internal structure images with Zeiss Supra 40VP electron microscope.

3. Results and Discussion

3.1. Tensile Properties

Tensile tests of the materials used in the study were carried out with Instron 8801 (50kN) tester at ambient humidity conditions and ambient temperature. The tests were conducted with an axial draw load at a speed of 1mm/min with displacement control. Stress-strain curves are given in Fig. 4, carbon/epoxy (a), e-glass/epoxy (b) and aluminum 5754-H111 (c). Tensile strengths of the composite samples with the orientation of [90/45-45/45/-45/90] are measured as 112 MPa for e-glass/epoxy, 238 MPa for carbon/epoxy approximately and aluminum 5754-H111 plate has a tensile strength of 170 MPa. Carbon fiber is lighter in structure and more durable than most metallic materials. Because it is formed by the combination of very fine capillary fibers, these fibers have less internal structure defects and parallel to this, the tensile strength characteristic is high.

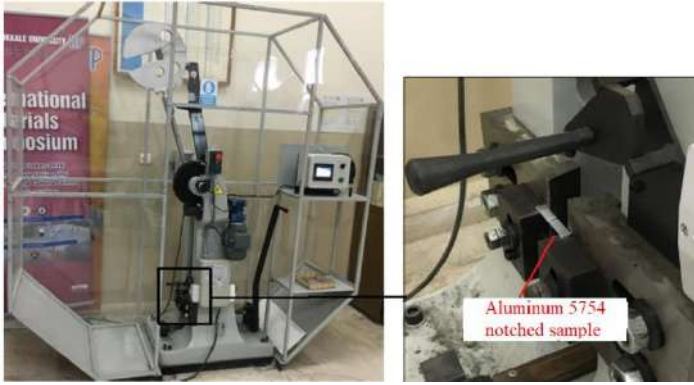


Fig. 3. Charpy impact test.

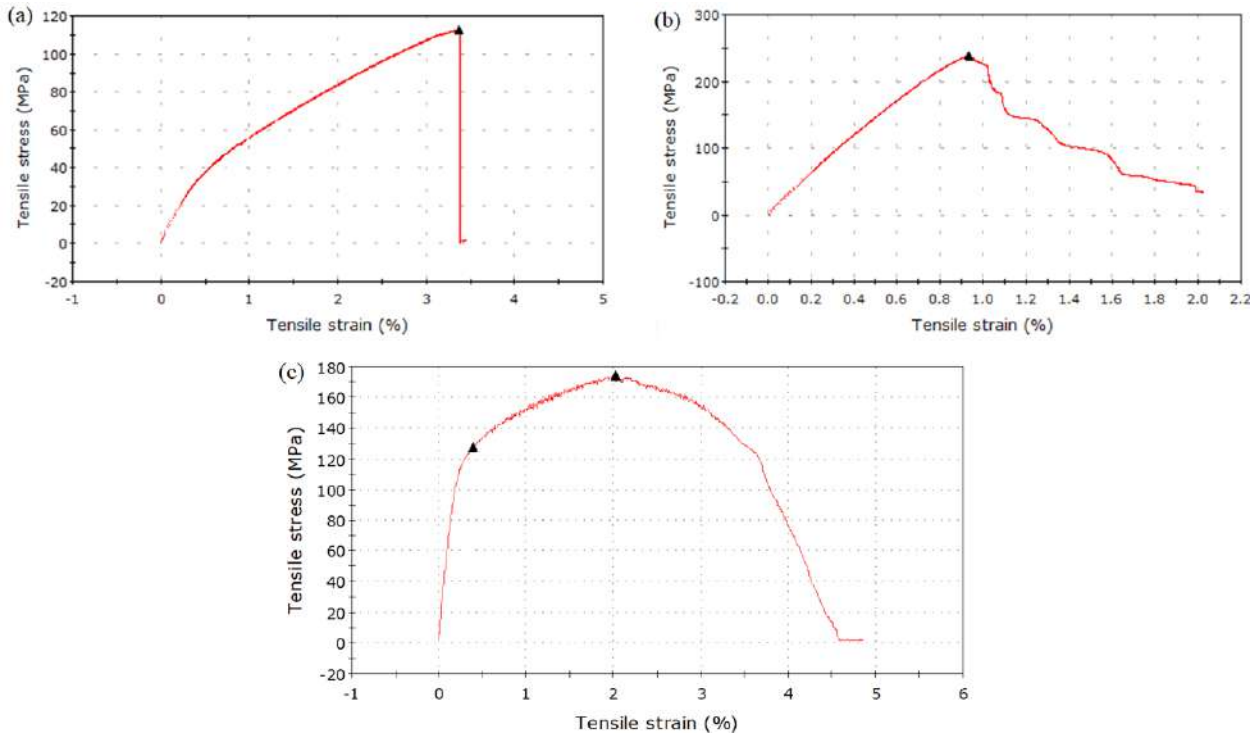


Fig. 4. Stress-strain curves of used materials; e-glass/epoxy (a), carbon/epoxy (b), aluminum 5754-H111 (c).

Elasticity modules of the materials were determined from tensile tests. As seen in Fig. 5, elasticity modules for e-glass/epoxy, carbon/epoxy and aluminum 5754 were determined as 9 GPa, 30 GPa and 65 GPa respectively. In the uniaxial tensile test of the composite, the most important factor determining the elasticity is the orientation of the fibers. The layers forming the structure of the tested composites do not contain axially oriented fibers. Therefore the modulus of elasticity of aluminum is higher compared to these composites.

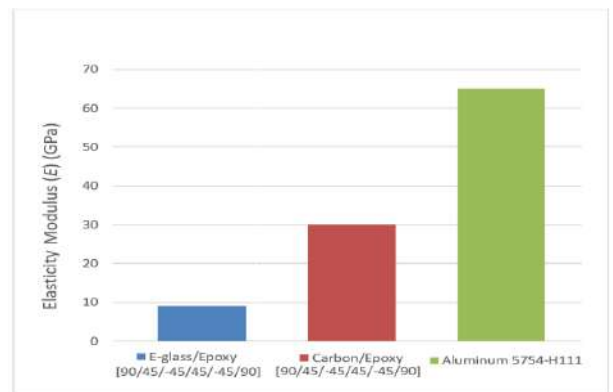


Fig. 5. Elasticity modules of sample materials.

3.2. Charpy impact response

The Charpy impact test is a strain test used to determine the amount of energy a material absorbs during fracture. Notch toughness of the material is measured with the absorbed energy. It is widely used today due to its ease of use and cheapness. The apparatus attached to a pendulum is dropped from a certain height and hits the notched sample. The energy absorbed by the material is calculated based on the apparatus height before breaking and the apparatus height after the break. The amount of energy absorbed by the test samples was determined and presented in Fig. 6. Energy absorption capabilities of unrepaired samples with notch depths of 3 mm, 5 mm and 7 mm were determined to be approximately 4.2, 1.94, 0.29 J respectively. The energy absorption of the samples repaired with e-glass/epoxy were determined to be 154.3, 156.7, 157.6 J respectively. Finally, samples repaired with carbon/epoxy absorbed 153.1, 157.9 and 159 J of energy, respectively (for 3 mm, 5 mm, 7 mm notches). From the Charpy tests, it was seen that both glass/epoxy and carbon/epoxy patch improved the strength up to 150-160 J at all notch depths.

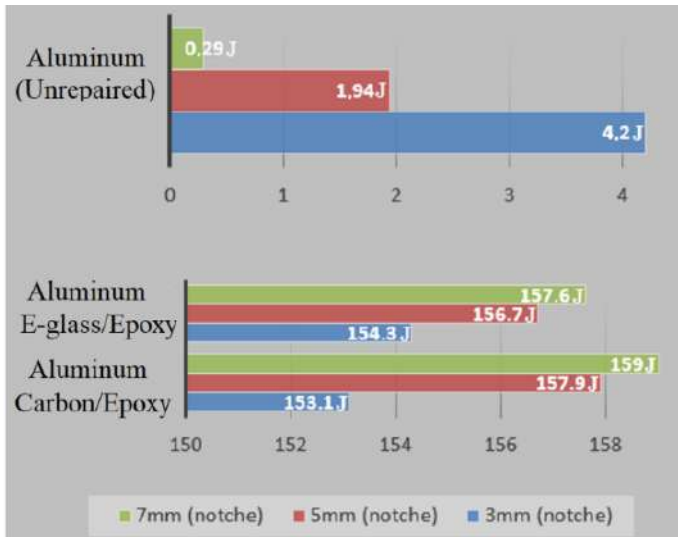


Fig. 6. Absorbed Charpy impact energies.

Fig. 7. shows 3 mm notched sample repaired with carbon composite. Since the samples with the highest wall thickness in the notch region were 3mm notched samples, the type of fracture (ductile or brittle) was observed most clearly in these samples. As can be seen from the form of fracture in Fig. 7(a), the aluminum plate showed a characteristic ductile fracture behaviour. Fig. 7(b) shows the patched side of the sample. Here the form of damage to the composite patch is brittle fracture.

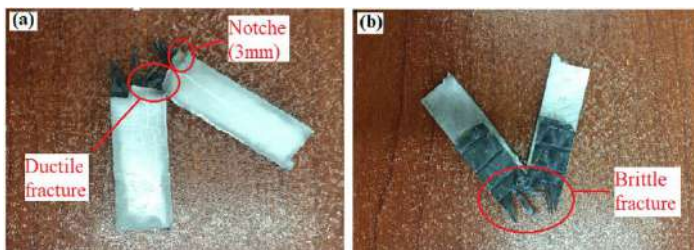


Fig. 7. 3 mm notched carbon/epoxy patched sample; unrepaired side (a), repaired side (b).

3.3. Scanning electron microscope (SEM) analysis

In recent years, SEM analysis has been used as a useful method for fractographic examination of composite materials. SEM images of the fracture surfaces of the layered composite samples given in Fig. 8(a) e-glass/epoxy and Fig. 8(b) carbon/epoxy images show characteristic signs of brittle fracture. It was observed that the matrix roughness of the e-glass/epoxy sample was higher. The interaction of the epoxy matrix surrounding the fibers with the fiber is very important in terms of load transfer. The amount of matrix adhered to the fiber layers reveals the fiber-matrix interface adhesion quality. Adhesion quality affects the toughness of the composite material.

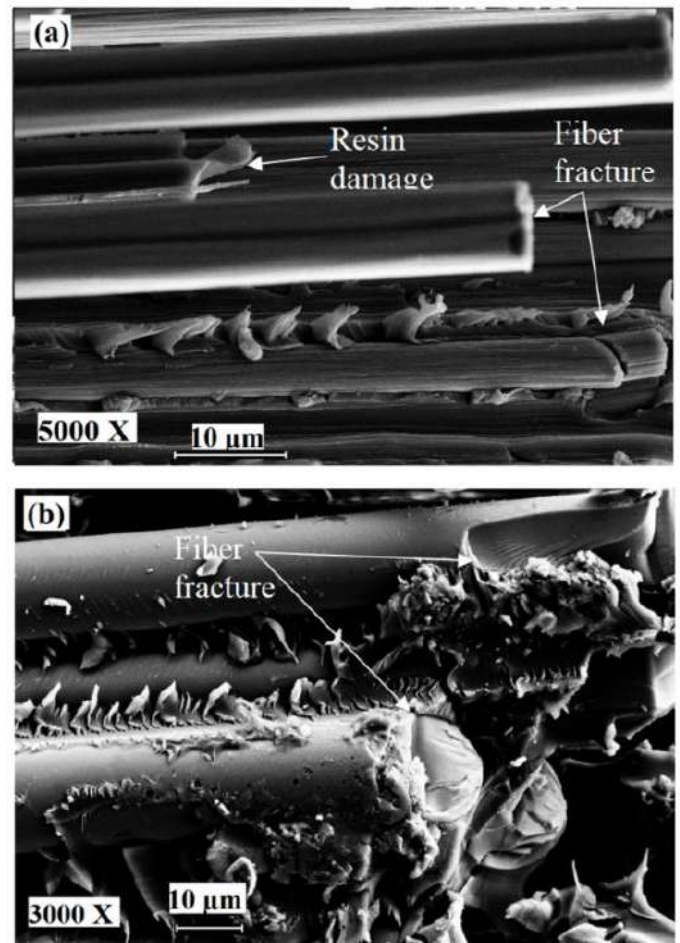


Fig. 8. SEM images; carbon/epoxy (a), e-glass/epoxy (b).

4. Conclusions and Recommendations

The repair process of noched aluminum with patches is more practical than other methods such as welding and rivets. Thus, patch capabilities of laminated composites were investigated in this study. The difference (originality) of the study from the literature is the notch and patch types.

In this study, notched 5754 H111 aluminum samples repaired with single sided glass/epoxy and carbon/epoxy were investigated experimentally in Charpy impact tests. In addition, some mechanical properties of the materials used for the sample were determined and SEM analyzes of the composites used for repair were made.

The following results were obtained from this study;

- While the energy absorption of the unrepaired samples was in the 0.2-4.2 J band, the energy absorption was increased to the 150-160 J band in both composite repairs (E-glass/epoxy, Carbon/epoxy).
- Carbon/epoxy composites are relatively more effective reinforcing the notched plates than e-glass/epoxy composites in Charpy impact energy absorption.
- The tensile strength of carbon/epoxy patches are approximately 53% higher than e-glass/epoxy patches.
- SEM images show that both composite patches (E-glass/epoxy, Carbon/epoxy) have strong fiber matrix interface bonds.
- Different notch and patch types are proposed as a subject for further study.

References

- Cazacu, O., Chandola, N., Revil-Baudard, B., Frodal, B.H., Børvik, T., Hopperstad, O.S., (2020) Modeling the effect of notch geometry on the deformation of a strongly anisotropic aluminum alloy, *European Journal of Mechanics/A Solids*, 82.
- Çallıoğlu, H., & Kavala, F. (2019). Mechanical behaviors of composite leaf springs with additive of carbon nanotubes and citosan. *European Journal of Science and Technology*, (Special Issue), 270-283.
- Dharaj, R., Venkateshwaran, N., Chenthil, M., Natarajan, M.S., Santhanam, V., Baskar, S., (2020) Experimental investigation on the mechanical properties of glass fiber with perforated aluminum sheet reinforced epoxy composite. doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.456.
- Elahi, M.A., Shabestari, S.G., (2016) Effect of various melt and heat treatment conditions on impact toughness of A356 aluminum alloy, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 26, 956-965.
- Htoo, A.T., Miyashita, Y., Otsuka, Y., Mutoh, Y., Sakurai, S., (2016) Modeling the effect of notch geometry on the deformation of a strongly anisotropic aluminum alloy, *Int. J. Fatigue*, 88, 19-28.
- Khalili, S.M.R., Ghadjar, R., Sadeghinia, M., Mittal, R. K., (2009) An experimental study on the Charpy response of cracked aluminum plates repaired with GFRP or CFRP composite patches, *Composite Structures*, 89, 270-279.
- Laban, O., and Mahdi, E., (2017) Enhancing mode I inter-laminar fracture toughness of aluminum/fiberglass fiber-metal laminates by combining surface pre-treatments, *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 78, 234-239.
- Papanikos, P., Tserpes, K.I., Pantelakis, S.P., (2007) Initiation and progression of composite patch debonding in adhesively repaired cracked metallic sheets. *Composite Structures*, 81, 303-311.
- Papuga, J., Karkulín, A., Hanžl, O., Lutovinov, M., (2019) Comparison of several methods for the notch effect quantification on specimens from 2124-T851 aluminum alloy", *Procedia Structural Integrity*, 19, 405-414.
- Pradhan, S.S., Mishra, U., Biswal, S.K., (2020) Experimental study on mechanical performance of cracked aluminum alloy repaired with composite patch, *Materials Today: Proceedings*, 26, 2676-2680.
- Sadrjarghouyeh, J., Barati, E., (2015) Fracture assessment of inclined U-notches made of aluminum 2014-T6 under prevalent Mode II loading by means of J-integral, *Materials and Design*, 84, 411-417.
- Tajally, M., Huda, Z., Masjuki, H.H., (2010) A comparative analysis of tensile and impact-toughness behavior of cold-worked and annealed 7075 aluminum alloy, *International Journal of Impact Engineering*, 37, 425-432.
- Torabi, A.R., Berto, F., Razavi, S.M.J., (2018) Ductile failure prediction of thin notched aluminum plates subjected to combined tension-shear loading. *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*, 97, 280-288.
- Yıldız, K., Gürkan, İ, Turgut, F & Cebeci, H. (2019). Fracture Toughness Enhancement of Fuzzy CNT-Glass Fiber Reinforced Composites with a Combined Reinforcing Strategy. *European Journal of Science and Technology*, (17), 1325-1333.
- Wallin, K., (2020) A simple fracture mechanics based Charpy-V impact energy criterion for plastic collapse", *Engineering Fracture Mechanics*, 237, 1-11.



Nane Yağı ve Karanfil Yağı Uygulamasının Depolanan Patateslerde Filizlenmeye Etkisi

Elif Oktay^{1*}, Nevzat Artık²

^{1*} Ankara Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6336-0199), ogutelif@yahoo.com

² Ankara Üniversitesi, Gıda Güvenliği Enstitüsü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0001-5583-6719), nevzat.artik@ankara.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.868812)

ATIF/REFERENCE: Oktay, E. & Artık, N. (2021). Nane Yağı ve Karanfil Yağı Uygulamasının Depolanan Patateslerde Filizlenmeye Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 357-363.

Öz

Patates kayıplarını en aza indirmek için, yetiştirilme ve hasat dönemleri önemli olduğu kadar patatesin depolanması süreci de önem arz etmektedir. Bu çalışmada Adana'da üretilen universa çeşit patatesler kullanılmıştır. İki konsantrasyonda nane yağı ve karanfil yağı içeren çözeltiler ile klorpropham (CIPC) ilacı uygulanan ve hiçbir uygulama yapılmayan kontrol patatesler 10 °C sıcaklık ve % 90 nispi nem koşullarında soğuk hava deposunda 5 ay süresince depolanmış ve 4 hafta aralıklarla askorbik asit, invert şeker, toplam şeker, nişasta, ağırlık kaybı gibi fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. 100 g patatesteki toplam şeker miktarı 521.636-355.144 mg, invert şeker miktarı 469.269-299.404 mg, % kül oranı 0.8-0.51 arasında tespit edilmiştir. Kontrol yumrularında 3. ayda, nane yağlı yumrularında 5. ayda sürme başlamasına rağmen karanfil yağlı ve CIPC uygulanmış yumrularında depolama süresi boyunca filizlenme gözlenmemiştir. Sonuç olarak karanfil ve nane yağının universa çeşit yumrulara sürmeyi önleyici etki yaptığı CIPC'e alternatif olarak kullanılabilirliği, 2/3 oranındaki doğal yağ uygulanmış yumruların şeker içeriğinin 1/2 oranlı yumrulara göre daha düşük olduğu, renk L değerlerine bakıldığında karanfil yağının nane yağına göre kalite yönünden daha iyi etki gösterdiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Patates, Nane Yağı, Karanfil Yağı, Klorpropham, CIPC, Filizlenme.

Effect of Peppermint Oil and Clove Oil Application on Sprouting in Stored Potatoes

Abstract

In order to minimize potato losses, growing and harvesting periods are as important as the storage process of the potato. With this research, universa variety potatoes produced in Adana were used, potatoes were sprayed of two different concentrations of peppermint oil and clove oil and chlorpropham (CIPC) and control potatoes with no application were stored over 5 months in cold storage room at temperature 10 °C and relative humidity 90 %. And 4 weeks intervals physical and chemical analyzes as ascorbic acid, invert sugar, total sugar, starch, loss of mass etc. were carried out. Total sugar amount between 521.636-355.144 mg, invert sugar amount between 469.269-299.404 mg, and % ash between 0.8-0.51 were detected in 100 g potato. Although sprout started in the 3rd month in the control tubers and in the 5th month in the tubers with mint oil, it was not observed during the storage period in the clove oil and CIPC treated tubers. As a result, clove and mint oil can be used as an alternative to CIPC, it prevents sprouting in universa variety tubers, the sugar content of the tubers treated with 2/3 ratio natural oil is lower than the tubers treated with 1/2 ratio natural oil. Also the color L values are considered, it was observed that clove oil had a better effect than peppermint oil on the quality.

Keywords: Potato, Mint Oil, Clove Oil, Chlorpropham, CIPC, Sprout.

* Sorumlu Yazar: ogutelif@yahoo.com

1. Giriş

Önemli bir besin kaynağı olan patatesin anavatanı Güney Amerika'daki And Dağlarının yüksek yaylalarıdır. Amerika kıtasının keşfinden sonra dünyanın diğer bölgelerine yayılmaya başlamıştır. Avrupa'da önce "*Solanum tuberosum ssp. andigena*" ve daha sonra ise "*Solanum tuberosum ssp. tuberosum*" alt türü yetiştirilmeye başlanmıştır. Bugün tarımı yapılan verimli patates çeşitleri tuberosum alt türünün kendi arasında ve aynı alt türün yabancı türlerle yapılmış çeşitli melezlemelerinden elde edilmiştir (Çaylak, 2002; Yavuz, 2011).

Patates fazla miktarda su ihtiva eden bir ürün olduğundan iyi bir şekilde depolanmazsa, yumrular çürür, pörsür, filiz verir ve değerini kaybeder. (Karbuş ve ark., 2009).

Hasattan sonra yumru sıcaklığının 2-4 °C'ye düşürülmesi ve devamında sabit bir sıcaklık ve % 85-90 nispi nemde depolama ile filizlenme uzun süre önlenmektedir (Hartmans ve ark, 1995). Ancak uzun süre düşük sıcaklık değerlerinde depolama, çeşitlere ve onların yetiştirme koşullarına bağlı olarak, işlenmek üzere çıkartılan yumrulara tatlanmaya (düşük sıcaklık tatlanması) neden olmaktadır ve patates kalitesini düşürmektedir (Afek ve ark, 2000). Tatlanmış yumrular tüketilmek için işlendikleri zaman yumrulara kararma ve acılaşıma gibi olumsuz özellikler ortaya çıkmaktadır (İlisulu, 1986). Yumrulara tatlanmayı engellemek için depo sıcaklığının yükseltilmesi (7-8 °C) sonrası filizlenmenin kontrolü için inhibitörlerin kullanımı zorunlu olmaktadır. Chlorpropham (CIPC) bir çok ülkede patatesten filizlenmeyi önleyici olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Kerstholt ve ark., 1997). Ancak bu tip sentetik maddelerin kullanımının, gıda güvenliği ve çevreye olan etkileri nedeniyle alternatif ve çevreye zarar vermeyen doğal filizlenme önleyiciler bulmaya ilişkin araştırmalar artmıştır (Owolabi ve ark. 2010; Baydar ve ark., 2009; Paul ve ark., 2016). Literatürde pek çok çalışma 10 °C'de yapılmıştır (Karanisa ve ark., 2015; Elbashir ve arkadaşları 2014; Paul ve ark, 2016; Afek ve ark., 2000) ve bu sıcaklıkta doğal yağ uygulamasının yumru dormansisini önemli ölçüde uzatabileceği tespit edilmiştir (Karanisa ve ark., 2015; Şanlı ve Karadoğan, 2013).

Nanede % 1,5 oranında uçucu yağ vardır ve yağ % 64.8 carvon, % 9.6 limonen, % 8.6 oranında 1,8-sineol içermektedir (Baydar ve ark., 2009). Nane yağı ile yapılan çalışmalar; özellikle nane yağında yoğun olarak bulunan carvone'un patates sürmesini inhibe özelliği gösterdiğini düşündürmektedir (Frazier ve ark., 2004). Carvone'nun iki izomer yapısı mevcuttur, S-carvone R-carvone'a göre daha fazla inhibe etme özelliği göstermektedir. S-carvone uygulamadan 2 gün sonra inhibe etme özelliği gösterir, R-carvone da ise bu süre 4 gündür (Song ve ark., 2008).

Karanfil yağı doğrudan *Syzygium aromaticum* (L.) bitkisinden damıtılır. Bitki anavatanı Endonezya'dır, ancak Madagaskar, Brezilya ve diğer ülkelerde de yetiştirilmektedir. Karanfil yağının aktif maddesi öjenol (C₁₀H₁₂O₂ - eugenol) ve distilat ürünündeki diğer öjenol esaslı bileşenlerdir. Patates endüstrisinde kullanılan % 100 doğal olarak elde edilmiş karanfil yağıdır ve organik kullanım için onaylanmıştır. Karanfil yağının uçuculuğu ve kimyası nedeniyle termal aplikatör ile uygulanabilir ve depoda CIPC uygulamasına benzer şekilde dağılım sağlanabilir. Pek çok çalışmada (Biox™ formülasyonları) şeklindeki karanfil yağı kullanılmıştır. Karanfil yağının etkisi uygulanan karanfil yağı oranına, zamanına, uygulama metoduna, uygulama sıklığına, çeşit ve depolama yöntemine bağlı olarak değişir (Olsen ve ark., 2016). Türkiye menşei karanfil yağı % 87

eugenol, % 8 eugenil asetat, % 3.56 beta-caryophyllene içermektedir (Alma ve ark., 2007).

Mevcut çalışmada, patates yumrularına nane yağı, karanfil yağı ve CIPC uygulanarak soğuk hava deposunda depolanmanın patates kalitesine etkileri detaylı olarak incelenmiştir. Böylece uzun süreli patates depolamasında karşılaşılan filizlenme sorununun geciktirilmesi ve ağırlık kaybı gibi problemlere karşı bir depolama metodu geliştirilerek depolama sırasında sıkıntılar yaşayan üreticilerimize alternatif bir uygulama olması yolunda adım atılması amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada materyal olarak Adana'da üretimi yapılan ve bir üreticiden temin edilen universa çeşit iri boy patateslerde aşağıda belirtilen uygulamalar gerçekleştirilmiştir.

Temin edilen patateslerin 30 adedine hiçbir uygulama yapılmamıştır, 60 adedine nane yağı (1/2 ve 2/3 oranında çözelti) ve 60 adedine karanfil yağı içeren (1/2 ve 2/3 oranında çözelti) polisorbata 20 ile hazırlanan uçucu yağ çözeltileri spreyle her patatese (1-2 g solusyon/yumru) püskürtülerek uygulanmıştır. CIPC uygulaması için ise bir ilaç firmasından temin edilen gro-stop dp adlı klorpropham içeren sıvı çözelti 30 adet patatese uygulanmıştır.

1/2 oranlı çözelti: 100 g uçucu yağın tartılarak üzerine polisorbata 20 eklenmiş ve 200 ml ye tamamlanmıştır.

2/3 oranlı çözelti: 100 g uçucu yağ tartılarak üzerine polisorbata 20 eklenerek 150 ml ye tamamlanmıştır.

Tüm patatesler her jüt çuvalında ikişer adet yumru olacak şekilde paketlenerek ve numaralandırılarak soğuk hava deposunda 10 °C'de % 90 nispi nem ortamında 5 ay süreyle depolanmıştır. Uygulama yapılan patatesler ve uygulama yapılmayan kontrol patatesler aynı koşullarda depolanmıştır.

Muhafaza periyodu sırasında her ay depodan alınan yumrulara ağırlık kaybı [(ΔM/Mb) x 100] formülünden % olarak hesaplanmıştır. ΔM depolama süresindeki kütle değişimi, Mb: patatesin başlangıç kütlesi, (g) 'dır. Yumrulara meydana gelen renk değişimleri Minolta Cr400 ile belirlenmiştir. Sonuçlar L*a*b olarak elde edilmiştir. Yumruların pH tespiti, yumruların çözeltisi hazırlanarak cam elektrotlu bir pH metre ile ölçülerek yapılmıştır. Toplam asitlik için yumrular saf su ile blenderla parçalanarak 0,1N NaOH ile fenolftalein eşliğinde titre edilerek sonuçlar 100 g taze ağırlıkta mg sitrikasit cinsinden ifade edilmiştir. Yumruların askorbik asit değişimi 2,6 diklorofenolindofenol ile titrasyon yoluyla tespit edilmiş sonuçlar 100 g patatesten mg cinsinden askorbik asit olarak verilmiştir. Yumrunun % nişasta miktarının tespiti için yumru % 1'lik HCl ile ektre edilmiş, % 4'lük amonyum molibdat çözeltisiyle çözünen unsurlar ayrıştırılarak süzülmüş, AntonPaar Mcp200 Scromat polarimetre cihazında okuma yapılarak α_{SF}x100/[α]₂₀^D xL formülüyle hesaplanmıştır. α cihazda okunan değer, SF seyreltme faktörü, L polarimetre tüpü uzunluğu (dm), [α]₂₀^D patatesin spesifik çevirme derecesidir. İvert şeker ve toplam şeker analizleri Lane-Eynon metoduna göre, inversiyon öncesi invert şeker, inversiyon sonrası toplam şeker miktarları titrasyonda fehling A ve fehling B çözeltileri kullanılarak tespit edilmiştir. Sonuçlar mg/100 g olarak verilmiştir. Belirlenen toplam şeker ve invert şeker farkının 0.95 ile çarpılmasıyla sükröz miktarı tespit edilmiştir.

Tüm veriler SPSS (istatistik programı) programı ile analiz edilmiştir. Verilerin analizinde ilk olarak hangi testlerin

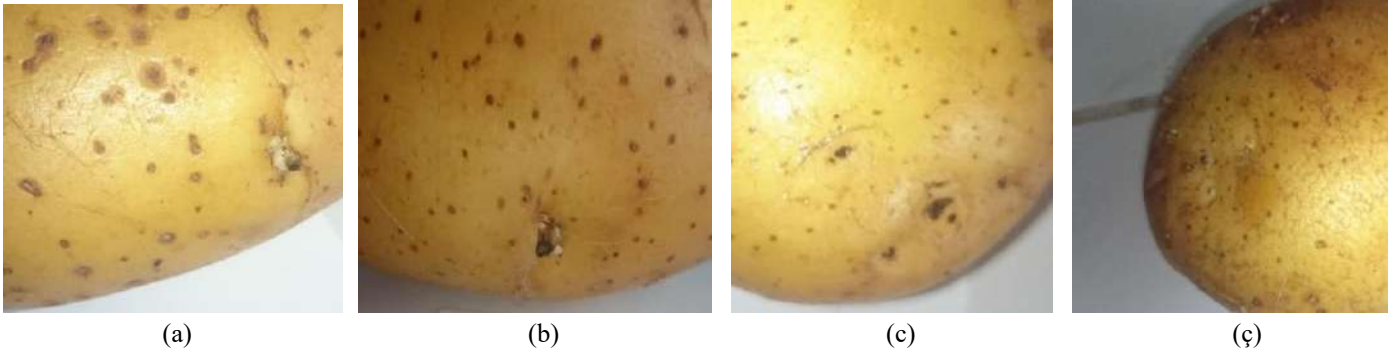
(parametrik/nonparametrik testler) uygulanacağına karar vermek için karşılanması gereken varsayımlar test edilmiştir. Dağılımın normalliğine karar vermek için Shapiro-Wilk, normal dağılımın diğer varsayımları olan basıklık ve çarpıklık değerleri, histogram grafiği ve Q-Q dağılımları da incelendikten sonra normallikten sapmaların aşırı boyutlarda olmadığı düşünülerek analizler için parametrik istatistik tekniklerinin uygulanmasına karar kılınmıştır. Bağımsız iki grup karşılaştırmasında t-testi (Independent sample t-testi) ilişkisiz iki yâda daha fazla grupların karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizi (Anova) ve Welch's F testleri uygulanmıştır. Anlamli çıkan durumlarda farkın kaynağının belirlenmesi için post hoc testlerinden Bonferroni ve Tahmhane's T2 testleri kullanılmıştır. Anova ve t testinde etki büyüklüğü için eta-kare (η^2), Welch's F testleri için ise tahmini omega kare (ω^2) değeri kullanılmıştır. Tahmini ω^2 değerinin hesaplanmasında; $((sd1*(F-1))/(sd1*(F-1)+NT))$ formülü esas alınmıştır. Tahmini ω^2 yorumlanmasında 0.01 küçük etki düzeyi, 0.059 orta etki düzeyi, 0.138 büyük etki düzeyi ölçütlerine bağlı kalmıştır. Varyansın homojenliğini belirlemek için Levene istatistiği kullanılmıştır. Elde edilen değerlerin anlamlı olup olmadığının yorumlanmasında 0.05 önem düzeyi ölçüt olarak kullanılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Nane yağı uygulama yapılması esnasında yumrulardan birinde yeni sürme başlangıcı olduğu gözlenmiştir, üçüncü ay bu nane yağı yumruda filizlenmenin tahrip olduğu (şekil 1a), beşinci ay ise filizi tahrip olan nane yağı yumruda yeni filizlenme başladığı (şekil 1b)'de, karanfil yağı yumruda üçüncü ay gözlerde karararma olduğu (şekil 1c), uygulama yapılmayan kontrol yumrularında üçüncü ay sürme başlangıcı (şekil 1ç) gözlenmiştir.

Her ay analiz döneminde alınan patates yumrularında, askorbik asit, invert şeker, toplam şeker, pH, nişasta, toplam asitlik, renk L^*a^*b , % ağırlık kaybı analizleri yapılmıştır. Tablo 1'de, A:1/2 nane yağı, B:2/3 nane yağı, C:1/2 karanfil yağı, D:2/3 karanfil yağı, E:CIPC uygulanmış, F: (uygulanmaz) kontrol yumruları simgelemektedir.

Nane yağı uygulanan patateslerde 5. ayda sürme gözlenmiştir. Uygulama yapılmayan patateslerde ise 3. aydan itibaren sürme gözlenmiştir. Karanfil yağı ve CIPC uygulanmış yumrularında ise muhafaza dönemi boyunca filizlenme tespit edilmemiştir.



Şekil 1. a) Nane yağı patatesinde gözdeki filiz tahribatı, b) Nane yağı ve filizi tahrip olmuş yumruda 5. ay yeniden sürme başlangıcı, c) Karanfil yağı patatesinde gözlerde filiz tahribatı, ç) Kontrol patateslerde 3. ay sürme başlangıcı.

Tablo 1. Her ay yapılan analizlerden elde edilen veriler

Analiz	Grup	Depolama Süresi					
		Başlangıç	1.ay	2.ay	3.ay	4.ay	5.ay
İnvert şeker (mg/100 g)	A	469.269	340.943	356.748	337.465	338.994	380.905
	B	469.269	362.308	339.149	349.389	365.897	342.791
	C	469.269	414.852	386.793	411.815	420.306	400.792
	D	469.269	317.460	350.990	337.218	310.654	299.404
	E	469.269	359.057	351.165	381.107	351.355	361.990
	F	469.269	356.734	420.885	390.035	376.419	414.577
Toplam Şeker (mg/100 g)	A	521.636	446.567	435.245	466.623	455.569	448.752
	B	521.636	383.238	357.866	389.643	407.079	397.255
	C	521.636	458.338	462.458	458.567	456.132	458.517
	D	521.636	452.126	413.088	366.493	452.652	355.144
	E	521.636	437.275	453.022	455.162	433.242	451.762
	F	521.636	437.289	452.362	483.548	477.409	489.763
Sükroz (mg/100 g)	A	52.367	100.342	74.572	122.700	110.746	64.455
	B	52.367	19.884	17.781	38.242	39.123	51.741
	C	52.367	41.312	71.882	44.415	34.035	54.839
	D	52.367	127.932	58.993	27.811	134.898	52.953
	E	52.367	74.308	96.765	70.352	77.793	85.284

	F	52.367	76.528	29.904	88.838	95.940	71.427
Nişasta (mg/100 g)	A	15.988	9.267	3.523	13.638	6.156	7.941
	B	15.988	10.241	8.313	12.530	6.454	12.163
	C	15.988	6.971	10.112	18.291	4.595	10.567
	D	15.988	7.166	12.401	11.433	7.154	8.290
	E	15.988	9.979	12.906	12.672	8.686	11.480
	F	15.988	10.318	13.509	11.584	10.872	13.091
Askorbik asit (mg/100 g)	A	19.822	18.560	13.659	10.111	15.496	16.029
	B	19.822	21.146	15.193	13.931	12.887	19.703
	C	19.822	16.578	21.149	13.394	7.650	19.103
	D	19.822	21.284	18.727	16.199	5.939	24.879
	E	19.822	18.373	24.422	22.939	14.793	20.267
	F	19.822	19.822	23.245	18.310	19.403	20.993
% Toplam Asitlik	A	0.205	0.196	0.256	0.213	0.247	0.179
	B	0.205	0.145	0.256	0.222	0.307	0.171
	C	0.205	0.111	0.358	0.192	0.469	0.247
	D	0.205	0.213	0.435	0.226	0.085	0.256
	E	0.205	0.333	0.350	0.222	0.478	0.333
	F	0.205	0.503	0.307	0.213	0.316	0.265
Patates pH	A	5.583	5.337	5.002	4.627	5.265	5.930
	B	5.583	5.927	5.663	4.531	5.495	6.080
	C	5.583	5.400	5.455	5.406	4.622	5.825
	D	5.583	5.927	4.819	4.840	5.929	5.833
	E	5.583	5.253	4.775	5.749	4.340	5.617
	F	5.583	5.182	4.574	5.432	4.752	5.745
Renk L	A	67.95	59.17	65.13	64.24	64.08	51.75
	B	67.95	64.28	63.84	60.67	65.33	53.09
	C	67.95	53.06	63.21	66.10	53.51	56.36
	D	67.95	55.58	66.32	65.97	68.13	58.20
	E	67.95	63.81	64.42	65.75	64.50	58.53
	F	67.95	67.46	66.72	65.02	61.55	55.58
Renk a	A	-4.38	0.40	-0.97	0.11	0.62	0.22
	B	-4.38	-1.28	-1.03	-0.63	0.72	-0.60
	C	-4.38	3.65	-3.36	-1.84	0.82	-0.67
	D	-4.38	-1.42	-3.68	-1.36	2.50	-3.93
	E	-4.38	-3.16	-3.83	-3.94	-3.79	-3.65
	F	-4.38	-5.52	-5.00	-4.69	-4.87	-4.01
Renk b	A	25.78	20.94	21.59	24.03	25.67	16.26
	B	25.78	22.46	24.63	21.74	26.03	17.16
	C	25.78	17.47	20.59	23.08	20.06	18.24
	D	25.78	19.32	22.79	22.38	30.78	15.73
	E	25.78	19.48	20.59	22.28	22.23	15.47
	F	25.78	28.80	22.10	21.07	21.08	15.10
% Kütle kaybı	A		4.471	5.191	5.013	3.845	6.881
	B		3.599	5.703	4.376	4.790	4.850
	C		5.657	4.782	3.835	4.903	6.592
	D		4.749	3.436	3.138	5.044	5.882
	E		3.404	4.580	3.188	3.642	4.910
	F		4.279	3.379	2.196	2.931	4.640
% Nem	A	81.236	81.765	77.914	72.442	69.892	74.522

	B	81.236	81.083	76.782	74.561	72.674	73.204
	C	81.236	77.419	78.265	77.785	79.284	72.052
	D	81.236	78.511	79.563	76.713	74.108	75.519
	E	81.236	79.474	77.656	76.857	71.038	72.743
	F	81.236	82.870	77.123	78.362	75.128	74.747
% Kül	A	0.656	0.597	0.730	0.727	0.673	0.724
	B	0.656	0.593	0.729	0.722	0.731	0.800
	C	0.656	0.627	0.728	0.721	0.731	0.782
	D	0.656	0.693	0.578	0.666	0.737	0.783
	E	0.656	0.561	0.650	0.586	0.741	0.793
	F	0.656	0.526	0.653	0.589	0.510	0.733

Depolama devresinde yumrunun solunum ihtiyacı için nişasta sükroza sükrozda invertaz enzimi aracılığıyla invert şekerlere dönüşmektedir. Bu şekilde invert şeker miktarlarında artış meydana gelmektedir (Richardson ve ark., 1990; Zrenner ve ark., 1996). Yumruların dormansininin kırılmasından sonra invert şeker, sürgün gelişimi için kullanıldığından, miktarı azalmaktadır (Rezaee ve ark., 2011). İnvirt şeker miktarlarında bakıldığında tüm gruplarda çok az değişim görülmekle beraber, kontrol yumrularında 2. aydan sonra uyanma meydana gelmeye başladığından invert şeker miktarında azalma meydana gelmiştir.

Tablo 1’de yumrulardaki sükroz miktarındaki değişim ve nişasta miktarındaki değişim görülmektedir. Depolama başlangıcında yumrulardaki nişasta sükroza dönüştüğünden miktarı azalmıştır. Nişasta ve toplam şeker miktarı yumrudaki karbonhidrat metabolizmasına bağlı olarak değişim göstermektedir.

Depolamanın 2. ayından sonra kontrol yumrularında invert şeker oranı dormansininin kırılması sebebiyle düşmüştür. Literatürde yumrulara depolama esnasında invert şeker miktarının dalgalanma gösterdiği ve genellikle arttığı bildirilmiştir (Richardson ve ark., 1990; Dogras ve ark., 1991; Matsuura-Endo ve ark., 2004; Rezaee ve ark., 2011).

Sürgün gelişimini engelleyen uygulamalarda toplam şeker içeriğinin daha düşük olması, dormansininin kırılması ile toplam şeker miktarı arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Dormansininin kırılması ve sürgün gelişimi için ihtiyaç duyulan enerji sukrozun glikoz ve früktoza hidrolize olarak sağlandığı bilinmektedir (Şanlı ve Karadoğan, 2013). Uykunun kırılmasından sonra ise toplam şeker miktarında artma görüldüğü literatürde belirtilmektedir (Bailey ve ark., 1978; Rezaee ve ark., 2011).

Yumrulardaki toplam şeker miktarında değişime bakıldığında genel olarak nane yağlı patateslerde bir miktar artma, karanfil yağlı patateslerde, CIPC li ve kontrol yumrulara fazla değişim olmazken, depolama sonunda en yüksek toplam şeker içeriği kontrol yumrularda görülmüştür. Kontrol yumrularında 2. aydan sonra dormansininin kırılmasıyla literatürde belirtildiği gibi toplam şeker miktarı artmıştır. Bununla beraber 1/2 karanfil yağı uygulanmış yumrulardaki toplam şeker miktarı 2/3 oranında karanfil yağlı uygulanmış yumrulara göre daha yüksektir. Aynı şekilde 1/2 oranında nane yağlı uygulanan yumrularında toplam şeker miktarı 2/3 oranında nane yağlı yumrulardan daha yüksektir. 2/3 oranında doğal yağın, yumrunun uykudaki metabolizmasını yavaşlatarak, şeker oranında artışın da düşük olmasını sağladığı için, daha etkin olduğunu göstermektedir.

Yumrulara askorbik asit miktarı tüm gruplarda dördüncü aya kadar genel olarak literatürde de belirtildiği gibi (Kaundal ve ark., 2015; Hagg ve ark., 1998) düşme göstermiştir. Genel olarak tüm yumrulara askorbik asit miktarı, depolama süresinin artmasıyla kademeli olarak azalmıştır. Bununla birlikte, 20 haftalık depolama sonunda askorbik asitte bir artış gözlenmiştir. Bu artış literatürde belirtildiği gibi (Kaundal ve ark., 2015; Keijbets ve Ebbenhorst-Seller, 1990) kısmen askorbik asidin oksidasyonunun tersine çevrilmesine bağlanabilir.

Depolama devresinde yumrular sürekli ağırlık kaybetmekte, dormansininin kırılması ile su kaybının (Benkeblia ve ark., 2008) ve ağırlık kayıplarının artış gösterdiği (Şanlı ve ark., 2010) literatürde belirtilmektedir. Yumrulara depo esnasında sürekli ağırlık kaybı meydana gelmiştir. Yumrulara sürekli bir nem kaybıyla beraber ağırlık kayıpları artarak devam etmektedir. Kontrol yumrularında üçüncü ayda filizlenme başladığından nem kaybı artma göstermiş, invert şeker kullanımı artması sebebiyle kül oranı azalma göstermiştir. Ancak istatistiksel olarak bakıldığında gruplar arasında önemli bir farklılık görülmemiştir. Kara (2000) yaptığı çalışmada 6 ay süreyle depolanan 20 patates çeşidinde ağırlık kayıplarının çeşitlere bağlı olarak % 5.78-13.49 arasında değiştiğini bildirmiştir.

Patateste sitrik asit, tartarik asit, malik asit ve fumarik asit bulunmaktadır. Malik asit sitrik asite dönüşebilmektedir ve yumruda en çok oranda bulunan ise sitrik asittir ve depolama sıcaklığı düşük olduğunda yumruda pH azaldığı ve organik asit konsantrasyonu ve sitrik asit miktarı arttığı literatürde (Wichrowska ve ark., 2008) bildirilmektedir. Bilişli ve arkadaşlarının (2002) taze patates 3-6-9 ay dondurularak depolandığı yumrulara yaptığı çalışmada taze patateslerde pH 5.6-6.6 arasında iken dondurulmuş patateslerde 5.2-6.2 arasında, % toplam asitlik taze patateslerde % 0.13-0.22 arasında iken dondurulmuş patateslerde % 0.12-0.27 arasında tespit edilmiş, çeşitlere göre pH çok az düşme gösterirken % toplam asitlik değerlerinde de az bir düşme meydana gelmiştir. Bu çalışmada da yumruların pH değerinde meydana gelen değişimler tablo 1’de görülmektedir. İlk üç ay pH değerinde az bir düşüş gözlenmiştir. Bu da patates bünyesindeki sitrik asit miktarındaki artıştan kaynaklanmıştır. Tüm yumrulara toplam asitlik değerlerinde zaman içinde dalgalanmalar olmuştur ancak istatistiksel olarak değerlendirildiğinde gruplar arasında önemli bir fark görülmemiştir.

Tablo 1’ de belirtilen değerlere göre Renk-L değerine bakıldığında kontrol yumrulara (F) ve nane yağlı (A, B) patateslerde diğer yumrulara göre daha fazla düşme olmakta, bu da rengin koyulaştığını ve kalite kaybının göstergesidir. Ancak

gruplar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık göstermemektedir ($p>0.05$).

4. Sonuç

Kontrol patateslerde 3. aydan itibaren sürme gözlenmesine, nane yağı uygulanan patateslerde 5. ay sürme başladığı gözlenmesine rağmen, karanfil yağlı ve CIPC li patateslerde muhafaza dönemi boyunca sürme gözlenmemiştir.

Nane yağlı patateslerde uygulama başarılı olmasına rağmen 5. ayda sürme başlangıcı görülmüştür. Bu da literatürde belirtildiği gibi doğal yağların sürmeyi geçici olarak inhibe ettiğini, etkinin devam etmesi için tekrarlayan uygulamalar yapılmasının gerekli olduğunu (Kleinkopf ve ark., 2003; Daniels-Lake ve ark., 2013; Finger ve ark., 2018; Song ve ark., 2008) göstermiştir. Karanfil yağı ve CIPC uygulanmış yumrulara ise 5. ay halen sürme gözlenmemiştir, bu karanfil yağının filiz baskılayıcı etkisinin nane yağına göre daha uzun süre devam edebildiğini göstermektedir.

Ayrıca yine 1/2 oranındaki doğal yağlı yumruların toplam şeker ve invert şeker miktarları 2/3 oranındaki doğal yağlı yumrulara göre daha yüksek çıkmıştır. Yumrulara invert şeker birikimi renkte koyulaşmaya ve tatlanmaya sebep olduğundan (Sharma, 2012) 2/3 oranlı doğal yağların uygulanmasının yumru kalitesi için daha iyi olduğu, uygulamalarda doğal yağ konsantrasyonunun önemli olduğu gözlenmiştir.

Çalışma sonucunda doğal yağ olan nane yağı ve karanfil yağının patatesteki kullanımının, literatürlerde de değinildiği gibi depoda sürmeden kaynaklı kayıpların azaltılması yönünde pozitif etkisi olduğu gözlenmiş ve filizlenme önleyici olarak kullanılan, kanserojen etkisi olduğu belirlenen CIPC'e alternatif olarak kullanılabilceği tespit edilmiştir.

Kaynakça

- Afek, U., J. Orenstein ve E., Nuriel. (2000). Using HPP (hydrogen peroxide plus) to inhibit potato sprouting during storage. *American Journal of Potato Research* 77:63-65.
- Alma, M.H., Ertaş, M., Nitz, S., Kollmannsberger, H., (2007). Chemical Composition and Content of Essential Oil from The Bud of Cultivated Turkish Clove (*Syzygium aromaticum* L.), *BioResources* 2(2), 265-269.
- Bailey, K.M., Phillips, D.J., Pitt, D., (1978). The role of buds and gibberellin in dormancy and the mobilization of reserve materials in potato tubers. *Ann. Bot.*, 42:649-657.
- Baydar, H., Altındal, D., Karadoğan, T., (2009). Patatesteki Sürgün Gelişimi Üzerine Uçucu Yağların Etkisi, *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 13-2:137-141.
- Benkeblia N., Alexopoulos A.A., Passam H.C., (2008). Physiological and biochemical regulation of dormancy and sprouting in potato tubers (*Solanum tuberosum* L.), *Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology* (2), 54-68.
- Bilişli A., Çevik İ., Şentürk A., (2002). Bazı patates çeşitlerinin derin dondurmaya elverişliliği üzerine araştırmalar, *Gıda ve Yem Bilimi Teknolojisi* (1). 12-18.
- Çaylak, Ö., (2002). Patates Tarımı, *Kartarım Tic. A.Ş.*, Ankara, 44-68.

- Daniels-Lake, B., Olsen, N., Delgado, H.L., Zink, R., (2013). Efficacy of Potato Sprout Control Products to Minimize Sprout Production, *Nappo Science and Technology Documents*, (http://www.nappo.org/files/9714/3753/7437/Potato_sprout_inhibition_ST_e.pdf), (Erişim:15.11.2016).
- Dogras, C., Siomos, A., Psomakelis, C., (1991). Sugar and dry matter changes in potatoes overwintered in soil in Greece. *Potato Research*, 34 (2), 215-218.
- Elbashir, H.A., Ahmed, A.H.R., Yousif, K.S., (2014). Efficacy of Different Applications of Spearmint Oil on Storability and Processing Quality of Two Potato Varieties, *Journal of Agri-Food and Applied Sciences*, Vol. 2(5), pp. 124-133. ([http://www.blue-ap.org/J/List/1/iss/volume%202%20\(2014\)/issue%2005/1.pdf](http://www.blue-ap.org/J/List/1/iss/volume%202%20(2014)/issue%2005/1.pdf)), (Erişim: 15.11.2016).
- Finger, F.L., Sousa Santos, M.M., Araujo, F.F., Lima, P.C.C., Costa, L.C., França, C.F.M., Queiroz, M.C., (2018). Action of Essential Oils on Sprouting of Non-Dormant Potato Tubers, *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v.61.
- Frazier, M. J., Olsen, N., Kleinkopf, G., (2004). Organic and Alternative Methods for Potato Sprout Control in Storage, *University of Idaho College of Agricultural and Life Sciences*. (<http://www.cals.uidaho.edu/edComm/pdf/cis/cis1120.pdf>), (Erişim:15.11.2016).
- Hagg, M., Hakkinen, U., Kumpulainen, J., Ahvenainen, R., ve Hurme, E., (1998). Effects of preparation procedures, packaging and storage on nutrient retention in peeled potatoes. *J Food Sci Agric* 77(4): 519-26.
- Hartmans, K.J., Diepenhorst, P., Bakker, W., Gorris, L.G.M., (1995). The Use of Karvon in Agriculture: Sprout Suppression of Potatoes and Antifungal Activity Against Potato Tuber and Other Plant Diseases, *Industrial Crops and Products*, 4, 3- 13.
- İlisulu, K., (1986). Nisasta ve Seker Bitkileri ve Islahı. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 960, Ders Kitabı: 279, Ankara.
- Kara, K., (2000). Bazı patates çeşitlerinin depolama sonrası kalite ve fizyolojik özelliklerinin incelenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi* (9): 1-2.
- Karanisa, T., Akoumianakis, K., Alexopoulos, A., Karapanos, I., (2015). Effect of Proharvest Application of Carvone on Potato Tubers Grown From True Potato Seed (TPS), *Procedia Environmental Sciences* 29: 166-167.
- Karbuç, F., Öztürk, İ., Savaş, D.O., (2009). Türkiye’de Üretilen Tarım Ürünleri ve Ekonomideki Yeri. *İstanbul Ticaret Odası*, 1-144, (<http://www.ito.org.tr/Dokuman/Sektor/1-99.pdf>), (Erişim: 10.11.2016).
- Kaundal, B., Sharma, V., Raigond, P., Singh, B., Kaushik, SK., (2015). Ascorbic acid losses during storage of potato tubers. *Potato J.* 42 (1): 76-79.
- Keijbets, M.J.H. ve Ebbenhorst-Seller, G., (1990). Loss of vitamin C (L- ascorbic acid) during long-term cold storage of Dutch table potatoes. *Potato Res* 33(1): 125-30.
- Kerstholt, R.P.V., Ree, C.M., Moll, H.C., (1997). Environmental Life Cycle of Potato Sprout Inhibitors. *Industrial Crops and Products* 6, 187-194.

- Kleinkopf, G., N. Oberg, N. Olsen., (2003). Sprout Inhibition in Storage: Current Status, New Chemistries and Natural Compounds. *American Journal of Potato Research* 80:317-327.
- Matsuuro-Endo, C., Kobayashi, A., Noda, T., Takigawa, S., Yamauchi, H., Mori, M., (2004). Changes in sugar content and activity of vacuolar acid invertase during low-temperature storage of potato tubers from six Japanese cultivars. *J. Plant Res.*, 117, 131-137.
- Olsen, N., Frazier, M.J., Kleinkopf, G., Potato Sprout Suppression from Clove Oil, Uidaho University, (<https://www.uidaho.edu/~media/UIdaho-Responsive/Files/cals/Programs/Potatoes/Storage/potato-sprout-suppression-from-clove-oil.ashx>), (Erişim: 02.12.2016).
- Owolabi, M. S., Lajide, L., Oladimeji, M. O., Setzer, W.N., (2010). The Effect of Essential Oil Formulations for Potato Sprout Suppression, *Natural Product Communication* Vol. 5(4).
- Paul, V., Ezekiel, R., Pandey, R., (2016). Sprout suppression on potato: need to look beyond CIPC for more effective and safer alternatives, *J. Food Sci. Technol.* 53(1): 1-18.
- Rezaee, M., Almassi, M., Majdabahi, F.A., Minaei, S., Khodadahi, M., (2011). Potato sprout inhibition and tuber quality after post harvest treatment with gamma irradiation on different dates. *J. Agr. Sci. Tech.*, 13, 829-842.
- Richardson, D.L., Davies, H.V., Ross, H.S., Mackay, G.R., (1990). Invertase activity and its relation to hexose accumulation in potato tubers. *J. Exp. Bo.*, 41 (222), 95-99.
- Sharma, A., (2012). Essential Oil as Organic and Alternative Methods for Potato (*Solanumtuberosum* L.) Sprout Control in Storage, *International Journal of Engineering and Mathematical Sciences*, June 2012, Vol. 1, 34-39.
- Song, X., Bandara, M., Tanino, K.K., (2008). Potato Dormancy Regulation: Use of Essential Oils for Sprout Suppression in Potato Storage, Fruit, Vegetable and Cereal Science and Biotechnology, *Global Science Books*, 1:110-117.
- şanlı, A., Karadoğan, T., Tonguç, M., Baydar, H., (2010). Effects of caraway (*carum carvi* l.) seed on sprouting of potato (*solanum tuberosum* l.) tubers under different temperature conditions, *Turkish Journal Of Field Crops*, 15 (1): 54-58.
- şanlı, A., Karadoğan, T., (2013). Kimyasal ve doğal sürgün gelişimi engelleyicileri ile depo sıcaklığının patates (*Solanum tuberosum* L.)'de cips kalitesi üzerine etkilerinin belirlenmesi, *YYÜ Tar Bil Derg.*, 23(2): 172-184.
- Wichrowska, D., Rogozinska, I., Pawelzik, E., (2008). Concentrations of Some Organic Acids in Potato Tubers Depending on Weed Control Method, Cultivar and Storage Conditions, *Polish Journal Of Environmental Studies*. Vol. 18, No.3, 487-491.
- Yavuz, D., (2011). Patates Tarımında Farklı Sulama Yöntemlerinin Su Kullanımı, Verim ve Enerji Tüketimi Yönünden Karşılaştırılması. Doktora tezi, *Selçuk Üniversitesi, Fen Bil. Enst. P.*, 119. Konya.
- Zrenner, R., Schuler, K., Sonnewald, U., (1996). Soluble acid invertase determines the hexose-to-sucrose ratio in cold stored potato tubers. *Planta*, 198, 246-252.



Hastane Öncesi Sağlık Hizmetlerine Yönelik Çalışan Özel Ambulans Personellerinin Tükenmişlik Düzeylerine Bağlı İşten Ayrılma Niyeti

Çiğdem Koçyiğit Poyraz^{1*}, Menekşe Kılıçarslan²

^{1*} İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Kurumları Yöneticiliği Bölümü, İstanbul, Türkiye,(ORCID: 0000-0002-9453-5940), cigdem-kocyyigit@hotmail.com.tr

² İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID:0000-0002-0580-8645), meneksekilicarslan@aydin.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.852202)

ATIF/REFERENCE: Koçyiğit Poyraz, Ç. & Kılıçarslan, M. (2021). Hastane Öncesi Sağlık Hizmetlerine Yönelik Çalışan Özel Ambulans Personellerinin Tükenmişlik Düzeylerine Bağlı İşten Ayrılma Niyeti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 364-373.

Öz

Tükenmişlik sendromu, stresle mücadele edememe sonucu bireyin enerji ve güç kaybı sonrası duyarsızlaşma duygusal ve ruhsal olarak tükenme durumu olarak ifade edilmektedir. Bu çalışmada özel ambulans personellerinin tükenmişlik düzeylerine bağlı işten ayrılma niyeti etkisini incelenmiştir. Çalışmanın amacı tükenmişlik sendromu, işten ayrılma niyeti değişkenlerinin ve alt boyutlarının birbirleriyle olan ilişkilerini incelemek ve tükenmişlik duygusunun işten ayrılma niyetine etkisini ortaya koymaktır.

Araştırma kısmında; sosyo-demografik(tanıtıcı) bilgiler, Maslach tükenmişlik ölçeği, JP Walsh, ve arkadaşları SJ Ashford, TE Hill tarafından 1985'te geliştirilen işten ayrılma niyeti ölçeği kullanılmıştır. Veriler SPSS 18.0 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir.

Araştırma ölçekleri ve alt boyutlarının güvenirlik analizi bulguları Cronbach alfa katsayısı ölçüsüyle değerlendirilmiştir. Birbiriyle tutarlı ve aynı özelliğin öğelerini yoklayan maddelerden oluştuğu ve tüm maddelerin tutarlı bir biçimde birlikte çalıştığı istatistiksel olarak elde edilmiştir. Araştırma ölçekleri ve alt boyutları güvenirlik analizi sonucu yüksek güvenilirlikli ve oldukça güvenilirlikli olarak bulunmuştur.

Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde; Tükenmişlik ölçeği alt boyutlarının ve İşten ayrılma niyeti arasındaki ilişkinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu ortaya çıkmıştır. Katsayıların student-t istatistiği değerlerine bakıldığında duygusal tükenme boyutundaki ve duyarsızlaşma boyutundaki değişiminin işten ayrılma niyeti değişkeni üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu, ancak kişisel başarı boyutunun İşten Ayrılma Niyeti değişkeni üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu görülmektedir. Dolayısıyla çalışanların tükenmişlik düzeylerinin işten ayrılma niyetine etkisi olduğu ortaya çıkmıştır.

Anahtar Kelimeler: İşten Ayrılma niyeti, Sağlık Personeli, Tükenmişlik, Tükenmişlik Sendromu.

An Intention of Private Ambulance Staffs Working for Prehospital Health Care to Intention to Leave Work Depending on Burnout Levels

Abstract

Burnout syndrome is expressed as the desensitization, emotional and mental exhaustion of the individual after loss of energy and strength as a result of not being able to struggle against stress. In this study, the effect of private ambulance staffs' burnout levels on intention of quitting job was examined. The aim of the study is to examine the relationship between variables of burnout syndrome and intention of intention to leave work and their sub-dimensions and to reveal the effect of feeling burnout on the intention to leave work.

* Sorumlu Yazar: cigdem-kocyyigit@hotmail.com.tr ; Bu çalışma sorumlu yazarın yüksek lisans tezinden türetilmiştir.
<http://dergipark.gov.tr/ejosat>

In the research, socio-demographic (introductory) information, Maslach burnout scale, intention to leave work scale developed by JP Walsh, and his friends; SJ Ashford, TE Hill in 1985 were used. The data were analyzed using SPSS 18.0 statistical software.

The reliability analysis of the research scales' findings and their sub-dimensions were evaluated with the Cronbach alpha coefficient measure and it was found that their items are consistend with each other and they are highly reliable.

In the evaluation of the results of the analysis, it was found that the relationship between burnout scale sub-dimensions and the intention to intention to leave work was statistically significant. When the student-t statistic values of the coefficients are analyzed, it can be seen that the change in the emotional exhaustion dimension and the desensetization dimension has a positive effect on the variable of intention to leave work, but the individual success dimension has a negative effect on the variable of intention to leave work. Therefore, it has been revealed that burnout levels of the staffs have an effect on the intention to intention to leave work.

Keywords: Intention to Leave Work, Health Personnel, Burnout, Burnout Syndrome.

1. Giriş

Tükenmişlik, bireyin iş hayatını, aile yaşantısını ve sosyal çevresiyle olan ilişkilerini olumsuz olarak etkilemektedir. Stres ve tükenmişlik sadece iş ortamlarında değil hayatın her alanında görülmektedir. Stres zamanla insanlarda hem bireysel hem de örgütsel tükenmişlik yaşanmasında sebep olmaktadır.

İnsanlar hayatlarını devam ettirebilmek için çalışmak zorundadırlar. Zamanlarının büyük bir bölümünü geçirdikleri bu iş ortamlarında yaptıkları işin zorluğuna yoğunluğuna, çeşitliliğine vb durumlara bağlı olarak çeşitli boyutlarda strese maruz kalmaktadırlar.

Çalışan kişinin verimliliği ne kadar sağlıklı olduğuna bağlıdır ve Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ) Tüzüğü'nde sağlığın tanımı şu şekilde yapılmıştır: "Yalnızca hastalık veya sakatlığın olmaması durumu değil, fiziksel, sosyal ve ruhsal yönden tam iyilik halidir." Günümüzde giderek yaygınlaşarak bir sorun haline gelen tükenmişlik, meslek hayatında aşırı ve uzun süreli yaşanan olumsuzlukların stres sonucu duygusal, zihinsel ve fiziksel yönden bireyin karşı karşıya kaldığı bitkinlik olarak tanımlanmaktadır. Bireylerde iş ortamlarında yaşadığı bu tükenmişlik hissi aile ve sosyal çevresine de yansımakta kişilerin sağlık durumlarını olumsuz olarak etkilemektedir.

Hayat biçimi hem kişisel hem de işe ait özellikler de tükenmişliğin oluşmasını sağlamıştır. İnsanların çok çalışarak kendilerine zaman ayırmamaları da bu durumun tetikleyicisi olmuştur. Ayrıca çalışanların çalıştıkları kurum ve meslekleri ile ilgili beklentileri tükenmişliğin artması veya azalmasına neden olmuştur. Tükenmişlik hissi çalışanın enerjisinin azalmasına, zihinsel olarak kendini işten soyutlamasına ve böylece mesleki performansının düşmesine ve hatta işten ayrılma davranışı içinde olmasına neden olmuştur.

Son yıllarda iş stresi ve iş yükünün çok fazla olduğu sağlık sektöründe tükenmişlik olgusu çok fazla yaşanmaya başlanmıştır. Bu durum sağlık çalışanlarından yüksek performans beklenmesi, uzun çalışma sürelerinin olması ve çok fazla iş yükünün olması sonucu ortaya çıkmaktadır. Tükenmişlik düzeyinin artması ile sağlık çalışanlarının tutum ve davranışlarının olumsuz etkilenmeleri kişisel ve örgütsel başarısını da olumsuz etkilemiştir.

Hastane öncesi acil sağlık hizmetleri afet, kaza ya da hastalık sonucunda acil yardıma ihtiyaç duyan hastalara hastane öncesi sağlık çalışanları tarafından değerlendirilmesi, ilk tedavilerinin yapılması ve güvenli bir şekilde hastaneye nakledilmesini kapsamaktadır. Hastane öncesi sağlık hizmetinin(HSH) asıl amacı mortaliteyi ve morbiditeyi azaltmak sistematik ve fizyolojik hasarları minimuma indirmektir. Hastane

öncesi sağlık sisteminin başarılı olması bu sistemin tüm halkalarının eksiksiz ve sağlam olmasına bağlıdır. HSH nin en önemli halkası sağlık personelidir ve personelin eksikliği yahut performansındaki düşüklük amacını saptırabilmektedir.

Bu çalışmada, özel ambulans sektörü içinde tükenmişlik kavramının işten ayrılma davranışlarına etkisinin sektörel bazda değerlendirilmesi yapılmıştır.

2. Tükenmişlik Sendromu Kavramı

Tükenmişlik sendromu, 1974 yılında ilk defa Herbert Freudenberger tarafından tanımlanarak literatürdeki yerini almıştır (Polatçı ve Özyer, 2015). Tükenmişliğin herkes tarafından kabul görmüş ortak bir tanımı yoktur. Herbert Freudenberger tarafından yapılan tanım sağlık çalışanlarının yorgunluk, hayal kırıklığı gibi nedenlerle işten ayrılmaları sonucu yapılmıştır. Bu tanımlamayla insanların duygusal tükenme, kişisel başarısızlık ve sosyal olarak yaşanan sorunları dile getirilmiştir.

Yaşamalarını devam ettirmek için çalışmak zorunda kalan insanların çalışma hayatı içinde yaşadıkları sorunlarda gün geçtikçe artmaktadır (Maslach, Schaufeli ve Leiter, 2001). Tükenmişlik sendromu çalışma hayatının zorlukları sonucu daha fazla görülmeye başlanmıştır.

Sürgevil Dalkılıç tükenmişliği; insanın ruhen çökmesi ve yavaş yavaş bu durumun ilerleyerek hastalık haline gelerek kurtuluşunun zor bir süreç olduğunu söylemiştir (Sürgevil Dalkılıç, 2014). Bu tanıma göre tükenmişlik sendromu bir histen çok hastalık olarak nitelendirilmiştir.

Tükenmişlik kavramı, sadece bireyleri iş ortamlarında etkileyen bir kavram değildir. Tükenmişliğin etkileri iş hayatı dışında hayatın tamamında görülmektedir. Bu etkilerin saptanması amacıyla yapılan çalışmalar artış göstermiştir.

Yapılan diğer bir tanıma göre Tükenme, kişilerin içinde bulunduğu olumsuz şartlar nedeniyle devamlı kötümser ve olumsuz düşüncelere kapılarak, hayat enerjisinin bitmesidir (Barutçu ve Serinkan, 2008). Bu durum bireylerin kendilerini kötü hissederek yaşamdan kopmalarını ve yaşanan değişikliklerin bile farklılık oluşturmayacağı duygusu yaşamalarına neden olmuştur (Mete, 2008).

Tükenmişlik sendromu görülen kişilerde bu durum iş hayatında ortaya çıkarak hayatlarının tümünü etkilemiştir. Tükenmişlik, sadece bireyi etkileyen bir süreç olmaktan ziyade örgütü, bireyin ailesini ve sosyal çevresini de olumsuz olarak etkilemektedir (Sağlam Arı ve Çına Bal, 2008). Tükenmişlik sendromu ele alınırken bu durum dikkate alınmalıdır.

Tükenmişlik sendromunun; duygusal tükenme, duyarsızlaşma, düşük kişisel başarı olmak üzere üç temel boyutu bulunmaktadır. Duygusal tükenme boyutu, kişinin duygusal kaynaklarının zorlanarak tükenmesi ve böylece çalışanların işlerine odaklanmalarının zorlaşarak sorumluluklarını yerine getirememeleridir. Duyarsızlaşma; yaşanan baskı sonucu duyarsız, negatif ve tepkili davranmadır. Düşük kişisel başarı boyutu ise kişinin işi ile ilgili başarıların düşmesi ve kendini yetersiz hissetmesidir (Derin ve Demirel, 2012). Tükenmişlik sendromu sonucu oluşan bu boyutların kendisine has özellikleri bulunmaktadır.

Zamanla daha fazla sorun haline gelen tükenmişlik sendromu kavramı, çalışanların ve bireylerin hayatlarını olumsuz etkileyen, bireyin çalışma ortamlarında potansiyelini azaltan ve bu durum sonucu işverenler için ek maliyetlere neden olan bir süreç olmaktadır (Yücel, 2012).

Tükenmişliğe neden olan faktörler; bireysel, örgütsel ve çevresel faktörler sınıflandırılmıştır.

Bireysel faktörler bireylerin biyolojik ve psikolojik özellikleri tükenmişlik düzeyini belirleyen bir unsurdur. Diğer insanlarla ilişkiler, olaylara karşı yaklaşım, kişinin kendini kontrol edebilme yetisi tükenmişlik düzeyini belirleyen unsurlar olmuştur. Tükenmişlik çalışma ortamlarının her alanında ve her meslek grubunda yaşanabilmektedir (Yeğin, 2014).

- Kişilik özellikleri,
- Beklentiler,
- Çevresel etkenler,
- Medeni durum,
- Yaş,
- Cinsiyet,
- Eğitim durumu,
- Strese yatkın olma,
- Dış kontrol odaklı olma,
- Kendine yeterlilikten yoksun olma,
- Beklenti düzeyi şeklindedir.

Örgütsel faktörler çalışanlarda görülen tükenmişlik birtakım örgütsel faktörlerin etkisiyle oluşmaktadır. Tükenmişlik faktörleri örgütün temel özelliklerine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Genel olarak tükenmişliğe neden olan örgütsel faktörler şu şekilde açıklanmıştır (Şıklar ve Tunalı, 2012):

- İşin niteliği,
- İş güvenliği noksanlığı,
- Çalışma saatleri,
- Yönetimin yetersizliği,
- Rol çatışması-rol belirsizliği,
- Ücret, ceza ve ödül yönetiminin başarısız olması,
- Kararlara katılım olanağının olmaması,
- Terfi imkanlarının yetersiz olması

- Adaletsiz davranılarak çalışanlar arasında çifte standart uygulanması.

Tükenmişlik oluşmasına neden olan unsurlardan bir diğeri de çevresel faktörlerdir. Çevresel faktörlerin içinde bireyleri etkileyen en önemli faktör ailesi ve yakın çevresidir (Budak ve Sürgevil, 2005). Kişilerin diğer insanlarla ilişkileri, sorunlara yaklaşımları ve bu sorunları paylaşarak çözüm üretmeye çalışmaları tükenmişliği azaltmada etkili olmaktadır. (Polatçı, Ardiç ve Türkan, 2014). Aile ve yakın çevresinden, yöneticilerinden destek görmeyen kişilerde tükenmişlik daha fazla yaşanabilmektedir.

Çevresel faktörler, birey ve örgüte sağlanan sosyal destek olarak nitelendirilebilmektedir. Bu bakımdan çevresel faktörleri ayrı değerlendirmeden bireysel ve örgütsel faktörler içinde değerlendirmek mümkündür. Fakat çevresel faktörler tükenmişliğe neden olan bireysel ve örgütsel faktörler ile kıyaslandığında içeriğinin daha dar olduğu görülmüştür.

Tükenmişliğin sonuçları kişiden kişiye değişiklik gösterebilmektedir. Fakat tükenmişlik yaşanan bireylerde geçici ve kalıcı birtakım hasarlar oluşmaktadır. Bu durum bireysel olarak başlayıp zamanla sosyal ve aile yaşantısına yansımaktadır. Birey aile hayatında mutsuz, memnuniyetsiz ve ihmal edilmiş hissetmektedir.

Tükenmişlik çalışma hayatı üzerinde de performansın düşmesi, hata yapma eğiliminin artması, izin almadan işe gelmeme, işe geç gelme, işi savaştırma ve mesleki başarıda azalma gibi birçok olumsuzluklara neden olmaktadır. Çalışanlarda dikkat sorunu yaşanarak işteki yaralanma ve iş kazaları artış göstermiştir (Özen ve Mirzeoğlu, 2015; Ardiç ve Polatçı, 2008; Arı ve Bal, 2008).

Tükenmişlik görülen kişilerin yaşam kaliteleri olumsuz etkilenmekte ve birey kendini mutsuz hissetmektedir. Gerginlik, karamsarlık, uykusuzluk, yorgunluk, iştahsızlık ve baş ağrıları, alınganlık, depresyon, kaygı ve özsaygının azalması gibi duygusal ve fiziksel sorunlar meydana gelmektedir (Özen ve Mirzeoğlu, 2015). Tükenmişlik sendromu iş yaşamı, günlük yaşam ve ilişkilerin dengesini bozan bir etkiye sahiptir. Bu etkinin sonuçlarını en aza indirebilmek için içsel ve bedensel olarak belirtilerin farkına geç olmadan varılmalıdır (Sevencan vd., 2011).

Tükenmişliğin her alanda etkisi olduğunu düşünen araştırmacılar içinde Maslach tükenmişliğin en fazla çalışma kapasitesini düşürücü etkisi olduğunu savunmuştur. Duygusal tükenmişlik çalışanlarda duyarsızlaşmaya; duyarsızlaşmada kişisel başarının düşmesine neden olmuştur.

Tükenmişlik öncelikle insanlarla yüz yüze ve yoğun çalışma saatlerine sahip meslek gruplarında daha fazla yaşanmakta iken günümüzde hemen hemen her meslek grubunda karşılaşılan bir sorun haline gelmiştir (Sevencan vd., 2011; Özen ve Mirzeoğlu, 2015; Ardiç ve Polatçı, 2008; Ören ve Türkoğlu, 2006).

Tükenme bireyin iç dünyasında başlayarak işini, ailesini ve sosyal çevresini etkileyerek aile içi sorunlara, psikosomatik hastalıklara ve hatta iş kaybına neden olmaktadır.

Rekabet avantajı sağlamak isteyen örgütler bu avantajı sağlamak ve örgütlerinin devamını sağlayabilmek için insan gücüne ihtiyaç duymaktadır. İnsan gücünü elde tutabilmek için çalışanların işlerinden doyum sağlamaları ve motivasyonlarının

yüksek tutulması tükenmişlik sendromu yaşanmasını engelleyecektir.

Örgütlerin sunmuş olduğu çalışma ortamları ve imkanlar tükenmişlik sürecini etkilemektedir (Kutlu, 2016). Örgütler hizmet sunumu ile tükenmişlik yaşayan çalışanlarını hem bireysel hem de örgütsel olarak etkilemektedir.

Stres ve strese bağlı olarak oluşan tükenmişlik çalışanlarda işin niteliği, işteki rol, iş gerilimi, kurum tipi, çalışma şekli, diğer çalışanlarla uyumsuzluk gibi nedenlere bağlı olarak ortaya çıkmakta, zamanla motivasyon kaybı, işe geç gitme, işe bağlılık ve adaptasyon kaybı gibi nedenlerle işten ayrılma niyeti ortaya çıkar (Sağlam Arı ve Çına Bal, 2008).

Çalışma saatleri ve çalışma koşulları tükenmişliğin bireysel ve örgütsel etkileri üzerinde doğrudan ilişkilidir. Ağır çalışma koşulları ve uzun süreli çalışma çalışanlarda tükenmişliğe neden olmaktadır (Barutçu ve Serinkan, 2008). Tükenmişliğe maruz kalan çalışanlar yorgunluk, bitkinlik, uykusuzluk sonucu hizmet kalitesinde düşme, işe odaklanamama ve iş kazaları yaşayabilmektedir.

Tükenmişlik bireysel ve örgütsel performansı olumsuz etkileyen bir durumdur. Örgütler bu durumun etkilerini en aza indirebilmek için birtakım çalışmalar yapmalıdır (Ardıç ve Polatçı, 2008). Tükenmişliğe dair belirti tespit edildiğinde ilerlemesini önleyici tedbirler alınmalıdır.

3. Sağlık Çalışanlarında Tükenmişlik

Sağlık çalışanlarının tükenmişliği hakkında birçok araştırma yapılmıştır. GATA Haydarpaşa Hastanesinde çalışan sağlık personellerine dair Kalemoglu ve Keskin (2002) tarafından araştırma yürütülmüş bu araştırma ile sağlık kurumlarındaki sağlık çalışanlarının tükenmişlik düzeyleri saptanmaya çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmanın sonuçları sağlık çalışanlarının duygusal tükenmişliklerinin çok yüksek olduğunu göstermiştir (%45,3). Diğer bir tükenmişlik belirtileri duyarsızlık (%32) ve kişisel başarının azalması (%28) olarak görülmüştür. Tükenmişlik oranları servislere göre değerlendirildiğinde acil serviste çalışan sağlık personelinin daha fazla tükenmişlik sendromu belirtileri gösterdikleri görülmüştür.

Costa ve Pinto (2017) sağlık çalışanlarında iş stresi ve tükenmişliklerin neden olduğu ve bu tükenmişliğin sonuçlarının neler olduğuna dair yapılan araştırmalardan 48 araştırmacının sonuçlarını inceleyerek çalışma yapmışlardır. Bu araştırma sonuçları gerek doktorlarda gerekse de hemşirelerde uzun çalışma saatleri, aşırı iş yükü, beklentilerin fazla olması, nöbet sayısının fazla olması sonucu yorgunluk, iş yerinde yaşanan iletişim çatışmaları, olumsuz çalışma koşulları nedeniyle oluşan duygusal ve fiziksel yüklemeler ile tükenmişliğin oluştuğunu göstermiştir. Ayrıca kadın sağlık çalışanlarının iş dışında ki ev hayatındaki sorumluluklarının fazla olması erkek çalışanlara nispeten duygusal tükenme oranının daha fazla olmasına sebep olmuştur. Erkek sağlık çalışanlarında ise tükenmişliğe bağlı olarak “duyarsızlık” eğilimi fazla olmaktadır. Yoğun çalışma temposu karşısında her iki cinsiyetteki sağlık çalışanları zamanla işin gereklerini yerine getirecek performansı gösterememekte kendilerini yetersiz hissederek duygusal tükenmişlik yaşayabilmektedirler.

Hemşirelerin çalışma özellikleri, iş ortamı ve tükenmişliklerinin çalışma performanslarına etkisi Bogaert ve arkadaşları (2014) tarafından araştırılmıştır. Bu araştırmanın

sonuçları hemşirelerin duygusal ve kişisel başarısının azalmasında duygusal ve fiziksel tükenmişliğinin, iş performansı üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. Çalışma süreleri, vardiyalı ve nöbet sistemine dayalı çalışma da hemşirelerin iş performansının düşmesinde etkilidir.

Tükenmişlik yaşayan sağlık çalışanlarının performansları düşerek motivasyon kaybı yaşamaktadırlar. Zamanla işine ve insanlara karşı duyarsızlaşan sağlık çalışanlarının, hizmet sundukları hastalara duyarsız ve tepkisel davranışlar gösterdikleri gözlenmiştir. Hizmet verilenlere karşı ilgisiz davranarak insanların ihtiyaçlarına önem vermeyen tükenmişlik sendromu yaşayan sağlık çalışanları insanları nesne olarak görmektedirler. Bu durum sağlık personeli ve hasta arasında, kurum arasında sorunlar yaşanmasına neden olmuştur (Costa ve Pinto, 2017).

Tükenmişlik yaşayan sağlık çalışanları çalışma ortamından kaynaklanan birçok faktörden etkilenmektedir. İngiltere’de görev yapan pratisyen hekimler ile Kuzey Amerika’da çalışan meslektaşları arasındaki tükenmişlikleri incelemek amacıyla araştırma yapan Kirwan ve Armstrong (1995) bu çalışması sonucu İngiltere’deki pratisyen doktorlarda daha fazla tükenmişlik gözlemlenmiştir. Tükenmişlik oluşan doktorlarda zamanla duyarsızlaşma başlamaktadır. Doktorların yaşları duyarsızlığı etkilemektedir.

Tükenmişlik her sektörde olduğu gibi sağlık sektöründe de çok önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu süreçte sağlık çalışanlarının tükenmişlik düzeyleri saptanarak verdikleri tepkilerin düzeltilmesine yönelik eğitimler verilmelidir.

4. Sağlık Çalışanlarında İşten Ayrılma Niyeti

İşten ayrılma niyeti; çalışanların davranışsal bir tutum olarak çalıştıkları örgütten ayrılmak istemelerini ifade etmektedir. Diğer bir tanıma göre işten ayrılma niyeti işletmenin devamlılığını tehdit eden işletme içi ve işletme dışı personelin hareketlerinin seviyesi şeklinde yapılmıştır (Vnouckova ve Klupakova, 2013). İşten ayrılma niyeti çalışanların örgütün sağlamış olduğu iş ve çalışma koşullarından memnun olmamaları sonucu ortaya çıkmaktadır.

İşten ayrılma niyeti, düşünme, planlama ve işten ayrılmaya karar verme aşamalarından oluşur. Örgüt içinde çalışanlar bireysel ya da örgüte bağlı sebeplerden ötürü düşünme evresinden karar vermeye ve daha sonra da işten ayrılma eylemine yönelirler. Bu süreç örgüt açısından maliyetlerin artmasına neden olur. Örgüt için nitelikli insan gücü kaybı, yeni iş gücü elde edilerek bu iş gücünün eğitilmesi yeni masraflara neden olmaktadır. Firmalar potansiyel iş gücünü elde tutabilecek davranış içinde olarak nitelikli insan gücünü işe bağlayacak tedbirler almalıdır (Eren ve Saraçoğlu, 2011).

Diğer sektörlerde yaşandığı gibi sağlık ve hastane sektöründe de çalışanların birtakım şikayetleri işten ayrılma niyetini ortaya çıkarmakta ve bu durumdan kurumsal performans olumsuz olarak etkilenmektedir. İş doyumunu sağlanmayan sağlık personelleri işte verimli çalışmayarak hasta bakım kalitesini düşürebilmektedir. Hastane idaresi, çalışanlarının refahını sağlayacak yöntemler geliştirerek iş doyumunu sağlamalı ve işten ayrılma niyetini en aza indirmelidir (Tanner, 2007).

Sağlık çalışanları beklentilerinin kurum tarafından karşılanmaması durumunda işi bırakma davranışı gösterirler. İşten ayrılma davranışı hem bireysel hem de kurum tarafından

olumsuz etkileri bulunmaktadır (Tanner, 2007). Sağlık personellerinin iş doyumu, motivasyon ve kuruma bağlılık düzeyinin düşük olması işten ayrılma niyetinin oluşmasına neden olur. İşten ayrılma niyeti içinde olan kurum çalışanı daha iyi şartlarda iş imkanı bulamadığı takdirde kurumda çalışmaya devam eder. Kurumda çalışmak istemeyen sağlık personeli kuruma faydalı olmamaktadır. Daha az verimle çalışarak hastanenin devir hızını düşürmektedir. Ayrıca bu durum hastalara daha düşük kalitede hizmet verilmesine neden olmaktadır (Park ve Kim, 2009, 20).

Yüksek performansla çalışan sağlık personelinin işten ayrılması diğer çalışan personellerin motivasyonunu ve verimliliğini de etkilemektedir. Boşalan pozisyona yeni personel bulunmasına kadar geçen sürede kurum içinde çalışan diğer personellerin bu boşluğu doldurabilmeleri için daha fazla çalışmaları gerekmektedir. Bu durum çalışmaya devam eden hekim ve hemşirelerin iş yüklerinin artmasına ve motivasyonlarının düşmesine neden olacaktır (Jones, 2004).

Sağlık personellerinde işten ayrılma davranışı oluşmasını engellemek için bazı tedbirler alınmalı ve işten ayrılma davranışı sonucu oluşan olumsuzluklar giderilmeye çalışılmalıdır. Bu durum sağlık çalışanını kuruma tekrar kazandırmayı sağlamaktadır. Aksi takdirde işten ayrılmaların artması durumunda kurumun kalitesi ve başarısı düşerek gelirlerinde azalma olması kaçınılmaz olacaktır.

5. İşten Ayrılma Niyeti ve Tükenmişlik Sendromu Arasındaki İlişki

Tükenmişlik sendromunun dört tane evresi bulunmaktadır. İşten ayrılma niyeti ile tükenmişlik arasında ilişkiyi saptamak için tükenmişlik sendromunun dört evresinden faydalanılmalıdır. Bu evreler; şevk ve coşku evresi, durağanlaşma evresi, engellenme evresi ve umursamazlık evresidir (Üngüren vd., 2010: 2924).

Memnuniyet düzeyi yüksek olan çalışanların şevk ve coşku evresinde işten ayrılma niyeti ile tükenmişlik sendromu görülmesi mümkün değildir. Durağanlaşma evresinde, duygusal yönden yıpranmış ve yorgun hisseden birey işine karşı olumsuz düşünceler içinde olarak işten ayrılmayı düşünmeye başlar. Bu durum tükenmişliğin işten ayrılma niyeti arasında oluşan ilişkinin varlığını gösterir. Üçüncü bir evre olan engellenme evresinde kurumdaki olumsuzlukların düzelmeyeceği ve insanların değişmeyeceği inancı oluşur kişi bu sorunlarla başa çıkmaya çalışarak başarısız olduğuna inanır. Yoğun bir engellenmiş duygusu oluşur. Dördüncü evre olan umursamazlık evresi derin bir inançsızlık ve umutsuzluk hissedilen son evredir. Bu evrede iş yaşamı kişi için sıkıntı ve mutsuzluk veren ve doğrudan işten ayrılma niyeti ve tükenmişlik sendromu ilişkisini gösteren bir alandır. Bu evreler tükenmişlik sendromunun işten ayrılma niyetine etkisini ve hangi aşamalarda oluştuğunu gösteren tükenmişliği anlamayı kolaylaştıran evrelerdir.

6. Uygulama

6.1. Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın temel amacını, hastane öncesi sağlık sektörünün önemli temelini oluşturan özel ambulanslarda çalışanların tükenmişlik vakalarının işten ayrılma niyeti üzerinde bir etkisi olup olmadığını, tükenmişlik sendromu değişkenlerinin ve alt boyutlarının birbirleriyle olan ilişkilerini incelemek ve

tükenmişlik duygusunun işten ayrılma niyetine etkisini ortaya koymaktır.

6.2. Araştırmanın Problemi

Özel ambulanslarda çalışan sağlık personelinin tükenmişlik sendromuna bağlı işten ayrılma niyeti arasında ilişki var mıdır?

6.3. Araştırmanın Kısıtlıkları

Araştırma İstanbul Avrupa yakası Büyükçekmece, Silivri ilçelerinde konumlanmış özel ambulanslarda görev alan sağlık personelleridir. Araştırmanın hedef kitlesi özel ambulanslarda çalışmakta olan doktor, hemşire, paramedik ve acil tıp teknisyenleridir. Araştırmaya ambulans şoförleri, komuta kontrol merkezi (KKM) çalışanları, sekreter temizlik görevlileri ve yöneticiler dahil edilmemiştir.

Araştırma, veri toplamak amacıyla kullanılan anket formu ile kısıtlıdır.

7. Yöntem

Araştırmada yöntem olarak betimsel tarama modeli kullanılmıştır.

7.1. Veri Toplama Araçları

Bu araştırmanın veri toplama aracı üç bölümden oluşan ankettir. Anketin birinci bölümünde yaş, cinsiyet, aylık gelir vb. sosyo-demografik ve çalışma özellikleri bulunan tanıttıcı bilgiler yer almaktadır.

Anketin ikinci bölümünde duygusal tükenme, duyarsızlaşma, kişisel başarı boyutlarını içinde barındıran Maslach Tükenmişlik Ölçeği kullanılmıştır. Ölçek yirmi iki önermeden oluşmaktadır.

Anketin üçüncü ve son bölümünde çalışanların işten ayrılma niyetini ölçmede, JP Walsh, ve arkadaşları [SJ Ashford](#), TE Hill tarafından 1985'te geliştirilen ve Lori J. Ducharme, Hannah Knudsen, Paul M. Roman tarafından 2007 de yayınlanan "Emotional exhaustion and turnover intention in human service occupations: The protective role of coworker support" çalışmasında kullandıkları ölçekten faydalanılmıştır. Ölçek üç önermeden oluşmaktadır.

7.2. Veri Toplama Aracının Uygulanması

Araştırmanın ağırlıklı bölgesi İstanbul Avrupa yakası Büyükçekmece, Silivri ilçelerinde konumlanmış özel ambulanslarda görev alan sağlık personelleridir. Araştırmada anket formlarının uygulanması gönüllülük esasına dayanmaktadır.

Araştırma dahilinde özel ambulans şirketlerinin katılımları sağlanması amacıyla yöneticileriyle görüşülmüş araştırmanın amacından bahsedilmiş ve anket örneği sunulmuştur. Çoğu şirket olumsuz cevap vermiş ve iştirakleri sağlanabilen şirketlerin toplam 357 sağlık personeli arasından; katılmak istememe, ilgili sağlık personeline ulaşamama düzensiz çalışma saatleri ve belirsiz konular gibi olumsuzluklara rağmen 226 kişi ankete cevap vermiştir.

10.09.2019- 12.12.2019 tarihleri arasında 7 farklı ambulans şirketinden toplam 357 sağlık personeline ulaşılmış fakat çalışanların %63'ü olan 226 çalışan katılım sağlamıştır. Anketlerdeki eksik cevaplardan dolayı 24 anket elenmiş ve uygun olan 202 anket araştırmaya tabi tutulmuştur.

Her anketin başında araştırmanın amacı, gizliliği konusunda açıklama ve gerçeği yansıtır şekilde yanıt vermeleri konusunda uyarı bulunmaktadır. Bunlara ek olarak anket dağıtılırken ilgili kişilere nasıl cevap verileceği konusunda sorular ayrıntılı olarak anlatılmıştır.

Anketler çoğaltılarak ilgili şirketlerin komuta kontrol merkezlerine bırakılmış, çeşitli noktalardaki ambulans içinde bekleyen ekiplere nöbet çizelgeleri takip edilerek dağıtılmıştır. Yine ankete katılmayı kabul etmiş kişilerin nöbet takip çizelgeleri takip edilerek anketler toplanmıştır. Katılımın çok olması amacıyla çeşitli aralıklarla hatırlatmalar yapılmıştır.

7.3. Veri Analizi

Veriler SPSS 18.0 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Araştırma ölçekleri ve alt boyutlarının güvenilirlik analizi bulguları Cronbach alfa katsayısı ölçüsüyle değerlendirilmiş birbiriyle tutarlı ve aynı özelliğin öğelerini yoklayan maddelerden oluştuğu, tüm maddelerin o ölçüde birlikte çalıştığı, yüksek güvenilirlikli ve oldukça güvenilirlikli olarak bulunmuştur. Sosyo-demografik özellikler ve tükenmişlik ölçeği işten ayrılma niyeti ölçeği değişkenleri arasındaki ilişkinin modelini regresyon analizi (doğrusal regresyon) ile, elde edilen model aracılığıyla tahminler bulunma ve regresyon modelinin anlamlılığı ölçmek için ise ANOVA testi yapılmıştır. Farklılığın kaynağı olan gruplar ise TUKEY testi ile belirlenmiştir. Regresyon modelinde değişkenlerin katsayılarının (Beta katsayısı) istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığı student-t testiyle incelenmiştir.

8. Bulgular

Bu bölümde araştırma anketine katılım sağlayan çalışanların sosyo-demografik özellikleri ve tükenmişlik alt boyutları ile işten ayrılma niyeti düzeyleri, tükenmişlik alt boyutlarıyla işten ayrılma niyeti arasındaki ilişki ile ilgili analiz bulgu ve değerlendirmeler yer almaktadır.

Elde edilen bulgulara göre kadın katılımcıların oranı %46.5 ve erkek katılımcıların oranı %53.5 olarak gerçekleşmiştir. Katılımcıların cinsiyet dağılımlarında cinsiyet bakımından büyük bir fark olmamakla birlikte erkek katılımcılar çoğunluktadır.

Ankete katılan bireylerin yaş gruplarına göre frekans dağılımlarından elde edilen bulgulara göre en büyük yığılma %40.6 ile 25-30 yaş grubunda ve en az yığılma da %9.4 ile 36-40 yaş grubunda olduğu gözlemlenmiştir. 40 yaş üstü çalışana rastlanmaması 36-40 yaş arası çalışan sayısının az olması dikkat çekmektedir.

Ankete katılan bireylerin eğitim durumlarına göre frekans dağılımına bakıldığında katılımcıların %28,2'sinin Lise, %50'sinin Ön Lisans, %18,8'inin Lisans ve %3'ünün Yüksek Lisans eğitime sahip oldukları gözlemlenmiştir. Ambulanslarda çalışmak üzere yetiştirilen paramediklerin ön lisans mezunu oldukları ve yine özellikle ambulanslarda çalışması için yetiştirilmiş acil tıp teknisyenlerinin lise mezunu oldukları düşünüldüğünde bu öngörülen bir durumdur. Bu durum ambulansta çalışan personelin büyük çoğunluğunun ön lisans ve lise mezunu olduğu ileri sürülebilir.

Ankete katılanların medeni durumlarına göre frekans dağılımlarından elde edilen bulgulara göre katılımcıların %15,8'i evlilerden ve %84,2'si bekarlardan oluşmaktadır. Çalışan

sayısının büyük çoğunluğu bekar olması ambulans şirketlerinin çalışma koşullarının evliliğe uygun olup olmadığı konusunda düşündürmektedir.

Ankete katılan bireylerin gelir durumlarına göre frekans dağılımları bulgularına göre; katılımcıların %39,6'sının 2000 TL ve altı, %23,3'ünün 2001 TL - 3.000 TL, %32,2'si 3001 TL - 5.000 TL ve %5,0'ünün da 5.001 TL ve üzeri aylık gelire sahip oldukları gözlemlenmiştir. Bu Çizelge bize özel ambulansların çalışan maaşları için ayırdığı bütçenin düşük olduğu görülmektedir. Katılımcıları yaş yüzdeleriyle değerlendirirsek; ankete katılanların %37,1 i 18-24 yaşında, %40,6 sı ise 25-30 yaş arasındadır. Katılımcıların çalışma hayatına katılma süreleri; 0-1 yıl olanların yüzdesi %28,7 2-3 yıl olanların sayısı %32dir. Bu iki veriye göre çalışanların çoğunun deneyimsiz, yeni mezun ve az deneyimli olabileceğini gösteriyor. Sağlık sektöründe günlük nöbet usulü çalışma sistemi de mevcuttur. Tüm bunlar göz önünde tutulduğunda asgari ücretin altında (2019yılı asgari ücret) ya da biraz üstünde olmasının sebebi anlaşılabilir.

Ankete katılan bireylerin çalışma sürelerine göre frekans dağılımından elde edilen bulgulara göre; katılımcıların %28,7'si 0-1 yıl, %32,7'si 2-3 yıl, 14,9'u 4-5 yıl, 12,4'ü 6-10 yıl ve %11,4'ü 11 yıl ve üzeri çalışma süresine sahip oldukları gözlemlenmiştir.

Ankete katılan bireylerin şu anki kurumlarında çalışma sürelerine göre frekans dağılımı; katılımcıların %60,4'ü 0-1 yıldır, %34,7'si 2-3 yıldır ve %5,0'ı 4-5 yıldır şu anki kurumunda çalışmaktadır. Bu veriye göre katılımcıların %60,4 ile çoğunluğunun 0-1 yıl arasında çalıştığını gösteriyor. 4-5 yıl çalışanlar katılımcıların %5 ini oluşturuyor. Bu durum katılımcıların kurum bağlılığının düşük olduğunu işten ayrılmaların yüksek olduğunu düşündürmektedir.

Ankete katılan bireylerin haftalık çalışma saatlerine göre frekans dağılımından elde edilen bulgulara göre; katılımcıların haftalık olarak %32,2'si 51-60 saat, %50,0'ı 61-70 saat ve %17,8'i 71 saat ve üzeri çalışmakta oldukları gözlemlenmiştir. 4857 sayılı iş kanununun 63. Maddesine göre fazla mesai süreleri hariç haftalık standart çalışma süresi 45 saattir. Katılımcıların çalışma saatlerinin standart çalışma süresine göre fazla olması kişilerin iş yerinde fazla vakit geçirdiğini gösteriyor.

Maslach Tükenmişlik Ölçeği, Duygusal Tükenme boyutu maddelerinin frekans dağılımı ve açıklayıcı istatistiklerine göre yüzdeler dilimlere incelendiğinde, Maslach tükenmişlik sendromu "01", "02", "03", "08" ve "20" maddelerinde cevapların çoğunun "Hiç Katılmıyorum" ve "Katılmıyorum" seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. "06" ve "16" maddelerinde ise cevapların "Kararsızım" ve "Katılıyorum" seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. "13" ve "14" maddelerinde cevapların "Katılıyorum" ve "Tamamen Katılıyorum" seçeneklerinde yoğunlaşması oldukça dikkat çekicidir. Ortalamalar incelendiğinde en düşük ortalamanın "20" maddesinde ve en yüksek ortalamanın "14" maddesinde olduğu görülmektedir.

Maslach Tükenmişlik Ölçeği, Duyarsızlaşma boyutu maddelerinin frekans dağılımı ve açıklayıcı istatistiklerine göre yüzdeler dilimlere incelendiğinde, Maslach tükenmişlik sendromu "05", "10" ve "15" maddelerinde cevapların çoğunun "Hiç Katılmıyorum" ve "Katılmıyorum" seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. "11" maddesinde cevapların "Katılmıyorum" ve "Kararsızım" seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. "22" maddesinde ise cevapların "Katılıyorum" ve "Tamamen

Katılıyorum” seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ortalamalar incelendiğinde en düşük ortalamanın “15” maddesinde ve en yüksek ortalamanın “22” maddesinde olduğu görülmektedir.

Maslach Tükenmişlik Ölçeği, Kişisel Başarı boyutu maddelerinin frekans dağılımı ve açıklayıcı istatistiklerine göre yüzdelik dilimler incelendiğinde, Maslach tükenmişlik sendromu “04”, “07” ve “12” maddelerinde cevapların “Katılıyorum” ve “Tamamen Katılıyorum” seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. “09” maddesinde cevapların “Hiç Katılmıyorum” ve “Kararsızım” seçeneklerinde yoğunlaşması dikkat çekicidir. “17”, “18”, “19” ve “21” maddelerinde ise cevapların “Kararsızım” ve “Katılıyorum” seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ortalamalar incelendiğinde en düşük ortalamanın “09” maddesinde ve en yüksek ortalamanın “07” maddesinde olduğu görülmektedir.

Maslach tükenmişlik ölçeği, işten ayrılma niyeti boyutu maddelerinin frekans dağılımı ve açıklayıcı istatistiklerine göre yüzdelik dilimler incelendiğinde, işten ayrılma niyeti “01” maddesinde cevapların “Kesinlikle Katılıyorum” ve

“Kararsızım” seçeneklerinde yoğunlaştığı; “02” maddesinde cevapların “Kesinlikle Katılıyorum” ve “Kesinlikle Katılmıyorum” seçeneklerinde yoğunlaştığı ve “03” maddesinde cevapların “Kesinlikle Katılıyorum” ve “Katılmıyorum” seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ortalamalar incelendiğinde en düşük ortalamanın “03” maddesinde ve en yüksek ortalamanın “01” maddesinde olduğu görülmektedir.

Duygusal Tükenme, Duyarsızlaşma, Kişisel Başarı ve İşten Ayrılma Niyeti boyutlarının Cinsiyet değişkeni bakımından farklılık olup olmadığı t testi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre ölçeklerin ve alt boyutlarının hiç birisinde cinsiyet değişkeni bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır.

Duygusal Tükenme, Duyarsızlaşma, Kişisel Başarı ve İşten Ayrılma Niyeti boyutlarının Yaş Grupları değişkeni bakımından farklılık olup olmadığı ANOVA testi ile incelenmiştir elde edilen bulgulara göre boyutların dördünde de yaş grupları değişkeni bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır.

Çizelge 1. Duygusal Tükenme, Duyarsızlaşma, Kişisel Başarı ve İşten Ayrılma Niyeti boyutlarının Eğitim değişkeni bakımından incelenmesi

	Eğitim	N	Ortalama	Standart Sapma	F	P	Farklılığın Kaynağı
Duygusal Tükenme	Lise	57	23,21	9,755	7,759	0,001	Lisans ile Lise
	Ön lisans	101	25,46	9,486			Lisans ile Ön lisans
	Lisans	38	30,58	6,079			
	Toplam	196	25,80	9,325			
Duyarsızlaşma	Lise	57	11,51	4,247	6,573	0,002	Lisans ile Lise
	Ön lisans	101	12,20	3,878			Lisans ile Ön lisans
	Lisans	38	14,39	3,405			
	Toplam	196	12,42	4,015			
Kişisel Başarı	Lise	57	26,67	5,403	0,120	0,887	
	Ön lisans	101	26,79	4,940			
	Lisans	38	26,32	5,121			
	Toplam	196	26,66	5,090			
İşten Ayrılma Niyeti	Lise	57	3,08	1,329	4,266	0,015	Lisans ile Lise
	Ön lisans	101	3,18	1,247			Lisans ile Ön lisans
	Lisans	38	3,78	0,972			
	Toplam	196	3,27	1,245			

Duygusal Tükenme, Duyarsızlaşma, Kişisel Başarı ve İşten Ayrılma Niyeti boyutlarının Eğitim değişkeni bakımından farklılık olup olmadığı ANOVA testi ile incelenerek elde edilen bulgular Çizelge 1’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre “kişisel başarı” boyutu hariç diğer boyutlarda Eğitim değişkeni bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

Farklılığın kaynağı olan gruplar TUKEY testiyle belirlenerek ilgili boyutun karşısında yazılmıştır.

Duygusal Tükenme, Duyarsızlaşma, Kişisel Başarı ve İşten Ayrılma Niyeti boyutlarında Medeni Durum değişkeni bakımından farklılık olup olmadığı t testi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre ölçeklerin ve alt boyutlarının hiç birisinde medeni durum değişkeni bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunamamıştır.

Çizelge 2. Duygusal Tükenme, Duyarsızlaşma, Kişisel Başarı ve İşten Ayrılma Niyeti boyutlarının Gelir Durumu değişkeni bakımından incelenmesi

	Aylık Gelir	N	Ortalama	Standart Sapma	F	p	Farklılığın Kaynağı
Duygusal Tükenme	2.000 TL ve altı	80	21,63	9,653	16,833	0,000	2.000 TL ve altı ile 2.001 TL – 3.000 TL arası
	2.001 TL – 3.000 TL arası	47	26,91	9,308			2.000 TL ve altı ile 3.001 TL – 5.000 TL arası
	3.001 TL – 5.000 TL arası	65	29,89	6,748			
	Toplam	192	25,72	9,379			
Duyarsızlaşma	2.000 TL ve altı	80	11,09	4,104	9,197	0,000	2.000 TL ve altı ile 2.001 TL – 3.000 TL arası
	2.001 TL – 3.000 TL arası	47	12,68	3,636			2.000 TL ve altı ile 3.001 TL – 5.000 TL arası
	3.001 TL – 5.000 TL arası	65	13,80	3,589			
	Toplam	192	12,40	3,984			
Kişisel Başarı	2.000 TL ve altı	80	27,65	5,037	3,960	0,021	2.000 TL ve altı ile 2.001 TL – 3.000 TL arası
	2.001 TL – 3.000 TL arası	47	25,06	4,847			
	3.001 TL – 5.000 TL arası	65	26,57	5,087			
	Toplam	192	26,65	5,085			
İşten Ayrılma Niyeti	2.000 TL ve altı	80	2,88	1,354	6,426	0,002	2.000 TL ve altı ile 2.001 TL – 3.000 TL arası
	2.001 TL – 3.000 TL arası	47	3,41	1,108			2.000 TL ve altı ile 3.001 TL – 5.000 TL arası
	3.001 TL – 5.000 TL arası	65	3,56	1,091			
	Toplam	192	3,24	1,246			

Duygusal tükenme, duyarsızlaşma, kişisel başarı ve işten ayrılma niyeti boyutlarının gelir durumu değişkeni bakımından farklılık olup olmadığı ANOVA testi ile incelenerek elde edilen bulgular Çizelge 2’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre boyutların dördünde de gelir durumu değişkeni bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Farklılığın kaynağı olan gruplar TUKEY testiyle belirlenerek ilgili boyutun karşısında yazılmıştır.

Duygusal Tükenme, Duyarsızlaşma, Kişisel Başarı ve İşten Ayrılma Niyeti boyutlarının Çalışma Süresi değişkeni bakımından farklılık olup olmadığı ANOVA testi ile incelenerek elde edilen bulgulara göre “kişisel başarı” boyutu hariç diğer boyutlarda çalışma süresi değişkeni bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

Duygusal Tükenme, Duyarsızlaşma, Kişisel Başarı ve İşten Ayrılma Niyeti boyutlarında Kurumda Çalışma Süresi değişkeni bakımından farklılık olup olmadığı student-t testi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, “duygusal tükenme” ve “duyarsızlaşma” boyutlarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Ortalamalar incelendiğinde her iki boyutta da kurumda çalışma süreleri 2-5 yıl arası olanların ortalamalarının yüksek olduğu görülmektedir.

Duygusal Tükenme, Duyarsızlaşma, Kişisel Başarı ve İşten Ayrılma Niyeti boyutlarının Çalışma Saati değişkeni bakımından farklılık olup olmadığı ANOVA testi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre “kişisel başarı” boyutunda Çalışma Saati değişkeni bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

Çizelge 3. Maslach Tükenmişlik Ölçeği boyutlarının İşten Ayrılma Niyeti boyutu üzerindeki doğrusal regresyon modeli bulguları

	Regresyon Katsayıları	Standart Regresyon Katsayıları	t	p
Sabit	1,851		3,900	0,000
Duygusal Tükenme	0,069	0,514	7,029	0,000
Duyarsızlaşma	0,051	0,164	2,173	0,031
Kişisel Başarı	-0,038	-0,152	-2,820	0,005
R	R kare	Düzeltilmiş R kare	F	p
,700^a	0,489	0,482	63,259	,000^a

İşten Ayrılma Niyeti boyutu ile Maslach Tükenmişlik Ölçeği boyutları arasındaki doğrusal regresyon modelinin anlamlılığı ANOVA testi ile incelenmiştir. ANOVA testine göre model istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Buna göre İşten Ayrılma Niyeti ile Maslach Tükenmişlik Ölçeği boyutları arasındaki ilişki doğrusal regresyon modeliyle incelenebilir. Ayrıca model için düzeltilmiş R-kare katsayısı 0,482 olarak hesaplanmıştır Bu

değer, İşten Ayrılma Niyeti boyutundaki değişkenliğin %48,2’sinin doğrusal regresyon modeli aracılığıyla Maslach Tükenmişlik Ölçeği boyutları tarafından açıklandığını göstermektedir.

Yeni regresyon modelinin katsayılarının tahmini incelendiğinde, bağımsız değişken olarak alınan üç boyutun da katsayıları t testine göre anlamlı bulunmuştur. Elde edilen modele göre boyutların üçünün de İşten Ayrılma Niyeti boyutu

üzerinde pozitif etkisi vardır. Buna göre İşten Ayrılma Niyeti Boyutu Y, duygusal tükenme X1, duyarsızlaşma X2 ve kişisel başarı X3 ile gösterilirse doğrusal regresyon modeli

$$Y = 1,851 + 0,069 * X1 + 0,051 * X2 + -0,038 * X3$$

olarak elde edilir. Ayrıca standart katsayılar göre, duygusal tükenme boyutundaki 1 birim artış İşten Ayrılma Niyeti değişkeninde 0,514 birim artışa, duyarsızlaşma boyutundaki 1 birim artış İşten Ayrılma Niyeti değişkeninde 0,164 birim artışa ve kişisel başarı boyutundaki 1 birim artış İşten Ayrılma Niyeti değişkeninde 0,152 birim azalmaya neden olması beklenmektedir. Katsayıların student-t istatistiği değerlerine bakıldığında duygusal tükenme boyutundaki ve duyarsızlaşma boyutundaki değişiminin İşten Ayrılma Niyeti değişkeni üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu, ancak kişisel başarı boyutunun İşten Ayrılma Niyeti değişkeni üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

9. Tartışma

Her kesimden insan zaman ve yer fark etmeksizin acil tedavi gerektiren bir hastalık ve vaka ile karşı karşıya kalabilir. Yılın her günü 24 saat ihtiyaç duyulan acil sağlık hizmetinin

temelini insan gücü oluşturmaktadır. Hastane öncesi acil sağlık hizmetlerini hastanede tedavi edilme sürecine kadarki aşamada, alanlarında yetkin olan personellerce yapılması hasta ve yaralıların hayatını kurtarmak ve sakat kalmaları önlemek açısından oldukça önem arz etmektedir. Çalışanların yaptıkları işten memnun olmaları hayati bir durum gerektiren müdahalelerde daha başarılı olmalarını sağlayacaktır. Aksine işten memnun olunmaması isteksiz olunması ruhsal olarak tam bir iyilik halinde olunmaması ise ciddi sorunlar oluşturabilecek yanlış uygulamalar ve başarısız müdahalelere yol açabilmektedir. Yaşam ile ölüm arasındaki mücadeleyi veren sağlık personelinin uygun koşullar altında çalışmasını

sağlamak gerekmektedir. Bu durum hayati önem taşıyan aşamadaki verile sağlık hizmetinde başarıyı arttıracaktır.

Sağlık sektörü çalışanları sağlık hizmet alanlar ile birebir ilişki içindedirler. Ambulanslarda görev alan personel, hastaların hastaneye teslim süresi boyunca hastalarla yakından etkileşim içindedirler. bu süreçte hizmeti alan kişiler kendi sağlığıyla ilgilenen kişinin girişimlerinden olumlu ya da olumsuz bir şekilde etkilenmektedir. Hastaya müdahale esnasında girişimde bulunan personelin ruhsal zihinsel ve fiziksel olarak sağlıklı olması memnuniyet açısından büyük önem taşır.

Özel ambulanslar sosyal güvenlik kurulları tarafından desteklenmemektedir. Kişi sağlık ödemelerini tamamen kendi cebinden karşılamaktadır bu durumda müşteri memnuniyeti daha bir önem kazanmaktadır. Müşteri memnuniyeti için doğrudan hizmet veren personelin memnuniyeti, işinde yetkin olması ve kurum kültürünü benimsemesi çok büyük bir öneme sahiptir.

Doğrudan hizmet veren işletmenin kar ve devamlılığı için kalite, kalite için başarılı, ruh sağlığı yerinde yaptığı işten memnun personellere ihtiyaç vardır.

Araştırmanın veri analizlerine bakacak olursak; katılımcıların %60,4'ü şuan çalışmakta oldukları şirkette 0-1 yıldır, %34,7'si 2-3 yıldır çalışmaktadır. Bu durum bu sektörde personel sirkülasyonunun sık olduğunu göstermektedir.

Katılımcıların haftalık olarak %32,2'si 51-60 saat, %50,0'ı 61-70 saat ve %17,8'i 71 saat ve üzeri çalışmakta oldukları

gözlemlenmiştir. Duygusal Tükenme, Duyarsızlaşma, Kişisel Başarı ve İşten Ayrılma Niyeti boyutlarının Çalışma Saati değişkeni bakımından farklılık olup olmadığı ANOVA testi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre "kişisel başarı" boyutunda Çalışma Saati değişkeni bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

Duygusal Tükenme, Duyarsızlaşma, Kişisel Başarı ve İşten Ayrılma Niyeti boyutlarının Gelir Durumu değişkeni bakımından farklılık olup olmadığı ANOVA testi ile incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre boyutların dördünde de gelir durumu değişkeni bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur.

Uzun çalışma saatlerinde mücadele veren çalışanların %39,6'sının 2000 TL ve altı, %23,3'ünün 2001 TL - 3.000 TL, %32,2'si 3001 TL - 5.000 TL ve %5,0'ının da 5.001 TL ve üzeri aylık gelire sahip oldukları gözlemlenmiştir. Katılımcıların büyük bir bölümüne ayrılan maaş bütçesinin 2019 yılı asgari ücreti göz önüne alınır, asgari ücret altında ya da bir miktar üstünde olduğu görülüyor.

Çalışanlara ayrılan maaş bütçesinin artırılması, çalışma saatlerinin 4857 sayılı iş kanununun 63. maddesine göre tekrar düzenlenmesi personelde ruhsal olarak iyileşme sağlayabilir ve daha iyi koşulları olan daha fazla ücret kazanılabilecek farklı bir şirket arayışının, tatminsizliğin başarısızlığın önüne geçilebilir. Böylece yetkin personelin, iş gücü kaybının önlenmesi işletme kalitesinin ona oranla müşteri memnuniyetinin artması beklenir.

10. Sonuç

Yapılan araştırmanın sonucuna göre; tükenmişlik ölçeğinin boyutlarından duygusal tükenme ile duyarsızlaşma boyutlarında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur, işten ayrılma niyeti boyutu üzerinde pozitif etkisi vardır. Kişisel başarı boyutunda ise çalışma saati değişkeni bakımından bir etkisi olduğu görülmüştür. Katılımcıların haftalık olarak %32,2'si 51-60 saat, %50,0'ı 61-70 saat ve %17,8'i 71 saat ve üzeri çalışmakta oldukları gözlemlenmiştir. Maslach Tükenmişlik Ölçeği, Duygusal Tükenme boyutu maddelerinin frekans dağılımı ve açıklayıcı istatistikleri incelendiğinde, Maslach tükenmişlik sendromu "01", "02", "03", "08" ve "20" maddelerinde cevapların çoğunun "Hiç Katılmıyorum" ve "Katılmıyorum" seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. "06" ve "16" maddelerinde ise cevapların "Kararsızım" ve "Katılıyorum" seçeneklerinde yoğunlaştığı görülmektedir. "13" ve "14" maddelerinde cevapların "Katılıyorum" ve "Tamamen Katılıyorum" seçeneklerinde yoğunlaşması oldukça dikkat çekicidir. Ortalamalar incelendiğinde en düşük ortalamanın "20" maddesinde ve en yüksek ortalamanın "14" maddesinde olduğu görülmektedir. 14. Madde işimde çok fazla çalıştığımı hissediyorum maddesidir. 4857 sayılı iş kanununun 63. Maddesine göre fazla mesai süreleri hariç haftalık standart çalışma süresi 45 saattir. Katılımcıların çalışma saatlerinin standart çalışma süresine göre fazla olması kişilerin iş yerinde fazla vakit geçirdiğini gösteriyor. Bu durum duygusal tükenme yönünden işten ayrılma niyetinde çalışma saatinin etkisini desteklemektedir.

Duygusal tükenme boyutundaki 1 birim artış işten ayrılma niyeti değişkeninde 0,514 birim artışa, duyarsızlaşma boyutundaki 1 birim artış işten ayrılma niyeti değişkeninde 0,164 birim artışa ve kişisel başarı boyutundaki 1 birim artış işten ayrılma niyeti değişkeninde 0,152 birim azalmaya neden

olması beklenmektedir. Katsayıların Çizelge 3' deki student-t istatistiği değerlerine bakıldığında duygusal tükenme boyutundaki ve duyarsızlaşma boyutundaki değişiminin işten ayrılma niyeti değişkeni üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğu ancak kişisel başarı boyutunun işten ayrılma niyeti değişkeni üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu görülmektedir.

Katılımcıların %60,4'ü şuan çalışmakta oldukları şirkette 0-1 yıldır, %34,7'si 2-3 yıldır çalışmaktadır. Bu durum sektörde personel sirkülasyonunun sık olduğunu göstermektedir.

Demografik değişkenler ile tükenmişlik puanlarında ve işten ayrılma niyeti arasında anlamlı bir ilişki bulunmamıştır fakat katılımcıların %84.2 sinin bekar olması dikkat çekmektedir.

11. Teşekkür

Öncelikle yüksek lisansa başladığım günden bugüne dek her konuda yardımlarını eksik etmeyen bilgi ve tecrübeleriyle araştırmama ışık tutan sevgili Dr. Öğr. Üyesi MENEKŞE KILIÇARSLAN'a, İngilizce çevirilerde bana destek olan Psikolog Emine HAFIZOĞLU'na teşekkür ederim. Yaptığım araştırmaya katılım sağlayan sağlık çalışanlarına ve araştırmaya yapmam için gerekleri izinleri veren özel ambulans şirketlerine, maddi manevi her zaman yanımda olan anne ve babama, sevgili eşim Mert POYRAZ'a teşekkür ederim.

Kaynakça

- Ardıç, K. ve Polatçı, S. (2008). Tükenmişlik sendromu akademisyenler üzerinde bir uygulama, *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(2): 69-73.
- Arı, G.S. ve Bal, E.Ç. (2008). Tükenmişlik Kavramı: Birey ve Örgütler Açısından önemi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 15(1): 132.
- Barutçu, E. ve Serinkan, C. (2008). Günümüzün Önemli Sorunlarından Biri Olarak Tükenmişlik Sendromu ve Denizli'de Yapılan Bir Araştırma, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 8(2): 541.
- Bogaert, P. V. ve Others. (2014). Nursing unit teams matter: Impact of unit-level nurse practice environment, nurse work characteristics, and burnout on nurse reported job outcomes, and quality of care, *International Journal of Nursing Studies*, 51(8): 1123.
- Budak, G. ve Sürgevil, O. (2005). Tükenmişlik ve Tükenmişliği Etkileyen Örgütsel Faktörlerin Analizine İlişkin Akademik Personel Üzerinde Bir Uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(2): 97.
- Costa, B.R.C. ve Pinto, I. (2017). Cristina Jornalo Freire. Stress, Burnout and Coping in Health Professionals: A Literature Review. *Journal of Psychology and Brain Studis*, 1(1): 1-8.
- Derin, N. ve Demirel, E.T. (2012). Tükenmişlik Sendromunun Örgütsel Bağlılığı Zayıflatıcı Etkilerinin Malatya Merkezde Görev Yapan Hemşireler Üzerinde İncelenmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(2): 512.
- Eren, A. ve Saraçoğlu, B. (2011). Gönüllü İşten Ayrılmalar Üzerine Ekonometrik Bir Yaklaşım, *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 26(1): 2.
- Jones, C.B. (2004). The Costs of Nurse Turnover: Part 1: An Economic Perspective, *Journal of Nursing Administration*, 34(12): 562.

- Kalemoğlu, M. ve Keskin, Ö. (2002). GATA Haydarpaşa Eğitim Hastanesi Acil servis Çalışanlarındaki Stres Faktörleri ve Tükenmişlik. *Ulus Travma Dergisi*, 216.
- Kirwan, M. ve Armstrong, D. (1995). Investigation of Burnout in a Sample of British General Practitioners. *British Journal of General Practice*, (45): 259.
- Kutlu, L. (2016). Tükenmişlik ve Başa Çıkma Yöntemleri, Çevrimdışı, Alındığı tarih: 15.03.2019, adres: http://www.cayd.org.tr/tr/images/UserFiles/Documents/Gallery/Tukenmislik_Basa_Cikma_Yontemleri.pdf
- Maslach, C., Schaufeli, W.B. ve Leiter, M.P. (2001). Job Burnout, *Annual Reviews Psychology*, 52: 398.
- Mete, H. (2008). Kronik Hastalık ve Depresyon, *Klinik Psikiyatri*, 11: 3-4.
- Ören, N. ve Türkoğlu, H. (2006). Öğretmen Adaylarında Tükenmişlik. *Muğla Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16.
- Özen, G. ve Mirzeoğlu, N. (2006). Bir Spor Örgütünde Çalışan Spor Uzmanlarının Tükenmişlik ve Örgütsel Bağlılıklarının İncelenmesi, *Spor Yönetimi ve Bilgi Teknolojileri Dergisi*, 1(2): 12-13.
- Park, J.S. ve Kim, T.H. (2009). Do Types of Orgnazizational Culture Matter in Nurse Job Satisfaction And Turnover İntention?, *Leadership in Health Services*, 22(1): 20.
- Polatçı, S., Ardıç, K. ve Türkan, G. (2014). Bağlılık Boyutlarının Tükenmişlik Boyutları Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi, *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 21(2): 284.
- Polatçı, S. ve Özyer, K. (2015). Rol Stresörlerinin Tükenmişlik Üzerindeki Etkilerine Yönelik Bir Araştırma, *The Journal of Academic Social Science Studies*, 33: 31.
- Sağlam Arı, G. ve Çına Bal, E. (2008). Tükenmişlik Kavramı: Birey ve Örgütler Açısından Önemi. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 15(1): 141.
- Sevencan, F., Uzun, N., Yücel, HE., Şener, A., Yılmaz, AE. ve Üner, S. (2011). Hacettepe Üniversitesi Tıp Fakültesi Dönem VI Öğrencilerinde Tükenmişlik Düzeyi ve Etkileyen Faktörler, Alındığı tarih: 12.03.2019, adres: http://www.hacettepetipdergisi.com/managete/fu_folder/2011-01/html/2011-42-1-042-048.htm
- Sürgevil Dalkılıç, O. (2014). *Çalışma Hayatında Tükenmişlik Sendromu*, Nobel Yayınevi, Ankara.
- Şıklar, E. ve Tunalı, D. (2012). Çalışanların Tükenmişlik Düzeylerinin İncelenmesi: Eskişehir Örneği, *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (33): 77.
- Tanner, B.M. (2007). Analysis of The Relationships Among Job Satisfaction, Organizational Trust, And Organizational Commitment in an Acute Care Hospital, *Ph. D. Thesis*, Faculty of Saybrook Graduate School and Research Center, San Francisco.
- Üngüren, E., Doğan, H., Özmen, M. ve Tekin, Ö.A. (2010). Otel Çalışanlarının Tükenmişlik ve İş Tatmin Düzeyleri İlişkisi, *Yaşar Üniversitesi Dergisi*, 17(5): 2924.
- Vnouchkova, L. ve Klupakova, H. (2013). Impact of motivation principles on employee turnover. *Central European Review of Economic Issues*, (16): 80.
- Yeğin, H.İ. (2014). Din Kültürü ve Ahlak Bilgisi Öğretmenlerinin Tükenmişlik Düzeyleri, *EKEV Akademi Dergisi*, 18(58): 317.
- Yücel, İ. (2012). İş Tatmini ile Tükenmişlik Duygusu Arasındaki İlişki ve Algılanan Örgütsel Desteğin Bu İlişki Üzerindeki Etkisi: Sağlık Sektöründe Bir Uygulama. *Akademik Bakış Dergisi*, 33: 2-5.



Sürdürülebilir Kampüs İçin Kent Mobilyası Tasarımı: Bir Stüdyo Deneyimi

Özlem Candan Hergül^{1*}

¹ Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bilecik/Türkiye (ORCID: 0000-0001-7140-0149), ozlem.hergul@bilecik.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.841443)

ATIF/REFERENCE: Hergül, Ö. C. (2020). Sürdürülebilir Kampüs İçin Kent Mobilyası Tasarımı: Bir Stüdyo Deneyimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 374-380.

Öz

Sürdürülebilirlik kavramı sosyal, ekonomik ve çevresel kapsamda irdelenen önemli bir konudur. Toplumların kaynaklarını gelecek nesillerin ihtiyaçlarını gözeterek kullanması kavramın özünü oluşturur. Sürdürülebilirlik ilk tanımlandığı zamandan bu yana çok farklı uygulamalar ekseninde kendine yer bulmuş ve buna uygun modeller geliştirilmiştir. Sürdürülebilirliğin çevresel uygulamalarından biri de doğal malzemelerle, çevresel koşullara dayanıklı, uzun süre kullanılan, fazla bakım istemeyen ve geri dönüştürülebilir kent mobilyaları üretmektir.

Sürdürülebilir kampüs kavramı ise kendi başına bir organizma gibi çalışan üniversite kampüsleri için değerlendirilmesi gereken önemli uygulamalar bütünü oluşturmaktadır. Aydınlatmadan, sulama sistemlerine kadar farklı öğeleri kapsamaktadır. Çalışma kapsamında Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Endüstri Ürünleri Tasarımı 4. Sınıf öğrencileri tarafından Kent Mobilyaları Tasarımı II dersi kapsamında hazırlanan 'sürdürülebilir bir kampüs için mobilya tasarlamak' olgusu üzerine geliştirilen projelerin değerlendirilmesi yapılmıştır. Ayrıca sürdürülebilir kampüs mobilyası ve sürdürülebilirlik kavramının öğrencilere doğru aktarılması üzerine irdelemelerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: sürdürülebilirlik, kent mobilyası, sürdürülebilir tasarım, sürdürülebilir kampüs

Urban Furniture Design For Sustainable Campus: A Studio Experience

Abstract

The concept of sustainability is an important issue that is examined in a social, economic and environmental context. The use of resources considering the needs of future generations forms the essence of the concept. Since its first definition, sustainability has found place in axis of many different applications and suitable models have been developed. One of the environmental practices of sustainability is to produce urban furniture with natural materials, resistant to environmental conditions, long lasting, does not require much maintenance and can be recycled.

The concept of sustainable campus, on the other hand, constitutes an important set of applications that should be evaluated for university campuses that function as an organism on their own. It covers different items from lighting to irrigation systems. Within the scope of the study, evaluation of the projects developed on the concept of "designing furniture for a sustainable campus" is made which prepared within the scope of Urban Furniture Design II course by Bilecik Şeyh Edebali University, Industrial Product Design 4th grade students. In addition, discussions were made on the correct transfer of sustainable campus furniture and the concept of sustainability to the students.

Keywords: Sustainability, urban furniture, sustainable design, sustainable campus

* Sorumlu Yazar: Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Bölümü, Bilecik/Türkiye (ORCID: 0000-0001-7140-0149), ozlem.hergul@bilecik.edu.tr

1. Giriş

Kampüs alanları üniversite öğrencilerinin eğitim hayatlarının büyük kısmının geçtiği tasarım bağlamında belirli gereklilikleri olan yerleşimlerdir. Kampüs alanlarında öğrencinin, eğitimcinin ya da personelin kaliteli zaman geçirmesi adına kampüste bazı düzenlemelerin yapılması ve dış mekan kullanımlarının teşvik edilmesi hem öğrenme hem de verimli çalışma açısından önemlidir.

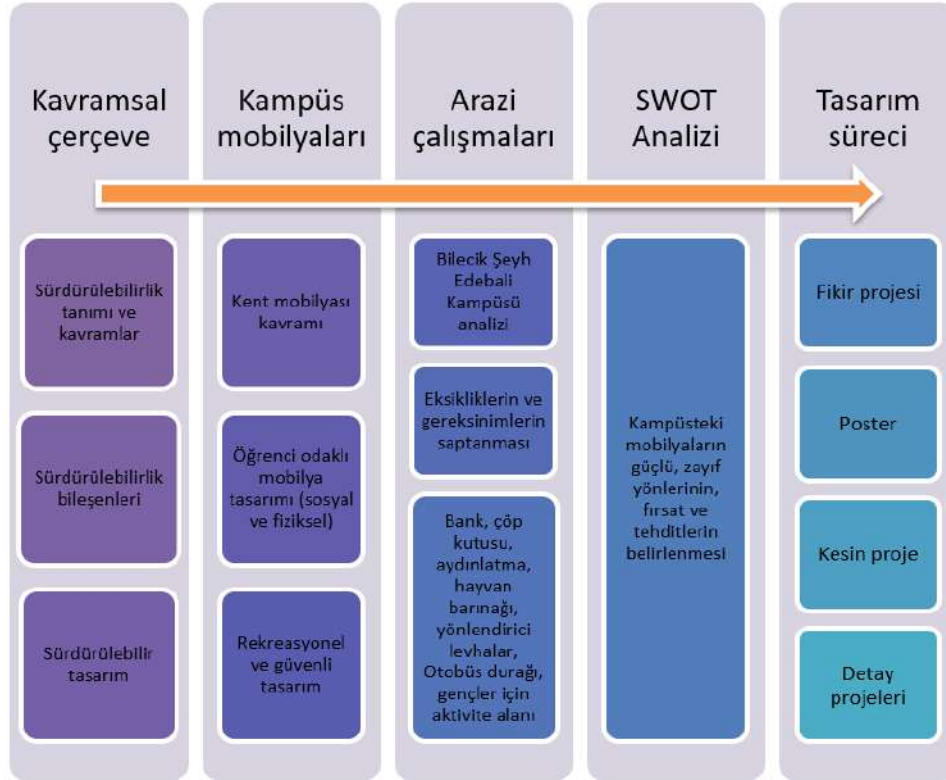
Bir üniversite kampüsü, kentsel sistemin küçük ölçekli bir türüdür. Yol, ulaşım, elektrik gibi bir kentin altyapı unsurlarına sahiptir. Binaları içerir ve enerji kullanan ve atık ürünleri deşarj eden sistemlere sahiptir. Bu nedenle, bir üniversite kampüsü, geleceğin kentlerinde uygulanabilecek yeşil sistemlerin ve yeşil özelliklerin etkinliğini analiz etmek için bir test ortamı görevi görebilir (Choi et. al 2017). Pek çok üniversite iklim değişikliği sorunları konusunda daha bilinçlidir ve sera gazı emisyonunu en aza indirmek ve iklim değişikliği etkileriyle mücadele etmek için birlikte çalışmaktadır (Anis ve diğerleri 2018). Çünkü, enerji sarfiyatına neden olan üniversite kampüslerini yeşil kampüslere dönüştürmek, karbondioksit emisyonları ve küresel ısınma gibi acil sorunların üstesinden gelmek ve insanların sağlığını ve refahını artırmak hayati bir önem taşımaktadır (Choi et. al 2017). Üniversite kampüslerinin açık ve yeşil alanları, insanlara sosyal ve kültürel aktivitelerden keyif alma fırsatı sunarak, insanların sosyalleşmesine katkı sunmakta ve eğitim kalitesini artırmaktadır (Tel 2020). Üniversite kampüsleri, işleyişleri açısından sürekli bir devinim ve sirkülasyon içerisindedirler. Bu bağlamda hem temel eğitimin bir parçası olarak, hem de çevresel duyarlılığın yayılması açısından toplumsal bazda hassasiyet gerektiren kurumlardır.

1.1. Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirliğin temel amacı, kaynak tüketimini azaltmak ve kaynak teminini daha iyi bir seviyeye getirmektir (Amr et al. 2016). Bu kavram, doğal kaynakların akılcı, verimli, tasarruflu ve gelecekte de değerlendirilecek şekilde kaliteli bir niteliğe sahip olmasını, bu süreçte üretimin devam etmesini ve yok olmamasını ifade etmektedir. Kısaca sürdürülebilirlik; değişikliğe ihtiyaç duymaksızın bir durumun devam ettirilebilmesidir (Aras 2019). Son yıllarda, sürdürülebilirlik; dayanıklılık ve dönüşüm, kentleşme ve çevresel değişimin ortaya çıkardığı bir dizi zorluğu yanıtlamayı amaçlayan temel bir kavram haline gelmiştir (Hugo et al. 2018). Sürdürülebilirlik için yaygın olarak kullanılan alternatif terimler arasında koruma, devamlılık, kurumsallaştırma, rutinleştirme ve dayanıklılık bulunur (Moore et al. 2017). Sürdürülebilirliğe yönelik antroposentrik bir yaklaşım sergilenmesi, mevcut ve gelecek nesil insanların refahına değer verir ve sürdürülebilirliğin ortak tanımlarında kendini gösterir (Brown et al. 2019).

2. Yöntem

Makalede, öğrencilerin sürdürülebilir kampüs mobilyası tasarım konusunda geliştirdikleri fikirler ve bu fikirler doğrultusunda ortaya çıkan projeler irdelenmiş ve genel bir değerlendirme yapılmıştır. Bu kapsamda çalışma yöntemi içinde öncelikle aşağıda ders akış çizelgesi oluşturulmuştur.



Şekil 1. Kent Mobilyaları Tasarımı II dersi akış diyagramı

Çalışma yöntemi olarak öncelikle öğrencilere sürdürülebilirlik olgusu çerçevesinde, kavramsal içeriğe yönelik bilgilendirmeler yapılmıştır. Bu doğrultuda geri beslemeli bir süreç üzerinden ilerlenmiş ve sürdürülebilirlik kavramının tanımları, sürdürülebilirlik uygulamaları ve sürdürülebilir tasarımın gereklilikleri üzerinde durulmuştur. Ayrıca, kent mobilyası kavramı, gereklilikleri ve tipleri teorik ders kapsamında, ders programı dahilinde her hafta örneklerle çeşitlendirilerek öğrenciye aktarılmıştır.

İkinci aşamada kampüs mobilyaları örnekleri üzerinde durulmuştur. Öğrenci odaklı tasarım kavramı doğrultusunda beyin fırtınası yapılmış ve öncelikle öğrencilerin kampüs gereksinimleri üzerinde durulmuştur. Öğrencilerin sosyalleşmesini besleyecek çoklu kullanıma yönelik mobilyalar, ders çalışma ve yemek yemeye olanak tanıyan öğeler ve güvenlik kavramları üzerine fikirler geliştirilerek, aynı donanımın kampüsten faydalanan öğretim elemanları ve idari personel tarafından da kullanılabilirliği ön planda tutulmuştur. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi kampüsünde barınan hayvanlar için de ayrıca tasarım gerçekleştirilmesi düşünülmüştür.

Bir sonraki aşamada kampüs alanında fiziksel analiz çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Kampüsteki donatı öğeleri gruplanarak, geliştirilmesi ya da değiştirilmesi gerekenler belirlenmiştir. Bu kapsamda aşağıdaki öğeler çalışmak üzere seçilmiştir.

- Bank
- Çöp kutusu
- Aydınlatma elemanları
- Hayvan barınakları
- Otobüs durakları
- Gençler için aktivite alanları

Daha sonra sınıf içerisinde bu öğelere yönelik bir SWOT analizi yapılmış ve üzerinde durulması gereken veriler ve işlevleri belirlenmiştir.

Bir sonraki aşamada öğrenciler çalışmak istedikleri mobilya tipini seçerek, sürdürülebilir kent mobilyası üretmeye yönelik olarak önce konuya ışık tutan bir poster ve fikir projesi geliştirmişler, kritiklerle desteklenen sürecin sonunda ise kesin proje, detay projeleri ve maket aşamalarını kurgulamışlardır. Bu doğrultuda 6 adet farklı proje ortaya konmuştur. Çalışma

kapsamında öğrencilerin ortaya koydukları projeler ve sürdürülebilirlik kavramına yaklaşımları üzerinden değerlendirmelerde bulunmaktadır. Öğrencilerin bireysel olarak çalıştıkları projeler aşağıda detaylandırılarak; projelerin konsept ve tasarımı, sürdürülebilirlik yaklaşımı, projelendirme aşamaları ve fikir özgünlüğü değerlendirilmektedir. Bu bağlamda; + (yetersiz), ++ (orta), +++ (iyi) olarak saptanmış olup açıklamalarla desteklenmektedir.

3. Bulgular ve Değerlendirme

3.1 Aqua çeşme projesi ve detayları

Aqua ismi verilen çeşme projesi kapsamında, kampüsün farklı yerlerinde konumlandırılmış olan içme suyu donanımı; öğrencilerin, personelin ve kampüs hayvanlarının faydalanması üzerine tasarlanmıştır. Üst kısmındaki fotoselli musluk, kişilerin kendi şişe veya mataralarıyla su doldurmalarına ya da doğrudan çeşmeden faydalanmalarına olanak tanımaktadır. Alt kısmında bulunan hazne ise kampüs hayvanlarının su içebilmesi için tasarlanmıştır. Türk ve Osmanlı tarihinde sokak çeşmeleri önemli mimari öğeler olarak yer almaktadır. Projeye; öncelikle çeşme kültürünün modern bir çizgide sürdürülmesi, özellikle öğrencilerin kendi şişelerine su doldurmaları ve pet şişe tüketiminin azaltılması ve fotoselli bir uygulamayla gereksiz su tüketiminin engellenmesi hedeflenmektedir. Ayrıca fotosel sistemi sebebiyle çeşmeye doğrudan temas gerekmemesi de günümüz sağlık koşulları dikkate alındığında önemli bir çözümdür.

- Aqua projesi, konsept ve tasarım açısından orta seviyede değerlendirilmiştir. Bilecik gibi özellikle Osmanlı tarihi etkisinde bir coğrafya için modern ve geleneksel mimarinin harmanlanarak yansıtılması detayında kurgulansa daha etkili ve özgünlük açısından marka değeri daha yüksek bir ürün ortaya çıkabilirdi.
- Sürdürülebilirlik yaklaşımı açısından; bir pet şişenin doğada çözünmesinin yaklaşık 400 yıl aldığı bilgisi doğrultusunda, pet şişe kullanılmasının önemli ölçüde azaltılmasını teşvik eden bir çeşmenin sürdürülebilir çevreye katkısı büyük olacaktır.
- Çalışma sokak ve kampüste barınan hayvanlara su sağlaması açısından da değerlidir.

KONSEPT VE TASARIM	SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK YAKLAŞIMI	PROJELENDİRME	ÖZGÜNLÜK
++	+++	+++	+

Şekil 2. Aqua projesi ve detayları

3.2 Block's oturma birimi projesi ve detayları

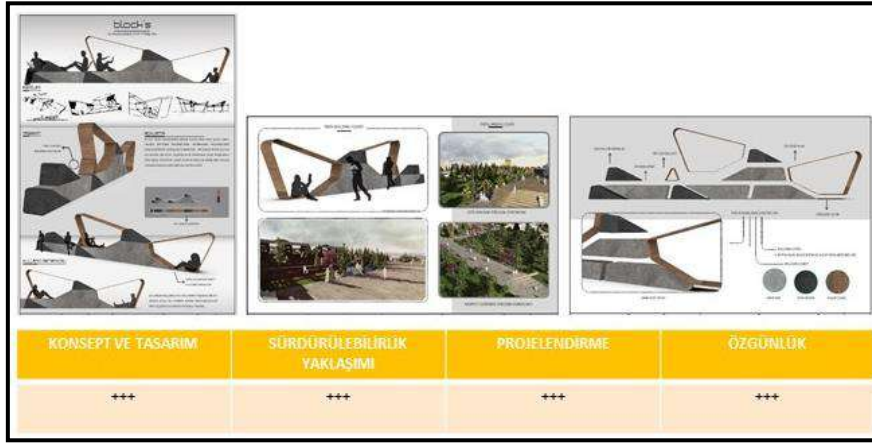
Block's ismi verilen oturma birimi projesi kapsamında; öğrencilerin bireysel olarak ve birlikte vakit geçirebilecekleri, yüz

yüze iletişime olanak tanıyan, çoklu kullanılabilen, oturma, yaslanma, ayak uzatabilme fonksiyonları sunan, banktan ziyade bir rekreatif donatı sistemi tasarlanmıştır. Üretiminde beton

kalıplar ve ahşap malzemenin birleştirilerek kullanılması öngörülmüştür.

- Block's projesi, konsept ve tasarım açısından yenilikçi, özgün bir tasarım olup öğrencilerin klasik oturma elemanları yerine farklı sistemlere yönelimini öngörerek tasarlanması bağlamında nitelikli bir projedir.

- Kullanılan malzemeler kalıp beton ve ahşap malzemedir. Ahşap doğal bir malzeme olması sebebiyle çevre dostudur. Beton üretimi ve taşınması esnasında bir miktar enerji harcanan bir malzeme olmakla birlikte ürün; boya, detaylı montaj vb. istemediği için tercih edilebilir. Ayrıca beton ve ahşap geri dönüştürülebilir malzemeler olduğu için de ürün sürdürülebilirlik yaklaşımı açısından olumlu bulunmuştur.
- Projelendirme detaylı olarak hazırlanmıştır ve ürüne ilişkin detay ve ölçülendirme projeleri de sunulmuştur.



Şekil 3. Oturma birimi projesi ve detayları

3.3 Curve bank projesi ve detayları

Çalışma çoklu kullanılmaya uygun ve doğayla uyumlu tasarlanmış bir üründür. Doğal formlar ve kıvrımlı bir sistem öngörülmektedir. Oturma birimleri aralarında da çiçek parterleri tasarlanmıştır.

- Çalışma konsept ve tasarım açısından yeterli görülmemiştir. İnsan ergonomisi açısından sırt desteği olmayan bir mobilyayı uzun süre kullanmak söz konusu değildir. Bu nedenle ürün kullanışlı görülmemektedir.

- Sürdürülebilirlik yaklaşımı açısından doğal malzeme olan ahşap tercih edilmektedir ve metal ayakların kullanımı öngörülmektedir. Bu nedenle orta seviyede bir yaklaşım sergilediği söylenebilir.
- Projelendirme konusunda ürünün detay ve ölçülendirme kısımlarının yeterli seviyede kurgulanmadığı görülmektedir.
- Özgünlük açısından da tasarımda farklılık yaratan bir ürün olduğu düşünülmektedir.



Şekil 4. Oturma birimi projesi ve detayları

3.4 Akıllı durak projesi ve detayları

Kampüs içinde düşünülen akıllı durak için öncelikle kampüs mimarisinde de sıklıkla kullanılan Selçuklu yıldızı bütünsel tasarım açısından kullanılmıştır. Durakta güneş paneli, oturma alanları, solar enerjiden beslenen prizler, kampüs haritası ve

bilgilendirme ekranları tasarlanmıştır. Durak için kent iklimine uygun, ekolojik toleransı yüksek bitkiler tercih edilmiştir.

- Çalışma konsept ve tasarım açısından, orta dereceli bir çizgi yakalamaktadır. Akıllı durak konsepti dünya genelinde çok çeşitli, özgün örnekleri ve tasarımları içeren kullanımlardır. Bu nedenle tasarımsal bazda ortalama

olarak değerlendirilebilecek çalışma, kampüsle uyum açısından yeterlidir.

- Sürdürülebilirlik yaklaşımı açısından; özellikle güneş enerjisini depolama ve dönüştürme olanağı sunduğu ve

yerel bitki kullanımı önerdiği için projeyi yeterli olarak nitelendirmek mümkündür.



Şekil 5. Akıllı durak projesi ve detayları

3.5 Kampüs köpekleri için kulübe projesi ve detayları

Kampüste barınan köpekler için tasarlanan proje, kampüs yaşantısına en uygun kulübenin tasarlanması hedefiyle geliştirilmiştir. Kulübenin alt zeminini ısı yalıtımlı olup, kulübenin üstü oyun alanı ve arkası mama ve su kaplarının da bulunduğu bir mini veranda olarak tasarlanmıştır. Dış koşullara dayanıklı ahşap malzeme tercih edilmiştir.

- Proje konsept ve tasarım açısından detaylı olarak çalışılmış bir projedir. Farklı, yeni hayvan yaşam alanları incelenerek

ve kampüs hayvanlarının konforu düşünülerek geliştirilmiştir.

- Sürdürülebilirlik yaklaşımı açısından orta dereceli olduğunu söylemek mümkündür. Doğal bir malzeme olan ahşabın kullanımı dışında sürdürülebilirliği ön plana çıkaran bir yaklaşım sergilenmemektedir.
- Projelendirme detaylı olarak kurgulanmış, ölçülendirme ve detay projeler de sunulmuştur.
- Çalışma yeni dönem köpek kulübelerini izleyen bir çizgidir belirli bir özgünlük seviyesini yakalamaktadır.



Şekil 6. Köpek kulübesi projesi ve detayları

3.6 Fiziksel etkinlik alanı projesi ve detayları

Proje kapsamında öğrenciler için sıralı olarak fiziksel etkinlikler yapabilecekleri bir alan tasarlanmıştır. Tasarlanan ekipmanlar belirli bir dizilim içerisinde düzenlenerek, seri ve ardışık bir şekilde fiziksel etkinliğe olanak tanımaktadır.

- Proje konsept ve tasarım olarak standart dışı mekan spor aletlerin konseptinden farklılık göstermektedir. Bu bağlamda tasarım ve özgünlük açısından değerli bir çalışmadır.
- Çalışmada sürdürülebilirlik yaklaşımı ön planda tutulmadığından bu konuda başarılı bulunmamıştır.
- Projelendirme konusunda ana paftaları ve detaylarıyla çalışılmış bir proje olduğundan yeterli bulunmuştur.



Şekil 7. Öğrenci fiziksel etkinlik alanı projesi ve detayları

4. Sonuç

Kent Mobilyası Tasarımı II ders dönemi içerisinde öğrencilere kent mobilyası kavramı, hangi mimari ürünlerin kent mobilyası olarak değerlendirileceği ve kent mobilyası gereklilikleri üzerine bilgilendirme yapılmıştır. Bununla birlikte sürdürülebilirlik kavramı, bileşenleri, alt tanımları ve tasarımda sürdürülebilirliğin sağlanması üzerinde durulmuştur. Öğrencilerin sürdürülebilirlik olgusunu içselleştirerek projelerine yansıtma hedefiyle çalışılmıştır.

Malzemenin sürdürülebilir olması, üretim sırasında enerji sarfiyatının az olması, mobilyanın üretim, kullanım ve geri

dönüşüm döngüsü sırasında tüm aşamalarda sürdürülebilirliğin ön planda tutulması vurgulanmıştır. Öğrenci çalışmalarının karşılaştırmalı değerlendirilmesi Çizelge 2’de yapılmıştır. Bu bağlamda özellikle sürdürülebilirlik yaklaşımı konusunda 6 projeden 3’ünün daha nitelikli olduğunu söylemek mümkündür. Dolayısıyla çalışmaların %50’sinin sürdürülebilirlik yaklaşımı sergilediği, % 50’sinin ise bağlamdan uzak kaldığı saptanmıştır.

Tablo 1. Öğrenci projelerinin karşılaştırmalı değerlendirmesi

	Konsept ve Tasarım	Sürdürülebilirlik Yaklaşımı	Projelendirme	Özgünlük
Aqua çeşme	Orta	İyi	İyi	Zayıf
Block’s oturma birimi	İyi	İyi	İyi	İyi
Curve bank	Zayıf	Orta	Orta	Zayıf
Akıllı durak	Orta	İyi	İyi	Orta
Köpek kulübesi	İyi	Orta	İyi	Orta
Etkinlik alanı	İyi	Zayıf	Orta	İyi

Burada ‘Neden öğrencilerin yarısı sürdürülebilirlik konusunu tam olarak projelerine yansıtamadı?’ sorusu üzerinde durmakta fayda vardır. Bu sorunun cevabını ortaya koyacak ve sürdürülebilir tasarım üzerine geliştirilebilecek projeksiyona ilişkin çıkarımlar yapmak üzere geliştirilen öneriler şu şekildedir:

- ✓ Sürdürülebilirlik; temel bir tanım üzerinden çok farklı içeriklerde kendine yer bulmaktadır. Bunlardan biri de sürdürülebilir tasarım kavramıdır. Tasarımda sürdürülebilirlik konusu sadece bir stüdyo dersinin bir bölümünde değil, başlı başına bir stüdyo deneyimi olarak kurgulanmalıdır.
- ✓ Öğrencilerin kavramsal birikimini geliştirmek ve kent mobilyası tasarımı dersini ekolojik çerçevede öğrencilere aktarmak için öncelikle çevresel duyarlılık

bilincinin öğrencide gelişmesine yönelik adımlar atılmalıdır.

- ✓ Öğrencinin ekolojik bilincini geliştirmeye yönelik ders içinde dikkatini toplayacak belgesel, fotoğraf vb. görsel öğeler zenginleştirilmeli ve öğrenciye ders dışı okuma listesi verilmelidir.
- ✓ Kent mobilyaları içinden kampüsler için yapılacak tasarımlarda öğrenciyi merkeze alacak şekilde konsept ve ürün geliştirme yapılmalıdır.

Sürdürülebilirlik olgusunun temelinde, çevresel duyarlılık ve kaynak koruma bilinci bulunmaktadır. Bu bağlamda eğitimciye düşen; öğrencinin geri dönüşüm, enerji ve suyu etkin kullanma, tüketim bilinci geliştirme gibi konularda donanım kazanmasını etkin bir şekilde sağlamaktır.

Kaynakça

- Amr, A.I., Kamel, S., El Gohary, G., Hamhaber, J. (2016). "Water as an Ecological Factor for a Sustainable Campus Landscape", *Procedia - Social and Behavioral Sciences* 216 (2016), 181-193.
- Anis, M., Afiff, A.Z., Kiswanto, G., Suwartha, N., Sari, R.F. (2018). "Managing university landscape and infrastructure towards green and sustainable campus", *E3S Web of Conferences* 48, 02001 (2018).
- Aras, B.B. (2019). "Kentsel Sürdürülebilirlik Kapsamında Yeşil Çatı Uygulamaları", *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 469-504.
- Brown, K., Adger, N. et. al. (2019). "Empathy, place and identity interactions for sustainability", *Global Environmental Change*, 56(2019), 11-17.
- Choi, YJ., Oh, M., Kang, J., Lutzenhiser, L. (2017). "Plans and Living Practices for the Green Campus of Portland State University", *MDPI, Sustainability*, 9(252), 1-16.
- Hugo, H., Espinoza, F., Morales, I., Ortiz, E., Perez, S., Salcedo, G. (2018). "Delta Project: Towards a Sustainable Campus", *MDPI, Sustainability*, 10(3695), 1-27.
- Moore, J., Mascarenhas, A., Bain, J., Stratus, S. (2017). "Developing a comprehensive definition of sustainability", *Implementation Science* (2017), 12 (110), 1-8.
- Öztürk Tel, H. (2020). "Design of Unique Urban Furniture in Outdoor Campus Areas", *Online Journal of Art and Design*, 8(4), 68-83.



Mahalli ve Ulusal Düzeyde Üretilerek Erzurum Piyasasında Tüketime Sunulan Yoğurtların Bazı Mikrobiyolojik, Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması*

Şeyma Kaaracaoğlu^{1†}, Salih Özdemir²

^{1*} Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6149-011X), seymakregl25@gmail.com

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000), ozdemirs@atauni.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.845025)

ATIF/REFERENCE: Karacaoğlu, Ş. & Özdemir, S. (2021). Mahalli ve Ulusal Düzeyde Üretilerek Erzurum Piyasasında Tüketime Sunulan Yoğurtların Bazı Mikrobiyolojik, Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 381-392

Öz

Bu araştırmada ulusal düzeyde yoğurt üretimi yapan 5 firmadan ve Erzurum civarında mahalli yoğurt üretimi yapan 5 firmadan 3 tekerrürlü olarak toplam 30 adet yoğurt örneği alınmış bu örneklerde mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Bu analizler sonucunda yoğurt örneklerinin total aerobik mezofilik bakteri sayısı (TAMB) ortalama 6,73 log kob/g olarak bulunmuştur. Yoğurt örneklerinin MRS agar'da gelişen laktik asit bakteri sayısı ortalama 4,71 olarak bulunmuştur. Yoğurt örneklerinin M17 agar'da gelişen laktik asit bakteri sayısı ortalama 6,20 log kob/g olarak bulunmuştur. Yoğurt örneklerinin maya ve küf sayısı <2 log kob/g ile 4,81 log kob/g arasında değişmiş ortalama 2,69 log kob/g olarak bulunmuştur. Ulusal düzeyde üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinin tümü maya ve küf sayısı açısından standartlara uygunluk (<2 log kob/g) gösterirken, mahalli yoğurt üretimi yapan firmaların yoğurt örneklerinin ise sadece biri standartlara uygunluk göstermiştir. Yoğurt örneklerinin koliform sayısı <1 log kob/g ile 2,37 log kob/g arasında değişmiş, ortalama 1,37 log kob/g olarak bulunmuştur. Ulusal düzeyde üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinin tümü koliform bakteri sayısı açısından standartlara uygun bulunmuş olup, mahalli yoğurt üretimi yapan firmaların yoğurt örneklerinin ise hepsinin koliform sayısı standartların üzerinde bulunmuştur. Yoğurt örneklerinin % asitlik değeri %0,93 ile %1,55 arasında değişmiş ortalama %1,31 olarak bulunmuştur. Ulusal düzeyde üretim yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin % asitliği mahalli üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha düşük bulunmuştur. Yoğurt örneklerinin pH değeri 4,60 ile 5,39 arasında değişmiş ortalama 4,95 olarak bulunmuştur. Ulusal düzeyde üretim yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin pH değeri mahalli üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha yüksek bulunmuştur. Yoğurt örneklerinin kurumadde oranı %12,25 ile %15,37 arasında değişmiş ortalama %13,79 bulunmuştur. Ulusal düzeyde üretim yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin % kurumadde değeri mahalli üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha yüksek düzeyde bulunmuştur. Yoğurt örneklerinin % yağ oranı %1,53 ile %3,63 arasında değişkenlik göstermiştir. Yoğurt örneklerinin % serum ayrılması değerleri %15,58 ile %38,81 arasında değişmiştir. Ulusal düzeyde üretim yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin mahalli üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha düşük düzeyde serum ayrılması oranına sahip olduğu saptanmıştır. Yoğurt örneklerinin renk değerlerinin L* renk değeri 90,73 ile 95,74 arasında değişkenlik göstermiştir. Yoğurt örneklerinin 20 rpm kayma hızında viskozite değerlerinin 1522 cP ile 4180 cP arasında değiştiği saptanmıştır. Ulusal düzeyde üretim yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin mahalli üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha yüksek viskozite değerine sahip olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yoğurt, Mahalli Üretim, Viskozite, Kurumadde, Yağ, Serum Ayrılması.

Comparison of Some Microbiological, Physical and Chemical Properties of Yoghurts Produced at Local and National Level and Offered to Consumption in Erzurum

Abstract

In this research, a total of 30 yoghurt samples were taken with 3 repetitions from 5 companies producing yoghurt at national level and 5 companies producing local yoghurt around Erzurum, and microbiological, physical and chemical analyzes were performed on these samples. As a result of these analyzes, the average total aerobic mesophilic bacteria count (TAMB) of yoghurt samples was found to be 6.73 log cfu / g. The average number of lactic acid bacteria growing on MRS Agar of yoghurt samples was found to be 4.71. . The number of lactic acid bacteria growing on M17 agar of yogurt samples was found to be an average of 6.20 log cfu / g. Yeast and Mold counts of yoghurt samples varied between <2 log kob / g and 4.81 log kob / g, and the average was 2.69 log kob / g. All of the yoghurt

* Bu çalışma Atatürk Üniversitesi tarafından desteklenmiştir (BAP 6291)

† Sorumlu Yazar: seymakregl25@gmail.com

samples of the companies producing at the national level showed compliance with the standards in terms of the number of Yeast and Mold (<2 log kob / g), while only one of the yoghurt samples of the local yoghurt production companies complied with the standards. The coliform count of yogurt samples ranged from <1 log kob / g to 2.37 log kob / g, with an average of 1.37 log cfu /g All of the yoghurt samples of the companies producing at the national level were found to be in accordance with the standards in terms of the number of coliform bacteria, and the coliform number of all the yoghurt samples of the companies producing local yoghurt were found to be above the standards. The acidity value of yoghurt samples varied between 0.93% and 1.55% and was found to be average 1.31%. The pH value of yogurt samples varied between 4.60 and 5.39 and was found to be 4.95 on average. The pH value of the yoghurt samples produced by the companies producing at the national level was higher than the yoghurt samples of the local production companies. The dry matter content of yoghurt samples varied between 12.25% and 15.37%, and the average was found to be 13.79%. The dry matter value of% of yoghurt samples produced by companies producing at national level was found to be higher than yoghurt samples of local production companies. The fat content of yoghurt samples varied between 1.53% and 3.63%. Serum separation values (%) of yogurt samples varied between 15.58% and 38.81%. It has been determined that the yoghurt samples produced by the companies producing at the national level have a lower amount of serum separation (%) than the yogurt samples of the local production companies. The color value (L) of yoghurt samples varied between 90.73 and 95.74. It was determined that the viscosity values of yoghurt samples at 20 rpm shear rate varied between 1522centipoise and 4180centipoise It has been determined that the yoghurt samples produced by the companies producing at the national level have a higher viscosity value than the yoghurt samples of the local production companies.

Keywords: Yoghurt, Local Producers, National Firms, Viscosity, Drymatter, Fat, Serum Separation

1. Giriş

Süt, 400' den fazla memeli türü tarafından, temel işlevi yeni doğanın beslenme gereksinimini karşılamak üzere salgılanan kendine özgü tat, koku ve kıvamında, beyaz porselen renkte olan, çeşitli durum ve nitelikte birçok maddenin oluşturduğu bir sıvıdır. Sütün vücut için en iyi değerlendirme şekli doğrudan tüketilmesidir. Ancak, bu şekilde içerdiği besin maddelerinden maksimum oranda faydalanabilir. Fakat sütün birçok besin maddesi gibi özelliğini uzun süre koruyamaması, hacimli olması, dayanıksız olması, naklinin zor olması, çabuk bozulması ve çoğu kez de zararlı mikroorganizmaları içermesi gibi nedenlerden dolayı dayanıklı ve güvenli hale getirilmesi gerekir. Bu amaçla yapılan uygulamalardan biri sütün yoğurda işlenmesidir (Herdem, 2006). Yoğurdun ilk defa nasıl yapıldığına dair yazılı kaynaklar olmamasına rağmen M.Ö. 5000 yıllarında Mezopotamya' da keçi sütünün ılık ortamda bekletilmesiyle doğal olarak şekillendiği sanılmaktadır. 10. asırda yazılmış Türkçe eserlerde yoğurt bugünkü anlamda kullanılmıştır. Yoğurdun orijini üzerine yapılan araştırmalar yoğurdun bir Türk buluşu olduğunu ortaya koymaktadır (Kurt, 1989). Yoğurt Avrupa'ya Türkler tarafından tanıtılmıştır. Yoğurdun Avrupa'ya yayılması yirminci yüzyılın başlarına, Amerika' ya girişi ise ikinci dünya savaşı yıllarına rastlamaktadır (Kosikowski, 1978).

İnsan sağlığı açısından birçok faydaları vardır. Besin değeri süte göre daha yüksek olmakla beraber önemli bir protein, yağ, vitamin ve mineral madde kaynağıdır. Yoğurdun işleniş sırasında, özellikle ısıtma sırasında sütteki B ve C grubu vitaminler zarar görmektedir. Fakat yoğurt bakterilerinin faaliyeti sonucunda sentezlenen B1, B2 ve nikotinamid yoğurdun vitamin bakımından zengin hale gelmesini sağlar. Yoğurt, protein ve kalsiyum kaynağı olarak yaşlı insanların beslenmesi için önemlidir. Orta yaşlı bayanlarda görülen kemik rahatsızlıklarına karşı da önemli bir kalsiyum kaynağıdır. Fermantasyon sırasında laktozun bir kısmı hidrolize uğradığı için sütün sindirimi daha kolay olmaktadır. Yoğurt bakterileri antagonistik etkilerinden dolayı intestinal sistemde patojen ve saprofit organizmaların gelişimini inhibe etmektedir. Kolesrolü düşürücü etkiye sahip olduğu da belirtilmektedir (Bayraktar, 2006).

Yoğurt Türk Gıda Kodeksi'ne göre spesifik olarak *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*'un simbiyotik kültürlerinin kullanıldığı fermente süt ürünü olarak tanımlanmıştır (Anonim, 2009). Türk Standartlar Enstitüsü'nün (TSE) 1330 sayılı Yoğurt Standardı'nda (Anonim, 2006) ise 'İnek sütü, koyun sütü, manda sütü, keçi sütü veya

karışımlarının pastörize edilmesi veya pastörize sütün, gerektiğinde süt tozu ilavesiyle homojenize edilerek veya edilmeden *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*'dan oluşan yoğurt kültürünün ilave edilmesi ve yoğurt yapım kuralları'na (TS 10935) uygun işlemlerden geçirilmesinden sonra elde edilen mamul' şeklinde tanımlanmaktadır (Anonim, 2006).

Ülkemizde yoğurt tüketiminin düşük olmasının nedenlerinden biri hazır yoğurtların Türk damak zevkine hitap etmemesidir. Geleneksel olarak üretilen yoğurtlar daha çok sevilmekte ve tercih edilmektedir. Geleneksel yoğurt üretiminin; yoğurda işlenecek sütün orijinal hacmini yaklaşık 1/3'ünü kaybedinceye kadar kaynatılması, vücut sıcaklığına kadar soğutulması, bir önceki günden kalan bir parça yoğurtla veya bu yoğurdun sulandırılmış şekli ile mayalanması ve bu sıcaklıkta bekletilmesinin ardından soğutulması işlemlerinden oluştuğu bildirilmektedir (Ünsal, 2007). Yalnız geleneksel yöntemle üretim sonucunda; Ardışık inokülasyonlarda yoğurt starter bakterileri olan *Streptococcus thermophilus* ve *Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus*'un arasındaki denge bozulmakta ve buna bağlı olarak da standart tekstürel ve duyuşal özelliklere sahip ürün eldesi güçleşmektedir. Optimum inkübasyon sıcaklığı olan 42-43 C'nin korunması her zaman mümkün olmadığından özellikle düşük inkübasyon sıcaklıklarında inkübasyon süresi uzamakta ve asitlik gelişimi yavaşlamaktadır. Asitlik gelişimi yavaşlaması sonucunda son üründe serum ayrılması riski artmakta ve zayıf pıhtılı yapı oluşmaktadır. Üretim sırasında mikrobiyal kontaminasyon riski yüksek olduğundan halk sağlığı ve ürün dayanımı açısından olumsuzluklar ile karşılaşma riski artmaktadır (Tamime and Robinson, 1999; Özer, 1997).

Yoğurdun fiziksel, kimyasal ve duyuşal özelliklerini etkileyen pek çok faktör vardır. Hammaddenin kalitesi (toplam kuru madde içeriği, protein içeriği, kazein ve kazein olmayan proteinlerin oranı, asitliği), katkı maddeleri, homojenizasyon, ısı işlem normu, denatüre serum proteinleri, kullanılan kültür, inokulum miktarı, inkübasyon sıcaklığı, soğutma ve depolama şartları yoğurdun kalite kriterleri üzerine etkilidirler (Barrentes et al. 1994). Türkiye'de yoğurtların kimyasal ve mikrobiyolojik kaliteleri üzerine birçok araştırma yapılmıştır (Atasoy ve ark., 2003). Yapılan araştırmalar, ülkemizde her zaman aynı standart ve kalitede yoğurt üretiminin olmadığını göstermektedir. Standart ve kaliteli yoğurt üretimi, üretimde kullanılan çiğ sütün kalitesine, üretim teknolojilerine, üretimde uygulanan hijyenik koşullara, uygun ambalajlama ve muhafaza şartlarına bağlıdır (Demirkaya ve Ceylan, 2013).

Yoğurt yapımında kullanılacak çiğ sütün bazı kriterlere sahip olması istenilir; Kuru maddesi yüksek sütlerden daha kaliteli yoğurt üretileceği için, yoğurda işlenecek sütün kuru maddesinin yüksek olması istenir. Sütün hastalıklı bir hayvandan elde edilmemiş olmaması gerekir. Kötü kokulu yemlerle beslenen hayvanların sütleri ürünün kalitesini olumsuz yönde etkiler. Kuru madde içeriği düşük olacağı için laktasyonun başındaki sütler tuz dengesi bozulduğu içinde laktasyonun sonunda ki sütler kullanılmamalıdır. Sütün mikrobiyal florası yüksek ise son ürünün kalitesini olumsuz yönde etkileyeceği için kullanılması uygun değildir. Starter kültür gelişimini olumsuz yönde etkileyeceği için sütün antibiyotik, deterjan ve dezenfektan kalıntısı ve inhibitörleri içermemesi gerekir. Hileli su katılmış yağı alınmış ve koruyucu ilave edilmiş ve asitliği yüksek sütler yoğurt üretiminde kullanılmamalıdır.

Türkiye’de süt üretim miktarı 2016 yılında 18.498.661 ton olmuştur. Toplam üretimin 16,7 milyon tonunu inek sütü oluşturmaktadır. İnek sütünün içme sütünden sonra en çok işlendiği ürün yoğurttur. Yoğurt üretimi 2016 yılında %4,5 oranında artarak 1,17 milyon tona ulaşmış olup kişi başına düşen yoğurt tüketimi 30 kg/yıl olarak hesaplanmıştır (Anonim, 2016).

Yoğurdun bileşimiyle ilgili veriler çok farklılık göstermektedir. Çünkü kullanılan hammadde ve işleme tekniğinin değişikliği birkaç değişik bileşimde yoğurtla karşı karşıya bırakmaktadır (Bayraktar Sofu, 2006). Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği’ne (Tebliğ No: 2009/25) göre tam yağlı yoğurtta süt yağı en az %3,8 ve yarım yağlı yoğurtta en az %2,0 olmalıdır. Yoğurtların titrasyon asitliği en az %0,6 en fazla %1,5 toplam mikroorganizma en az 10^7 kob/g, maya ve küf sayısının en fazla 10^2 kob/g ve Koliform grubu bakteri sayısının en fazla 10^1 kob/g (Anonim, 2009) olması istenmektedir.

Yapmış olduğumuz bu çalışmanın amacı ulusal düzeyde üretim yapan firmalar tarafından üretilen yoğurtların kalitesi ile Erzurum’da mahalli olarak üretilen yoğurtların kalitelerini karşılaştırmaktır. Yapılacak bu çalışmada yoğurtların Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliğine (Anonim, 2009) uygun olup olmadığının da tespiti amaçlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Erzurum’da satışa sunulan farklı firmalara ait yoğurt örneklerinden 10’ar adet toplanılmıştır ve araştırma materyali olarak kullanılmıştır. Toplanmış olduğumuz yoğurtların ilk 5 adeti ulusal düzeyde üretim yapan firmalara ait olup (A,B,C,D ve E), diğer 5 adet ise mahalli düzeyde üretim yapan firmalara aittir (F,G,H,J ve K). Aynı firmalara ait yoğurtlar farklı zamanlarda 3 kez toplanmıştır. Laboratuvara getirilen örnekler mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal analizlere tabii tutulmuştur.

2.2. Metot

2.2.1. Mikrobiyolojik Analizler

Yoğurt örneklerinden steril şartlarda 10 g tartılıp steril edilen cam kavanozların içerisine aktarılmıştır ve üzerine 90 ml steril fizyolojik tuzlu su (%0,85 NaCl) ilave edilmiştir. Sonra pipetler yardımı ile tüplere aktararak 10^{-1} ’lik dilüsyonlar hazırlanmıştır (Harrigan 1998). Toplam aerobik mezofilik bakteri sayımı için

plate count agar (PCA) kullanılmıştır. MRS agar’da gelişen laktik asit bakterisi (LAB) sayımı için pH’sı 5,7’ye ayarlanmış MRS agar kullanılmıştır. M17 agar’da gelişen laktik asit bakterisi (LAB) sayımı için steril edilmiş M17 agar ile uygun dilüsyonlardan yayma plak yöntemiyle 0,1 ml aktarılarak ekim yapılmıştır. Maya ve küf sayımı için uygun dilüsyonlardan çift petri kutusuna ekim yapılmıştır. Üzerine %10 tartarik asit ile asitlendirilmiş (pH 3,5) Patates Dekstroza Agar (PDA) dökülerek karıştırılmıştır. Petri kutuları 20-25 °C’de 5 gün inkübe edilip, inkübasyon sonunda oluşan koloniler sayılmıştır (Harrigan 1998). Koliform grubu bakteri sayımı Violet Red Bile Agar’da yapılmıştır (Cruz et al. 2012).

2.2.2. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Titrasyon asitliği tayini için, homojen hale getirilen yoğurt örneğinden 10 g alınmıştır üzerine 3 damla fenolftalein indikatöründen damlatılmış ve 0,1 N NaOH çözeltisi ile hafif pembe renk elde edilinceye kadar titre edildikten sonra harcanan alkali miktarı aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanarak laktik asit cinsinden % asitlik olarak hesaplanmıştır (Kurt vd 2007). pH analizleri birleşik elektrotlu pH-metre kullanılarak belirlenmiştir (Hannon vd 2003). Kurumadde tayini için etüvde kurutulup darası alınan kurutma kapları içerisine yaklaşık 3 g olacak şekilde yoğurt örneği tartılmıştır. $105\pm 2^{\circ}\text{C}$ ’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup tartım yapılmıştır. Kurutma öncesi ve sonrası alınan tartımlara göre örneklerin kurumadde miktarları %’de olarak hesaplanmıştır (Anonim 1999). Yağ oranları yoğurt örnekleri 1/1 oranında sulandırıldıktan sonra süt bütirometresine 10 ml H_2SO_4 , 11 ml yoğurt-su karışımı ve 1 ml amil alkol ilave edilmiştir. Bu karışım Gerber santrifüjde 5 dakika santrifüjlenmiş ve skaladan yağ oranı okunmuştur. Okunan değer 2 ile çarpılarak yoğurdun yağ oranı hesaplanmıştır (Kurt vd 2007). Serum Ayrılması analizinde darası alınarak bir huniye yerleştirilmiş olan filtre kâğıdı üzerine 25 g örnek tartılmıştır. Filtre kâğıdından huninin altındaki erlene süzülen yoğurtlar $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ ’de, 120 dakika bekletildikten sonra tartılıp bulunmuştur ve sonuçlar 4 ile çarpılarak % olarak ifade edilmiştir (Konar, 1980). Yoğurt örneklerinin renk yoğunlukları L^* değeri olarak Minolta (Chroma Meter, CR-400, Minolta-Konica, Japan) Kolorimetre cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Yoğurt örneklerinin viskoziteleri, dijital Brookfield viskozimetre (Model DV-II) kullanılarak belirlenmiştir (Brookfield Engineering Laboratories, USA) (Soukoulis ve ark. 2014). Viskozite ölçümlerinde 4 nolu başlık kullanılmış olup ölçümler 20 rpm kayma hızında gerçekleştirilmiştir.

2.2.3. İstatistiksel Analizler

Araştırma 10 adet yoğurt örneği (5 ulusal ve 5 mahalli) ve 3 tekrerrür olmak üzere tam şansa bağlı deneme planına göre yürütülmüştür. Elde edilen veriler SPSS 13 paket programı kullanılarak varyans analizine tabii tutulmuş, önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ait ortalamalar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmıştır. Ulusal ve mahalli düzeyde üretim yapan firmaların grup olarak karşılaştırılmasında Grup Karşılaştırılması (t) testi kullanılmıştır. Maya ve küf ve koliform bakteri sayısına ait karşılaştırılmasında birçok örnekte tespit edilebilir seviyenin altında sonuç elde edilmesinden dolayı Kruskal-Wallis testi kullanılmıştır (Steel and Torrie 1980; Düzgüneş vd 1987; Bek ve Efe 1995).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Yoğurt örneklerine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları Tablo 1’de görülmektedir.

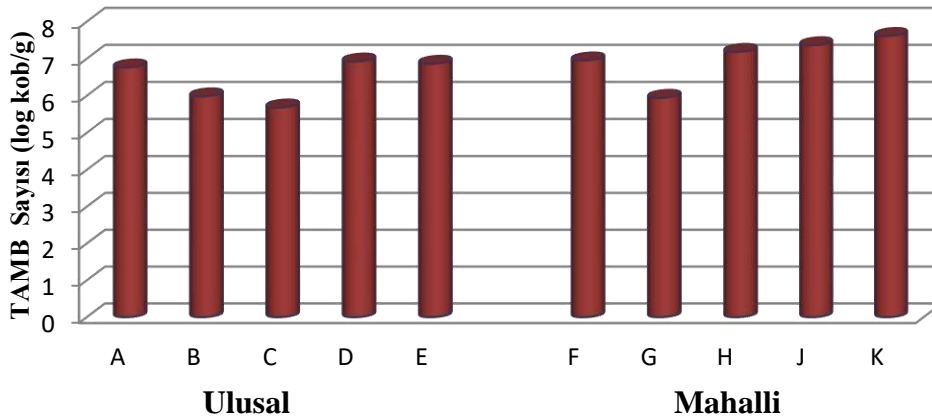
Tablo 1. Yoğurt örneklerine ait mikrobiyolojik analiz sonuçları (log kob/g)

Yoğurt Örnekleri	TAMB Sayısı	MRS’de Gelişen LAB Sayısı	M 17’de Gelişen LAB Sayısı	Maya ve Küf Sayısı	Koliform Grubu Bakteri Sayısı
A	6,76	3,09	7,15	<2,00	<1,00
B	5,98	3,61	6,30	<2,00	<1,00
C	5,68	4,69	6,90	<2,00	<1,00
D	6,92	4,43	6,76	<2,00	<1,00
E	6,86	4,03	5,44	<2,00	<1,00
F	6,95	3,16	6,05	3,53	1,35
G	5,94	5,18	6,05	4,81	1,75
H	7,18	5,13	5,25	<2,00	1,49
J	7,36	6,55	5,69	3,04	1,87
K	7,61	7,25	6,38	3,51	2,37
En Küçük Değer	5,68	3,09	5,25	<2,00	<1,00
En Büyük Değer	7,61	7,25	7,15	4,81	2,37
Ortalama	6,72	4,71	6,20	2,69	1,38

Yoğurt örneklerinin total bakteri sayısı 5,68 log kob/g ile 7,61 log kob/g arasında değişkenlik göstermiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda en düşük total bakteri sayısına sahip olan yoğurt örneğinin C örneği olduğu ve H, J ve K örneklerinin diğerlerinden önemli düzeyde ($p<0.01$) yüksek total bakteri içerdiği tespit edilmiştir. Elde edilen toplam aerobik mezofilik bakteri (TAMB) sayısı, Sömer (2013) tarafından elde edilen sonuçlar ile benzerlik gösterirken Dayısoylu vd (1998) tarafından elde edilen sonuçlardan yüksek bulunmuştur. T test sonucunda ise ulusal düzeyde yoğurt üretimi yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin mahalli düzeyde yoğurt üretimi yapan firmaların

yoğurt örneklerinden daha düşük sayıda Total bakteri içerdiği saptanmıştır. Bu durum mahalli üretim yapan firmaların ürettikleri yoğurtlarda genellikle hazır kültür kullanmadıkları ve daha önce üretilen yoğurtları kültür olarak kullandıkları için daha yüksek düzeyde total bakteri sayısına sahip olduğu düşünülmektedir.

Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli olarak üretilen yoğurt örneklerinde Total Bakteri sayısının değişimi Şekil 1’de görülmektedir.



Şekil 1. Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli olarak üretilen yoğurt örneklerinde TAMB sayısının değişimi

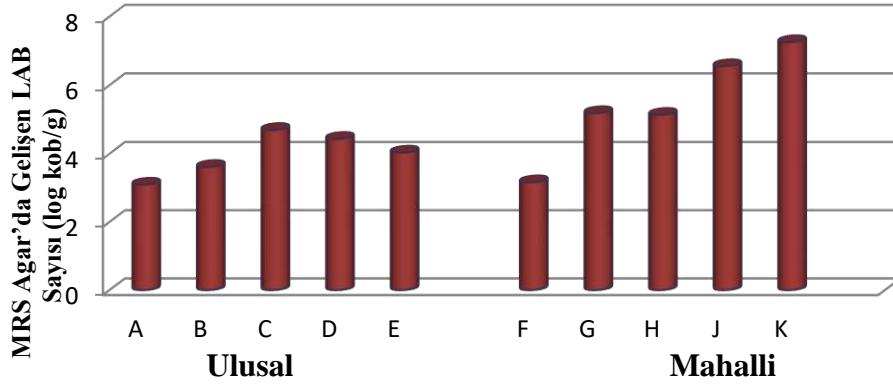
Yoğurt örneklerinde MRS agar genellikle Laktobasil cinsi içinde yer alan laktik asit bakterileri sayısı hakkında fikir

vermektedir. Yoğurt bakterilerinin MRS agar’da gelişen laktik asit bakteri sayısı 3,09 log kob/g ile 7,25 log kob/g arasında

değişkenlik göstermiştir. Varyans analiz sonucunda örnekler arasındaki farklılık önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda en düşük MRS agar'da gelişen laktik asit bakteri sayısına sahip olan yoğurt örneğinin A örneği olduğu ve K örneğinin diğerlerinden önemli düzeyde ($p < 0,01$) yüksek MRS agar'da gelişen laktik asit bakteri içerdiği tespit edilmiştir. Herdem (2006), yoğurtlar üzerine yapmış olduğu çalışmada farklı illerden topladığı yoğurt örneklerinde ortalama MRS agar'da gelişen laktik asit bakteri sayısını $< 10^2$ kob/g ile $6,11 \times 10^8$ kob/g arasında bulmuştur. Elde ettiğimiz sonuçlar Herdem (2006)' in elde ettiği değerler arasında yer almıştır. T test sonucunda ise ulusal düzeyde üretim yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin mahalli düzeyde üretim yapan firmaların

yoğurt örneklerinden daha düşük sayıda MRS agar'da laktik asit bakterisi içerdiği saptanmıştır. Bu durum ulusal düzeyde yoğurt üretimi yapan firmaların kontrollü bir şekilde starter kültür ile sütlerine kültür ilave ettiklerini mahalli düzeyde yoğurt üretimi yapan firmaların ise daha önceki yoğurtları kültür olarak kullanmaları sebebiyle yeni hazırladıkları yoğurtların bu kültürden etkilenecek daha yüksek düzeyde laktik asit bakterisi içerdikleri söylenebilir.

Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerindeki MRS agar'da gelişen laktik asit bakteri sayılarının değişimi Şekil 2'de görülmektedir.

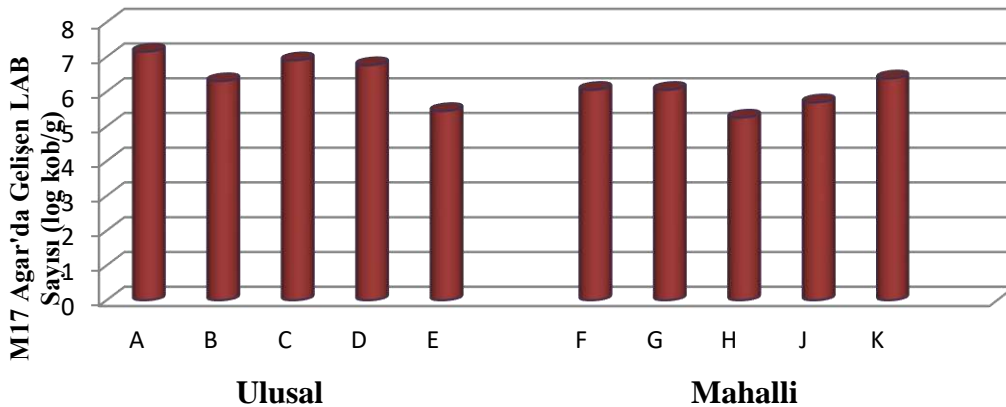


Şekil 2. Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerindeki MRS agar'da gelişen laktik asit bakteri sayılarının değişimi

Yoğurt örneklerinde M17 agar genellikle Laktokok ve Streptokok cinsi içinde yer alan bakteri sayısı hakkında bilgi vermektedir. Yoğurt örneklerinin M17'de gelişen laktik asit bakteri sayısı 5,25 log kob/g ile 7,15 log kob/g arasında değişkenlik göstermiştir. Varyans analiz sonucunda örnekler arasındaki farklılık önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırmalı test sonucunda en düşük M17 agar'da gelişen laktik asit bakteri sayısına sahip olan yoğurt örneğinin H örneği olduğu ve A örneğinin diğerlerinden önemli düzeyde ($p < 0,01$) yüksek laktik asit bakteri içerdiği tespit edilmiştir. Herdem (2006), yoğurtlar üzerinde yapmış olduğu çalışmada farklı illerden topladığı yoğurt örneklerinde ortalama M17 agar'da gelişen laktik asit bakteri sayısını $1,06 \times 10^5$ kob/g ile $1,31 \times 10^8$ kob/g arasında bulmuştur. Elde ettiğimiz sonuçlar Herdem (2006)' in elde ettiği değerler arasında yer almıştır. T test

sonucunda ise ulusal düzeyde üretim yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin mahalli düzeyde üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha yüksek sayıda M17 agar'da gelişen laktik asit bakterisi içerdiği saptanmıştır. Bu durum kullanılan yoğurt kültürlerinde genellikle *Streptococcus thermophilus* oranının daha yüksek (7:3) olmasından kaynaklanabilir. Yoğurt fermantasyonun başlangıcında *S. thermophilus*, *L. delbrueckii subsp. Bulgaricus*'a oranla daha hızlı gelişim gösterir. Fermantasyonun ileri aşamalarında ise *L. delbrueckii subsp. bulgaricus* gelişim aşamasına girmektedir (Özer ve Robinson 1999).

Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli olarak üretilen yoğurt örneklerindeki M17 agar'da gelişen laktik asit bakteri sayılarının değişimi Şekil 3'te görülmektedir.



Şekil 3. Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerindeki M17 agar'da gelişen laktik asit bakteri sayılarının değişimi

Yoğurt örneklerinin Maya ve küf sayısı $<2,00- 4,81 \log$ sonucunda örnekler arasındaki farklılık önemli ($p<0,01$) kob/g arasında değişkenlik göstermiştir. Kruskal-Wallis testi bulunmuştur. Kruskal-Wallis test sonuçları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Yoğurt örneklerinin maya ve küf sayısına ait Kruskal-Wallis testi sonuçları

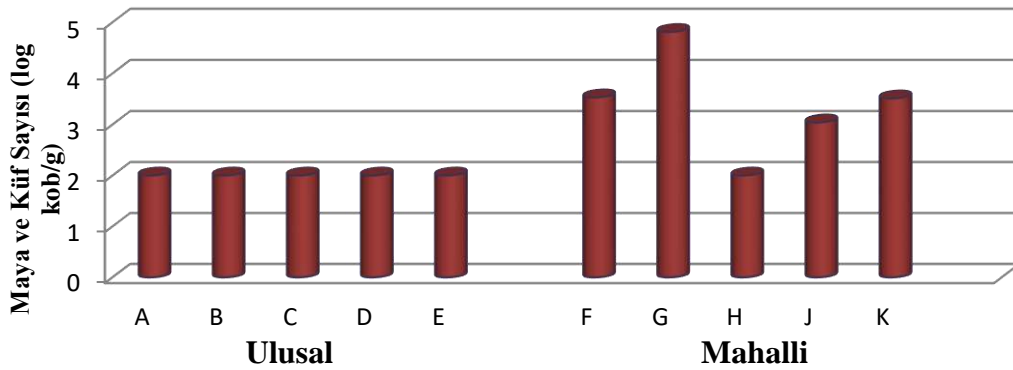
Yoğurt Örnekleri		Ortalama Maya ve Küf Sayısı (log kob/g)*			Total
		<2	>2	>4	
Ulusal	Örnek sayısı	15	0	0	15
	%	%100,0	%,0	%,0	%100,0
Mahalli	Örnek sayısı	6	2	7	15
	%	%40,0	%13,3	%46,7	%100,0
Total	Örnek sayısı	21	2	7	30
	%	%70	%6,7	%23,3	%100,0

*Maya ve küf kategorilerine dağılım istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0,01$).

Ulusal düzeyde yoğurt üretimi yapan ve bu çalışmada örnek olarak alınan 5 firmanın yoğurt örneklerinin hepsi maya ve küf sayısı bakımından standartlara uymaktadır. Erzurum çevresinde mahalli olarak yoğurt üretimi yapan 5 firmadan sadece bir firmanın örneği standart değerin (en fazla 10^2 kob/g) altında maya ve küf içermiştir. Diğer 4 firmaya ait örneklerin maya ve küf sayısı ise standart değerlerin üzerinde bulunmuştur. Maya ve küf oluşumu yoğurt yapımı sırasında temizlik ve hijyenin sağlanmaması ve muhafaza şartlarının yerine getirilmemesi sonucu gerçekleşen kontaminasyondur. Bu sebeple mahalli

düzeyde yoğurt üretimi yapan firmaların gerektiği gibi temizliğe önem vermediği söylenebilir. Bu çalışmada tespit edilen bulgular (Tablo 2) Sömer (2013), Bakırcı vd (2015) ve Çetin (2015) tarafından elde edilen sonuçlardan düşük, Demirkaya ve Ceylan (2013) tarafından elde edilen değerlerle benzerlik göstermektedirler.

Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerindeki maya ve küf sayılarının değişimi Şekil 4’te görülmektedir.



Şekil 4. Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerindeki maya ve küf sayılarının değişimi

Yoğurt örneklerinin koliform grubu bakteri sayısı $<1,00 - 2,37 \log$ kob/g arasında değişkenlik göstermiştir. Kruskal-Wallis

testi sonucunda örnekler arasındaki farklılık önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Kruskal-Wallis test sonuçları Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Yoğurt örneklerinin Kruskal-Wallis testi sonuçları

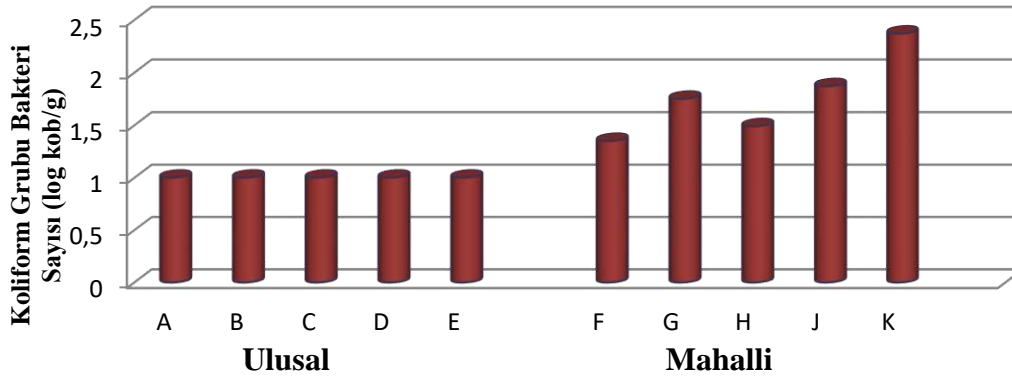
Yoğurt Örnekleri		Ortalama Koliform Grubu Bakteri Sayısı (log kob/g)*		Total
		<1	>2	
Ulusal	Örnek sayısı	15	0	15
	%	%100,0	%0	%100,0
Mahalli	Örnek sayısı	7	8	15
	%	%46,7	%53,3	%100,0
Total	Örnek sayısı	22	8	30
	%	%73,3	%26,7	%100,0

*Koliform grubu bakteri kategorilerine dağılım istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$).

Ulusal düzeyde yoğurt üretimi yapan ve bu çalışmada örnek olarak alınan 5 firmanın yoğurt örneklerinin hiçbirinde koliform bakteri görülmemiştir. Erzurum çevresinde mahalli olarak yoğurt üretimi yapan 5 firmanın hepsi de ortalama olarak standartların üzerinde (1 log kob/g) koliform bakteri içermiştir. Mahalli düzeyde üretim yapan firmaların yoğurtlarında bulduğumuz değerler Sömer (2013) ve Dayısoylu vd (1998) tarafından elde edilen sonuçlardan düşük, Demirkaya ve Ceylan (2013)

tarafından elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Bu sonuçlara göre mahalli düzeyde yoğurt üretim yapan firmaların Ulusal düzeyde yoğurt üretimi yapan firmalara göre daha az temizlik şartlarına riayet ettiği söylenebilir.

Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerinin koliform grubu bakterileri sayılarının değişimi Şekil 5'te görülmektedir.



Şekil 5. Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerindeki koliform grubu bakterileri sayılarının değişimi

3.2. Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Yoğurt örneklerine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 4'te görülmektedir.

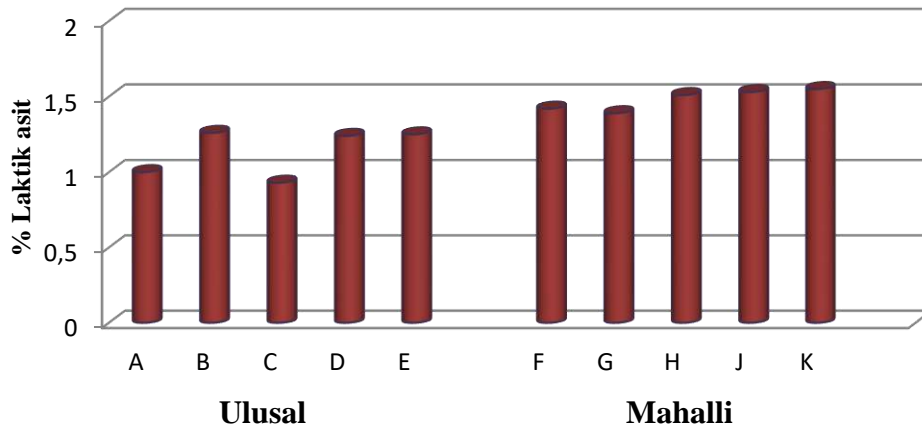
Tablo 4. Yoğurt örneklerine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Yoğurt Örnekleri	Asitlik (%)	pH	KM (%)	Yağ Oranı (%)	Serum Ayrılması (%)	Renk Değeri L*	Viskozite Değeri (cP)
A	1,00	5,23	13,78	3,57	19,52	95,37	3895,53
B	1,26	5,17	15,37	3,53	18,77	95,74	3615,47
C	0,93	5,29	14,00	3,07	19,41	94,48	2958,23
D	1,2	5,39	13,87	3,53	23,71	95,52	4152,07
E	1,25	5,04	15,27	3,63	15,58	95,69	4180,70
F	1,4	4,75	14,37	1,53	26,00	92,36	2685,57
G	1,39	4,66	13,84	2,93	19,36	93,14	3594,50
H	1,51	4,70	12,35	1,53	28,91	92,81	2550,83
J	1,53	4,60	12,53	2,97	38,81	90,73	1522,43
K	1,55	4,64	12,48	2,80	37,40	92,13	1545,37
En Yüksek Değer	1,55	5,39	15,27	3,63	38,81	95,74	4180,70
En Düşük Değer	0,93	4,60	12,35	1,53	15,58	90,73	1522,43
Ortalama	1,31	4,95	13,79	2,90	24,75	93,80	3070,07

Yoğurt örneklerinin % laktik asitlik değeri %0,93 ile %1,55 arasında değişkenlik göstermiştir. Varyans analiz sonucunda örnekler arasındaki farklılık önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Duncan test sonucunda en düşük % laktik asitlik değeri sahip olan yoğurt örneğinin C örneği olduğu ve F, G, H, J ve K örneğinin diğerlerinden önemli düzeyde ($p<0,01$) yüksek % asitlik değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ulusal düzeyde yoğurt üretimi yapan ve bu çalışmada örnek olarak alınan 5 firmanın yoğurt örneklerinin hepsi %0,6-1,5 (Anonim 2009) arasında % asitlik değerine sahip olup standartlara uymaktadır. Erzurum çevresinde mahalli olarak yoğurt üretimi yapan 5 firmanın 3 adet yoğurt örneklerinin (H, J ve K) asitlik değerlerinin standartların üzerinde bulunmuştur. T test sonucunda ise ulusal düzeyde üretim yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin mahalli üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha düşük % laktik asite sahip olduğu saptanmıştır. Mahalli düzeyde üretim yapan firmaların

ürettiği yoğurt örneklerinin asitliğinin yüksek değerlerde olmasının sebebi laktik asit bakterilerinin sayısının yüksek olmasıdır. Ayrıca yoğurt bakterilerinin birbirlerine oranlarının istenilen seviyede olmadığı ve yoğurt yapımında inkübasyon sıcaklığına ve süresine yeterince dikkat edilmediği söylenebilir. Mahalli düzeyde üretim yapan firmaların yoğurtlarından elde edilen % asitlik değeri Dayısoylu vd (1998) ve Demirkaya ve Ceylan (2013) tarafından elde edilen değerlerden yüksektir. Biberoglu ve Ceylan (2013) tarafından elde edilen değerler araştırmamızda ki her iki grupta da yer alan firmaların yoğurtlarının % laktik asit değerinden yüksektir.

Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli olarak üretilen yoğurt örneklerindeki % laktik asit değerlerinin değişimi Şekil 6' da görülmektedir.



Şekil 6. Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerindeki % laktik asit değişimi

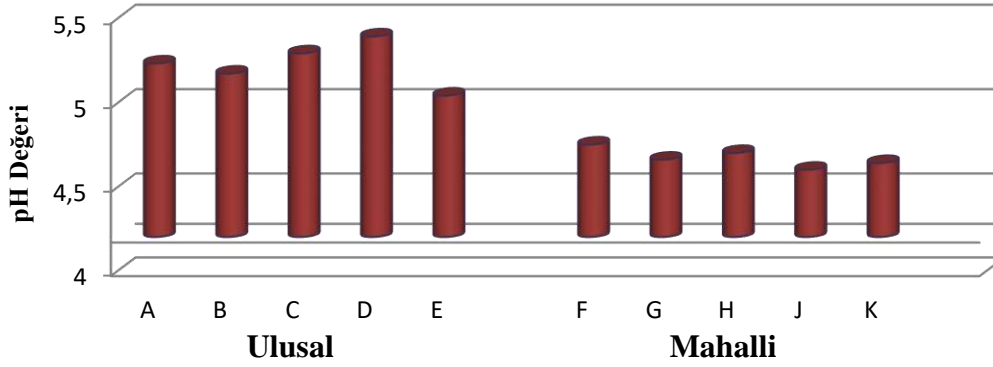
Yoğurt örneklerinin pH değeri 4,60 ile 5,39 arasında değişkenlik göstermiştir. Varyans analiz sonucunda örnekler arasındaki farklılık önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda en yüksek pH değerine sahip olan

yoğurt örneğinin D örneği olduğu ve mahalli düzeyde üretim yapan yoğurt örneklerinin ise diğerlerinden önemli düzeyde ($p<0,01$) düşük pH değerine sahip olduğu tespit edilmiş olup en düşük pH değeri J yoğurt örneğine aittir. Ulusal düzeyde üretim yapan firmaların yoğurtlarının pH değerleri daha yüksek çıkmıştır

ve bu sonuçlar% laktik asit değerleri sonuçlarıyla uyumlu bulunmuştur. Yoğurt örneklerinden elde edilen pH değeri Öz (1990), Dayısoylu vd. (1998), Sömer (2013) ve Karahan (2016) tarafından elde edilen değerlerden yüksek çıkmıştır. Demirkaya ve Ceylan (2013), tarafından elde edilen sonuçların değer aralıkları mahalli düzeyde üretim yapan firmaların yoğurtları ile paralellik gösterirken ulusal düzeyde yoğurt üretimi yapan firmaların yoğurtlarından daha düşüktür. T test sonucunda ise

ulusal düzeyde üretim yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin mahalli üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha yüksek pH içerdiği saptanmıştır.

Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli olarak üretilen yoğurt örneklerindeki pH değerlerinin değişimi Şekil 7’de görülmektedir.

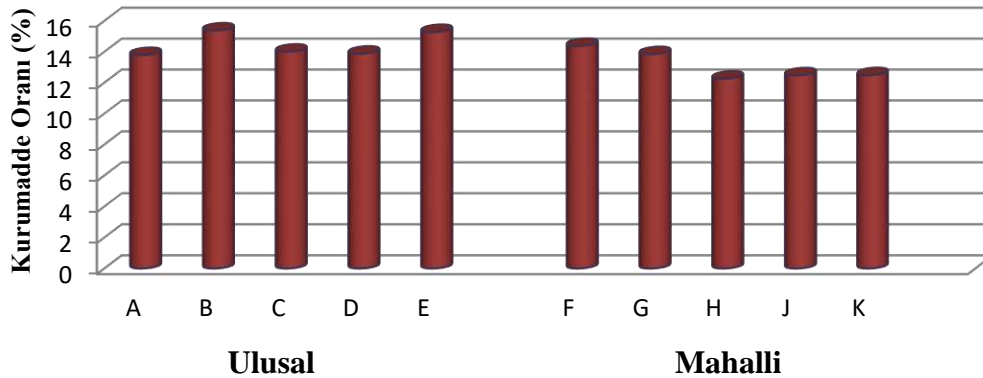


Şekil 7. Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerindeki pH değerlerinin değişimi

Yoğurt örneklerinin örneklerinin kuru madde miktarı %12,25 ile %15,37 arasında değişkenlik göstermiştir. Varyans analiz sonucunda örnekler arasındaki farklılık önemli ($p<0,01$) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda en düşük kuru madde (%) değerine sahip olan yoğurt örneğinin H örneği olduğu, B ve E örneğinin diğerlerinden önemli düzeyde ($p<0,01$) yüksek kuru madde (%) değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Ulusal düzeyde yoğurt üretimi yapan firmaların süttozu ve peyniraltı suyu tozu gibi katkı maddelerini kullanmaları veya filtrasyonla sütün kuru maddesini arttırmaları söz konusudur Bundan dolayı da kuru maddelerinin yüksek olduğu düşünülmektedir. T test sonucunda ise ulusal düzeyde üretim

yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin mahalli düzeyde üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha yüksek düzeyde kuru madde içerdiği saptanmıştır. Elde edilen değerler Öz (1990) tarafından elde edilen değerlerden düşük, Dayısoylu vd (1998) tarafından elde edilen değerlerden yüksektir. Biberoglu ve Ceylan (2013) ve Demirkaya ve Ceylan (2013) tarafından elde edilen değerler bu araştırma bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli olarak üretilen yoğurt örneklerindeki % kurumadde değerlerinin değişimi Şekil 8’de görülmektedir.



Şekil 8. Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerindeki % kurumadde değişimi

Yoğurt örneklerinin % yağ oranı %1,53 ile %3,63 arasında değişkenlik göstermiştir. Varyans Analiz sonucunda örnekler arasındaki farklılık önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

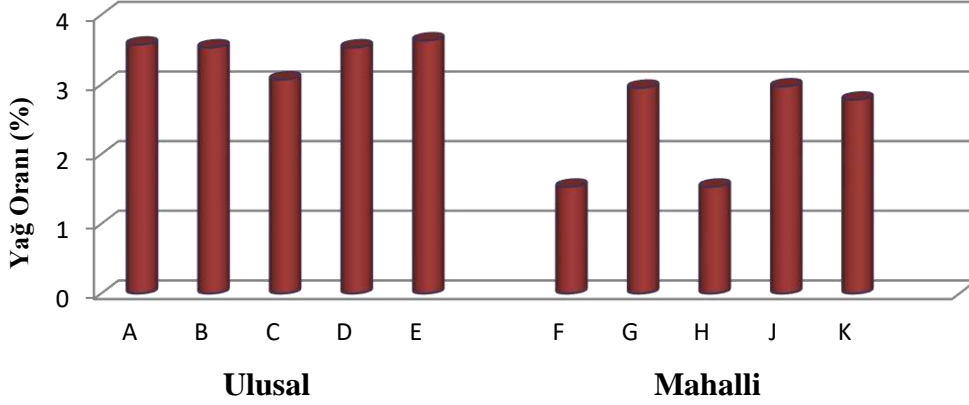
Duncan çoklu karşılaştırma sonucunda en düşük yağ oranına sahip olan yoğurt örneğinin F ve H örneklerinin olduğu, A, B, D, e-ISSN: 2148-2683

ve E örneklerinin ise diğerlerinden önemli düzeyde ($p<0,01$) yüksek yağ oranına sahip olduğu tespit edilmiştir. Türk Gıda Kodeksi (TGK) Fermente Süt Ürünleri Tebliği’nde en az %3,8 yağ içeren yoğurtlar tam yağlı, yağ içeriği en az %1,5 en fazla %2,00 olan yoğurtlar yarım yağlı ve en fazla %0,5 yağ içerenler yoğurtlar ise yağsız olarak sınıflandırılmıştır. Elde edilen

sonuçlara göre en yüksek yağ oranları ulusal düzeyde üretim yapan yoğurtlarda olmasına rağmen hiçbir firmanın yoğurt yağ oranları tam yağlı yoğurt sınıfına girmemekle beraber, aldığımız bütün yoğurt örnekleri yarım yağlı yoğurt sınıfına girmektedir. T test sonucunda ise ulusal düzeyde üretim yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin mahalli düzeyde üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha yüksek düzeyde yağ içerdiği saptanmıştır. Mahalli düzeyde üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinin daha düşük oranda yağ içermesinin sebebi, yoğurda işlenecek süte kontrollü bir standardizasyonun uygulanmaması olabilir. Elde ettiğimiz değer aralıkları Atasoy vd (2003) ve Çetin vd (2015) tarafından elde edilen değerler ile benzerlik gösterirken,

Öz (1990), Dayısoylu vd (1998), Biberoglu ve Ceylan (2013) ve Karahan (2016) tarafından elde edilen değerlerden düşük bulunmuştur. Bakırcı vd (2015) tarafından elde edilen değerler Ulusal düzeyde üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinin yağ oranından düşük iken mahalli düzeyde yoğurt üretimi yapan firmaların yoğurt örnekleri ile paralellik göstermektedir.

Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli olarak üretilen yoğurt örneklerindeki yağ oranı değerlerinin değişimi Şekil 9' da görülmektedir.

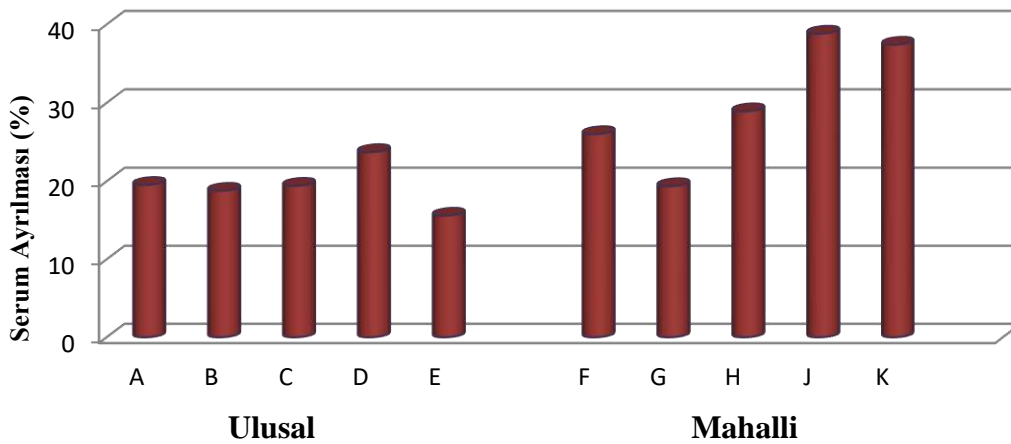


Şekil 9. Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerindeki yağ oranı değerlerinin değişimi

Yoğurt örneklerinin serum ayrılması oranı %15,58 ile %38,81 arasında değişkenlik göstermiştir. Varyans analiz sonucunda örnekler arasındaki farklılık önemli ($p < 0,01$) bulunmuştur. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda en düşük % serum ayrılması oranı sahip olan yoğurt örneğinin E örneğinin olduğu, J ve K örneklerinin ise diğerlerinden önemli düzeyde ($p < 0,01$) yüksek serum ayrılmasına sahip olduğu tespit edilmiştir T test sonucunda ise ulusal düzeyde üretim yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin mahalli düzeyde üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha düşük değerlerde serum ayrılması oranına sahip olduğu saptanmıştır. Bu durum ulusal düzeyde yoğurt üretimi yapan firmaların yoğurtlarında görülen %

kurumda oranlarının yüksek olması ile açıklanabilir. Elde edilen sonuçlar Demirkaya ve Ceylan (2013) tarafından elde edilen sonuçların değer aralıkları ile benzerlik göstermiştir. % serum ayrılması değerleri Bakırcı vd (2015) tarafından elde edilen serum ayrılması değeri mahalli düzeyde yoğurt üretimi yapan firmaların yoğurt örnekleri ile benzerlik gösterirken ulusal düzeyde üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha yüksek çıkmıştır.

Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli olarak üretilen yoğurt örneklerindeki serum ayrılması (%) değerlerinin değişimi Şekil 10' da görülmektedir.



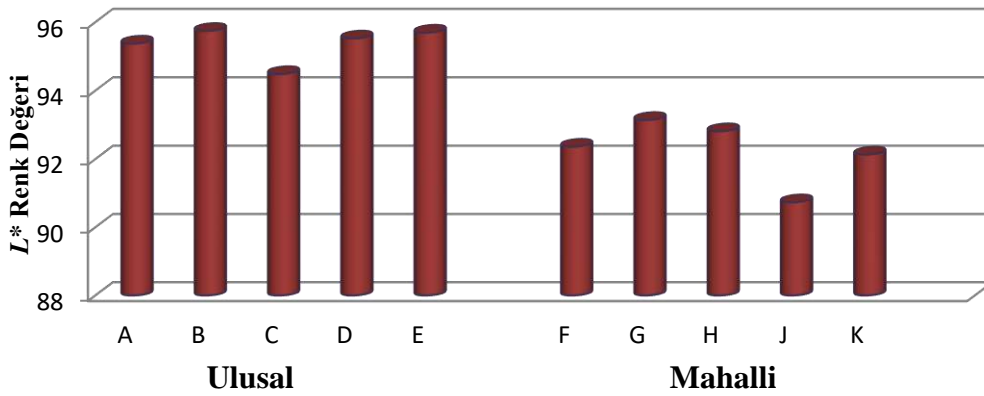
Şekil 10. Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerindeki serum ayrılması (%) değerlerinin değişimi

L^* , 0-100 arasında değerler alıp aydınlık ve karanlığın ölçülmesi için kullanılır. Değerlerde ki 0 siyaha, 100 ise beyaza karşılık gelmektedir. Bu yüzden L^* renk değerinin yüksek olması o yoğurdun daha beyaz renkli olması anlamına gelmektedir.

Yoğurt örneklerinin L^* renk değerlerinin 90,73 ile 95,74, arasında değişkenlik göstermiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda en düşük L^* değerinin J örneğinde belirlendiği, B, D, A ve E örneklerinde L^* değerlerinin ise diğerlerinden önemli düzeyde ($p<0,01$) yüksek olduğu tespit edilmiştir. T test sonucunda ulusal düzeyde üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinin mahalli düzeyde üretim yapan yoğurt örneklerinden daha yüksek L^* renk değerine sahip olduğu saptanmıştır. Ulusal düzeyde üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinin önemli düzeyde ($p<0,01$) daha beyaz renkte olduğu sonucuna varılmıştır.

Bu durum ulusal düzeyde üretim yapan firmaların yoğurt üretim aşamasında gerçekleştirdiği homojenizasyon etkinliğinin yüksek olması ile açıklanabilir çünkü homojenizasyon işleminin yapılması ile yağ globüllerinin boyutu küçülerek sayıları artacağından globüllerin güneş ışığını yansıtma kapasiteleri de artacaktır ve böylelikle yoğurt daha beyaz görünecektir (Tamime ve Robinson 1999). Tarakçı ve Demirkol (2016) tarafından sade yoğurtta yapılan renk analizinde L^* renk değerini $91,81\pm 0,662$ bulmuşlardır. Yoğurt örneklerinden elde ettiğimiz sonuç Tarakçı ve Demirkol (2016) tarafından elde edilen sonuçlardan genellikle daha yüksek bulunmuştur.

Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli üretilen yoğurt örneklerindeki L^* değerlerinin değişimi sırasıyla Şekil 11'de görülmektedir.



Şekil 11. Ulusal düzeyde ve Erzurum çevresinde mahalli düzeyde üretilen yoğurt örneklerindeki L^* renk değerlerinin değişimi

Yoğurt örneklerinin viskozite değerleri 20 rpm kayma hızında 1522,43 cP ile 4180 cP arasında değişkenlik göstermiştir. Varyans analiz sonucunda viskozite değerleri arasındaki farklılık önemli ($p<0,01$) bulunmuştur.

Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda en düşük viskozite değerine sahip olan yoğurt örneklerinin J ve K olduğu görülmüştür. A, D ve E yoğurt örneklerinin ise diğerlerinden önemli düzeyde ($p<0,01$) yüksek viskozite değerine sahip olduğu tespit edilmiştir. Yapmış olduğumuz bu çalışma da ulusal düzeyde üretim yapan yoğurt firmalarının kurumadde miktarı (%) ve viskozite değerleri mahalli düzeyde yoğurt üretimi yapan firmaların yoğurt örneklerinden yüksek, serum ayrılması değeri ise düşüktür. Elde edilen sonuçlar Bakırcı vd (2015) tarafından elde edilen sonuçlardan daha düşük bulunmuştur. T test sonucunda ise ulusal düzeyde üretim yapan firmaların ürettiği yoğurt örneklerinin mahalli üretim yapan firmaların yoğurt örneklerinden daha yüksek viskozite değerine sahip olduğu saptanmıştır.

4. Sonuç

Erzurum'da satışa sunulan ulusal düzeyde yoğurt üretimi yapan 5 firmanın örnekleri ile Erzurum'da üretilen mahalli düzeyde yoğurt üretimi yapan 5 firmanın örneklerinden; 3 tekerrür olacak şekilde farklı zamanlarda alınarak mikrobiyolojik, fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Analiz

sonuçlarının değerlendirilmesinde Türk Gıda Kodeksi Fermente Süt Ürünleri Tebliği (Tebliğ No: 2009/25) referans alınarak karşılaştırma yapılmıştır. Bu çalışmada Erzurum'da mahalli olarak yoğurt üretimi yapan firmaların hijyenik şartlara dikkat etmediği ve maya olarak önceki yoğurtları kullandığı tespit edilmiştir. Ayrıca bu çalışma kapsamında tüm firmaların ürettiği yoğurtların kuru madde ve yağ oranlarının Standard değerlerin altında olduğu sonucuna varılmıştır.

Kaynakça

- Anonim 2006. Türk Standartları Enstitüsü, TS 1330, Yoğurt Standartı, Ankara.
- Anonim 2009. Türk Gıda Kodeksi Fermente Sütler Tebliği (Tebliğ No: 2009/25) Resmi gazete sayı: 27143.
- Anonim 2016. Ulusal Süt Konseyi Dünya ve Türkiye Süt İstatistikleri 2017
- Anonim 1999. T.S.1330, Yoğurt Standardı. (Türk Standartları Enstitüsü), Ankara.
- Atasoy, F.A., Türkoğlu, H., Özer, B.H., 2003. Şanlıurfa İlinde Üretilen ve Satışa Sunulan Süt, Yoğurt ve Urfa Peynirlerinin Bazı Mikrobiyolojik Özellikleri. Harran Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi., 7(3-4):77-8
- Bakırcı, İ., Tohma, G.Ş., Yüksel, A.K., 2015. Erzurum Piyasasında Satışa Sunulan Yoğurtların Fiziksel, Kimyasal, Mikrobiyolojik ve Duyusal Özelliklerinin İncelenmesi. Akademik Gıda 13(2) 127-13.
- Bayraktar S.A., 2006. Yoğurtların depolama esnasında

- mikrobiyal ve kimyasal değişimlerinin bilgisayarlı görüntüleme sistemiyle belirlenmesi ve elde edilen verilerin yapay sinir ağlarıyla değerlendirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Isparta.
- Biberöğlü Ö., Ceylan, Z.G., 2013. Geleneksel Olarak Üretilen Yoğurtların Bazı Kimyasal Özellikleri. Atatürk Üniversitesi. Vet. Bil. Derg. 8(1):43-51
- Cruz, A.G., Castro, W.F., Faria, J.A.F. et al. 2012. Glucose oxidase: a potential option to decrease the oxidative stress in stirred probiotic yogurt. LWT-Food Science and Technology, 47, 512–515.
- Çetin, B., Azize, A., Karasu, S., 2015. Kırklareli’nde Üretilen Yoğurt ve Ayrırların Fizikokimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesi. Akademik Gıda 12(2) 57-60
- Dayısoylu, K.S., Bakırcı, İ., Akyüz, N., 1998. Van Piyasasında Üretilen ve Satışa Sunulan Yoğurtların Çeşitli Nitelikleri Üzerinde Bir Araştırma. Gıda Mühendisliği Kongresi ve Sergisi. Gaziantep
- Demirkaya, A.K., Ceylan, Z.G., 2013. Bilecik’te Tüketime Sunulan Yoğurtların Kimyasal ve Mikrobiyolojik Kalitesinin Araştırılması. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi 8(3): 202-209.
- Hannon, J.A., Wilkinson, M.G., Delahunty, C.M., Wallace, J.M., Morrissey, P.A., Beresford, T.P. 2003. "Use of autolytic starter systems to accelerate the ripening of Cheddar cheese", International Dairy Journal, 13, 313-323
- Harrigan, W.F. 1998. Laboratory Methods in Food Microbiology. San Diego: Academic Press
- Karahan, , L.E., 2016. Batman’da Tüketime Sunulan Yoğurtların Bazı Kimyasal ve Tekstürel Özellikleri. Batman Üniversitesi, Yaşam Bilimleri Dergisi; Cilt 6 Sayı 2/2 (2016)
- Konar, A. 1980. İnek, Keçi, Koyun ve Manda Sütlerinin Çeşitli Sıcaklık Derecelerinde ve Değişik Sürelerde İşlenmelerinin Yoğurt Kalitesine Etkileri Üzerinde Araştırmalar. Doğentlik Tezi, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Gıda Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Adana, 165s.
- Kos Kosikowski, F. 1978. Cheese and Fermented Milk Products, F.V. Kosikow And Ass. NewYork, 8-69
- Kurt, A. 1989. Yoğurt’un Tarihçesi ve yeryüzüne yayılışı. İçinde: 3. Milli Süt ve Süt merkezi yayımları: 23-25 Ankara.
- Kurt, A. Çakmakçı, S. Çağlar, A., 2007. Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. No:18, Erzurum, 238s.
- Öz, K. 1990. Konya’da Tüketime Sunulan Yoğurtların Kalitesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Besin Hijyeni ve Teknolojisi Anabilim Dalı, Konya, 29 s.
- Özer, B. 1997. Yoğurt Bilimi ve Teknolojisi. Sidas Medya Ltd. şti. Yayın No 975-9944-5660-0-4 İzmir, 13 s.
- Soukoulis, C. Fisk, I. D. & Bohn, T. 2014. Ice cream as a vehicle for incorporating ealth-promoting ingredients: Conceptualization of quality and storage stability. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 13(4), 627–655.
- Sömer, V.F. 2013. Dayanıklı Yoğurtların Mikrobiyolojik, Fizikokimyasal Özelliklerinin ve Biyojen Amin İçeriklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Burdur.
- Tamime, A.Y. and Robinson, R.K. 1999. Yoghurt Science and Technology. Woodhead Publishing, London, 619 s.
- Tarakçı, Z. And Demirkol, M., 2016. Yoğurdun Fizikokimyasal Özelliklerine Kurutulmuş Goji Berry Meyvesinin (Lycium barbarum) Etkisi. Ordu Üniv. Bil. Tek. Derg., Cilt:6, Sayı:2,136-145.
- Ünsal A. 2007. Silivri’ım kaymak! Türkiye’nin yoğurtları. Yapı Kredi Kültür Sanat Yayıncılık ve Ticaret A.ř, Mas Matbaacılık A.ř. İstanbul.



Histological Image Segmentation with Fuzzy Clustering Method

Amani Abraheem Salim Alshoul¹, Fatma Kandemirli², Javad Rahebi^{3*}

¹ Department of Biomedical Engineering, Kastamonu University, Kastamonu, Turkey, albragate83@yahoo.com

² Department of Biomedical Engineering, Kastamonu University, Kastamonu, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6097-2184), fkandemirli@yahoo.com

^{3*} Department of Software Engineering, Istanbul Ayyansaray University, Istanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9875-4860), cevatrahebi@ayvansaray.edu.tr

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.836329)

ATIF/REFERENCE: Alshoul, A. A. S., Kandemirli, F. & Rahebi, J. (2021). Histological Image Segmentation with Fuzzy Clustering Method. *European Journal of Science and Technology*, (22), 393-399.

Abstract

In this study, a method for nuclei image segmentation in histopathological images is proposed. This method is based on a fuzzy clustering method, which is pre-trained on an supplementary domain with very large labeled images, and coupled with an additional network composed of fully connected layers. In this study, Fuzzy Clustering Mean (FCM) was used for clustering and segmentation and the effective ways for breast cancer nuclei detection were obtained. Wherefore, fuzzy clustering means have been used to detect the centers of breast cancer nuclei, then the extracted centers were compared with the ground truth samples. It is worth mentioning, that this work passes through many experimental stages, of detection and segmentation by applying a combination of more than one effective method.

Keywords: Image segmentation, Fuzzy clustering mean, Nuclei image.

Bulanık Kümeleme Yöntemi ile Histolojik Görüntü Segmentasyonu

Öz

Bu çalışmada, histopatolojik görüntülerde çekirdek meme kanseri tespiti ve segmentasyonu için bir yaklaşım önerilmektedir. Bu yaklaşım, çok büyük etiketli görüntülere sahip bir yardımcı alan üzerinde önceden eğitilmiş ve tamamen bağlı katmanlardan oluşan ek bir ağ ile birleştirilen bulanık bir kümeleme yöntemine dayanmaktadır. Bu çalışmada, Fuzzy Clustering Mean (FCM) kümeleme ve segmentasyon için kullanılmış ve meme kanseri çekirdek tespiti için etkili yollar elde edilmiştir. Bu nedenle, göğüs kanseri çekirdeklerinin merkezlerini tespit etmek için bulanık bir kümeleme ortalaması kullanılmış, daha sonra çıkarılan merkezler kesin gerçek örnekleriyle karşılaştırılmıştır. Bu çalışmanın, birden fazla etkili yöntemin bir kombinasyonunu uygulayarak birçok deneysel, algılama ve bölümlenme aşamasından geçtiğini belirtmekte fayda var.

Anahtar Kelimeler: Görüntü bölümlenme, Bulanık kümeleme ortalaması, Çekirdek görüntüsü.

* cevatrahebi@ayvansaray.edu.tr

1. Introduction

Histopathology is the botanical or medical discipline intended to make a diagnosis by microscopic study of tissues (living or dead). It is still the most widely The word histopathology comes from the Greek histos (tissues) and pathos (suffering). It refers to the observation on a microscopic scale of living or dead tissue to identify the mechanisms, traces, or histological indices of manifestations of diseases (viral or not). In clinical medicine, histopathology refers more particularly to the examination of biopsies or surgical samples. The tools used in pathology are routinely for clinical diagnosis of cancer and other diseases [1][2][3].

2. Material and Method

2.1. Fuzzy Clustering Mean

After the introduction of fuzzy logic by Zadeh in 1965 a solution for this problem emerged, characterizing the similarity of each element to each of the groups. This is achieved by representing the similarity between an element and a group by a function, called a membership function, which takes values between zero and one. Values close to one indicate greater similarity, while values close to zero indicate less similarity. Therefore, the problem of fuzzy clustering boils down to finding such an optimal characterization [4][5].

Fuzzy clustering algorithms have been widely applied in different areas such as image processing, engineering systems, parameter estimation, among others.

2.1.1. Fuzzy partition

A fuzzy partition is a partition that characterizes the participation of each sample in all groups using membership functions that take values between zero and one. Also, they satisfy that for each sample the sum of their participation in each group is one. In this way, it is possible to translate the fuzzy clustering problem into finding an optimal fuzzy partition. Below is a more formal definition of this concept [6][7].

Let

$$M_{fc} = \{U \in \mathfrak{R}^{c \times n} | U = [u_{ij}]; u_{ij} \in [0,1] \forall i, j; \sum_{i=1}^c u_{ij} = 1 \forall j; \sum_{j=1}^n u_{ij} > 0 \forall i\}$$

be a subset of a Euclidean space of dimension s and c a positive integer greater than one. A fuzzy partition of X into c groups is a tuple of c membership functions $\mu = (\mu_1, \dots, \mu_c)$ that fulfill that:

$$0 \leq \mu_i(x) \leq 1, \forall i = 1, \dots, c \tag{1}$$

$$0 < \sum_{j=1}^n \mu_i(x_j) < 1, \forall i \tag{2}$$

$$\sum_{i=1}^c \mu_i(x_j) = 1, \forall j \tag{3}$$

Fuzzy partitions are represented as a matrix associating each row to one of the c groups and each column to one of the elements of X , in such a way that the value in row i and column j indicates the membership of element j to the group i . More formally, the set of fuzzy partitions can be defined as:

$$M_{fc} = \{U \in \mathfrak{R}^{c \times n} | U = [u_{ij}]; u_{ij} \in [0,1] \forall i, j; \sum_{i=1}^c u_{ij} = 1 \forall j; \sum_{j=1}^n u_{ij} > 0 \forall i\} \tag{4}$$

2.2. Fuzzy c -Means algorithms

The procedure, in a general sense, consists of iteratively minimizing this function until an optimal fuzzy portion is obtained [8].

Various grouping criteria for optimum fuzzy partition for X are proposed, but the most popular so far is associated with the least square error function:

$$J_m(U, v) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m d_{ik}^2 \tag{5}$$

The value d_{ik}^2 indicates the square distance between the elements of X and the centers of the groups and can be calculated using the following formula:

$$d_{ik}^2 = \|x_k - v_i\|_A^2 = (x_k - v_i)^T A (x_k - v_i) \tag{6}$$

where:

$X = (x_1, x_2, \dots, x_n) \subset \mathfrak{R}^s$ is the data,

$v_i = (v_{i1}, v_{i2}, \dots, v_{ic})$ is the center vector of group i ,

$\|A\|$ is the norm induced by A

A is a positive definite matrix of weights of dimensions $(n \times n)$.

In particular, if A is the identity matrix, d_{ik}^2 is the square of the Euclidean distance.

The weight associated with each square distance, $(u_{ik})^m$, is the m -th power of the degree of belonging of the k -th data to group i . When $m \rightarrow 1$ the optimal partition is getting closer to an exclusive partition, whereas when $m \rightarrow \infty$ the optimal partition approximates the matrix with all its values equal to $(1 / c)$. The values of m that are normally used are values in the interval $[1,30]$. Each selection of a particular value of m marks a specific Fuzzy c -Means algorithm.

With this in mind, the general procedure of the Fuzzy c -Means algorithms can be formalized in the following steps:

Set c, m, A and $\|k\|_A$. Choose an initial matrix $U^{(0)} \in M_{fc}$.

Calculate the centers of the groups with the formula

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^{m x_k}}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m}; 1 \leq i \leq c \quad (7)$$

Update the fuzzy partition matrix $U = [u_{ik}]$ with

$$u_{ik} = \left(\sum_{j=1}^c \left(\frac{d_{ijk}}{d_{jk}} \right)^{\frac{2}{m-1}} \right)^{-1}; 1 \leq k \leq n; 1 \leq i \leq c \quad (8)$$

If the stop criterion was met, terminate. If not, return to step 2.

Some of the stop criteria most used are:

- A maximum number of iterations
- That the variation in matrix U is very small:

$$\|U^{k+1} - U^k\| < \epsilon.$$

2.3. Possibilistic c -Means algorithms

The Possibilistic c -Means algorithms appear intending to solve the bad behavior of the Fuzzy c -Means algorithms when used in data sets with a lot of noise. 3 These algorithms are characterized by interpreting u_{ij} values as degrees of compatibility with the groups, rather than as probabilities of membership. To do this, the restriction of fuzzy partitions is relaxed, which forces the sum of the degrees of membership of an element to all groups to be one, requiring only that at least one of the degrees of membership be positive.

Therefore the constraints on the fuzzy partition definition could be rewritten as:

$$0 \leq \mu_i(x) \leq 1, \forall i = 1, \dots, c \quad (9)$$

$$0 < \sum_{j=1}^n \mu_i(x_j) < 1, \forall i \quad (10)$$

$$\max_j \mu_i(x_j) = 1, \forall j \quad (11)$$

One of the objectives most commonly used functions in these algorithms is as follows:

$$J_m(U, v, \eta) = \sum_{k=1}^n \sum_{i=1}^c (u_{ik})^m d_{ik}^2 + \sum_{i=1}^c \eta_i \sum_{k=1}^n (1 - u_{ik})^m \quad (12)$$

This is the same objective function of the Fuzzy c -Means algorithms with an added term that prevents the partition obtained from being the trivial solution where all membership values are equal to zero. Vector $\eta = (\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_c)$ is a vector of positive values, where its values η_i denote the distance from the center of group i to which the degree of membership of an element is 0.5. These values determine the size and shape of their corresponding group and usually calculated using the following formula:

$$\eta_i = K \frac{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m d_{ij}^2}{\sum_{j=1}^n u_{ij}^m} \quad (13)$$

where K is normally one.

The general procedure for these algorithms is:

Set c, m, A and $\|k\| A$. Choose an initial matrix $U^{(0)} \in M_{fc}$. Estimate the values of η .

Calculate the centers of the groups with the formula

$$v_i = \frac{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^{m x_k}}{\sum_{k=1}^n (u_{ik})^m}; 1 \leq i \leq c \quad (14)$$

Update the fuzzy partition matrix $U = [u_{ik}]$ with

$$u_{ik} = \left(1 + \left(\frac{d_{ik}^2}{\eta_i} \right)^{\frac{1}{m-1}} \right)^{-1}; 1 \leq k \leq n; 1 \leq i \leq c \quad (15)$$

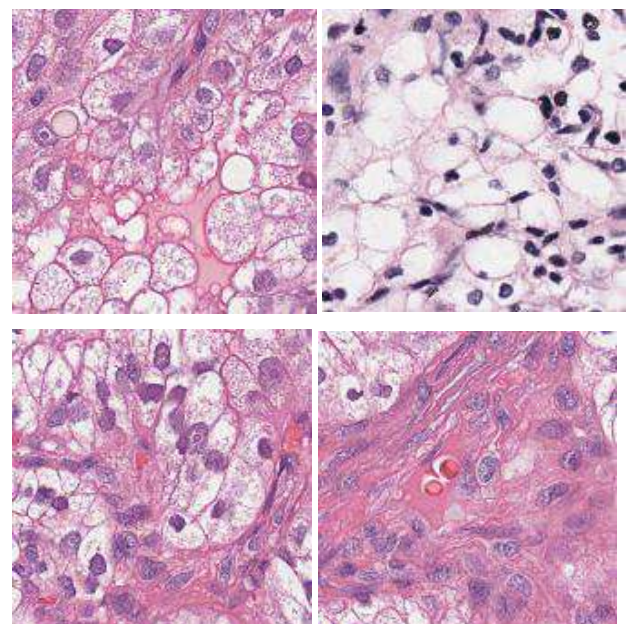
If the stop criterion was met, terminate. If not, return to step 2.

The stop criteria used by these algorithms are similar to those used by the Fuzzy c-Means algorithms.

3. Experimental Result

3.1. Database

In this study, we use the 810 microscopic slides of hematoxylin and eosin-stained samples of breast biopsy from PSB 2015 crowdsourced nuclei dataset. Breast tissue samples stained with hematoxylin and eosin hematoxylin and eosin. Each tile comes from a different patient. Some samples of these datasets are shown in Figure 1. The data set contains nuclei detection, nuclei segmentation, and original images. This data set contains 811 images from 811 peoples. Samples of this dataset images are shown in figure 1.



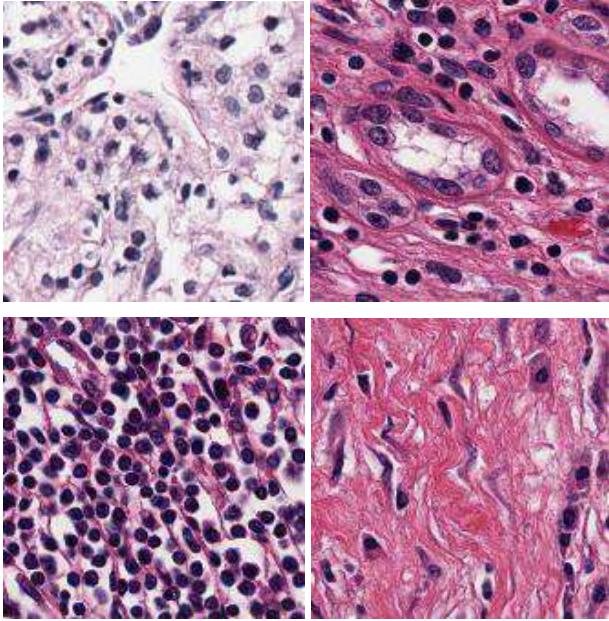


Figure 1. Sample of the dataset [9]

A colored image was not used in this study and the gray level image was used. Because color increases the complexity of the model and the processing of color images requires a long time. Color images usually have three channels. We have used grayscale images that have one channel.

3.2. Summary of proposed work

The flowchart in Figure 2 shows the steps of applying FCM.

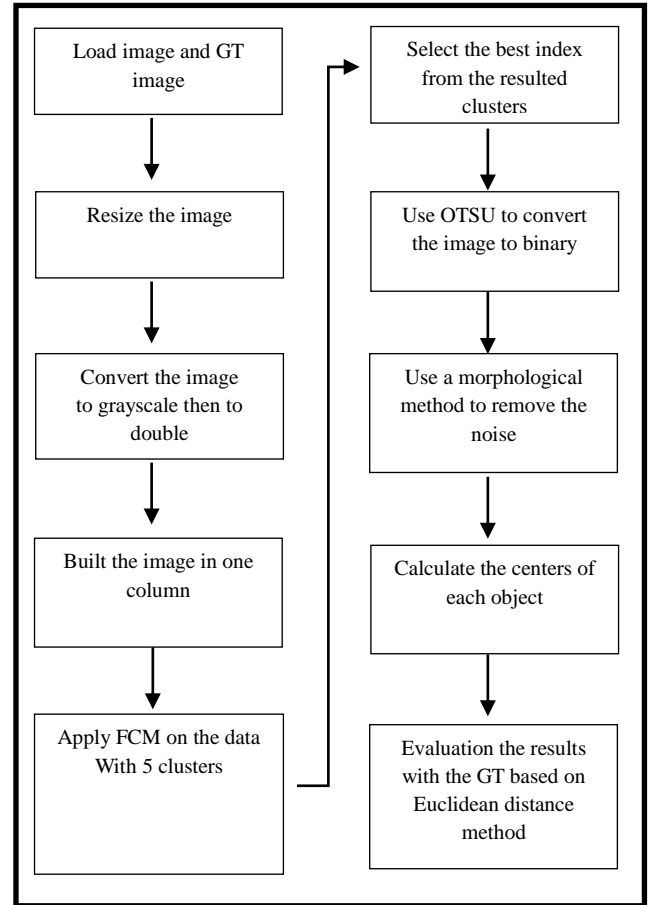


Figure 2. Flowchart of applying FCM

3.3. Binarization in the Proposed Method

The segmentation output of the proposed method is a grayscale image with 256 light intensities and needs to be binarized. For binarization, a light intensity threshold between 0 and 255 can be selected to binarize the segmentation image like Equation (16):

$$img = \begin{cases} 1 & \text{if } img(i,j) \geq \text{Threshold} \\ 0 & \text{if } img(i,j) < \text{Threshold} \end{cases} \quad (16)$$

Where MRI is a segmented image and the output of the HHO segmentation and FCM algorithms, while B is a binary image with only two light intensities. In the proposed method, the serious challenge is to find the appropriate threshold, which can be calculated through the Otsu algorithm. The light intensity histogram of image segmentation can be used for finding the Otsu threshold. In MATLAB, there is a command (multithresh) for this purpose. The tumor area can be extracted through image binarization. Then it can be compared with the real area.

3.4. Implementation and Analysis

The proposed method evaluated on data set explained in [10], which consists of T1 weighted, T2 weighted, proton

density (PD) MRI image. This dataset contains 10 cases and the proposed method tested for each case separately. For implementing of proposed method MATLAB R2019a version was used with Intel core i7 6 GHz processor and 4 GB RAM with Windows 10 operating system.

Several grayscale MRIs of the brain and nuclei were used to evaluate the proposed algorithm. These images included the areas of the brain affected by nuclei. The proposed method was employed to detect and extract the edges of these areas and compared them with manual areas, showing the areas with damaged brain tissues that were extracted by a physician or researchers from brain MRIs. First, the implementation and simulation parameters were adjusted in MATLAB. Then the input images were preprocessed and their noise was reduced through a filter such as the median. Then the proposed segmentation method was applied to them to calculate the average values of indicators such as accuracy and similarity for all images. After that, the outputs were determined and compared with other methods. Figure 3 shows three output samples of the proposed method for the diagnosis of nuclei on brain MRIs. In this test, it was decided to use three clusters like the previous test. The HHO population size and iteration were 10 and 50, respectively. The dimensions of the grayscale images were 512×512 pixels. Other parameters of the HHO algorithm were considered in the same way as the original paper. First, the image was preprocessed to eliminate possible noises. Then the brightness level was improved, and the image was segmented. After binarization of the image, Nuclei lesions appeared as white stains on the binary image.

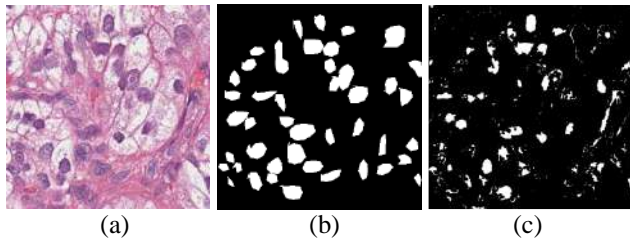


Figure 3. Various examples of segmentation, (a) original nuclei image, (b) Ground truth image, (c) Proposed method.

Different indices can be employed to evaluate the proposed algorithm. The most famous indices include similarity index (SI), accuracy, sensitivity, and specificity, for everyone of which it is necessary to calculate initial indices such as true positive (TP), true negative (TN), false positive (FP), and false negative (FN). Then SI, accuracy, sensitivity, and specificity can be obtained from Equations (23), (24), (25), and (26) [11][12][13][14][15]:

$$SI = \frac{2 \times TP}{2 \times TP + FP + FN} \tag{17}$$

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \tag{18}$$

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \tag{19}$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \tag{20}$$

The proposed indices are of the classification type and range between zero and one. If the value of an index is one, it shows the proper quality of classification. If it is expressed by percentage, proximity to 100% shows the accuracy of the proposed method in the segmentation and extraction of Nuclei areas. TP, TN, FP, and FN have different meanings and count the true or false pixels about Nuclei tissues or healthy tissues. Table 1 shows the meanings of these indices:

Table 1. Meanings of TP, TN, FP, and FN in evaluating the proposed method

Criterion	Definition
TP	Nuclei pixels that are correctly detected.
TN	Healthy pixels are correctly detected as healthy tissues.
FP	Pixels incorrectly detected as Nuclei pixels.
FN	Nuclei pixels incorrectly detected as healthy pixels.

To evaluate the proposed method, it can be analyzed based on similarity, accuracy, sensitivity, and specificity . For this purpose, 35 images were used. Figure 4 shows the average values of these indicators.

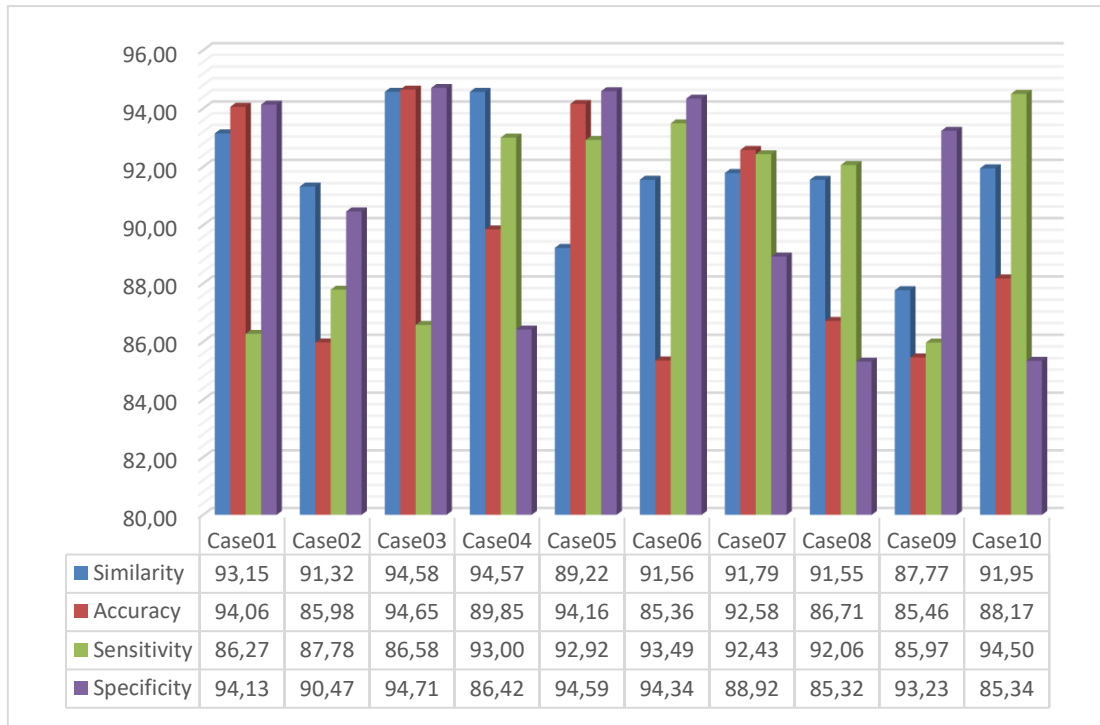


Figure 4. The average values for similarity, accuracy, sensitivity, and specificity in the proposed method for nuclei segmentation

According to the test results, it is fair to state that the similarity, accuracy, sensitivity, and specificity indicators of the proposed method were 94.28 %, 94.23 %, 89.56 %, and 93.34 %, respectively. Therefore, the extracted area resembled the manually detected area. Sensitivity shows what percentage of nuclei pixels were detected correctly, and specificity indicates what percentage of healthy pixels were detected correctly in nuclei. The test results were analyzed in MATLAB for the detection of nuclei lesions with the following findings:

- The proposed method properly detected the nuclei area and distinguished it from brain tissues.
- The proposed method properly analyzed the damaged areas of the brain using three clusters.

In this study, we studied nuclei center detection and classification methods in histopathological images. Nuclei center detection and nuclei classification system is designed for solving cluttering problem in pathological images diagnosis.

The fuzzy clustering method is frequently used in pattern recognition. It is based on minimization of the objective function:

$$J_{fcm} = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^C u_{ij}^m \|x_i - c_j\|^2, 1 \leq m \leq \infty \quad (21)$$

The algorithm is composed of the following steps:

1. Initialize $U=[u_{ij}]$ matrix, $U^{(0)}$
2. At k-step: calculate the centers vectors $C^{(k)}=[c_j]$ with $U^{(k)}$

$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m x_i}{\sum_{i=1}^N u_{ij}^m} \quad (22)$$

3. Update $U^{(k)}, U^{(k+1)}$

$$u_{ij} = \frac{1}{\sum_{k=1}^C \left(\frac{\|x_i - c_j\|}{\|x_i - c_k\|} \right)^{\frac{2}{m-1}}} \quad (23)$$

4. If $\|U^{(k+1)} - U^{(k)}\| < \mathcal{E}$ then STOP; otherwise return to step 2 where \mathcal{E} is a termination criterion between 0 and 1.

4. Conclusion

In this paper we applied the fuzzy clustering method to PH2 dataset containing hundreds of samples that provided the hospital dataset. For nuclei classification in histopathological images, in this work, we tested the performance of FCM to classify nuclei or non-nuclei in histopathological data set. Our proposed method observed that the match class works better in case of using FCM, where the highest class matches classification performance in this paper is reached to 95.3 %s and 96%. The future work can consider combining convolutional neural network with k-NN method and get the performance of classification between Euclidian distance method and another one established in machine learning algorithms.

References

- [1] M. Ilse, J. M. Tomczak, and M. Welling, “Deep multiple instance learning for digital histopathology,” in *Handbook of Medical Image Computing and Computer Assisted Intervention*, Elsevier, 2020, pp. 521–546.
- [2] A. ter Telgte *et al.*, “Histopathology of diffusion-weighted imaging-positive lesions in cerebral amyloid angiopathy,” *Acta Neuropathol.*, pp. 1–14, 2020.

- [3] R. B. Dettmeyer, *Forensic histopathology: fundamentals and perspectives*. Springer, 2018.
- [4] J. C. Bezdek, R. Ehrlich, and W. Full, "FCM: The Fuzzy c-Means Clustering Algorithm Computer & Geosciences," *Volume*, vol. 10, pp. 2–3, 1984.
- [5] E. H. Ruspini, J. C. Bezdek, and J. M. Keller, "Fuzzy clustering: A historical perspective," *IEEE Comput. Intell. Mag.*, vol. 14, no. 1, pp. 45–55, 2019.
- [6] M.-S. Yang, "A survey of fuzzy clustering," *Math. Comput. Model.*, vol. 18, no. 11, pp. 1–16, 1993.
- [7] R. Bhukya and J. Gyani, "Survey on Fuzzy Associative Classifications Techniques and Their Performance Evaluation with Different Fuzzy Clustering Techniques Over Big Data," in *ICDSMLA 2019*, Springer, 2020, pp. 420–431.
- [8] X. Zhu, S. Zhang, Y. Zhu, W. Zheng, and Y. Yang, "Self-weighted multi-view fuzzy clustering," *ACM Trans. Knowl. Discov. from data*, vol. 14, no. 4, pp. 1–17, 2020.
- [9] H. Irshad *et al.*, "Crowdsourcing image annotation for nucleus detection and segmentation in computational pathology: evaluating experts, automated methods, and the crowd," in *Pacific symposium on biocomputing Co-chairs*, 2014, pp. 294–305.
- [10] S. Roy, D. Bhattacharyya, S. K. Bandyopadhyay, and T.-H. Kim, "An effective method for computerized prediction and segmentation of multiple sclerosis lesions in brain MRI," *Comput. Methods Programs Biomed.*, vol. 140, pp. 307–320, 2017.
- [11] H. E. Atlason, A. Love, S. Sigurdsson, V. Gudnason, and L. M. Ellingsen, "Unsupervised brain lesion segmentation from MRI using a convolutional autoencoder," in *Medical Imaging 2019: Image Processing*, 2019, vol. 10949, p. 109491H.
- [12] M. Sahnoun, F. Kallel, M. Dammak, C. Mhiri, K. Ben Mahfoudh, and A. Ben Hamida, "A comparative study of MRI contrast enhancement techniques based on Traditional Gamma Correction and Adaptive Gamma Correction: Case of multiple sclerosis pathology," in *2018 4th International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing (ATSIP)*, 2018, pp. 1–7.
- [13] A. S. Abdullah, Y. E. Özok, and J. Rahebi, "A novel method for retinal optic disc detection using bat meta-heuristic algorithm," *Med. Biol. Eng. Comput.*, vol. 56, no. 11, pp. 2015–2024, 2018.
- [14] A. A. I. Mohamed, M. M. Ali, K. Nusrat, J. Rahebi, A. Sayiner, and F. Kandemirli, "Melanoma skin cancer segmentation with image region growing based on fuzzy clustering mean," *Int. J. Eng. Innov. Res.*, vol. 6, no. 2, p. 91C95, 2017.
- [15] I. A. Masoud Abdulhamid, A. Sahiner, and J. Rahebi, "New Auxiliary Function with Properties in Nonsmooth Global Optimization for Melanoma Skin Cancer Segmentation," *Biomed Res. Int.*, vol. 2020, 2020.



Selection of Humanitarian Supply Chain Warehouse Location: A Case Study Based on the MCDM Methodology

Muhammet Fatih Ak^{1*}, Derya Acar²

¹ Antalya Bilim Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4342-296X), fatih.ak@antalya.edu.tr

² Antalya Bilim Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Antalya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1609 7690), derya.acar@std.antalya.edu.tr

(First received Decembr 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.849896)

ATIF/REFERENCE: Ak, M. F. & Acar, D. (2021). Selection of Humanitarian Supply Chain Warehouse Location: A Case Study Based on the MCDM Methodology. *European Journal of Science and Technology*, (22), 400-409.

Abstract

"Disaster" is a general name given to events that cause physical, economic, and social losses for people that will disrupt the functioning of a community or society. Disasters that occur largely or completely beyond the control of people cause a mass loss of life and property. Turkey is in one of the most effective earthquake zones which is the Mediterranean-Alpine-Himalayan belt. Almost, every 5 years, one big earthquake is happened and causes loss of life and property. Disaster management requires complex logistic activities and it is an unpredictable marketplace, they must be managed appropriately to achieve faster and more efficient results. In this study, evaluation of the factors which is affecting the location selection of the humanitarian supply chain warehouses (HSCW) at the local and regional levels is done with multi-criteria decision making (MCDM) based methods. Main and subcriteria weights are Main criteria and subcriteria were calculated with AHP. The ranking of criteria and alternatives was carried out with the TOPSIS method. In this study, AHP-TOPSIS integrated criteria assessment is conducted for the HSCW selection problem. This study intends to explore the humanitarian supply chain warehouse selection problem and evaluate criteria to improve humanitarian supply chain management and location selection implementation.

Keywords: Humanitarian Logistics, Multi-criteria decision making, AHP, TOPSIS.

İnsani Yardım Tedarik Zinciri Depo Yer Seçimi: ÇKKV Metodolojisi Temelli Bir Örnek Olay İncelemesi

Öz

"Afet", bir topluluğun veya toplumun işleyişini bozacak kişiler için fiziksel, ekonomik ve sosyal kayıplara neden olan olaylara verilen genel bir addır. Büyük ölçüde veya tamamen insanların kontrolü dışında meydana gelen afetler, kitlesel can ve mal kaybına neden olur. Türkiye, Akdeniz-Alp-Himalaya kuşağı olan en etkili deprem bölgelerinden biridir. Neredeyse her 5 yılda bir büyük bir deprem meydana gelir ve can ve mal kaybına neden olur. Afet yönetimi, karmaşık lojistik faaliyetler gerektirir ve öngörülemeyen bir pazardır, daha hızlı ve daha verimli sonuçlar elde etmek için uygun şekilde yönetilmeleri gerekir. Bu çalışmada, insani yardım tedarik zinciri depolarının (HSCW) yerel ve bölgesel düzeydeki lokasyon seçimini etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi, çok kriterli karar verme (MCDM) tabanlı yöntemlerle yapılmıştır. Temel ve alt kriter ağırlıkları Ana kriterler olup, alt kriterler AHP ile hesaplanmıştır. Kriter ve alternatiflerin sıralaması TOPSIS yöntemi ile yapıldı.

Anahtar Kelimeler: İnsani Yardım Lojistiği, Çok kriterli karar verme, AHP, TOPSIS.

* Corresponding Author: Antalya Bilim Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-4342-296X, fatih.ak@antalya.edu.tr

1. Introduction

"Disaster" is a general name given to events that cause physical, economic, and social losses for people that will disrupt the functioning of a community or society. Disasters that occur largely or completely beyond the control of people cause a mass loss of life and property [1].

According to a Statista report, 7344 natural disasters have been recorded between 2000 and 2019 in the world [2]. Centre for Research on the Epidemiology of Disasters (EM-DAT) observed that natural disasters kill on average 60.000 people per year. Additionally, the United Nations Development Programme (UNDP) states that 75% of the world's population still lives in disaster-prone areas.

Turkey is in one of the most effective earthquake zones which is the Mediterranean-Alpine-Himalayan belt. Almost, every 5 years, one big earthquake is happened and causes loss of life and property. In Turkey, at least 210 earthquakes happened, 86

thousand 802 people died and 597 thousand 865 housing was heavily damaged between 1900 to 2017 [4].

Depending on the devastation of the natural disaster experienced, the size of aid and rescue resources (relief supplies, money, and manpower) varies. Since disaster management requires complex logistic activities and it is an unpredictable marketplace, they must be managed appropriately to achieve faster and more efficient results. These activities are often called humanitarian supply chain management. The success or failure of an aid operation depends on the humanitarian supply chain management activities carried out. Additionally, making decisions about where to locate the relief organization's warehouses are very important because the operational effectiveness is related to location. For example, in the 2001 Gujarat earthquake, the relief aid was failed because of poor fracture, and in the 2004 Asian Tsunami, the relief effort was failed because of poor logistics [3]. Therefore, to identify factors that can enhance the performance of the humanitarian supply chain planning is needed.

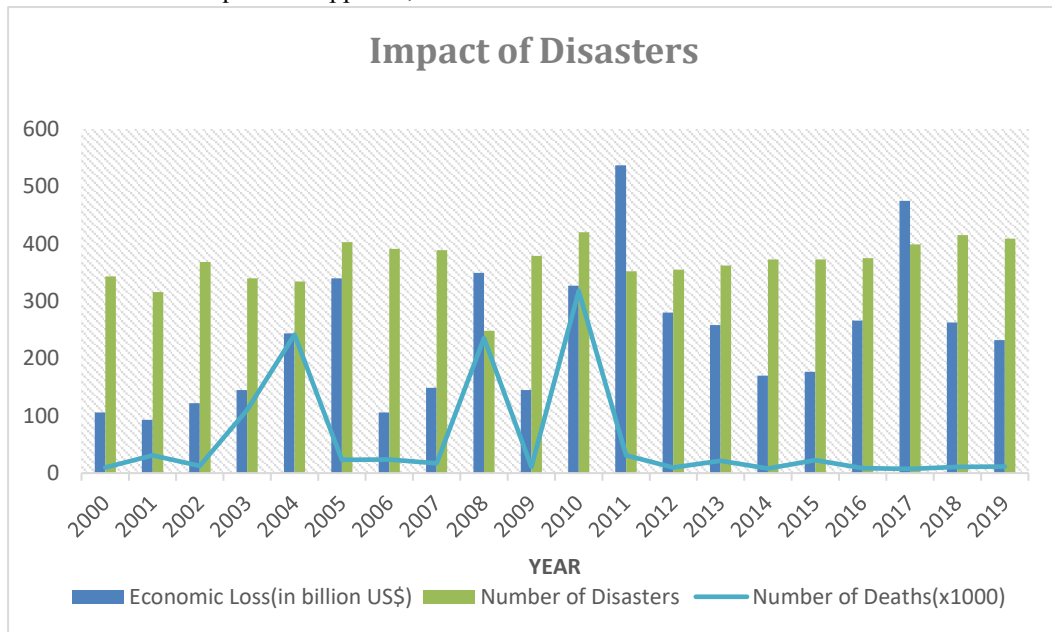


Fig.1 Number of disasters, their economic impact and number of deaths in the world with respect to year period between 2000-2019

As seen in Figure 1, the 7.0 Mw earthquake in Haiti in 2010 was the year in which the most casualties were experienced. According to the United Nations report on the earthquake, it is stated that more than 222 thousand people lost their lives. Also following year, in 2011, the biggest economic loss occurred, due

to the 9.0 Mw earthquake in Japan and the tsunami that followed the earthquake.

Approximately 16,000 people lost their lives in these disasters that swallowed residential units, streets, and train tracks

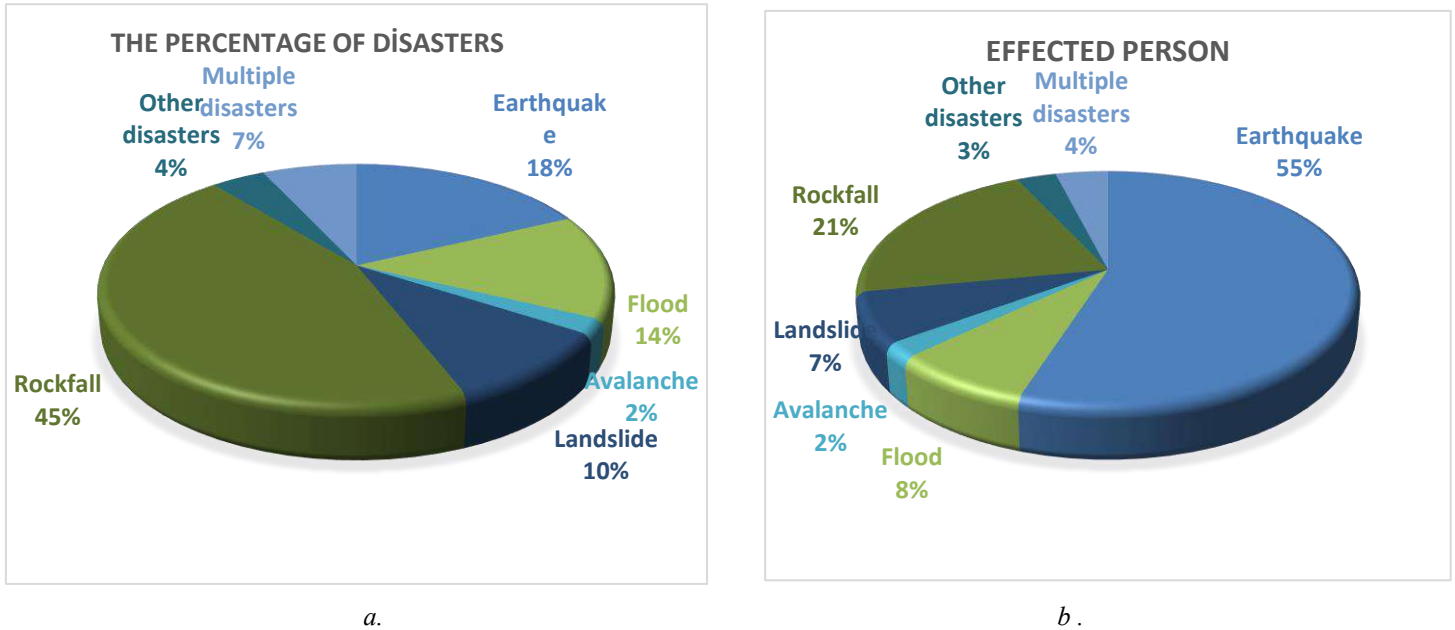


Fig.2.(a)Percentage of disasters that occurred in Turkey ,(b) Disasters in terms of the number of people affected

Rockfall is the most common natural disaster in Turkey with an incidence of 45%. However, when we look at the impact on human life, it is seen that the earthquake is 55% and its negative effect is more than other natural disasters. The largest earthquake that occurred in Turkey, Erzincan earthquake with a magnitude of 7.9 Mw. In the Erzincan Earthquake that took place on December 27 in 1939, approximately 33 thousand people died, 100 thousand people were injured, and around 116 thousand buildings were destroyed. At the same time, the Erzincan earthquake is considered one of the biggest earthquakes in the world.

The purpose of this research is to evaluate the factors affecting the location selection of the humanitarian supply chain warehouses (HSCW) at the local and regional levels. Therefore, in this study, firstly, it is planned to examine the factors affecting the pre- location selection of humanitarian aid warehouses [HAW] in Turkey, for reducing effects of natural disaster on human beings. Then, based on the impact levels of these factors, choosing the most suitable place as a warehouse among the provinces of Istanbul, Izmir, Hatay, Van, and Bursa, which are risky regions in terms of natural disasters. Observations and researches revealed that the pre-positioning of humanitarian aid depots is affected by many factors. In this reason, multi-criteria decision making (MCDM) techniques were used to evaluate all factors.

2. Literature Review

Tuzkaya and Yilmazer[5] presented a methodology to determine the best location for the Emergency Logistics Centers (ELCs) and its application for Turkey. In their study, Decision Making Trial and Evaluation Laboratory (DEMATEL) and Analytic Network Process (ANP) methods are integrated to determine the convenient locations considering the relations between criteria and alternative locations. They determined disaster-prone cities based on the frequency of occurrence of natural disasters such as the intensity of an earthquake, rate of the landslide, based on the data of the Republic of Turkey Prime e-ISSN: 2148-2683

Ministry Disaster & Emergency Management Presidency (AFAD) in Turkey. They ranked the significant criteria for weighting ELC alternatives, based on expert opinions. Then, considering the overall disaster risk values, they selected 10 alternative locations, which included İstanbul, Ankara, İzmir, Bursa respectively. After using MCDM methods, they determined the İstanbul (13.6%) is the most convenient location to locate an ELC, and the second is İzmir (12.5%). Roh, Beresford, Pettit, and Harris[6] developed a system to determine a capacitated location model for International Humanitarian Organisation A(Case Study A) and humanitarian relief organizations in Dubai(Case Study B) for the selection of the warehouse location. The objective of case study A is to determine the regional attributes affecting the warehouse location decision-making process for the International Humanitarian Organisation A. For both studies, they determined criteria according to the literature review and a survey. Yadav, Barve[3] analyzed the critical success factors of the humanitarian supply chain. According to their literature review, they obtained that there are 12 critical success factors. They used Interpretive Structural Modeling (ISM) and MICMAC to evaluate chosen factors. They realized that Government policies and Organizational structure are the most dominating factors. Balcik, Beamon, Krejci, Muramatsu, and Ramirez[7] evaluated practices, challenges, and opportunities in the humanitarian chain. Their primary focus is on sudden natural disasters. Boonmee, Arimura, and Asada[8] focused on the facility location optimization model for emergency humanitarian logistics. This article aims to examine the facility location, distribution center, and medical problems experienced before and after the disaster by organizing a questionnaire. Richardson, Leeuw, and Dullaert [9]examined the factors affecting global inventory pre-positioning in humanitarian aid organizations using the Delphi method. Maharjan and Hanaoka [1] conducted a case study in Nepal to determine a humanitarian distribution location. As a result of the calculations, several alternative solutions have been reached. The decision-maker is given the freedom to choose the one that will meet demands.

Different researches and applications have been made for the selection of humanitarian aid stores. In many studies, AHP, ANP,

TOPSIS, and VIKOR methods, which are among the multi-criteria decision-making techniques, were used separately. In the literature reviews, it was observed that AHP and ANP methods were generally used as a case study for Turkey. In addition, although there are many factors affecting the selection of humanitarian aid warehouses, it has been observed that only the cost factors was considered in previous studies[22-26].

The aim of our study is to make a case study for Turkey, to choose the most appropriate location for HAW by evaluating all the factors. And using the AHP, TOPSIS, and VIKOR for choosing the most suitable place between specified risk provinces (Istanbul, Izmir, Bursa, Van, and Bursa).First, the analytical hierarchy (AHP) method was used to determine the importance weights of the factors affecting the HAW selection. Then, TOPSIS and VIKOR methods were used to rank the alternative cities by using these weights.

The organization of the remaining sections of this study is as follows Part 2 briefly reviews the literature to identify factors influencing the selection (HSCW). In part 3, the AHP, VIKOR, and TOPSIS methods used are presented. Then applied the specified methods to evaluate the main factors and alternatives for the local and regional perspectives. Finally, the result is given in the last section of this article.

3. Material and Method

After determining the evaluation criteria of affecting factors will benefit from multi-criteria decision-making methods to ranking factors and determine the priority of them.

3.1-AHP (Analytical Hierarchy Process) Method

AHP was developed by Thomas L. Saaty in a university in Pansivanya in the early 1970s. AHP is an MCDM technique that enables decision-makers to make an active contribution to the process and to choose among the alternatives in their problems. The ability of AHP is that it allows for binary comparison under a specially designed questionnaire. Determining and arranging subjective or objective criteria according to a hierarchy carries a special value. The hierarchy includes goals, main and subcriteria, and alternatives. Most of the surveys adopted the five-point Likert scale. However, AHP's questionnaire is 1 to 9.

The step-by-step algorithm used in this paper is shown below:

- Step 1. Define the problem and set the goal.
- Step 2. A hierarchical structure is established by determining relative priorities for the main criteria and their subcriteria.
- Step 3. The main and subcriteria and alternatives are subjected to binary comparisons using the scale given in Table

Table 1. AHP Binary Comparison Scale

Intensity of Importance	Definition	Explanation
1	Equal importance	Two activities contribute equally to the objective
3	Moderate importance	Experience and judgement slightly favour one activity over another
5	Essential importance	Experience and judgement strongly favour one activity over another
7	Very strong importance	An activity is favoured very strongly over another; its dominance demonstrated in practice
9	Extreme importance	The evidence favouring one activity over another is of the highest possible order of affirmation
2,4,6,8	Intermediate values	When compromise is needed between two.

To create pairwise comparisons concerning the determined main and subcriteria, the result of the pairwise comparison of the i element to the j element, bringing the aji format in the figure below, and A matrix is formed in turn.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \dots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Step 4. Add the columns of the comparison matrix and divide the terms in the column by the individual column sum to convert the normalized matrix.

Step 5. The relative priorities matrix is obtained by taking the arithmetic mean of the rows of the normalized matrix. The main - subcriteria and alternatives are ranked into importance.

Step 6. The weighted total matrix is created by multiplying the values in the relative priority matrix by all the values in the column of the binary comparison matrix.

Step 7. λmax value is calculated.

Step 8. Consistency Indicator (CI) is calculated.

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \tag{1}$$

Step 9. Consistency Ratio (CR) is calculated using Table 2 and Equation (2) corresponding to n..

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{2}$$

where RI: Random CI and n=size of matrix

Table 2 Values of the Random Index (RI)

n	1	3	5	7	9	11	13	15
Received Value	0	0,58	1,12	1,32	1,45	1,51	1,56	1,59

3.2- TOPSIS (The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)

The weighting of the alternative factors was achieved by the AHP application. First of all, we create a decision matrix and then follow the steps which are given below.

Step 1. Creating the Normalized Decision Matrix (R) calculated using the elements of matrix A and using equation 3. At the end of the normalization process, the R matrix shown in figure 2 is obtained.

$$r_{ij} = \frac{y_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n y_{ij}^2}} \quad (3)$$

$$i = 1,2, \dots, n, j = 1,2, \dots, k$$

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \dots & r_{1k} \\ r_{21} & r_{22} & \dots & r_{2n} \\ \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \dots & r_{nk} \end{bmatrix}$$

Step 2. In this study, the weight values obtained in the AHP method are used in the creation of the decision matrix. Then, these weights are multiplied by the value of the relevant criterion in the standard decision matrix to obtain the weighted standard decision matrix(V).

$$V = \begin{bmatrix} V_{11} & V_{12} & \dots & V_{1k} \\ V_{21} & V_{22} & \dots & V_{2n} \\ \vdots & \dots & \vdots & \vdots \\ V_{n1} & V_{n2} & \dots & V_{nk} \end{bmatrix}$$

Step 3. In the weighted standard decision matrix, the maximum and minimum values are determined.

$$\text{Ideal (A}^*) = \{ \max_i v_{ij} | j \in I, (\min_i v_{ij} | j \in J) \} R^*$$

$$\text{Negative Ideal (A}^-) = \{ \min_i v_{ij} | j \in I, (\max_i v_{ij} | j \in J) \} R^*$$

In both formulas, I denotes the benefit (maximization) and J is the cost (minimization) value.

Step 4. The distances of the criterion values of each decision point in the matrix to the ideal and negative ideal solution are calculated using the equations (4) and (5).

$$S_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2}, \text{ for } i = 1,2, \dots, m \quad (4)$$

$$S_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2}, \text{ for } i = 1,2, \dots, m \quad (5)$$

Step 5. Calculation of Relative Proximity to Ideal Solution (PIS) : Using separation criteria, the relative proximity to the ideal solution is calculated with the help of the equation (6).

$$C_i^* = \frac{S_i^-}{S_i^+ + S_i^-} \quad (6)$$

$$C_i^* \in [0;1] \text{ and } i=1,2, \dots, m.$$

Here, the share of the negative ideal discrimination criterion within the total discrimination criteria is calculated. If C_i^* is close to 1, it indicates that alternative A_i is closer to PIS.

4. Results and Discussion

Determination of alternatives; As stated in the introduction part, an earthquake is a natural disaster that caused the most casualties in Turkey. Therefore, Bursa, Hatay, Istanbul, Izmir, and Van provinces were chosen as alternatives for HSCW because they are the provinces with the highest earthquake risk and the population density. Figure 3 indicates the alternative locations for problem.



Figure 3. Alternative locations for warehouse selection

Determination of criteria; While selecting the factors affecting the selection of the warehouse at local and regional levels, literature reviews were used. As a result, 5 main criteria and 17 subcriteria

that affect the selection of humanitarian supply warehouses were determined.

Table 3 Selected factors for this study

Main Criteria	Subcriteria
C1-Geographical Characteristics	C11-Labor availability
	C12-Disaster free location
	C13-Proximity to disaster prone area
	C14-Closeness to other support services
C2-Transportation Characteristics	C21-Transportation mode opportunities (seaport, airport, road, and railway)
	C22-Route flexibility
	C23-Transport vehicle reachability
C3- Socio-political	C31-Government and Political Stability
	C32-Cultural and Social Stability
C4-Cost	C41-Labor Cost
	C42-Land Cost
	C43-Replenishment Cost
	C44-Storage Cost
	C45-Logistics Cost
	C46-Investment Cost
C5-Cooperation	C51-Cooperation with logistics agents (Local and Int'T NGO's)
	C52-IT/Communication

- C11-Labor availability; Humanitarian warehouses have a complex layout. Qualified workforce working in coordination with each other in case of natural disasters is needed. We assume that the qualified workforce is different for each selected province. To evaluate these subcriteria based on selected provinces, it is The data published by the Ministry of Interior 'Number of Employees in Associations by City' was used [10].
- C12-Disaster free location; The probability of experiencing natural disasters in the area where the warehouse is planned to be established should be less in terms of the safety of the warehouse. For this criterion, the numerical data of overall disaster risk for each city specified in the article were used [5].
- C13- Proximity to the disaster-prone area; To provide fast service after a disaster, the installed warehouse must be close to the disaster area. The surface area of five provinces determined for this criterion was examined. The province with a small area is more likely to be close to the disaster area [11].
- C14-Closeness to other support services; There is a possibility that the existing warehouse may not be able to meet the humanitarian aid demand after a major disaster, so the selected warehouse location should be close to other support services. While assessing this criterion, 'Geographical Accessibility Index Results' was taken into account on a provincial basis[12].
- C21-Transportation mode opportunities; There should be more than one transportation mode to deliver the necessary humanitarian aid to the disaster area in a timely and agile manner. While evaluating this criterion, the modes of transportation (railway, airline, sea route) of the selected provinces were taken into consideration. The province, which has a wide variety of transportation modes, has been selected as the most advantageous province in terms of transportation.
- C22-Route flexibility; While providing humanitarian aid to disaster areas, the highways used should be suitable to avoid any problems during transportation. While evaluating this criterion, the rate of freight traffic on the highways of the specified provinces has been taken into account. The province with the least freight traffic has more road flexibility[13].
- C23-Transport vehicle reachability; Appropriate vehicles must be found to deliver aid from the warehouse to the disaster area. While evaluating this criterion, the total number of trucks registered on a provincial basis was taken into account. The province with the largest amount of pickup trucks is more likely to have access to suitable means of transport [14].
- C31-Government and Political Stability; Local and general government policies should be consistent so that the assistance provided to the disaster area before and after the disaster is not interrupted. This is because policies that will allow or restrict any foreign aid during aid are expected to be consistent within the framework of the decisions taken. This criterion is assumed to be the same for all provinces shown as alternatives.
- C32-Cultural and Social Stability; The place chosen for the storage area must have cultural and social stability to have harmonious communication with the citizens. When evaluating this criterion, the total crime rates based on the province were taken into consideration. The province with the lowest crime rate has more cultural and social stability[15].
- C41-Labor Cost-C42-Land Cost-C43-Replenishment Cost-C44-Storage Cost-C45-Logistics Cost-C46-Investment Cost; Activities such as the flow and storage of materials cause a certain amount of cost. Therefore, it has an important place in humanitarian logistics as in other organizations. When choosing a new warehouse location, it should be analyzed whether the organization's budget will meet the finances. While evaluating these criteria given under the cost main criterion, the purchasing parity of the cities was taken into consideration. The city with the lowest cost of living has been determined as the most cost-effective city.
- C51-Cooperation with logistics agents (Local and Int'l NGO's); If the region selected as a warehouse does not meet the request for aid, it is required to communicate with other local and international organizations. While evaluating this criterion, the number of humanitarian aid associations registered to the Ministry of Interior of the provinces was taken into account. The province with the highest number of associations has stronger communication with aid organizations[16].
- C52-IT/Communication; It is important to have a reliable communication infrastructure during and after disasters to carry out an efficient process. While evaluating this criterion, the number of fixed broadband fiber internet subscribers by province was taken into consideration. The province with the most internet subscribers has a better infrastructure in terms of communication [17].

The selection of a suitable expert team is very important for an appropriate weights of each criteria in HSCW problem. Similarly, it enables to support in determination of the criteria sets. In this case, four experienced experts were finally chosen to participate in HSCW: three engineers and civil defense staff are selected from different disciplines who are all well-experienced in humanitarian logistics and its management. The experts' profile is presented in Table 4.

Table 4. Description of experts participating in the evaluation

#	Title	Educational Stage
Expert-1	Industrial Engineer	Master of Science
Expert-2	Mechanical Engineer	PhD
Expert-3	Civil Defence Staff	Bachelor Degree
Expert-4	Geological Engineer	PhD

After pairwise comparisons and finishing each steps each criteria weights are found in Table 4. Cooperation has the highest

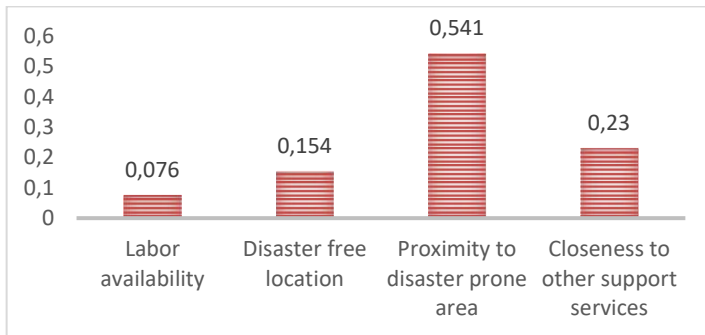
weight and geographical characteristics, transportation characteristics, cost, are sorted orderly.

Table 5. Subjective Weights Of Criteria

Criteria	Normalized Weights
Geographical Characteristics	0.304
Transportation Characteristics	0.151
Socio-political	0.048
Cost	0.108
Cooperation	0.389

According to the AHP application, evaluations of the experts in 9 scale matrixes are used to evaluate the relative weights of each group by pairwise comparisons. After determining the weights of the five main criteria and its subcriteria by AHP, the evaluations of each selected metropolitan city (Bursa, Hatay, İstanbul, İzmir, and Van) TOPSIS method is applied [18],[19].

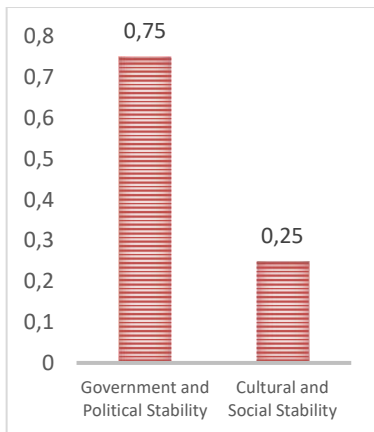
Figure 3a-3e indicates the priority weights of the five main criteria and their subcriteria by AHP. In Figure 3a C13 subcriteria has the highest weight in Geographical Characteristics main criteria set. C14 and C12 are sorted orderly.



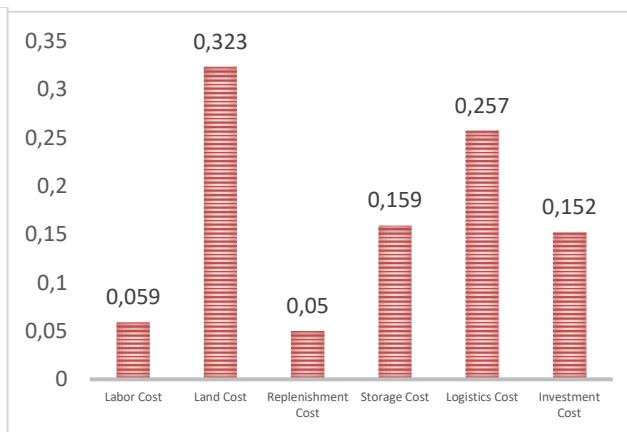
a



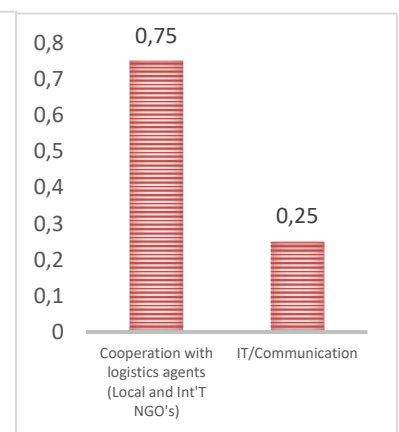
b



c



d



e

Figure 3a-3e. Priority weights of five main criteria and its subcriteria by AHP

In Figure 3b C₂₂ subcriteria has the highest weight in Transportation Characteristics main criteria set. C₂₁ and C₂₃ are sorted orderly. In Figure 3c C₃₁ subcriteria has significantly higher weight compared with C₃₂ in Socio-political main criteria set. In Figure 3d C₄₂ subcriteria has the highest weight in Cost main

criteria set. C₄₅, C₄₄, C₄₆, C₄₄, and C₄₁ are sorted orderly. In Figure 3e C₅₁ subcriteria has significantly higher weight compared with C₅₂ in Cooperation main criteria set.

In Table 6 subjective weights of each subcriteria are conducted using the TOPSIS method to rank the alternatives.

Table 6. Subjective Weights Of Criteria

	C11	C12	C13	C14	C21	C22	C23	C31	C32	C41	C42	C43	C44	C45	C46	C51	C52
Bursa	0.031	0.067	0.107	0.150	0.104	0.193	0.046	0.335	0.136	0.026	0.143	0.022	0.071	0.114	0.067	0.191	0.078
Hatay	0.026	0.086	0.321	0.120	0.146	0.289	0.023	0.335	0.045	0.035	0.191	0.030	0.094	0.152	0.090	0.318	0.058
Istanbul	0.052	0.019	0.357	0.075	0.209	0.064	0.116	0.335	0.091	0.013	0.072	0.011	0.035	0.057	0.034	0.636	0.195
Izmir	0.037	0.048	0.071	0.090	0.167	0.225	0.058	0.335	0.182	0.022	0.119	0.018	0.059	0.095	0.056	0.127	0.117
Van	0.005	0.096	0.214	0.045	0.084	0.321	0.012	0.335	0.023	0.031	0.167	0.026	0.082	0.133	0.079	0.064	0.039
V*	0.052	0.096	0.357	0.150	0.209	0.321	0.116	0.335	0.182	0.035	0.191	0.030	0.094	0.152	0.090	0.636	0.195
V-	0.005	0.019	0.071	0.045	0.084	0.064	0.012	0.335	0.023	0.013	0.072	0.011	0.035	0.057	0.034	0.064	0.039

Table 7 indicates the ranking of metropolitan city's suitability for the HSCW criteria set. The Pi values of TOPSIS indicates that the most suitable city is İstanbul. Hatay, Van, İzmir, and Bursa are sorted orderly.

Table 7. Ranking of Alternatives Weights Of Criteria

	Si+	Si-	Pi	
Bursa	0.561061353	0.538712	0.48983	5th alternative
Hatay	0.351931069	0.756408	0.68247	2nd alternative
Istanbul	0.189028572	0.915584	0.82887	1st alternative
Izmir	0.560657284	0.55629	0.49804	4th alternative
Van	0.567879826	0.625503	0.52414	3rd alternative

4. Conclusions and Recommendations

As mentioned in the literature review some studies conducted to explore and prioritize the coordination barriers in HSCM [20], in the local environment to improve the performance of operations. Selection of warehouses at strategic locations becomes a crucial topic for humanitarian relief organizations [21]. Warehouse location selection in HSCM is a challenging issue and process due to inappropriate decisions may come up with extra problems during rescue activities [22]. The features that differentiate the study from other studies are the criteria and sub-criteria set selected and the local based approaches and evaluations of the experts [23].

In this study, AHP-TOPSIS integrated criteria assessment is conducted for the HSCW selection problem. This study intends to explore the humanitarian supply chain warehouse selection problem and evaluate criteria to improve humanitarian supply chain management and location selection implementation. This study aims to evaluate the alternatives and criteria using two-stage MCDM integration as a weight assessment of main and

subcriteria with AHP and ranking of alternatives using the TOPSIS method. Obtained results indicate that the most important alternatives for location are İstanbul and Hatay while Cooperation and Geographical Characteristics are the most crucial parameters according to the expert's opinion.

TOPSIS method is based on real data set which could be improved in future studies with more alternatives and relatively more criteria set. TOPSIS method is based on real data set which could be improved in the future studies with more alternatives and relatively more criteria set.

References

[1] Maharjan, R., & Hanaoka, S. (2017). Warehouse location determination for humanitarian relief distribution in Nepal. *Transportation Research Procedia*, 25, 1151–1163. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2017.05.128>

[2] Tiseo, P. by I., & 5, N. (2020, November 5). Number of natural disasters worldwide 2019. Statista.

- <https://www.statista.com/statistics/510959/number-of-natural-disasters-events-globally/>.
- [3] Yadav, D. K., & Barve, A. (2015). Analysis of critical success factors of humanitarian supply chain: An application of Interpretive Structural Modeling. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 12, 213–225. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.01.008>
- [4] Türkiye'de Afetlerin Dağılımları. NeOldu.com. (2019, November 16). <https://www.neoldu.com/turkiye-afet-deprem-sel-heyelan-dagilis-38206h.htm>.
- [5] Tuzkaya, U. R., Yilmazer, K. B., & Tuzkaya, G. (2015). An Integrated Methodology for the Emergency Logistics Centers Location Selection Problem and its Application for the Turkey Case. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, 12(1). <https://doi.org/10.1515/jhsem-2013-0107>
- [6] Roh, S., Pettit, S., Harris, I., & Beresford, A. (2015). The pre-positioning of warehouses at regional and local levels for a humanitarian relief organisation. *International Journal of Production Economics*, 170, 616–628. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2015.01.015>
- [7] Balcik, B., Beamon, B. M., Krejci, C. C., Muramatsu, K. M., & Ramirez, M. (2010). Coordination in humanitarian relief chains: Practices, challenges and opportunities. *International Journal of Production Economics*, 126(1), 22–34. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2009.09.008>
- [8] Boonmee, C., Arimura, M., & Asada, T. (2017). Facility location optimization model for emergency humanitarian logistics. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 24, 485–498. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2017.01.017>
- [9] Richardson, D. A., Leeuw, S. D., & Dullaert, W. (2016). Factors Affecting Global Inventory Prepositioning Locations in Humanitarian Operations-A Delphi Study. *Journal of Business Logistics*, 37(1), 59–74. <https://doi.org/10.1111/jbl.12112>
- [10] T.C. İçişleri Bakanlığı Sivil Toplumla İlişkiler Genel Müdürlüğü. İllere Göre Derneklerdeki Çalışan Sayıları. Sivil Toplumla İlişkiler Genel Müdürlüğü. <https://www.siviltoplum.gov.tr/illere-gore-derneklerdeki-calisan-sayilari>.
- [11] Kamuajans. (2020, December 10). İllerin Yüz Ölçümüne Göre Sıralaması! Türkiye'nin Yüz Ölçümü En Yüksek Şehirleri Hangileri? KamuAjans. <http://www.kamuajans.com/takipler/illerin-yuz-olcumune-gore-siralamasi-turkiye-nin-yuz-olcumu-en-yuksek-sehirleri-hangileri-h550674.html>.
- [12] Şimşek Ahmet. (2015). Erişilebilir şehirler ve bölgeler: Erişilebilirliğin bölgesel kalkınmaya etkisi ve iller bazında erişilebilirlik endeksinin geliştirilmesi. Kalkınma Bakanlığı Bölgesel Gelişme ve Yapısal Uyum Genel Müdürlüğü.
- [13] Türkiye de İller Düzeyinde Karayolu Yük Trafığı Dağılımının Analizi 1. PDF Ücretsiz indirin. <https://docplayer.biz.tr/2198251-Turkiye-de-iller-duzeyinde-karayolu-yuk-trafigi-dagiliminin-analizi-1.html>.
- [14] DrDataStats. (2020, February 28). DrDataStats. Dünya'nın Verisi. <https://www.drdatastats.com/illere-gore-turkiyede-kamyonet-sayilari-ocak-2020/>.
- [15] İşte Türkiye'nin suç oranı en yüksek şehri. *Internet Haber*. (2011, September 8). <https://www.internethaber.com/iste-turkiyenin-suc-orani-en-yuksek-sehri-foto-galerisi-1188146.htm?page=13>.
- [16] T.C. İçişleri Bakanlığı Sivil Toplumla İlişkiler Genel Müdürlüğü. İllere ve Faaliyet Alanlarına Göre Dernekler. Sivil Toplumla İlişkiler Genel Müdürlüğü. <https://www.siviltoplum.gov.tr/illere-ve-faaliyet-alanlarina-gore-dernekler>.
- [17] https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1106
- [18] Ak, M. F., & Gul, M. (2018). AHP-TOPSIS integration extended with Pythagorean fuzzy sets for information security risk analysis. *Complex & Intelligent Systems*. <https://doi.org/10.1007/s40747-018-0087-7>.
- [19] Ak, M. F. (2020). A Multi Criteria Decision Making Methodology Based Novel Model For Supplier Selection. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 7 (2) , 410-423 . DOI: 10.31202/ecjse.648856
- [20] Kabra, G., Ramesh, A., & Arshinder, K. (2015). Identification and prioritization of coordination barriers in humanitarian supply chain management. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 13, 128–138. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2015.01.011>
- [21] Kahraman, C. (2016b). Multiattribute Warehouse Location Selection In Humanitarian Logistics Using Hesitant Fuzzy Ahp. *International Journal of the Analytic Hierarchy Process*, 8(2), <https://www.ijahp.org/index.php/IJAHp/article/view/387>. <https://doi.org/10.13033/ijahp.v8i2.387>
- [22] Żak, J., & Węgliński, S. (2014). The Selection of the Logistics Center Location Based on MCDM/A Methodology. *Transportation Research Procedia*, 3, 555–564. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2014.10.034>.
- [23] Roh, S.-, Jang, H.-, & Han, C.-. (2013). Warehouse Location Decision Factors in Humanitarian Relief Logistics. *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, 29(1), 103–120. <https://doi.org/10.1016/j.ajsl.2013.05.006>



Türkiye' de Tüm Sektörlere Ait 2018 Yılı İş Kazalarının ve Kaza Sonucu Yaşam Kaybının Kazazede Yaşı Bakımından Değerlendirilmesi

Tufan Öztürk^{1*}, Güfte Caner Akın²

^{1*} Istanbul Esenyurt University, Faculty of Business Administration And Management Sciences, Department of Aviation Management/Aviation Management, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2685-4824), tufanozturk@esenyurt.edu.tr

² Istanbul Gelisim University, Istanbul Gelisim Vocational School, Department of Property Protection and Safety, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3010-5172), gcaner@gelisim.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.867314)

ATIF/REFERENCE: Öztürk, T. ve Caner Akın, G. (2021). Türkiye' de Tüm Sektörlere Ait 2018 Yılı İş Kazalarının ve Kaza Sonucu Yaşam Kaybının Kazazede Yaşı Bakımından Değerlendirilmesi. European Journal of Science and Technology, (22), 410-415.

Öz

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi son dönemde ülkemizde de emeklilik yaşı artmıştır. Emeklilik yaşındaki bu artış beraberinde tüm sektörlerde ileri yaştaki çalışan sayısının artmasına neden olmuştur. Yaşlılıkla birlikte insan fizyolojisinin olumsuz yönde değiştiği ve bu çalışanların çalışma ortamından olumsuz şekilde etkilendikleri bilinen bir gerçektir. Yaştaki değişimin çalışanların sağlık ve güvenliklerini etkileyip etkilemediğinin ortaya konmasının yanı sıra yaş bakımından riskli gruplara yönelik koruyucu önlemlerin de çeşitlendirilmesi gerekliliği gündeme alınmalıdır. Bu çalışmada iş kaza oranını ve iş kazasına bağlı ölüm oranını, kazazedenin yaşının etkileyip etkilemediği araştırılmıştır. Bu amaçla 2018 yılında Türkiye'deki tüm sektörlerde 4/a kapsamında sigortalı görünen 14.229.170 çalışanın durumu Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) istatistik verileri kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada Pearson Ki-Kare İlişki Analizi kullanılmıştır. Çalışanlara ait sosyo-demografik bir değişken olan yaşın, kaza geçirip geçirmeme durumunu ve iş kazası sonrasındaki yaşam kaybı durumunu etkilediği belirlenmiştir. Özellikle yaşı 14-19 kategorisinde bulunan genç çalışanların iş kazası geçirme oranının oldukça yüksek olduğu tespit edilmiş ancak geçirdiği iş kazası sonrası yaşam kaybının beklenenden daha düşük olduğu görülmüştür. Yaşı 20-29 kategorisinde bulunan çalışanların, yaşı 14-19 kategorisinde bulunan çalışanlarla benzer özellikler gösterdiği saptanmıştır. Yaşı 30-39 kategorisinde bulunan çalışanların iş kazası geçirme oranının ve iş kazası sonrası yaşam kaybının diğer gruplara göre daha düşük olduğu görülmüştür. Yaşı 50 ve üzerinde bulunan kazazedelerin ise iş kazası geçirme oranları ile iş kazası sonrası yaşam kayıplarının çok yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu bağlamda yüksek risk altındaki grubun 50 yaş ve üzeri çalışanlar olduğu özellikle de 60 yaş ve üzeri olan çalışanlarda bu riskin daha da arttığı bulgusuna ulaşılmıştır. Bu çalışma sonucunda ileri yaş çalışanlarını etkileyecek riskin büyüklüğüne dikkat çekilerek devlet, işveren ve akademisyenlere tavsiyelerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği, Dezavantajlı Gruplar, İstatistiksel Analiz ve Uygulamalar.

The Evaluation of Work Accidents and Its Consequences in Scope of Accidental Life Loss in Terms of Age of Victim in 2018: The Case of Turkey

Abstract

The retirement age has recently increased in developed and developing countries as well as in our country. This increase in retirement age has also increased the number of older employees in all sectors. It is a known fact that human physiology changes negatively with old ages and these employees are negatively affected by the work environment. In addition to revealing whether the change in age affects the health and safety of that employees, the necessity of diversifying protective measures for risky groups in terms of their ages should also be taken into account. In this study, it was investigated whether the occupational accident rate and the death rate (loss

* Sorumlu Yazar: tufanozturk@esenyurt.edu.tr

of life) due to work accident affected the age of the victim. For this purpose, 14.229.170 million workers in Turkey which were indicated as insured in the scope of 4-A in all sectors in 2018, were examined by using the statistical data from SGK. The age data of the insured are divided into 6 fundamental categories. Pearson Chi-Square Relationship Analysis was used in the study. It has been determined that the change in the age of the employees affects the status of having an accident and the loss of life after a work accident. It has been found that the rate of having an occupational accident is quite high, especially for young employees, whose age between 14-19 age range, but the loss of life after a work accident is lower than expected. Employees in the 20-29 age range category were found to exhibit similar characteristics to those in the 14-19 age range category. Employees in the 30-39 age range category were found to have lower rates of occupational accidents and loss of life after work accidents than other groups. Occupational accident rates and losses of life after work accidents were found to be quite high for the casualties aged 50 and over. In this context, it has been found that the highest-risk group is employees that aged 50 and over, especially those who are 60 years of age and over, the risk is extremely high. As a result of this study, attention was drawn to the magnitude of the risk that would affect elder employees, and recommendations were made to the government, employers and academics.

Keywords: Worker's Health and Work Safety, Disadvantaged Groups, Statistical Analysis and Applications

1. Giriş

Türkiye'de 2016, 2017, 2018 ve 2019 yıllarına ait, 4/a kapsamındaki aktif sigortalı istihdam ortalaması 15.947.248'dir. Bu yıllarda farklı sebeplerle iş kazası geçirerek kazazede durumuna düşmüş çalışan sayısının yıllık ortalaması 374.792'dir. Bu iş kazalarına bağlı sebeplerle yaşamını yitiren kazazede sayısının yıllık ortalaması ise 1431'dir (SGK, 2021). İş kazalarının sonuçlarından kazazede ve yakınları olmak üzere devlet ve işverenler de etkilenmektedir. Genel olarak devlet iş kazası sonrasında vatandaşının canını koruyamamış olması nedeniyle prestij kaybetmektedir. Devletin doğrudan ve dolaylı olarak maddi kayıpları da oluşmaktadır. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından açıklanan raporlarda iş kazalarından kaynaklı giderlerin, bazı gelişmekte olan ülkelerin Gayri Safi Yurt içi Hasılasının (GSYİH) %10'luk payına denk geldiği belirtilmektedir (ILO, 2008). İşveren de benzer şekilde iş yerinde gerekli iş sağlığı ve güvenliği tedbirlerini alamadığı için prestij kaybı ve üzüntü yaşamaktadır. İş kazaları sonrasında tazminat ve rücu davaları ile de maddi kayıplar yaşamakta, ağır ihmal veya kusuru var ise hapis cezası da alabilmektedir (Koç ve Akbıyık, 2011). İş kazası sonucundan en fazla etkilenen şüphesiz kazazede durumundaki sigortalıdır. Kazazede kaza sonucu acı yaşayabilmekte, engelli olarak tüm yaşamını sürdürmek zorunda kalabilmekte veya yaşamını kaybedebilmektedir. Bu nedenle iş kazalarının önlenmesi gerek maddi kayıplar gerekse ve en önemlisi de insani gerekliliklerden dolayı oldukça önemlidir.

İş kazalarının önlenmesinde yararlı metotlardan birisi de iş kazaları ile ilgili istatistiki çalışmalardır. Bu istatistiki çalışmalarda genellikle iş kazasını etkileyen faktörler belirlenmeye çalışılmaktadır. İş kazasını artıran veya azaltan bu faktörlerin işyerinde kontrol edilmesi ile iş kazaları ve etkileri azaltılmaya çalışılmaktadır (Camkurt, 2007).

Bu araştırma öncesinde iş kazası verileri ile yapılan geçmiş istatistiki çalışmalar incelenmiştir. Müngen (1993) Türkiye'deki inşaat iş kazaları üzerinde istatistiki bir çalışma yapmış ve iş kazalarını ve sonuçlarını etkileyen faktörleri belirlemeye çalışmıştır. Ünal Karagüven (1997) iş kazaları ile stres, kaygı, öfke ve demografik özelliklerin ilişkilerini araştırmıştır. Esen (1999) çalışmasında iş kazalarının nedeni olarak ortaya çıkan faktörlerin cinsiyet ve yaş bakımından dağılımlarını incelemiştir. Demirel (2005) çalışmasında inşaat işlerinde yüksekten düşmeyi etkileyen faktörler ile bir model oluşturmuştur. Koyun (2013) çalışmasında Trakya Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi Acil Servisi'ne gelen yüksekten düşme kaynaklı vakaları incelemiş ve yüksekten düşmeyi etkileyen faktörlerle ilgili önceliyici tedbirler belirlemiştir. Akboğa (2014) çalışmasında

inşaat iş kazalarına ait verileri kullanarak binominal lojistik regresyon analizi ile bir iş kazası modeli oluşturmuştur. Turgut (2016), çalışmasında İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Servisi'ne gelen yüksekten düşme kaynaklı vakaları incelemiş ve yüksekten düşmeyi etkileyen faktörlerle ilgili önceliyici tedbirler belirlemiştir.

Öztürk (2019), çalışmasında inşaat iş kazalarına ait verileri kullanarak ordinal lojistik regresyon analizi ile üç farklı iş kazası modeli oluşturmuştur. Caner Akın (2020) çalışmasında tersane çalışanlarını etkileyen iş kazalarına ait verileri kullanarak yeni bir risk modeli oluşturmuştur. Öztürk (2020) çalışmasında giyim eşyası imalat sektöründeki iş kazası ve meslek hastalığı verilerini cinsiyet bakımından incelemiştir. Parsons, Pizatella ve Collins (1986) çalışmalarında inşaat kazaları ile ilgili verileri incelemiş ve iş kazalarına ait kök neden araştırması yapmışlardır. Sawacha, Naoum ve Fong (1999) çalışmalarında demografik birçok özelliğin iş kazaları üzerine etkilerini araştırmışlardır. Huang (2003) çalışmasında işverenlerin iş sağlığı ve güvenliğine verdiği önem ile iş kazası sonrasındaki yaralanma şiddeti arasındaki ilişkiyi araştırmış ve çalışma sonunda bir kaza modeli oluşturmuştur. Çakan (2012) çalışmasında çelik ve çatı işlerinde meydana gelen iş kazalarını incelemiş ve iş kazası şiddetini tahminleyecek bir model geliştirmiştir.

Bazı çalışmalarda belirli faktörlerin iş kazası ve sonrasındaki yaşam kaybı üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu faktörlerden birisi de çalışanın yaşıdır. Genel olarak yaşlılığın insan organizması üzerine birçok olumsuz etkisi vardır. Yaşlanma arttıkça, kişilerin kardiyovasküler sistemi, solunum Sistemi, iskelet Sistemi, Kas Sistemi, Sinir Sistemi, Duyusal Fonksiyonları ve Metabolik özellikleri olumsuz şekilde etkilenmektedir (Soyuer ve Soyuer, 2008). Çalışanın yaşı arttıkça fizyolojik değişikliğe bağlı olarak iş görme kapasitesinin de değişimi beklenen bir durumdur. Türen ve Gökmen (2014) çalışmalarında insanın kas gücünü kullanabilme kapasitesinin 20-30 yaş arasında tepe noktasına ulaştığını bu aralıktan sonra yaşlanmanın artmasıyla beraber kas gücü kullanma kapasitesinin düşme eğiliminde olduğunu ve 50-60 yaş aralığında da kas gücü kullanma kapasitesinin önemli derecede düştüğü belirtilmiştir. Bazı çalışmalar, yaşlanma durumuyla beraber sağlıklı kişilerin eklemlerindeki hareket aralıklarının azaldığı vurgusunu yapmaktadır (Schultz, 1992). Ayrıca yaşlılığın artışı ile kısa adım atma gibi yürüme sorunları arasındaki ilişkiyi gösteren araştırmalar da vardır (WHO, 1998). Düşmeye bağlı iş kazalarının diğer iş kazalarına göre çalışanları daha fazla şiddette etkilediği bilinmektedir. Bu bakımdan yaşlanmayla beraber düşme sıklığının da arttığı bilgisi literatürde belirtilmektedir (Cheng, Suominen, Era ve Heikkinen, 1994). Fransa'nın Meurthe-et-Moselle bölgesindeki inşaat

faaliyetlerinde meydana gelen iş kazaları ile kazazedelerin kişisel özellikleri arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmada, 30 yaşın altındaki çalışanların, 30 yaşının üstündeki çalışanlara göre daha fazla iş kazası geçirdikleri bulgusuna ulaşılmıştır (Chau ve diğerleri, 2002). İsviçre’de demir madeni faaliyetlerinde meydana gelen iş kazalarının sıklık ve şiddet durumu ile kazazedenin yaşı arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmada, yaşlıların daha nadir iş kazası geçirdikleri, ancak yaşlıların geçirdiği iş kazalarının daha şiddetli sonuçları olduğu bulgusuna ulaşılmıştır (Laflamme, Menckel ve Lundholm, 1996). İngiltere’de 60 yaş ve üzeri çalışanları etkileyen iş kazalarının ve sonuçlarının araştırıldığı çalışmada, 60 yaş ve üzerindeki çalışanların daha az iş kazası ve yaralanma yaşadıkları, ancak bu iş kazası ve yaralanmalar meydana geldiğinde ciddi veya ölümcül olma olasılığının daha yüksek olduğu bulgusuna ulaşılmıştır (Farrow ve Reynolds, 2012). Türkiye’de tüm sektörlerde meydana gelen iş kazaları sebebiyle ortaya çıkan ölümler ile kazazedelerin yaşı arasındaki ilişkinin araştırıldığı çalışmada, 40-44 yaş aralığına kadar iş kazası sonucu ölüm riskinin arttığı, bu yaş aralığından sonra ise ölüm riskinin kademeli olarak azaldığı ancak 60 yaş ve üzeri kazazedeler için tekrar bu riskin arttığı bulgusuna ulaşılmıştır (Türen ve Gökmen, 2014).

Bu çalışmada iş kazası oranını ve iş kazasına bağlı ölüm oranını, kazazedenin yaşının etkileyip etkilemediği araştırılmıştır. İş kazası ve iş kazasına bağlı ölüm oranı yüksek olan yüksek riskli grupların belirlenerek, riskin kaynağının incelenmesi gerekliliğinin açıkça ortaya konulması amaçlanmıştır. Bu anlamda riskli gruplara yönelik yapılması gereken iyileştirmelere katkı sağlaması için devlet, işveren ve akademisyenlere yönelik tavsiyelerde bulunulması da çalışmanın diğer bir amacıdır. Bu çalışma Türkiye’de 2018 yılında 4/a sigorta kapsamında tüm sektörlerde istihdam edilen 14.229.170 çalışana kapsamaktadır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada 4/a sigorta kapsamında tüm sektörlerde meydana gelmiş iş kazalarına ait ve SGK tarafından yayınlanmış veriler kullanılmıştır. Bu verilere ilgili kurumun İnternet sayfasından ulaşıldığından bir etik kurul kararına gerek duyulmamıştır. Bu çalışmada üzerinde çalışılan 14.229.170 çalışanın yaş bilgileri SGK istatistik tablosunda 14 yaş ile 65 ve üstü yaş aralığında bulunmaktadır. Verileri çalışmada kullanılan analizine uygun hale getirilmek amacıyla yaş verileri 6 temel kategoriye ayrılmıştır. Bu çalışmada Pearson Ki-Kare İlişki Analizi kullanılmıştır. Bu analiz kategorik değişkenlerin alt gruplarının benzer veya farklı dağılıp dağılmadığının belirlenmesinde sıklıkla tercih edilmektedir (Henry, 2012, s. 425-431). Başka bir ifadeyle kategorik değişkenin diğer bir kategorik değişkenin değişiminden etkilenip etkilenmediğinin anlaşılmasında kullanılan bir analiz yöntemidir (Babbie, 2013, s. 499). Yöntemde öncelikle araştırmanın değişken ve alt kategorileri Çizelge 1’deki gözlenenler tablosuna yazılmaktadır.

Çizelge 1. Gözlenenler Örnek Tablosu

Gözlenen		Değişken (1)		
		Kategori (1.1)	Kategori (1.2)	Satır Toplamı
Değişken (2)	Kategori (2.1)	a	b	a+b
	Kategori (2.1)	c	d	c+d
	Sütun Toplamı	a+c	b+d	a+b+c+d

Gözlenenler tablosunda bulunan değişkenler kullanılarak; Çizelge 2’deki beklenenler tablosunda bulunan yardımcı işlemler ile beklenenler tablosu oluşturulur.

Çizelge 2. Beklenenler Örnek Tablosu

Beklenen		Değişken (1)		
		Kategori (1.1)	Kategori (1.2)	Satır Toplamı
Değişken (2)	Kategori (2.1)	$((a+c).(a+b))/(a+b+c+d)$	$((b+d).(a+b))/(a+b+c+d)$	a+b
	Kategori (2.1)	$((a+c).(c+d))/(a+b+c+d)$	$((b+d).(c+d))/(a+b+c+d)$	c+d
	Sütun Toplamı	a+c	b+d	a+b+c+d

Beklenen ve gözlenen tablolarının oluşturulmasından sonra Pearson Ki-Kare analiz işlem sürecine geçilmektedir (Öztürk, 2020, s. 3424-3443).

Bu kapsamda;

İlk aşamada, Denklem 1’deki ifade, yardımıyla bir serbestlik derecesi elde edilir.

$$sd = (\text{satır sayısı} - 1) \cdot (\text{sütun sayısı} - 1) \quad (1)$$

İkinci aşamada, hesaplanan serbestlik derecesi ve genellikle tercih edilen $\alpha=0,05$ istatistiksel anlamlılık düzeyi kullanılarak Ki-Kare tablo değeri belirlenir. Üçüncü aşamada, gözlenen ve beklenen tablolarındaki veriler Denklem 2’de yerine konularak Pearson Ki-Kare hesap değeri elde edilir (McHugh, 2013, s. 143-149).

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(G_i - B_i)^2}{B_i} \quad (2)$$

Son aşamada, elde edilen Ki-Kare değeri ile Ki-Kare tablo değeri karşılaştırılır.

Sonuç olarak;

Ki-Kare hesap değeri, Ki-Kare tablo değerinden büyük ise, değişkenlerin istatistiksel bakımdan anlamlı bir ilişki içinde olduğu sonucu elde edilir. Hesap değeri tablo değerinden küçük ise değişkenlerin istatistiksel bakımdan bir ilişki içinde olmadığı sonucu elde edilir.

Değişkenler bir ilişki içindeyse bu ilişkinin gücü de Denklem 3’deki ifade kullanılarak kullanılarak belirlenir.

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{N \cdot (k - 1)}} \quad (3)$$

χ^2 : Pearson ki-kare değeri

N : Örnek Sayısı

k : Küçük olan sütun veya satır sayısı

Hesaplanan V’ nin değer aralığına göre değişkenler arasındaki ilişkinin gücüne karar verilmektedir.

Bu kapsamda; 0,00 – 0,10 zayıf bir ilişkiyi, 0,11 – 0,30 orta bir ilişkiyi, 0,30 dan büyük ise güçlü bir ilişkiyi göstermektedir (Healey, 2014, s. 317-322).

3. Uygulama

Bu bölümde bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni etkileme durumu sorgulanmıştır. Çalışmadaki bağımsız değişken olan yaş, 6 kategoriden, bağımlı değişken olan iş kazası

geçirme/geçirmeme durumu ve diğer bağımlı değişken olan iş kazasına bağlı sebeple yaşam kaybı oluşması/oluşmaması 2 kategoriden oluşmaktadır. Bu nedenle gözlenen ve beklenen tabloları 6 satır ve 2 sütundan oluşmaktadır.

Denklem 1'deki ifade kullanılarak serbestlik derecesi 5 olarak hesaplanmıştır.

$$\text{Serbestlik derecesi} = (6 - 1) \cdot (2 - 1) = 5 \cdot 1 = 5$$

Bu serbestlik derecesi ile $\alpha=0,05$ istatistiksel anlamlılık seviyesi kullanılmış ve Ki-Kare dağılım tablosundan Ki-Kare tablo değeri 11,07 olarak bulunmuştur (Sümbüloğlu ve Sümbüloğlu, 2012, s. 162).

3.1. İş Kazası Geçirme Durumunun Yaş Bakımından İncelenmesi

Türkiye'de 2018 yılında 4/a sigorta kapsamında tüm sektörlerde istihdam edilen 14.229.170 çalışandan aynı yıl içinde iş kazası geçirenler ve iş kazası geçirmeyen gözlenen çalışan sayıları ve gözlenen oranları 6 farklı yaş kategorisine göre Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. İş Kazası Geçirme Durumu ve Çalışanın Yaş Kategorisine Ait Gözlenenler Tablosu

GÖZLENENLER TABLOSU	İş Kazası Geçirme Durumu				Toplam	
	İş Kazası Geçiren Çalışan Oran ve Sayısı		İş Kazası Geçirmeyen Çalışan Oran ve Sayısı			
Çalışanın Yaş Kategorisi	14-19	% 7,90	34.036	% 3,19	440.843	474.879
	20-29	% 34,26	147.637	% 30,02	4.142.695	4.290.332
	30-39	% 30,88	133.073	% 35,06	4.837.283	4.970.356
	40-49	% 20,15	86.856	% 25,57	3.527.854	3.614.710
	50-59	% 6,12	26.371	% 5,67	781.742	808.113
	60 ve üstü	% 0,70	3.012	% 0,49	67.768	70.780
Toplam	% 100,00	430.985	% 100,00	13.798.185	14.229.170	

Türkiye'de 2018 yılında 4/a sigorta kapsamında tüm sektörlerde istihdam edilen 14.229.170 çalışandan aynı yıl içinde iş kazası geçirenler ve iş kazası geçirmeyen beklenen çalışan sayıları ve beklenen oranları Çizelge 1'deki matematiksel işlemler yardımı ile hesaplanarak 6 farklı yaş kategorisine göre Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. İş Kazası Geçirme Durumu ve Çalışanın Yaş Kategorisine Ait Beklenenler Tablosu

BEKLENENLER TABLOSU	İş Kazası Geçirme Durumu				Toplam	
	İş Kazası Geçiren Çalışan Oran ve Sayısı		İş Kazası Geçirmeyen Çalışan Oran ve Sayısı			
Çalışanın Yaş Kategorisi	14-19	% 3,34	14.384	% 3,34	460.495	474.879
	20-29	% 30,15	129.949	% 30,15	4.160.383	4.290.332
	30-39	% 34,93	150.546	% 34,93	4.819.810	4.970.356
	40-49	% 25,40	109.485	% 25,40	3.505.225	3.614.710
	50-59	% 5,68	24.477	% 5,68	783.636	808.113
	60 ve üstü	% 0,50	2.144	% 0,50	68.636	70.780
Toplam	% 100,00	430.985	% 100,00	13.798.185	14.229.170	

Bu bölümdeki Pearson Ki-kare analizler kapsamında; Denklem 2 kullanılarak Pearson Ki-Kare hesap değeri bulunmuştur.

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(G_i - B_i)^2}{B_i}$$

$$= 26.851,50 + 2.407,55 + 2.028,06 + 4.677,23 + 146,59 + 351,56 + 838,70 + 75,20 + 63,35 + 146,09 + 4,58 + 10,98 = 37.601,39$$

37.601,39 olarak hesaplanan Ki-Kare hesap değeri ile Ki-Kare tablo değeri olan 11,07 karşılaştırılmıştır. Hesap değerinin tablo değerinden büyük olması durumundan, çalışanlara ait yaş değişikliğinin, kaza geçirip geçirmeme durumunu etkilediği sonucuna varılmıştır. Özellikle 14-19 yaş aralığında bulunan çalışanların beklenenden yaklaşık iki kat daha fazla iş kazası geçirdikleri anlaşılmaktadır. Ayrıca 30-49 yaş aralığında bulunan çalışanların beklenenden daha az iş kazası geçirdikleri, diğer yaş aralıklarının beklenenden daha fazla iş kazası geçirdikleri anlaşılmaktadır.

Yaş ve iş kazası geçirme sayısı arasında belirlenen ilişkinin gücünün tayini için Denklem 3 kullanılarak V değeri belirlenmiştir.

$$V = \sqrt{\frac{\chi^2}{N \cdot (k - 1)}} = \sqrt{\frac{37.601,39}{14229170 \cdot (2 - 1)}} = 0,0514$$

Hesaplanan V değerinin 0,00 - 0,10 arasında bulunmasından bu ilişkinin zayıf güçte olduğu anlaşılmaktadır.

3.2. İş Kazası Sonrası Yaşam Kaybı Durumunun Yaş Bakımından İncelenmesi

Türkiye'de 2018 yılında 4/a sigorta kapsamında tüm sektörlerde iş kazası geçiren 430.985 çalışandan aynı yıl içinde iş kazasına bağlı bir sebeple yaşamını kaybeden ve yaşamını kaybetmeyen çalışan sayıları ve gözlenen oranları 6 farklı yaş kategorisine göre Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. İş Kazası Geçirme Sonrasında Yaşam Kaybı Durumu ve Çalışanın Yaş Kategorisine Ait Gözlenenler Tablosu

GÖZLENENLER TABLOSU	İş Kazası Geçirme Sonrasında Yaşam Kaybı Durumu				Toplam	
	Yaşamını Kaybeden Çalışan Oran ve Sayısı		Yaşamını Kaybetmeyen Çalışan Oran ve Sayısı			
Çalışanın Yaş Kategorisi	14-19	% 3,11	48	% 7,91	33.988	34.036
	20-29	% 15,90	245	% 34,32	147.392	147.637
	30-39	% 22,52	347	% 30,91	132.726	133.073
	40-49	% 29,40	453	% 20,12	86.403	86.856
	50-59	% 21,54	332	% 6,06	26.039	26.371
	60 ve üstü	% 7,53	116	% 0,67	2.896	3.012
Toplam	% 100,00	1.541	% 100,00	429.444	430.985	

Türkiye'de 2018 yılında 4/a sigorta kapsamında tüm sektörlerde iş kazası yaşamış 430.985 çalışandan aynı yıl içinde iş kazasına bağlı bir sebeple yaşamını kaybeden ve yaşamını kaybetmeyen kazazede sayıları ve gözlenen oranları, Çizelge.1'deki matematiksel işlemler yardımı ile hesaplanarak 6 farklı yaş kategorisine göre Çizelge 6'da verilmiştir

Çizelge 6. İş Kazası Geçirme Sonrasında Yaşam Kaybı Durumu ve Çalışanın Yaş Kategorisine Ait Beklenenler Tablosu

BEKLENENLER TABLOSU		İş Kazası Geçirme Sonrasında Yaşam Kaybı Durumu				Toplam
		Yaşamını Kaybeden Çalışan Oran ve Sayısı		Yaşamını Kaybetmeyen Çalışan Oran ve Sayısı		
Çalışanın Yaş Kategorisi	14-19	%7,90	122	%7,90	33.914	34.036
	20-29	%34,26	528	%34,26	147.109	147.637
	30-39	%30,88	476	%30,88	132.597	133.073
	40-49	%20,15	311	%20,15	86.545	86.856
	50-59	%6,12	94	%6,12	26.277	26.371
	60 ve üstü	%0,70	11	%0,70	3.001	3.012
Toplam		%100,00	1.541	%100,00	429.444	430.985

Bu bölümdeki Pearson Ki-kare analizler kapsamında; Denklem 2 kullanılarak Pearson Ki-Kare hesap değeri bulunmuştur.

$$x^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(G_i - B_i)^2}{B_i}$$

$$= 44,63 + 151,59 + 34,87 + 65,34 + 599,28 + 1.028,22 + 0,16 + 0,54 + 0,13 + 0,23 + 2,15 + 3,69 = 1930,83$$

1930,83 olarak hesaplanan Ki-Kare hesap değeri ile Ki-Kare tablo değeri olan 11,07 karşılaştırılmıştır. Hesap değerinin tablo değerinden büyük olması durumundan, kazazedelere ait yaş değişikliğinin, iş kazası sonrası yaşam kaybı durumunu etkilediği sonucuna varılmıştır. Yaş kategorisi 14-39 grubunda bulunan kazazedelerin beklenenden daha az oranda yaşamlarını kaybettikleri anlaşılmaktadır. Bunun tersine 40 yaş ve üzerindeki kazazedelerin ise yaş artışıyla beraber beklenen yaşam kayıp oranlarının da arttığı anlaşılmaktadır.

Kazazedelerin yaş ve yaşam kaybı sayısı arasında belirlenen ilişkinin gücünün tayini için Denklem 3 kullanılarak V değeri belirlenmiştir.

$$V = \sqrt{\frac{x^2}{N \cdot (k - 1)}} = \sqrt{\frac{1930,83}{430985 \cdot (2 - 1)}} = 0,067$$

Hesaplanan V değerinin 0,00 - 0,10 arasında bulunmasından bu ilişkinin zayıf güçte olduğu anlaşılmaktadır.

4. Araştırma Sonuçları

Çalışanlara ait yaş değişikliğinin, kaza geçirip geçirmeme durumunu etkilediği belirlenmiştir. Yaşı 30-49 kategorisinde bulunan orta yaş grubu çalışanların beklenenden daha az iş kazası geçirdikleri anlaşılmaktadır. Diğer taraftan 30-49 yaş kategorisi dışında kalan daha genç çalışanlar ve daha yaşlı çalışanların ise beklenenden daha fazla sayıda iş kazası geçirdikleri anlaşılmıştır. Ayrıca yaşı 14-19 kategorisinde bulunan genç çalışanların beklenen oranın iki katından daha fazla oranda iş kazası geçirdikleri bulgusuna ulaşılmıştır.

Kazazedelere ait yaş değişikliğinin, iş kazası sonrasında meydana gelen yaşam kaybı durumunu etkilediği belirlenmiştir. Yaşı 40 ve daha fazla olan kazazedelerin iş kazası sonrasında yaşamını kaybetme oranı beklenene göre yaş artışıyla beraber artmaktadır. Özellikle yaşı 50-59 yaş kategorisinde bulunan

kazazedelerin beklenenin 3 katından daha fazla oranda yaşamlarını kaybettikleri, yaşı 60 ve üzeri olan kazazedelerin ise beklenenin 10 katından daha fazla oranda yaşamlarını kaybettikleri bulgusuna ulaşılmıştır.

5. Tartışma ve Öneriler

Yaşı 14-19 kategorisinde bulunan genç çalışanların iş kazası geçirme oranı beklenenden oldukça yüksektir. Bu sonuç Chau ve diğerleri (2002)'nin ve Cerev ve Yıldırım (2018)'in sonuçları ile uyum içerisindedir. Bu nedenle genç çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlamaya yönelik önlemlerin tekrar gözden geçirilerek iş kazalarına olan yatkınlıklarının azaltılması gerekmektedir. Yaşı 50 ve daha fazla olan çalışanların da iş kazası geçirme oranı beklenenden yüksektir. Bu nedenle yaşlı çalışanların da sağlık ve güvenliğini sağlamaya yönelik önlemlerin tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Bu sonuçlardan gençlere ve yaşlılara özel yeni sağlık ve güvenlik politikalarının üretimine ve uygulanmasına ihtiyaç duyulduğu değerlendirilmiştir.

Yaşı 40 ve daha fazla olan kazazedelerin iş kazası sonrasındaki yaşamını kaybetme oranı beklenene göre yaş artışıyla beraber artmaktadır. Özellikle yaşı 50-59 yaş kategorisinde bulunan kazazedelerin beklenenin 3 katından daha fazla oranda yaşamlarını kaybettikleri, yaşı 60 ve üzeri olan kazazedelerin ise beklenenin 10 katından daha fazla oranda yaşamlarını kaybettikleri görülmüştür. Bu sonuçlar Laflamme, Menckel ve Lundholm (1996), Farrow ve Reynolds (2012), Fraade-Blanc ve diğerleri (2017), Varianou-Mikellidou (2019), Hasebe ve Sakai (2018)'nin sonuçları ile uyum içerisindedir. Ancak bu sonuçların, normalize edilmemiş verilerin kullanıldığı Türen ve Gökmen (2014)'nin çalışmalarıyla uyumlu olmadığı görülmüştür. Yaşı 50 ve üzeri çalışan grupların iş kazası sonrasında yüksek derecede yaşam kaybı riski taşıdıkları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak işyerlerinde 50 ve üzeri yaşa sahip çalışanların karşı karşıya oldukları bu riskin nedenlerinin, karar vericiler tarafından incelenmesine ihtiyaç duyulduğu değerlendirilmiştir. Benzer etkileri inceleyecek araştırmacılara yaş dışında kalan cinsiyet, medeni durum, eğitim durumu, görev, iş yeri büyüklüğü gibi değişkenleri kontrol altında tutup zaman verilerini de çalışmalarına katarak dönemsel değişimleri ortaya koymaları tavsiye edilmiştir.

Kaynakça

- Akboğa, Ö. (2014). Doktora Tezi. *İnşaat İş Kazalarında Lojistik Regresyon ile Kaza Şiddetinin Modellenmesi*.
- Babbie, E. (2013). *The Basics Of Social Research*. Cengage Learning.
- Camkurt, M. (2007). İşyeri Çalışma Sistemi ve İşyeri Fiziksel Faktörlerinin İş Kazaları Üzerindeki Etkisi. *TÜHİS İş Hukuku ve İktisat Dergisi*, 80-106.
- Caner Akın, G. (2020). Yeni Bir Risk Değerlendirme Yöntemiyle Tersane İşletmelerinin Sınıflandırılması. *Business and Management Studies: An International Journal*, 232-254.
- Cerev, G., ve Yıldırım, S. (2018). Çalışanların Kişisel Özelliklerinin İş Kazası ve Meslek Hastalıklarına Etkisi Üzerine Bir İnceleme. Fırat Üniversitesi. *Uluslararası İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 2(1), 53-72.
- Chau, N., Mur, J. M., Benamghar, L., Siegfried, C., Dangelzer, J. L., Français, M. ve Sourdout, A. (2002). Relationships Between Some Individual Characteristics and Occupational

- Accidents in the Construction Industry. *Journal of occupational health*, 44(3), 131-139.
- Cheng, S., Suominen, H., Era, P. ve Heikkinen, E. (1994). Bone Density Of The Calcaneus And Fractures In 75-and 80-Year-Old Men and Women. *Osteoporosis International*, 4(1), 48-54.
- Çakan, H. (2012, Ocak). Doktora Tezi. *Analysis And Modeling of Roofer and Steel Worker Fall Accidents*. Wayne State University.
https://digitalcommons.wayne.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1497&context=oa_dissertations adresinden alındı
- Demirel, T. (2005). Yüksek Lisans Tezi. *An Expert System For The Quantification of Fault Rates in Construction Fall Accidents*.
- Esen, Ö. (1999). Yüksek Lisans Tezi. *1991-1998 Yılları Arası Türkiye' de Yapı İşlerinde İş Güvenliği*.
- Farrow, A. ve Reynolds, F. (2012). Health And Safety of the Older Worker. *Occupational Medicine*, 62(1), 4-11.
- Fraade-Blanc, L. A., Sears, J. M., Chan, K. C. G., Thompson, H. J., Crane, P. K., ve Ebel, B. E. (2017). Relating Older Workers' Injuries to the Mismatch Between Physical Ability and Job Demands. *Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 59(2), 212-221.
- Hasebe, T., ve Sakai, T. (2018). Are Elderly Workers More Likely to Die in Occupational Accidents? Evidence From Both Industry-Aggregated Data and Administrative Individual-Level Data in Japan. *Japan and the World Economy*, 48, 79-89.
- Healey, J. (2014). *Statistics: A Tool For Social Research. Cengage Learning*. Cengage Learning.
- Henry, S. (2012). The Relation of Control Charts to Analysis of Variance And Chi-Square Tests. *Journal of The American Statistical Association*, 42(239), 425-431.
- Huang, X. (2003). Doktora Tezi. *The Owner's Role In Construction Safety*. University Of Florida.
- ILO. (2008, Ağustos). A Dynamic Vision of Prevention, World Of Work. *World Of Work*, 13. Şubat 6, 2019 tarihinde alındı
- Koç, M., ve Akbıyık, N. (2011). Türkiye'de İş Kazalarının Maliyetleri ve Çözüm Önerileri. *Akademik Yaklaşımlar Dergisi*, 2(2), 129-175.
- Koyun, M. (2013). Uzmanlık Tezi. *Trakya Üniversitesi Sağlık Araştırma ve Uygulama Merkezi Acil Servisi'ne Yüksekten Düşme Nedeniyle Başvuran Hastaların Analizi*. Edirne.
- Lafamme, L., Menckel, E. ve Lundholm, L. (1996). The Age-Related Risk Of Occupational Accidents: The Case Of Swedish Iron-Ore Miners. *Accident Analysis ve Prevention*, 28(3), 349-357.
- McHugh, M. L. (2013). The Chi-Square Test Of Independence. *Biochemia Medica*, 23(2), 143-149.
- Müngen, M. (1993). Doktora Tezi. *Türkiye'de İnşaat İş Kazalarının Analizi ve İş Güvenliğinin Sorunu*.
- Öztürk, T. (2019, Eylül). İş Kazalarını Etkileyen Faktörlerin Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemlerle Değerlendirilmesi. *Doktora Tezi*.
- Öztürk, T. (2020). Giyim Eşyası İmalat Sektöründe Meydana Gelen İş Kazası ve Meslek Hastalığı ile Sonrasındaki İyileşme Durumunun Cinsiyet Bakımından Değerlendirilmesi. *Business and Management Studies: An International Journal*, 8(3), 3424-3443.
- Parsons, T. J., Pizatella, T. J.ve Collins, J. W. (1986). Safety Analysis of High Risk Injury Categories Within The Roofing Industry. *Professional Safety*, 31(6), 13-17.
- Sawacha, E., Naoum, S. ve Fong, D. (1999). Factors Affecting Safety Performance on Construction Sites. *International Journal of Project Management*. *International Journal of Project Management*, 17(5), 309-315.
- Schultz, A. B. (1992). Mobility Impairment In The Elderly: Challenges For Biomechanics Research. *Journal of Biomechanics*, 25(5), 519-528.
- SGK (2021, Ocak 27). SGK.
http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_i_statistik_yilliklari adresinden alındı
- Soyuer, F. ve Soyuer, A. (2008). Yaşlılık ve fiziksel aktivite.
- Sümbüloğlu, K. ve Sümbüloğlu, V. (2012). *Biyoistatistik*. Ankara: Hatipoğlu.
- Turgut, K. (2016). Uzmanlık Tezi. *İnönü Üniversitesi Tıp Fakültesi Acil Servisine Yüksekten Düşme Nedeniyle Başvuran Hastaların Analizi*.
- Türen, U. ve Gökmen, Y. (2014). Türkiye'de Meydana Gelen İş Kazaları Sonucu Ölümler ile Çalışanların Yaş Faktörün Arasındaki İlişki. *Sosyal Güvenlik Dergisi*, 4(1), 101-119.
- Ünal Karagüven, M. H. (1997). Doktora Tezi. *İş Kazaları ile Stres, Kaygı ve Öfke Kavramları Arasındaki İlişkinin İncelenmesi: 9 Türk ve 2 İngiliz Tekstil Fabrikasında Yapılan Bir Araştırma*.
- Varianou-Mikellidou, C., Boustras, G., Dimopoulos, C., Wybo, J.-L., Guldenmund, F. W., Nicolaidou, O., ve Anyfantis, I. (2019). Occupational Health and Safety Management in the Context of an Ageing Workforce. *Safety Science*, 116, 231-244.
- WHO. (1998). *Ageing and Physical Activity*. Geneva: World Health Organization. Ekim 9, 2020 tarihinde https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/65230/WHO_HPR_AHE_98.1.pdf adresinden alındı



Skolyoz Hastaları İçin Omurga Ağrılarını Hafifleten Karbon Filmlı Korse Tasarımı

Mehmet Erhan Şahin^{1*}

^{1*} Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Biyomedikal Cihaz Teknolojisi Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1613-7493), erhansahin@isparta.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.849840)

ATIF/REFERENCE: Şahin, M.E., (2021). Skolyoz Hastaları İçin Omurga Ağrılarını Hafifleten Karbon Filmlı Korse Tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 416-420.

Öz

Skolyoz, nedeni tam olarak bilinmeyen omurganın ve omurlar arasında meydana gelen deformasyondur. Normal bir insan omurgasında omurlar bel sırt ve boyun bölgelerinde düz bir şekilde uzanırken skolyoz durumunda sola ya da sağa doğru yer değiştirmiş durumdadırlar. Skolyoz hastalığının tedavisi; fizik tedavi ile egzersiz, cerrahi operasyon ile omurgaya müdahale ve korse kullanımı ile yapılmaktadır. Korse tedavisinde, korsenin gün içinde uzun süre kullanımından dolayı korse tedavisi gören hastaların birçoğu omurga çevresinde oluşan ağrılardan şikayet etmektedir. Bu çalışmada uzun süre skolyoz korsesi kullanımına bağlı oluşan ağrılar en aza indirmek amaçlanmıştır. İlk olarak kişiye özel korse tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bu tasarım için 3 boyutlu tarayıcılar ve cad-cam yöntemleri kullanılmıştır. Fizik tedavide sıcak ve soğuk uygulamaları çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır. Üretilen skolyoz korsesinin omurga hizasına karbon film yerleştirilerek bu bölgenin ısınması sağlanmıştır. Ayrıca buraya eklenen mikroişlemci kontrollü elektronik bir devre yardımıyla fizik tedavi koşullarına uyum sağlayacak şekilde sıcaklık değerleri kontrolü sağlanmıştır. Bu sayede bölgeden geçen damarların genişlemesi, kan dolaşımının hızlanması ve ağrının hafiflemesi amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Skolyoz, Biyomedikal, Korse tasarımı

Corset Design Using Carbon Film For Scoliosis Patients To Relieve Spine Pain

Abstract

Scoliosis is the deformation that occurs between the spine and vertebrae of unknown cause. In a normal human spine, the vertebrae lie flat in the lower back and neck regions, while in the case of scoliosis, they are displaced to the left or right. Treatment of scoliosis disease; Physical therapy, exercise, surgical operation, intervention to the spine and using a corset. In corset treatment, most of the patients who receive corset treatment due to the long use of the corset during the day complain of pain around the spine. In this study, it was aimed to minimize the pain caused by the use of scoliosis brace for a long time. First, a personalized corset was designed. 3D scanners and cad-cam methods were used for this design. Hot and cold applications in physical therapy are used in the treatment of various diseases. Carbon film was placed at the spine level of the produced scoliosis corset and this area was warmed. In addition, with the help of a microprocessor controlled electronic circuit added here, temperature values are controlled in accordance with physical therapy conditions. In this way, it is aimed to expand the vessels passing through the region, accelerate blood circulation and relieve pain.

Keywords: Scoliosis, Biomedical, Corset design

* Sorumlu Yazar: erhan.sahin@isparta.edu.tr

1. Giriş

Eğrilik anlamına gelen skolyoz ilk olarak Hipokrat tarafından tarihte ilk defa "Corpus Hippocraticum" kitabında ortaya konmuştur (Weinstein ve Buckwalter, 2005). Sağlıklı bir bireyde vertebral kolon sagittal düzlem üzerinde fizyolojik eğriliklere sahipken; vertebrae koronal ve transvers düzlemlerde nötral pozisyonda yer alırlar. Koronal planda aynı çizgi üzerinde dizilmesi gereken vertebral kolonda herhangi bir nedenle bu dizilimin bozulmasına ve bir eğriliğin ortaya çıkmasına skolyoz denir (Şekil 1). Bir başka ifadeyle ayakta çekilen röntgen filimlerinde hesaplanan omurgalar arası Cobb açısı ile ölçülen 10° ve üzerindeki lateral eğrilikler skolyoz olarak tanımlanır (Korkmaz ve ark., 2015). Skolyoz yalnızca koronal plan üzerindeki bozulmalarla sınırlı kalmayıp sagittal ve aksiyel planları da içine alan 3 boyutlu bir deformiteyi oluşturur. Skolyoz, fiziki görüntü, sırt ağrısı gibi sorunların yanında akciğer kalp fonksiyon bozukluklarına neden olarak solunum sıkıntılarını yaşanmasına neden olabilir (Lenhert-Schroth, 2007, Solberg, 2008).



Şekil 1. Normal ve skolyoz omurga görünümü

Skolyoz oluşumunun birçok nedeni olabilir. Bunlar; çevresel faktörler, genetik faktörler, romatizmal hastalıklar, tümörler, nöromusküler ve idiyopatik (nedeni bilinmeyen) nedenlerdir (Skaggs ve ark., 2014). Çevresel faktörler, duruş pozisyonunun yanlış olması uzun süre bilgisayar kullanımı ve ağır yük taşınmasından kaynaklanabilir (Fadzan ve Bettany-Saltikov, 2017). Genetik faktörler, doğuştan olabilir. Nöromusküler nedenler, yumuşak dokularda oluşan bozukluklardan kaynaklanmaktadır. Kas veya kemik dokularda da meydana gelen zedelenmeler sonucunda da ortaya çıkabilmektedir (Weiss ve ark., 2016). İdiyopatik skolyoz nedeni tam olarak bilinmeyen bir tip skolyozdur Skolyoz hastalarının % 80-% 90'ında teşhis edilen en sık görülen idiyopatik skolyozdur (Lonstein, 1994).

Skolyoz, omuz seviyesi fark ölçümü ve eğilme testleri ile fiziksel muayene ile tespit edilebilir. Göz ile bakıldığında, vücut ile kollar arasındaki mesafenin farklı olduğu, omuz seviyesi ve kalçalar eşitsizlik, kürek kemiğinde tümsek ve göğüs kafesinde asimetri gözlemlenebilir. (Otman, 1998). Skolyozun kesin tanı yöntemi Şekil 2' de örnek olarak gösterildiği gibi tüm omurgayı kapsayan radyolojik röntgen görüntüleridir. Ayakta çekilen bu görüntüler ile omurganın eğrilik derecesi belirlenir. Omurga da eğriliğin başladığı ve bittiği omurlar arası açı derecesine bakılır. Bu açıya Cobb açısı denir. Radyolojik röntgen görüntülerinden

omurganın laterale olan 10 derece üzerindeki eğrilikler skolyoz olarak değerlendirilir (Karachalios ve ark., 1999, Greiner, 2016). Omurganın esnekliğini test etmek için bazı durumlarda magnetikrezonans (MR) görüntüleri gerekli olabilir.



Şekil 2. Örnek bir röntgen görüntüsü

Skolyoz hastalığının tedavisi, hastalığın çeşidine göre farklılık gösterir. Genellikle ilaç, egzersiz, fizik tedavi, korse kullanımı gibi tedavi yöntemleri uygulanmaktadır. Cerrahi tedavi ise en son tercih edilen yöntemdir. Fizik tedavi ile tedavide hasta belirli egzersiz hareketlerini yapması sağlanır. Yeni başlangıç ya da ilerlememiş vakalarda korse kullanımı uygulanır. Korse kullanımı hastalığın ilerlememesi ve cerrahi operasyona gerek kalmaması için önemlidir. Tedavi için kullanılan çeşitli korse tipleri vardır. Bunlar; Thoraco-Lumbo-Sacral Orthosis (TLSO) korsesi, kol altı korsesi olarak da adlandırılır, vücuda tam olarak oturacak şekilde kişiye özel üretilir. Cervico-Thoraco-Lumbo-Sacral Orthosis (CTLSO) korsesi, sırt bölgesi eğriliklerinde kullanılır. Charleston Bending korsesi, eğriliğin tersi yönde yön verilerek daha fazla düzeltici kuvvet uygulanır gece korsesi olarak da adlandırılır. SpinerCor; dinamik bir korse olup omurga hareketine izin verir, hastaya özel üretilir. Korse tedavi yönteminde olumlu sonuçlar alabilmek için bazı şartlar gereklidir. Buradaki en önemli husus korsenin vücut yapısına uygun olmasıdır. Ayrıca hasta egzersizlerini düzenli olarak yerine getirmelidir ve günde 20-23 saat korse kullanmalıdır. %20 ve %40 derece olan eğriliklerde, çocuklarının ergenlik dönemine girmeden önceki dönemlerde kullanılması etkili sonuçlar vermektedir. (Matsumoto ve ark., 2013, Weiss ve ark., 2003).

Fizik tedavide egzersiz, elektrik akımı, ışın ve ısı gibi birçok tedavi yöntemi kullanılmaktadır. Bunlardan sıcak ve soğuk uygulamalar sıklıkla kullanılan tedavi yöntemleridir. 1920'li yıllarda derin dokuların ısıtılmasını hedefleyen çalışmalar yapılmış ve günümüzde kullanılmaktadır (Altun ve ark., 2015). Sıcak uygulama ile yapılan tedavi (Termoterapi) de uygulanan bölgedeki kaslarda gevşeme olur. Kasların gevşemesi ile burada bulunan kan damarları genişler, kan dolaşımı hızlanır ve dokulara bol oksijen taşınır. Böylelikle burada bulunan dokularda rahatlatma ve hücrelerde yenilenme sağlanır. Aynı zamanda sıcak uygulamanın sinir dokusu üzerine etkileri üzerinden çalışmalar yapılmakta ve sinir uyarılma eşliğinin düştüğü, sinir ileti hızlarını arttığı gözlemlenmiştir (Oğuz, 2004).

Bu çalışmada gün içinde 20-23 saatleri bulun uzun süre korse kullanan skolyoz hastalarının omurgalarında oluşan ağrıları hafifletmek amaçlanmıştır. Bu amaçla vücut ölçülerine uygun olarak korse tasarımı gerçekleştirilmiştir. Uzun kullanıma bağlı ağrıyı gidermek için fizik tedavide de kullanılan bölgesel ısı uygulaması omurga hizasına yerleştirilen karbon film ve otomatik kontrollü bir sistem tasarlanmıştır. Bu sayede buradaki ağrı noktalarında kan dolaşımı hızlandırılarak ağrıyı hafifletme hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Cad-Cam ile Korse Tasarımı

Skolyoz korse yapımında hastanın vücut ölçüsünü alabilmek için alçıdan kalıp çıkarılarak el ile düzeltme yapılmaktaydı. Şekil 3'de görüldüğü gibi ilerleyen teknoloji sayesinde lazer tarama yöntemi veya üç boyutlu kameralar ile hastanın üç boyutlu görüntüsü elde edilebilmektedir. Bu sayede hastanın alçı ile teması ortadan kalkmakta, ölçü alma işlemi süresi kısaltmakta, her açıdan mutlak bir standardizasyon sağlanmaktadır.



Şekil 3. 3D kamera ile tarama örnek görüntü

3 boyutlu vücut tarama için stereografik, yapısal ışık ve lazer tarama yöntemi gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu tarama yöntemleri, kişi veya nesne sabit bir şekilde durduğu andaki görüntülerini kullanarak hızlı bir şekilde dijital olarak oluşturulmasını sağlamaktadır. Lazer tarama yönteminde, vücut üzerine bir lazer ışık çizgisi oluşturmakta ve bu çizgi tarama için yer alan başlıklardaki kameralarla eşleştirilmektedir. (Yüksel ve Oktav Bulut, 2019).

Şekil 4' de görüldüğü üzere lazer tarama işlemi ile hastanın 3 boyutlu vücut görüntüsü dijital olarak bilgisayar ortamına aktarıldıktan sonra tarama görüntüsü ile hastanın röntgen filmi görüntüleri birleştirilerek 3 boyutlu model uzman kişi tarafından düzeltmeler yapılarak tasarlanır.



Şekil 4. 3D bilgisayar görüntüsü

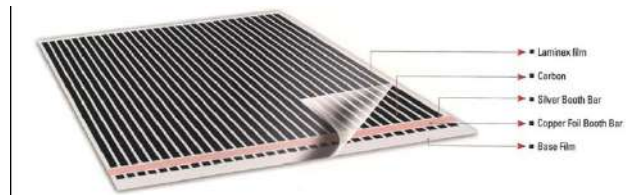
Dijital olarak elde edilen 3 boyutlu görüntü robotik model işleme CNC makineleri tarafından hassas bir şekilde üretilmektedir. (Şekil5). Son yıllarda teknolojik gelişmeler sayesinde korse üretimi 3D yazıcılar sayesinde de yapılabilmektedir.



Şekil 5. Robotik model üretim görüntüsü

2.2. Karbon Film

Karbon filmler; tel ve rezistans kullanılmadan üretilen ısıtıcılardır. İçerisindeki nano-karbon özel karışım ile ısıtma sağlanır. Şekil 6' da görüldüğü gibi ısı kaynağı ortamlarda yer alan siyah renkli çok ince nano-karbon katmanlardır ve çok sayıda katmandan oluşur. Isıtıcı film 0,5 mm kalınlığındadır. Karbon film, çok kısa sürede ısındığı için etrafı anında ısıtmaya başlar. Isı, yüzeyde eşit olarak dağılır ve böylece tüm bölgenin kolayca ısınması sağlanır. Karbon filmlerin elektrik beslemesi her iki tarafında bulunan gümüş iletkenler ile yapılır. Yalıtkan malzemeden üretildiğinden elektrik kaçağı oluşturmaz ve kişiye herhangi bir zarar vermez (Erden ve Yıldız, 2015).



Şekil 6. Karbon film

- Fadzan, M., & Bettany-Saltikov, J., (2017). Etiological Theories of Adolescent Idiopathic Scoliosis: Past and Present, *The Open Orthopaedics Journal*, 11 (Suppl-9), 1466-1489.
- Greiner, K., American Family Physician., (2016). Adolescent Idiopathic Scoliosis: Radiologic Decision-Making, <http://www.aafp.org/afp/2002/0501/afp20020501p1817-f2.gif>
- Huang, J, Xu, W., (2006). A New Practical Unit for the Assessment of the Heat Exchange of Human Body with the Environment, *Journal of Thermal Biology*, 31: 318-322.
- Karachalios, T., Sofianos, J., Roidis, N., Sapkas, G., Korres, D., and Nikolopoulos, K., (1999). Ten-Year Follow-Up Evaluation of a School Screening Program for Scoliosis, *Spine*, 24- 22, 2318-2324.
- Korkmaz, M.F., Sevimli, R., Selcuk, E.B., Cigremis, Y., (2015). Üç Boyutlu Omurga Deformitesi: Skolyoz, *Medicine Science*, 1796-808, doi: 10.5455/medscience.2014.03.8177.
- Lonstein, D., (1994). Adolescent idiopathic scoliosis. *Lancet*, 1994;344(8934):1407-12. doi: 10.1016/s0140-6736(94)90572-x, PubMed: 7968079.
- Lenhert-Schroth, C. ,(2007). The Schroth scoliosis three dimensional treatment. Norderstedt: Books on Demand GmbH.
- Matsumoto, M., Watanabe, K., Hosogane, N., Toyama, Y., (2013). Updates on surgical treatments for pediatric scoliosis, *The Japanese Orthopaedic Association*, 19:6-14.
- Oğuz, H. (2004). Tedavide sıcak ve soğuk, *Tıbbi Rehabilitasyon*. s. 333-353, 2. Baskı Cilt-1, İstanbul: Nobel Tıp Kitabevleri,
- Otman, A., S., Demirel H., Sade, A., (1998) *Tedavi Hareketlerinde Temel Değerlendirme Prensipleri*. 2. Baskı. Hacettepe Üniversitesi Fizik Tedavi ve Rehabilitasyon Yüksekokulu Yayınları.
- Öngel, K., Mergen, H., (2009). Isıl Konfor parametrelerinin insan vücudundaki etkilerine yönelik literatür taraması, *S.D.Ü. Tıp Fakültesi Dergisi* 2009;16(1)/ 21-25.
- Skaggs, D.L., Akbarnia, B.A., Flynn, J.M., Myung, K.S., Sponseller, P.D., Vitale, M.G., (2014). Classification of Growth Friendly Spine Implants, *J Pediatr Orthop.*, Volume 34, p 260- 274.
- Solberg, G., (2008). *Postural disorders & Musculoskeletal Dysfunction Diagnosis Prevention and Treatment*, Sydney: Churchill Livingstone.
- Yıldız, M., Gunt, A., Er, P., Gürler, V , Naneci, M . (2019). Termoelektrik Modül Kullanılarak Gerçekleştirilen Bilgisayar Tabanlı Fizik Tedavi Cihazı, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7 (1), 689-698. doi: 10.29130/dubited.466488
- Yüksel, H., Oktav Bulut, M. (2019). Üç Boyutlu Tarama Sistemleri, *Tekstil ve Mühendis*, 26: 116, 406-414. <https://doi.org/10.7216/1300759920192611612>
- Weinstein, S.L., Buckwalter, J.A., (2005). *Turek's Orthopaedics Principles and Their Application*. 6th edition, Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 482- 92.
- Weiss, H.R., Weiss, G., & Petermann, F., (2003). Incidence of curvature progression in idiopathic scoliosis patients treated with scoliosis in-patient rehabilitation (SIR): an age-and sex-matched controlled study, *Pediatric Rehabilitation*, 6(1), 23-30.
- Weiss, H.R., Turnbull, D., Tournavitis, N., Borysov, M., (2016). Treatment of Scoliosis Evidence and Management (Review of the Literature), *Middle East J Rehabil Health*. 2016 April; 3(2): e35377.



Antimicrobial and Antioxidant Activities of Different Spice Extracts

Gulten Okmen^{1*}, Kutbettin Arslan², Ridvan Tekin³, Irem Camur⁴, Sabri Gorda⁵

^{1*} Mugla Sitki Kocman University, Faculty of Science, Department of Biology, Mugla, TURKEY (ORCID: 0000-0003-3207-6715) gultenokmen@gmail.com

² Mugla Sitki Kocman University, Faculty of Science, Department of Biology, Mugla, TURKEY (ORCID: 0000-0002-7724-7875) kutbettinarslan@gmail.com

³ Mugla Sitki Kocman University, Faculty of Science, Department of Biology, Mugla, TURKEY (ORCID: 0000-0001-7282-4613) rdvn.tkn21@gmail.com

⁴ Mugla Sitki Kocman University, Faculty of Science, Department of Biology, Mugla, TURKEY (ORCID: 0000-0002-9531-5296) iremcamurrr@gmail.com

⁵ Mugla Sitki Kocman University, Faculty of Science, Department of Biology, Mugla, TURKEY (ORCID: 0000-0002-9531-5296) sabrigorda8@gmail.com

(First received December 2020 and in final form January 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.848958)

ATIF/REFERENCE: Gulten, O., Arslan, K., Tekin, R., Camur, I., & Gorda, S. (2021). Antimicrobial and Antioxidant Activities of Different Spice Extracts. *European Journal of Science and Technology*, (22), 421-429.

Abstract

Up to day, very little work has been done on the antimicrobial activity of spices extracts against food pathogens. Additionally, there is very little information about the antioxidant activities of spices. The aim of this work was to investigate the antimicrobial effects of spices extracts against food pathogens, and its non-enzymatic antioxidant potentials. The plants have been provided from C2 region of Mugla and local herbalists. Antimicrobial activities of plants were evaluated using disc diffusion method. The extracts showed maximum inhibition zone against various microorganisms, and the zone was 8 mm. *Candida albicans* and *Listeria monocytogenes* showed the lowest sensitivity to different extracts (3250 µg/ml). In addition, the extracts were tested against the DPPH [2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl] free-radical for antioxidant activity. A lot of extracts were displayed a high antioxidant activity. The highest antioxidant activity was determined on *Nigella sativa* (84%). In this study determined that the spices extracts have antimicrobial and antioxidant properties.

Keywords: *Coriandrum*, *Mentha*, *Ribes*, *Nigella*, *Thymus*, *Origanum*, *Crocus*, food pathogen, biological activity

Farklı Baharat Özütlerinin Antimikrobiyal ve Antioksidan Aktivitelerinin Saptanması

Öz

Günümüze kadar, gıda patojenlerine karşı baharat özütlerinin antimikrobiyal aktivitesi üzerine çok az çalışma yapılmıştır. İlâveten, baharatların antioksidan aktiviteleri hakkında çok az bilgi vardır. Bu çalışmanın amacı, gıda patojenlerine karşı baharat özütlerinin antimikrobiyal etkilerini ve bunların enzimatik olmayan antioksidan potansiyellerini araştırmaktır. Bitkiler, Muğla'nın C2 bölgesinden ve yerel aktarlardan sağlanmıştır. Bitkilerin antimikrobiyal aktiviteleri disk difüzyon metodu kullanılarak ölçülmüştür. Buna ek olarak, özütler antioksidan aktivite için 2,2-Difenil-1-pikrilhidrazil (DPPH•) serbest radikale karşı test edilmiştir. Özütler, çeşitli mikroorganizmalara karşı maksimum inhibisyon zonu göstermiştir ve bu zon 8 mm'dir. *Candida albicans* ve *Listeria monocytogenes*, farklı bitki özütlerine en düşük duyarlılığı göstermiştir (3250 µg/ml). Özütlerin birçoğu yüksek antioksidan aktivite sergilemiştir. En yüksek antioksidan aktivite *Nigella sativa*'da saptanmıştır (%84). Bu çalışmada, baharat özütlerinin antimikrobiyal ve antioksidan özelliklere sahip olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Coriandrum*, *Mentha*, *Ribes*, *Nigella*, *Thymus*, *Origanum*, *Crocus*, gıda patojeni, biyolojik aktivite

* Corresponding Author: gultenokmen@gmail.com

1. Introduction

Foodborne diseases emerge as an increasingly serious public health problem all over the world. The control of pathogens can significantly reduce foodborne disease outbreaks (Kiran et al., 2008). In 2005, it was reported that 1.8 million people died from diarrheal diseases (WHO, 2005), this is substantially due to contaminated food and drinking water. Antimicrobial resistance is a particular problem for bacterial pathogens in the food chain. For more than 50 years, the use of antimicrobial agents in both human and veterinary has been an important factor in the treatment of infectious diseases, but as a result, the development of antimicrobial resistance has increased and become widespread. The consequences of this resistance in terms of public health are a failure in treatment, long-lasting illnesses, the progression of systemic infections, an increased number of hospitalizations, and increased mortality (WHO, 2008).

Medicinal plants are very powerful and effective sources of drugs, they are also used for medicinal purposes in different countries (Srivastava et al., 1996). Nowadays, the importance of using spices and extracts for food preservation has increased because consumers are directed to foods with minimal processing and no chemical additives. It is known that extending the shelf life of perishable foods with natural additives is of great importance. In parallel with the emergence of various harms of chemical additives on human health and various studies that demonstrate the benefits of spice ingredients, the use of spices in foods has gained more importance (Üner et al., 2000).

Crocus sativus (Safran), one of the oldest known spices, is from the family Iridaceae, it is a 20-30 cm tall *Crocus* plant that blooms in autumn, and is a spice obtained from this plant. Saffron is used among people as a sedative and pain medication in gastrointestinal diseases. It is also used in the treatment of diseases such as heart palpitations, shortness of breath, gout, impotence, anemia (Rios, et al., 1996; Baytop, 1999). Modern pharmacological studies show that saffron extracts and their active components have anticonvulsant (Hosseinzadeh and Khosravan, 2002a), antidepressant (Hosseinzadeh, et al., 2004), anti-inflammatory (Hosseinzadeh and Younesi, 2002b), and antitumor effects (Escribano et al., 1996). Moreover, saffron has antioxidant (Verma, 1998; Martinez, et al., 2001) anti-viral, diuretic, hypoglycemic and hypocholesterolemic activity (Wintherhalter, 2000).

The common feature of *Thymus serpyllum* (Kekik) species mostly used in our country is that they contain essential oil and the main components of these essential oils are thymol and carvacrol. It has antiseptic, balsamic, anticonvulsant, and antibiotic properties. It is used in the treatment of pertussis, hookworms, mouthwash, gums (Gürsoy and Gürsoy, 2004). It is good for the stomach and also has soothing, worm-lowering, blood circulating stimulating effects and is used as a spice in kitchens (Baytop, 1999).

Coriandrum sativum L. (Kışniş) is from the family Umbelliferae (Baytop, 1999; Akgül, 1993). It is an annual, herbaceous, 20-60 cm tall plant. The spice contains essential oil, tannins, resins, and sugars. It is good for the stomach and has a degassing effect (Baytop, 1999). It has been reported in folk medicine to relieve headaches, toothaches, finger pains, dizziness, throat (pharyngitis), and tongue swelling, to

strengthen the heart and stomach, to treat hemorrhoids and bloody diarrhea, urinary tract infections, and hives and thrush (Pamuk, 1998).

Nigella sativa (Çörek otu) is a family of Ranunculaceae and is known as black seed, black cumin, or a cornucopia (fertility grain) in our country, which is very rich in plant diversity. The structure of the unsaturated oil includes oleic acid, linoleic acid, eicozadienoic, arachidonic acid, and linolenic acid, while the saturated fatty acids include myristic acid, palmitic acid, and stearic acid. Studies conducted on *Nigella sativa* seeds and their components have shown anti-cancerogenic (Kaseb et al., 2007), anti-tumoral (Badary, 1999), anti-ulcerogenic (Kanter et al., 2005), antibacterial (Halawani, 2009), anti-inflammatory and analgesic (Abdel-Fattah et al., 2000), antioxidant (Badary et al., 2000), it has hypoglycemic effects (Badary et al., 1998; Badary 1999). The essential bioactive component of black seed essential oils, thymoquinone has been used as an antioxidant, anti-inflammatory, and antineoplastic drug for a long time (Trang et al., 1993; Hosseinzadeh et al., 2004).

Mentha (Nane), a genus of the Labiatae (Ballıbabagiller) family, has about 7 species in Anatolia. Of these, the smell of *Mentha piperita* L. is special and strong, and the taste is cooling. It is used to relieve nausea, degassing, and odor. The essential oil obtained by water vapor distillation from the flowering and leafy branches of the *Mentha piperita* species is called peppermint. This essential oil is used for a mild antiseptic, refreshing, fragrance, and nausea.

Ribes nigrum (Kuş üzümü, siyah frenk üzümü) is a deciduous and aromatic shrub that can develop up to 2 m tall (Rehder, 1986). Plant buds are a rich source of aroma-volatile compounds, the majority of which consisted of oxygenated fractions of hydrocarbons and terpenes (Dvaranauskaite et al., 2009). As a result of studies on buds, total phenolics, and antioxidants are extracted and then used in most applications (Tabart et al., 2006; 2007; 2011; Dvaranauskaite et al., 2008). Traditionally, plant leaves are used in folk medicine in Europe to treat rheumatism, arthritis, and respiratory problems (Stević et al., 2010). The leaves have been reported to show anti-inflammatory activity in various trials (Declume, 1989; Garbacki et al., 2005). Besides, the composition and antimicrobial activity of essential oils of the plant buds and leaves have been reported in recent years (Opera et al., 2008; Stević et al., 2010).

Origanum majorana L. (Mercan köşkü) is known as the Cyprus medical endemic plant and "Sampsishia". Johannes et al. (2002) reported the essential oils of this plant. Essential oils are used for sauces, seasonings, and other products (deVincenzi et al., 1997). The plant used in India as a diuretic, anti-asthma, and anti-paralytic (Yadava and Khare, 1995), and also is a common salad plant (Picton et al., 2000). Also, tea is made from herbal vinegar and leaves (Facciola et al., 1998). Used in cancer treatment (Leung et al., 2003), Stefanakis et al. (2013) reported that essential oil extracted from various types of *Origanum* can be used for the disinfection of rotifers, Abdel Massih et al. (2010) reported that it has antiproliferative and antioxidant activity. Koidis et al. (1996) reported their inhibitory effect on the development of *Campylobacter jejuni* in their study with 4 spices including marjoram.

The World Health Organization (WHO) reports that medicinal plants may be the top source for providing the

diversity of drugs, however, the impact and safety of such plants should be better understood (Nascimento et al., 2000). Although there are studies on the biological activity of spices, Turkey's Mugla at widely grown and used spices, there are no studies on antimicrobial activity and antioxidant activity against food pathogens. The goal of this study is to investigate the biological activities of different spices against food pathogens and to contribute to the lack of information on these activities in the literature.

2. Material and Method

2.1. Plant materials

Spice samples, which are research materials, were obtained from Muğla (C2) region and local akthars. There are 7 spices used in the study; *Mentha piperita* (mint), *Ribes nigrum* (currant), *Nigella sativa* (black seed), *Origanum majorana* (marjoram), *Thymus serpyllum* (thyme), *Coriandrum sativum* (coriander), *Crocus sativus* (saffron). Spice materials were identified by Dr. Olcay Ceylan and samples are stored in the herbarium of the Department of Biology, Mugla Sıtkı Kocman University, Turkey. The identification of plant materials was made according to Davis (1978).

2.2. Organisms

The four food pathogens were used in the study, 3 of them are bacteria and one is yeast. These; *Escherichia coli* ATCC11229, *Salmonella* Typhimurium RSKK19, and *Listeria monocytogenes* ATCC7644 are bacteria, and the yeast is *Candida albicans* RSKK02029. Bacterial cultures were developed at Mueller-Hinton Broth (Merck) environment at 37°C for 24 hours, and yeast at Sabouraud Dextrose Agar medium (at 30°C for 24 hours). Microorganisms were obtained from ATCC (American Type Culture Collection, USA), and RSKK (Refik Saydam National Type Culture Collection, Turkey).

2.3. Preparation of spice materials

The samples were washed 2-3 times in flowing water and once in sterile distilled water. The spices are dried in the air and powdered in the slicer. All materials were held on at room temperature until sample preparation, then stored at 4°C till needed for analysis.

2.4. Preparation of spice extracts

Air-dried and powdered samples were extracted with methanol and ethanol using the Soxhlet apparatus. The essential extracts of spices with essential oil content were taking into the Clevenger apparatus and essential oils were obtained. After the extracts in organic solvents were evaporated, each of them was preserved under refrigerator conditions until used in small sterile opaque bottles in its own solvent.

2.5. The Cultivation of organisms

There are 3 bacteria to be used in the study, *Escherichia coli* ATCC11229, *Salmonella* Typhimurium RSKK19, and *Listeria monocytogenes* ATCC7644. However the yeast agent is a 1 and that is *Candida albicans* RSKK02029. Microorganisms were produced by incubation at their own temperatures for 24 hours in Mueller-Hinton Broth (MHB, Merck) medium. The active

cultures were used for all trials. Turbidite of all bacterial cultures was set to 0.5 McFarland.

2.6. Determination of Antimicrobial Activity

Antimicrobial activity studies were conducted using Kirby-Bauer (1966) disc diffusion method. The methanol, ethanol, and aqueous extracts of spice samples (150 mg/ml) were tested by disk diffusion method, cultures were incubated on Mueller-Hinton Agar plates (MHA, Merck) for 24 hours at their own temperature. Turbidity of bacterial cultures is set at 0.5 McFarland. After the incubation, the inhibition zones formed were recorded in mm.

2.7. Determination of Minimum Inhibitor Concentration (MIC)

In this study, the values of minimum inhibitory concentration (MIC) of spice extracts as another antibacterial activity was also determined. MIC was considered to be the lowest concentration that inhibits growth after incubation. The liquid dilution method has been tried as described in CLSI standards (CLSI, 2003; CLSI, 2006). The final concentrations of extracts were adjusted to 13000, 6500, 3250, 1625, 812.5, and 406.25 µg/ml.

2.8. Determination of Non-Enzymatic Antioxidant Activity

Non-enzymatic antioxidant activity was determined using DPPH [2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl] as a free radical. Stable DPPH was used to determine the free radical scavenging activities of the extracts. The extract (0.1 ml) was added to 3.9 ml of 0.1 mM methanol DPPH solution. After 30 minutes of incubation, the absorbance of the extract was measured at 515 nm using a spectrophotometer. While methanol DPPH solution was used as a control, methanol was used as a blind. Trolox was used as a reference antioxidant. DPPH was calculated using the scavenging capacity formula and given as (%) (Brand-Williams et al., 1995).

3. Results and Discussion

In this study, antibacterial activity studies were conducted using the disk diffusion method reported by Kirby-Bauer (1966). The plant extracts (150 mg/ml) were tested by the disk diffusion method, and the cultures were incubated on Mueller-Hinton Agar plates for 24 hours at their own temperature. At the end of antimicrobial activity studies, methanol and aqueous extracts of *Ribes nigrum* (currants) showed effective antibacterial activity against *Salmonella* Typhimurium RSKK19. The antibacterial activities of other spice extracts against this bacterium have not been found. In another bacterium, *Escherichia coli* ATCC11229, only one extract showed effective activity. This is *Nigella sativa* ethanol extract (8 mm). 2 different spice extract showed antibacterial activity against *Listeria monocytogenes* ATCC7644. These are *Mentha piperita* (7 mm) and *Origanum majorana* (7mm) spices, respectively. The antibacterial activities were not found in other spices extracts. 2 spices were effective against *Candida albicans* RSKK02029. While only ethanol extract of *Nigella sativa* (8 mm) was effective, *Thymus serpyllum* (8 mm) showed activity in both ethanol and methanol extracts. No antimicrobial activity was determined from either of the other

spices studied. These are *Coriandrum sativum* and *Crocus sativus* (Table 1).

Table 1. Antimicrobial activities of spice extracts against food pathogens

Plant (150 mg/ml)	Solvent	Inhibition Zone Diameters (mm)			
		Microorganisms			
		<i>Salmonella</i> Typhimurium RSKK19	<i>Escherichia coli</i> ATCC11229	<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC7644	<i>Candida albicans</i> RSKK02029
<i>Mentha piperita</i>	Ethanol	-	-	7	-
	Methanol	-	-	-	-
	Aqueous	-	-	-	-
<i>Ribes nigrum</i>	Ethanol	-	-	-	-
	Methanol	8	-	-	-
	Aqueous	8	-	-	-
<i>Nigella sativa</i>	Ethanol	-	8	-	8
	Methanol	-	-	-	-
	Aqueous	-	-	-	-
<i>Origanum majorana</i>	Ethanol	-	-	7	-
	Methanol	-	-	-	-
	Aqueous	-	-	-	-
<i>Thymus serpyllum</i>	Ethanol	-	-	-	8
	Methanol	-	-	-	8
	Aqueous	-	-	-	-
<i>Coriandrum sativum</i>	Ethanol	-	-	-	-
	Methanol	-	-	-	-
	Aqueous	-	-	-	-
<i>Crocus sativus</i>	Ethanol	-	-	-	-
	Methanol	-	-	-	-
	Aqueous	-	-	-	-

(-): No Zone

In this study, 3 reference antibiotics were used as the positive control. These are penicillin (10µg), chloramphenicol (30µg), and nystatin (100µg). Chloramphenicol strongly inhibited the

growth of *Salmonella* and *Listeria*. Nystatin, on the other hand, weakly inhibited the growth of *Candida albicans* (Table 2).

Table 2. Effects of reference antibiotics and solvents against food pathogens

Microorganisms	Inhibition Zone Diameters (mm)					
	Antibiotics			Solvent		
	Penicillin (10 µg)	Chloramphenicol (30 µg)	Nystatin (100 µg)	E	M	A
<i>Salmonella</i> Typhimurium RSKK19	9	22	NT	-	-	-
<i>Escherichia coli</i> ATCC11229	8	21	NT	-	-	-
<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC7644	7	22	NT	-	-	-
<i>Candida albicans</i> RSKK02029	NT	NT	7	-	-	-

NT: Not Tested; E: Ethanol; M: Methanol; A: Aqueous; (-): No Inhibition

Another antimicrobial activity test in this study is MIC. It contains MIC values of different solvents of different spices provided by the broth dilution method. MIC test was not applied to *Coriandrum sativum* and *Crocus sativus*, which did not show antimicrobial activity. According to the results obtained from

this study, the lowest MIC value was determined from *Origanum majorana* and *Mentha piperita* (3250 µg/ml) against *Listeria monocytogenes* ATCC7644, and *Candida albicans* RSKK02029, the lowest MIC value (3250 µg/ml) was determined from *Thymus serpyllum* extract (Table 3).

Table 3. Minimum inhibitory concentrations of spice extracts ($\mu\text{g/ml}$)

Extract	Solvent	<i>Salmonella</i> <i>Typhimurium</i> RSKK19	<i>Escherichia coli</i> ATCC11229	<i>Listeria monocytogenes</i> ATCC7644	<i>Candida albicans</i> RSKK0209
<i>Mentha piperita</i>	Ethanol	nt	nt	3250	nt
<i>Ribes nigrum</i>	Methanol	6500	nt	nt	nt
	Aqueous	-	nt	nt	nt
<i>Nigella sativa</i>	Ethanol	nt	13000	nt	6500
<i>Origanum majorana</i>	Ethanol	nt	nt	3250	nt
<i>Thymus serpyllum</i>	Ethanol	nt	nt	nt	3250
	Methanol	nt	nt	nt	13000

(nt): Not Tested ; (-): No minimum concentration of inhibitors was observed at concentrations up to 13000 $\mu\text{g/ml}$.

Antioxidant activity studies have been done on ethanol, methanol, and aqueous extracts of all spice extracts, and the obtained data are given in Table 4. According to the results of this study; the highest antioxidant activities were determined from the aqueous extract of *Mentha piperita* (%83.8), methanol extract of *Nigella sativa* (%84), methanol extract of *Ribes nigrum* (% 83.3), methanol extract of *Crocus sativus* (%82.8), methanol extract of *Thymus serpyllum* (%60.8), the aqueous

extract of *Origanum majorana* (%78.4) and from the methanol extract of *Coriandrum sativum* (%82.4). The antioxidant activities of spices have been determined from highest to lowest, as *Nigella* > *Mentha* > *Ribes* > *Crocus* > *Coriandrum* > *Origanum* > *Thymus*. Another striking point is that high antioxidant activities were obtained from methanol extracts when organic solvents were compared (Table 4).

Table 4. DPPH radical scavenging activities of different spice extracts (150 mg/ml)

Plant	EE		ME		AE	
	Scavenging (%)	TE	Scavenging (%)	TE	Scavenging (%)	TE
<i>Mentha piperita</i>	1.64	1.67	51.9	1.78	83.8	2.33
<i>Nigella sativa</i>	63.3	2.27	84.1	2.35	55.3	1.79
<i>Ribes nigrum</i>	29.5	1.95	83.3	2.34	63.8	1.96
<i>Crocus sativus</i>	72.8	2.37	82.8	2.33	44.1	1.59
<i>Thymus serpyllum</i>	52.8	2.17	60.8	1.95	54.1	1.77
<i>Origanum majorana</i>	24.7	1.90	77.2	2.23	78.4	2.23
<i>Coriandrum sativum</i>	73.4	2.38	82.4	2.32	23.8	1.21

TE: Trolox Equivalent (mM trolox/g DW); DW: Dry weight; EE: Ethanol extract; ME: Methanol extract; AE: Aqueous extract

Today, consumers prefer more natural foods, the effects of toxic synthetic foodstuffs, and the increasing resistance of pathogenic microorganisms to antibiotics is pointed out as a good source of food preservatives of natural compounds isolated from plants (Smith et al., 2001; Burt, 2004; Peschel et al., 2006). Medicinal and aromatic plants provide an adequate source of biologically active compounds, many of which are used in the development of new pharmacological (Palombo, 2011).

In the current study, extracts of spices in different solvents were tested against 4 food pathogens. Antimicrobial activity was compared with standard antibiotics (Tables 1 and 2). In this study, various extracts of different spices were tested against test microorganisms, and their antimicrobial potentials were determined by inhibition zone diameter and MIC.

In this study, *Nigella sativa* shown activity against *Escherichia coli* and *Candida albicans* (Table 1). In a study, the inhibitory effects of sage, rosemary, black seed, cumin, clove, thyme, and their basic components were analyzed. In the study, it was determined that various essential oils prevent microbial growth even at a 0.25-12 mg/ml ratio, and essential oils and their basic components are more effective on Gram-negative bacteria than Gram-positive bacteria (Farag et al., 1989). These studies show a similarity to our results. Besides, another study on the effectiveness of seven spices (cumin, thyme, laurel, myrtle leaf, e-ISSN: 2148-2683

immortelle, marjoram, laurel) extracts on the growth of *Escherichia coli* O157:H7 was reported that thyme and marjoram show higher antimicrobial activity than other spice varieties (Sagdiç et al., 2003). Khalid et al., (2011) in their study, reported that *Nigella* showed antibacterial activity against the 5 test bacteria. Our results differ compared to those obtained from this literature. These differences may be due to environmental and genetic factors, as well as different chemotypes and nutritional status of plants and it is possible to be affected by the change of oil composition depending on other factors (Özcan and Chalchat, 2002). Aridoğan et al. (2002) reported that *Mentha piperita* was ineffective against *Escherichia coli*. This study supports our results. Aridoğan et al. (2002) reported that *Origanum onite* essential oil shows a 25 mm inhibition zone against *Escherichia coli*. As a result of our studies, no antibacterial effect of *Origanum majorana* extracts against *Escherichia coli* was detected (Table 1). In our study, the antimicrobial activity of *Ribes nigrum* extracts against *Escherichia coli* and *Candida albicans* was not detected (Table 1). Similarly, Rauha et al. (2000) achieved the same result in their study.

In this study, the authors were determined that *Origanum majorana* extract show activity (7mm) against *Listeria monocytogenes* (Table 1). Based on the information in the literature, it is reported that *Origanum majorana* may be useful as an antimicrobial agent, and this oil has great potential in

industrial applications (Ezzeddine et al., 2001). Ting and Deibel (1992) investigated the effect of some spices on the growth of *Listeria monocytogenes*, they found that the minimum inhibition concentration of cloves or dianthus, and wild marjoram was 0.5-0.7% a/h. They were the two most effective spices. In a part of the study, the effects of cloves, wild marjoram, and sage tea at 4°C and 24°C on the survival and growth of *Listeria monocytogenes* (Scott A) were investigated. At the end of this study, whereas clove showed bactericide, wild marjoram showed the bacteriostatic effect. These studies from the literature support our results.

According to the results obtained from the *Mentha piperita* studies, it was determined that ethanol extracts have effective antibacterial activity against the *Listeria* (7 mm), and the MIC value was determined as 3250 µg/ml (Tables 1 and 3). However, İşcan et al. (2002) reported a MIC value lower than the MIC value in this study. The reason for the difference between studies may be related to the fact that the mint used in the trials was collected from different regions and the menthol contents were different from each other (Özcan and Chalchat, 2002).

Coriandrum sativum (coriander) and *Crocus sativus* (saffron) extract were determined to not show antimicrobial activities against test microorganisms (Table 1). Soureshjan and Heidari (2014) reported that saffron did not show activity against *Escherichia coli* in their study. These results support our work. Acar et al. (2010) reported that different *Crocus* species have antimicrobial activity in their study. Asgarpanah et al. (2013) reported that *Crocus sativus* has antibacterial activity against *Salmonella* and *Escherichia coli*. Jastaniah (2014) reported that these plant extracts show antibacterial activity against *Escherichia coli* and *Salmonella*. Antimicrobial activity alters highly dependent on spice or plant species, test environment, and microorganisms (Indu and Hatha, 2006). As a result of our study, we were determined that *Thymus serpyllum* showed anticandidal activity, and an 8 mm inhibition zone was determined by ethanol and methanol extracts (Table 1). These results support our work. In this study, the MIC value against *Candida albicans* was determined as 3250 and 13000 µg/ml. Nikolic et al. (2014) reported the MIC value as 2 µg/ml in their study.

The screening of plant extracts with the DPPH free-scavenging method to determine antioxidant activities is an effective selection method. The plant extracts can be rich in flavonoids for radical scavenging activity. The free radical scavenging and antioxidant activities of most medicinal plants have been reported in the literature. These properties of medicinal plants are effective against cancer, tissue inflammation, and cardiovascular diseases (Cai et al., 2004).

In our antioxidant activity studies, antioxidant activities of different solvents were scanned for all spices, and different results were obtained according to plants, and high antioxidant activities were determined (Table 4). The high antioxidant activities are associated with the number of phenolic ingredients and total flavonoids in the extracts. Flavonoids are known as powerful radical scavengers (Robak and Gryglewski, 1988). Burits and Bucar (2000) reported that spice has antioxidant activity and essential oil composition in their study with *Nigella sativa*. Another study reported that rosmarinic acid content was very high in *Oregano* extracts (Chen and Ho, 1997). In a study with *Mentha*, strong radical scavenging compounds have been reported, such as monoterpene ketones and 1,8-cineole

(menthone and iso menthone) (Mimica-Dukic et al., 2003). Zheng and Wang (2001) and İşcan et al. (2002) reported that there are phenolic compounds in the structure of the essential oils of *Mentha piperita*. Darughe et al. (2012) reported that *Coriandrum sativum* essential oils contain phenolic compounds in their chemical composition. Wong and Kitts (2006) reported in their study with coriander, the antioxidant activity of root methanol extracts as 44%, however, the result obtained from our studies was 82.35% and higher. The essential oil composition of *Coriandrum sativum* leaves is monoterpenes, aldehydes, alcohols, and alkanes as reported (Matasyoh et al., 2009). Oussalah et al. (2007) reported that *Coriandrum sativum* had linalool in its essential oil, terpene, terpinene, and thymol in the essential oil of *Origanum majorana*, and *Thymus serpyllum*'s oil had cymene and carvacrol. These results obtained from the literature support our studies. Ramadan et al. (2012) reported that ethanolic extracts (20, 40, 60, 80, and 100 mg/ml) of *Crocus sativus* at different concentrations did not show antioxidant activity, while Ferrara et al. (2014) studies showed 14-16% antioxidant activity. As a result of our studies, high antioxidant activity was found (Table 4). Acar et al. (2010) reported in their study that methanol extracts of different *Crocus* species showed high antioxidant activity. Okmen et al. (2016) reported that ethanol extract of *Crocus* leaves had 84% DPPH scavenging activity. These studies support our results. The reasons for this difference, as reported by Raina et al. (1996) and Maggi et al. (2009), differences in harvest time, processing temperature, storage, and packaging may enormously affect the quality of the end product. According to Fogden and Neuberger (2003), active ingredients of plants are affected by location and quality control, including harvest season, preparation methods, plant species, altitude, and climate.

In this study, the radical scavenging effect of *Thymus serpyllum* aqueous extract was determined as 60.8% (Table 4). Mata et al. (2007) studied the essential oil composition of the plant and found the terpenoids that they thought were responsible for antioxidant activity. Sokmen et al. (2004) studied the essential oil composition of *Thymus spathulifolius*, and gave the proportions of phenolic compounds, also demonstrating the presence of radical scavenging and antimicrobial activities. Adzet et al. (1988), in their study, reported the presence of polyphenols and methoxylated flavonoids in the structure of the *Thymus*. Kulisic et al. (2005) in their study, determined the essential oil composition of *Thymus vulgaris* and *Thymus serpyllum* and recorded DPPH scavenging activity as 38% in *Thymus vulgaris* and 30% in *Thymus serpyllum*. According to the literature, researchers were studied with *Thymus eigii*, which has phenolic monoterpenes thymol and carvacrol (Tepe et al., 2004). These studies support our results.

4. Conclusions and Recommendations

The results of the current study have shown that different spices have antimicrobial properties. Researchers expect that the development of natural antimicrobials to be help reduce the negative effects of synthetic drugs. Our results support the use of these herbs in traditional medicine, and some of these herbs show that they have good antibacterial and antifungal compounds, so they can be used as antibacterial and antifungal agents in the research of new drugs. The antioxidant activities were determined in all of the spices extracts used in the study

and most of these activities were obtained from methanol extracts.

According to this study results, methanol is the most effective solvent for antioxidant compounds. The extracts of spices can be useful as an antioxidant protective system for the human body against oxidative stress. More studies are needed to investigate the bioactive compounds of spices. It is necessary to determine and characterize the fractions of bioactive compounds.

5. Acknowledgement

This work was supported by Mugla Sitki Kocman University Scientific Research Project (BAP-14/054). The authors thank Mugla Sitki Kocman University.

References

- Abdel-Fattah, A. F. M., Matsumoto, K., & Watanabe, H. (2000). Antinociceptive effects of *Nigella sativa* oil and its major component, thymoquinone, in mice. *European Journal of Pharmacology*, 400(1), 89-97.
- Abdel-Massih, R. M., Fares, R., Bazzi, S., El-Chami, N., & Baydoun, E. (2010). The apoptotic and antiproliferative activity of *Origanum majorana* extracts on human leukemic cell line. *Leuk. Res.*, 34,1052-1056.
- Acar, G., Dogan, N. M., Duru, M. E., & Kıvrak, I. (2010). Phenolic profiles, antimicrobial and antioxidant activity of the various extracts of *Crocus* species in Anatolia. *African Journal of Microbiology Research*, 4(11), 1154-1161.
- Adzet, T., Vila, R., & Canigual, S. (1988). Chromatographic analysis of polyphenols of some Iberian *Thymus*. *Journal of Ethnopharmacology*, 24(2-3), 147-154.
- Akgül, A. (1993). Baharat bilimi ve teknolojisi. *Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları*, 15, 111-113.
- Andoğan, B. C., Baydar, H., Kaya, S., Demirci, M., Özbaşar, D., & Mumcu, E. (2002). Antimicrobial activity and chemical composition of some essential oils. *Archives of Pharmacal Research*, 25(6), 860-864.
- Asgarpanah, J., Darabi-Mahboub, E., Mahboubi, A., Mehrab, R., & Hakemivala, M. (2013). *In-vitro* evaluation of *Crocus sativus* L. petals and stamens as natural antibacterial agents against food-borne bacterial strains. *Iranian Journal of Pharmaceutical Sciences*, 9(4), 69-82.
- Badary, O. A. (1999). Thymoquinone attenuates ifosfamide-induced Fanconi syndrome in rats and enhances its antitumor activity in mice. *Journal of Ethnopharmacology*, 67(2), 135-142.
- Badary, O. A., Abdel-Naim, A. B., Abdel-Wahab, M. H., & Hamada, F. M. (2000). The influence of thymoquinone on doxorubicin-induced hyperlipidemic nephropathy in rats. *Toxicology*, 143(3), 219-226.
- Bauer, A.W, Kirby W.M, Sherris J.C, & Turck M. (1966). *Am. J. Clin. Path.*, 45,493.
- Baytop, T. (1999). Türkiye'de bitkiler ile tedavi: geçmişte ve bugün. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.
- Burits, M., & Bucar, F. (2000). Antioxidant activity of *Nigella sativa* essential oil. *Phytotherapy Research*, 14(5), 323-328.
- Burt, S. (2004). Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods—a review. *International Journal of Food Microbiology*, 94(3), 223-253.
- Cai, Y., Luo, Q., Sun, M., & Corke, H. (2004). Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sciences*, 74(17), 2157-2184.
- Chen, J. H. & Ho, C. T. (1997). Antioxidant activities of caffeic acid and its related hydroxycinnamic acid compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 45, 2374-2378.
- CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). (2003). Methods for Dilution Antimicrobial Susceptibility Test for Bacteria that Grow Aerobically; Approved Standard M7-A 6th edn. National Committee for Clinical Laboratory Standards, Wayne, Philadelphia.
- CLSI (Clinical and Laboratory Standards Institute). (2006). Performance Standards for Antimicrobial Susceptibility Testing. 16th Informational Supplement M100-S16. National Committee for Clinical Laboratory Standards, Wayne, Philadelphia.
- Darughe, F., Barzegar, M., & Sahari, M. A. (2012). Antioxidant and antifungal activity of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil in cake. *International Food Research Journal*, 19(3), 1253-1260.
- Davis, P. H., & Tan, K. (Eds.). (1988). Flora of Turkey and the Aegean islands. Edinburgh University Press.
- De Vincenzi, M., Mancini, E., & Dessi, M. R. (1997). Monographs on botanical flavouring substances used in foods. Part VI. *Fitoterapia* (Milano), 68(1), 49-61.
- Declume, C. (1989). Anti-inflammatory evaluation op a hydroalcoholic extract op black currant leaves (*Ribes nigrum*). *Journal of Ethnopharmacology*, 27(1-2), 91-98.
- Dvaranauskaitė, A., Venskutonis, P. R., Raynaud, C., Talou, T., Viškelis, P., & Dambrauskienė, E. (2008). Characterization of steam volatiles in the essential oil of black currant buds and the antioxidant properties of different bud extracts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(9), 3279-3286.
- Dvaranauskaitė, A., Venskutonis, P. R., Raynaud, C., Talou, T., Viškelis, P., & Sasnauskas, A. (2009). Variations in the essential oil composition in buds of six blackcurrant (*Ribes nigrum* L.) cultivars at various development phases. *Food Chemistry*, 114(2), 671-679.
- Escribano, J., Alonso, G. L., Coca-Prados, M., & Fernández, J. A. (1996). Crocin, safranal and picrocrocin from saffron (*Crocus sativus* L.) inhibit the growth of human cancer cells *in vitro*. *Cancer Letters*, 100(1-2), 23-30.
- Ezzeddine, N.B, Abdelkafi, M.M, Ben, Aissa, R, & Chaabouni M. M. (2001). Antibacterial screening of (*Origanum majorana* L.), oil from Tunisia. *Journal of Essential Oil Research*, 13, 295-297.
- Facciola S. (1998). Cornucopia II: a source book of edible plants. Vista: Kampong Publications (HSA Library).
- Farag, R. S., Daw, Z. Y., Hewedi, F. M., & El-Baroty, G. S. A. (1989). Antimicrobial activity of some Egyptian spice essential oils. *Journal of Food Protection*, 52(9), 665-667.
- Ferrara, L., Naviglio, D., & Gallo, M. (2014). Extraction of bioactive compounds of saffron (*Crocus sativus* L.) by ultrasound assisted extraction (UAE) and by rapid solid-

- liquid dynamic extraction (RSLDE). *European Scientific Journal*, 10(3),1-13.
- Fogden, E., & Neuberger, J. (2003). Alternative medicines and the liver. *Liver International*, 23(4), 213-220.
- Garbacki, N., Kinet, M., Nuscgens, B., Desmecht, D., & Damas, J. (2005). Proanthocyanidins, from *Ribes nigrum* leaves, reduce endothelial adhesion molecules ICAM-1 and VCAM-1. *Journal of Inflammation*, 2(1), 1-12.
- Gürsoy, O.V, Gürsoy, U.K. (2004). Anadolu'da diş ve dişeti ile ilgili hastalıkların tedavisinde halk arasında yaygın olarak kullanılan bitkiler, kullanım şekilleri ve bitkisel özellikleri. *Cumhuriyet Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi Dergisi*, Sivas, 7(1), 64-67.
- Halawani, E. (2009). Antibacterial activity of thymoquinone and thymohydroquinone of *Nigella sativa* L. and their interaction with some antibiotics, *Advances in Biological Research*, 3(5-6), 148-152.
- Hosseinzadeh, H., Khosravan V. (2002a). Anticonvulsant effects of aqueous and ethanolic extracts of *Crocus sativus* L. stigmas in mice, *Archieve of Iranian Medicine*, 5, 44-47.
- Hosseinzadeh, H., Karimi G.H, Niapoor M. (2004). Antidepressant effects of *Crocus sativus* stigma extracts and its constituents, crocin and safranin, in mice, *Acta Horticulturae* (ISHS), 650, 435-445.
- Hosseinzadeh, H., Younesi H.M. 2002b. Antinociceptive and antiinflammatory effects of *Crocus sativus* L. stigma and petal extracts in mice, *BMC Pharmacology*, 2, 1-8.
- Indu, M.N., Hatha A.A.M., Abirosh C., Harsha U., Vivekanandan, G. (2006). Antimicrobial activity of some of the South-Indian spices against serotypes of *Escherichia coli*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* and *Aeromonas hydrophila*. *Brazilian Journal of Microbiology*, 37:153-158. ISSN 1517-8382/153.
- İşcan, G., Kirimer, N., Kürkcüoğlu, M., Başer, H. C., & Demirci, F. (2002). Antimicrobial screening of *Mentha piperita* essential oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(14), 3943-3946.
- Jastaniah, S. D. (2014). The antimicrobial activity of some plant extracts, commonly used by Saudi people, against multidrug resistant bacteria. *Life Sci J*, 11(8), 78-84.
- Kanter, M., Demir, H., Karakaya, C., & Ozbek, H. (2005). Gastroprotective activity of *Nigella sativa* L oil and its constituent, thymoquinone against acute alcohol-induced gastric mucosal injury in rats. *World Journal of Gastroenterology: WJG*, 11(42), 6662.
- Kaseb, A. O., Chinnakannu, K., Chen, D., Sivanandam, A., Tejwani, S., Menon, M., Dou, Q. P. & Reddy, G. P. V. (2007). Androgen receptor–and E2F-1–targeted thymoquinone therapy for hormone-refractory prostate cancer. *Cancer Research*, 67(16), 7782-7788.
- Khalid, A., Rehman, U. U., Sethi, A., Khilji, S., Fatima, U., Khan, M. I., Waqas M.K., Saqib Q.N., Asad M. H. H. B, Farzana K., Mahmood, S., Waseem A., Ismail T., and Murtaza G. (2011). Antimicrobial activity analysis of extracts of *Acacia modesta*, *Artemisia absinthium*, *Nigella sativa* and *Saussurea lappa* against Gram positive and Gram negative microorganisms. *African Journal of Biotechnology*, 10(22), 4574-4580.
- Kiran, S. R., Devi, P. S., & Reddy, K. J. (2008). Evaluation of *in vitro* antimicrobial activity of leaf and stem essential oils of *Chloroxylon swietenia* DC. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24(9), 1909-1914.
- Koidis, P., Grigoriadis, S., & Batzios, C. (1996). Behaviour of *Campylobacter jejuni* in broth stored at 4°C, with different concentration of spices (garlic, onion, black pepper, oregano). *Archiv für Lebensmittelhygiene*, 47(4), 93-95.
- Kulicic, T., Radonic, A., & Milos, M. (2005). Antioxidant properties of thyme (*Thymus vulgaris* L.) and wild thyme (*Thymus serpyllum* L.) essential oils. *Italian Journal of Food Science*, 17(3), 315.
- Leung, A. Y. (1980). Encyclopedia of common natural ingredients used in food, drugs, and cosmetics. Wiley.
- Maggi, L., Carmona, M., Del Campo, C. P., Kanakis, C. D., Anastasaki, E., Tarantilis, P. A., Polissiou, M G., Alonso, G. L. (2009). Worldwide market screening of saffron volatile composition. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(11), 1950-1954.
- Martinez-Tome, M., Jimenez, A. M., Ruggieri, S., Frega, N., Strabbioli, R., & Murcia, M. A. (2001). Antioxidant properties of Mediterranean spices compared with common food additives. *Journal of Food Protection*, 64(9), 1412-1419.
- Mata, A. T., Proença, C., Ferreira, A. R., Serralheiro, M. L. M., Nogueira, J. M. F., & Araújo, M. E. M. (2007). Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as Portuguese food spices. *Food Chemistry*, 103(3), 778-786.
- Matasyoh, J. C., Maiyo, Z. C., Ngure, R. M., & Chepkorir, R. (2009). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Coriandrum sativum*. *Food Chemistry*, 113(2), 526-529.
- Mimica-Dukić, N., Božin, B., Soković, M., Mihajlović, B., & Matavulj, M. (2003). Antimicrobial and antioxidant activities of three *Mentha* species essential oils. *Planta Medica*, 69(05), 413-419.
- Nascimento, G. G., Locatelli, J., Freitas, P. C., & Silva, G. L. (2000). Antibacterial activity of plant extracts and phytochemicals on antibiotic-resistant bacteria. *Brazilian Journal of Microbiology*, 31(4), 247-256.
- Nikolić, M., Glamočlija, J., Ferreira, I. C., Calhelha, R. C., Fernandes, A., Marković, T., Marković, D., Giweli, A. & Soković, M. (2014). Chemical composition, antimicrobial, antioxidant and antitumor activity of *Thymus serpyllum* L., *Thymus algeriensis* Boiss. and Reut and *Thymus vulgaris* L. essential oils. *Industrial Crops and Products*, 52, 183-190.
- Novak, J., Bitsch, C., Pank, F., Langbehn, J., & Franz, C. M. (2002). Distribution of the cis-sabinene hydrate acetate-chemotype in accessions of marjoram (*Origanum majorana* L.). *Euphytica*, 127(1), 69-74.
- Okmen, G., Kardas, S., Bayrak, B., Arslan, A., & Cakar, H. (2016). The antibacterial activities of *Crocus sativus* against mastitis pathogens and its antioxidant activities. *WJPPS*, 5(3), 146-156.
- Oprea, E., Rădulescu, V., Balotescu, C., Lazar, V., Bucur, M., Mladin, P., & Farcasanu, I. C. (2008). Chemical and biological studies of *Ribes nigrum* L. buds essential oil. *Biofactors*, 34(1), 3-12.
- Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., & Lacroix, M. (2006). Antimicrobial effects of selected plant essential oils on the growth of a *Pseudomonas putida* strain isolated from meat. *Meat Science*, 73(2), 236-244.
- Oussalah, M., Caillet, S., Saucier, L., & Lacroix, M. (2007). Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157: H7, *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. *Food Control*, 18(5), 414-420.

- Özcan, M., & Chalchat, J. C. (2002). Essential oil composition of *Ocimum basilicum* L. *Czech J. Food Sci*, 20(6), 223-8.
- Palombo, E. A. (2009). Traditional medicinal plant extracts and natural products with activity against oral bacteria: potential application in the prevention and treatment of oral diseases. *Evidence Based Complementary and Alternative Medicine*, 2011, 100.
- Pamuk, A. (2008). Şifalı Bitkiler Ansiklopedisi. Pamuk Yayıncılık.
- Peschel, W., Sánchez-Rabaneda, F., Diekmann, W., Plescher, A., Gartzía, I., Jiménez, D., Raventós, R. L., Buxaderas, S. & Codina, C. (2006). An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chemistry*, 97(1), 137-150.
- Picton, M. (2000). The book of magical herbs: herbal history, mystery, & folklore. London: Barron's.
- Raina, B. L., Agarwal, S. G., Bhatia, A. K., & Gaur, G. S. (1996). Changes in Pigments and Volatiles of Saffron (*Crocus sativus* L) During Processing and Storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 71(1), 27-32.
- Ramadan, A., Soliman, G., Mahmoud, S. S., Nofal, S. M., & Abdel-Rahman, R. F. (2012). Evaluation of the safety and antioxidant activities of *Crocus sativus* and Propolis ethanolic extracts. *Journal of Saudi Chemical Society*, 16(1), 13-21.
- Rauha, J. P., Remes, S., Heinonen, M., Hopia, A., Kähkönen, M., Kujala, T., Pihlaja, K., Vuorela, H., Vuorela, P. (2000). Antimicrobial effects of Finnish plant extracts containing flavonoids and other phenolic compounds. *International Journal of Food Microbiology*, 56(1), 3-12.
- Rios, J. L., Recio, M. C., Giner, R. M., & Manez, S. (1996). An update review of saffron and its active constituents. *Phytotherapy Research*, 10(3), 189-193.
- Robak, J., & Gryglewski, R. J. (1988). Flavonoids are scavengers of superoxide anions. *Biochemical Pharmacology*, 37(5), 837-841.
- Sağdıç, O., Kuşçu, A., Özcan, M., & Özçelik, S. (2002). Effects of Turkish spice extracts at various concentrations on the growth of *Escherichia coli* O157: H7. *Food Microbiology*, 19(5), 473-480.
- Smith-Palmer, A., Stewart, J., & Fyfe, L. (2001). The potential application of plant essential oils as natural food preservatives in soft cheese. *Food Microbiology*, 18(4), 463-470.
- Sokmen, A., Gulluce M., Akpulat H.A, Daferera D., Tepe B., Polissiou M., Sokmen M., Sahin F. (2004). The *in vitro* antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts of endemic *Thymus spathulifolius*, *Food Control*, 15, 627–634.
- Soureshjan, E. H., & Heidari, M. (2014). *In vitro* variation in antibacterial activity plant extracts on *Glaucium elegans* and saffron (*Crocus sativus*). *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 9(3), 275-278.
- Srivastava, J. P., Lambert, J., & Vietmeyer, N. (1996). Medicinal plants: An expanding role in development. The World Bank.
- Stefanakis, M. K., Anastasopoulos, E., Katerinopoulos, H. E., & Makridis, P. (2014). Use of essential oils extracted from three *Origanum* species for disinfection of cultured rotifers (*B. racionus plicatilis*). *Aquaculture Research*, 45(11), 1861-1866.
- Stević, T., Šavikin, K., Ristić, M., Zdunić, G., Janković, T., Krivokuća-Đokić, D., & Vulić, T. (2010). Composition and antimicrobial activity of the essential oil of the leaves of black currant (*Ribes nigrum* L.) cultivar Čačanska crna. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 75(1), 35-43.
- Tabart, J., Kevers, C., Evers, D., & Dommes, J. (2011). Ascorbic acid, phenolic acid, flavonoid, and carotenoid profiles of selected extracts from *Ribes nigrum*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(9), 4763-4770.
- Tabart, J., Kevers, C., Pincemail, J., Defraigne, J. O., & Dommes, J. (2006). Antioxidant capacity of black currant varies with organ, season, and cultivar. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54(17), 6271-6276.
- Tabart, J., Kevers, C., Sipel, A., Pincemail, J., Defraigne, J. O., & Dommes, J. (2007). Optimisation of extraction of phenolics and antioxidants from black currant leaves and buds and of stability during storage. *Food Chemistry*, 105(3), 1268-1275.
- Tepe, B., Daferera, D., Sökmen, M., Polissiou, M., & Sökmen, A. (2004). *In vitro* antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and various extracts of *Thymus eigi* M. Zohary et PH Davis. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(5), 1132-1137.
- Ting, W. E., & Deibel, K. E. (1991). Sensitivity of *Listeria monocytogenes* to spices at two temperatures. *Journal of Food Safety*, 12(2), 129-137.
- Üner, Y., Aksu, H., & Ergün, Ö. (2000). Baharatın çeşitli mikroorganizmalar üzerine etkileri. *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 26(1), 1-10.
- Vagiri, M. R. (2012). Black currant (*Ribes nigrum* L.)-an insight into the crop. Introductory Paper at the Faculty of Landscape Planning, Horticulture and Agricultural Science (No. 2012: 2). Swedish University of Agricultural Sciences. pp1-58. ISSN 1654-3580.
- Verma, S. K., & Bordia, A. (1998). Antioxidant property of saffron in man. *Indian Journal of Medical Sciences*, 52(5), 205-207.
- Wanner, M. J., Koomen, G. J., & Dung, N. X. (1993). Thymoquinone from *Eupatorium ayapana*. *Planta Medica*, 59(01), 99-99.
- WHO (World Health Organization). (2005). Food safety. WORLD Health Organization. Available From: www.who.int/mediacentre/factsheets/fs237/en/ [Accessed 28 November 2020].
- WHO, 2008. Exposure assessment of microbiological hazards in food. World Health Organization. Available from: www.who.int/foodsafety/publications/micro/en/report.pdf [Accessed 28 November 2020].
- Winterhalter, P., & Straubinger, M. (2000). Saffron—renewed interest in an ancient spice. *Food Reviews International*, 16(1), 39-59.
- Wong, P. Y., & Kitts, D. D. (2006). Studies on the dual antioxidant and antibacterial properties of parsley (*Petroselinum crispum*) and cilantro (*Coriandrum sativum*) extracts. *Food Chemistry*, 97(3), 505-515.
- Zheng, W., & Wang, S. Y. (2001). Antioxidant activity and phenolic compounds in selected herbs. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(11), 5165-5170.



Hasta Hakları Uygulamalarının Hasta Memnuniyeti Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi*

Yasemin Karaca^{1†}, Menekşe Kılıçarslan²

Yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

^{1*}İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Kurumları Yöneticiliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3529-1154), ysmnrcc@outlook.com.tr

²İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID:0000-0002-0580-8645), meneksekilicarslan@aydin.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI:10.31590/ejosat.852196)

ATIF/REFERENCE: Karaca, Y. & Kılıçarslan, M. (2021). Hasta Haklarının Hasta Memnuniyeti Üzerindeki Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 430-435.

Öz

Çalışma, hastane işletmelerinde tedavi gören hasta ve hasta yakınlarının görüşlerine göre hasta hakları uygulamalarının hasta memnuniyeti üzerindeki etkisinin incelenmesi, sağlık hizmetlerine göre görüşlerini belirlemek ve ilgili sorulara göre çözüm önerileri geliştirmek amacıyla yapıldı. Araştırma, devlet hastanesinde yatarak tedavi gören ve poliklinik hastaları ve hasta yakınları ile gerçekleştirildi. Bu amaç doğrultusunda 300 hasta ve yakınına hasta hakları uygulamaları ölçeği ve hasta memnuniyeti ölçeği uygulanmıştır. Verilerin toplanmasında demografik özellikler, alınan tedavi hizmeti ve bunun memnuniyete yansımaya yönelik görüşleri içeren ölçek formu kullanıldı. Hasta hakları uygulamaları ölçeği 7 maddeden oluşan tek boyutlu bir ölçektir. Hasta memnuniyeti ölçeği 13 maddeden oluşan 3 boyutlu bir ölçektir. Çalışmada elde edilen veriler SPSS 18 (Statistical Package for the Social Sciences) ve AMOS 22 paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Hasta hakları ve hasta memnuniyeti ölçeklerinin her ikisinde de güvenilirlik analizi için Cronbach's Alpha katsayısı hesaplanmış, yapısal geçerliliği için doğrulayıcı faktör analizi (DFA) uygulanmıştır. Hasta hakları uygulaması algısı düşük düzeyde bulunmuştur. Hasta memnuniyeti algısı orta düzeyin biraz üzerindedir. Hasta hakları ve hasta memnuniyeti algılarında demografik değişkenler bakımından çoğul durumda farklılık bulunmamıştır. Hasta hakları uygulamaları algısının idari hizmet ya da memnuniyet üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ancak hasta hakları uygulamaları algısının idari hizmet ya da memnuniyet üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Hak, Hasta, Hasta Hakları, Hasta Memnuniyeti, Memnuniyet.

Investigation of the Effect of Patient Rights Practices on Patient Satisfaction

Abstract

The study was carried out to examine the effect of patient rights practices on patient satisfaction according to the opinions of patients and patient relatives who were treated in hospital enterprises, to determine their opinions according to health services and to develop solutions according to the related questions. The research was carried out with outpatients, inpatients and their relatives in the public hospital. For this purpose, patients' rights scale and patient satisfaction scale were applied to 300 patients and their relatives. In the data collection, a survey including demographic specifications, treatment service received and opinions about its reflection on patient satisfaction was used. Patient rights practices scale is a one-dimensional scale consisting of 7 titles. Patient satisfaction scale is a 3-dimensional scale consisting of 13 titles. The data obtained in the study were analyzed using SPSS 18 (Statistical Package for the Social Sciences) and AMOS 22 package program. Cronbach's Alpha coefficient was calculated for reliability analysis in both patient rights and patient satisfaction scales and confirmatory factor analysis (CFA) was applied for structural validity. Patient rights practice perception was found to be low. Patient satisfaction perception is slightly above the average. There was no difference in the plural situation in terms of demographic variables in patient rights and patient satisfaction perceptions. The effect of patient rights practice perception on patient satisfaction was found statistically significant. However, it has been observed that the perception of patient rights practices does not have a statistically significant effect on administrative service or satisfaction.

Keywords: Rights, Patient, PatientRights, PatientSatisfaction, Satisfaction

* Bu çalışma sorumlu yazarın yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

[†]Sorumlu Yazar: İstanbul Aydın Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sağlık Kurumları Yöneticiliği Bölümü, Beşyol/İstanbul, Türkiye, ORCID: 0000-0003-3529-1154, ysmnrcc@outlook.com.tr

1. Giriş

Günümüzde bilginin öneminin artması ile bilgi çağına hızlı bir geçiş olduğu gibi bu geçiş her alanda farklılıklar ve değişimler yaratmıştır. Bireylerin yaşam kalitelerinin yükseltilerek, sağlık hizmetlerindeki ihtiyaçları doğrultusunda planlamalar yapılarak, hizmetlerin sunulması ve değerlendirilmesinde toplumun her kesiminden bireyin ihtiyaçlarına cevap verecek nitelikte olmasına dikkat edilmelidir. Bu sebeple, sağlık hizmetlerinde ilerleyen süreçlerde teknolojik gelişmelerinde desteği ile yeni cihazlar ve tedavi yöntemleri geliştirilmektedir. Bu gelişmeler ve uygulamalar ile verilen hizmetin kalitesini arttırmak amaçlanmıştır. Hasta hakları, insani değerlerin ve insan haklarının sağlık hizmetlerinde uygulanmasıdır. Hasta haklarında amaç; sağlık personelleri ile hasta arasındaki ilişkileri desteklemek, hastaların sağlık hizmetlerinden tam olarak faydalanabilmesini sağlamak, sağlık hizmetlerinde etkinliği arttırmak, hizmet alan ve hizmet veren kurumlar arasındaki iletişim ve işbirliğini arttırmak, hasta haklarına yönelik olarak başvuru merkezleri oluşturmak ve hastalara sağlık hizmetleri verilirken iç kontrolün sağlanmasıdır.

Hasta hakları, sağlık hizmetinden yararlanan bireyin sağlık kurumları ve personelleri karşısındaki haklarını bildiren bir ifadedir. Hasta haklarının tam olarak korunabilmesi için sağlık personellerine düşen vazifeler de bulunmaktadır. Sağlık personellerinin görevlerini yerine getirirken hasta haklarını gözeten hareket etmeleri hastaların sağlık kurumuna olan memnuniyetini arttırmaktadır.

Hasta memnuniyeti, bireyin almış olduğu sağlık hizmetinden beklentilerine ne kadar karşılık bulduğu ile ilgilidir. Sağlık, hayatın insanlara vermiş olduğu en önemli değerlerden biridir. Bilgi çağında olduğumuz bu zamanda sağlığın değerini daha iyi anlamış olarak ve sağlığımızı koruyarak, gelecek nesillerin daha sağlıklı olması için çabalayarak ulusal gelire katkıda bulunulmalıdır. Ülkeler, sağlık hizmetlerinde kaliteyi arttırarak gelişmişlik düzeylerini arttırabilirler. Bu kapsamda çalışmanın problem cümlesi, hasta hakları uygulamaları ile hasta memnuniyeti arasında bir ilişkinin olup olmadığı olarak belirlenmiştir.

2. Hasta Hakları Kavram ve Tanımı

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), sağlık tanımını üç farklı ayırım ile yapmıştır. Bunlar biyolojik, psikolojik ve sosyal iyilik halleri şeklindedir. Sağlık hakkını bu üç durum üzerinde yorumlamak mümkündür.

Bireylerin sağlık haklarının korunabilmesi için onlara bazı sağlık hizmetlerinin verilmesi gereklidir. Fakat amaç her daim bireylerin sağlıklı hallerinin devam etmesi için gerekli tedbirlerin alınarak korunmasıdır. Toplumların gelişmişlik ve refah düzeylerini arttırmak, bireylerin mutlu ve sağlıklı bir yaşam sürmelerini sağlamak için sağlık hizmetlerinin iyi olması gereklidir (Aksoy, 2001). Hasta hakları ile ilgili yönetmeliğin 4. Maddesinde yer alan hasta hakları, sağlık ihtiyacı olan ve talepte bulunan kişilerin T.C. Anayasası, kanunlar, milletlerarası antlaşmalar ve diğer mevzuatlarda bulunan ve her bireyin insan olarak doğması nedeniyle doğuştan sahibi olduğu haklar olarak ifade edilir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 05.03.2019).

Hasta hakları, sadece hekim-hasta ilişkisini değil, aynı zamanda sağlık kurumlarındaki tüm sağlık personellerini de

kapsamaktadır. Hasta haklarında dile getirilen hasta hakkı bireyin hem hekim ile hem de kurum ile olan ilişkisinden meydana gelmektedir. Bu değerlendirmeden yola çıkarak günümüzde sadece “hasta-hekim” ilişkisinden bahsedemeyiz. Daha ayrıntılı olarak incelendiğinde en sağlıklı hasta hakları değerlendirmesinin hasta-sağlık personeli arasındaki ilişkinin incelenmesi ile ortaya çıkacağı anlaşılmaktadır. Sağlık kurumlarında hasta-sağlık personeli arasındaki iletişim ve ilişkide sağlık kurumları ve çalışanların otoritesi ön plandadır. Çünkü bu ilişki de hasta zor durumda olan taraf olarak sağlık hizmetine ve çalışana ihtiyacı vardır. Sağlık personellerinin tıbbi bilgileri ile ihtiyacı olan sağlık hizmetini alan hastanın pozisyonu farklı bir yer alır ve eşitlik burada söz konusu olmaktan çıkar. Bunlarla birlikte sağlık hizmetlerinde gelişen teknoloji ile tanı ve tedavi aşamasındaki bürokratik işlemlerin uzaması, hastaların korunması ve desteklenmesi için hasta hakları kavramını daha da önemli kılar (Hatun, 1999).

Sağlık kurumlarında çalışan personellerin hasta haklarını daha iyi anlayıp, hastaya hizmeti ona göre verip, yeri geldiğinde hastaları savunabilmeleri için empati kurmaları gereklidir. Aslında tüm bireyler potansiyel olarak hem hasta hem de hasta yakınıdır. Bu nedenle hasta hakları sadece hasta bireyler için değil aynı zamanda hasta olabilecek ya da hasta yakını olabilecek herkes için ve sağlık personelleri için de geçerlidir. Hasta hakları adı altında gündeme getirilen özelliklere genel olarak bakıldığında bir sağlık çalışanının hasta veya hasta yakını olup sağlık kuruluşuna ya da hekime başvurduğunda karşı taraftan beklenmiş olduğu davranışlar bütünüdür (Özlü, 2007).

3. Hasta Memnuniyeti Kavramı

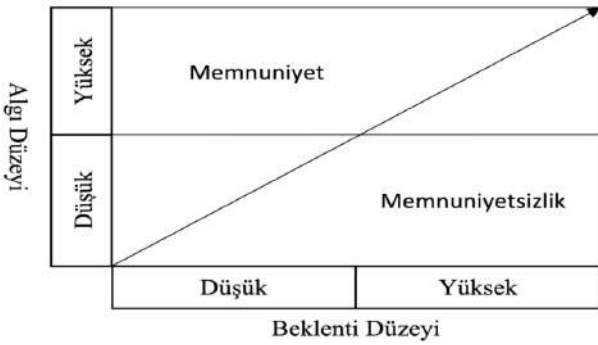
Hizmet veren personel yapmış olduğu çalışma sonucunda ortaya somut bir fayda çıkarıyorsa, bundan duyacağı gurur ve keyif, çalışanın en büyük memnuniyet hali olacaktır. Yapılan işte memnuniyet durumunu etkileyen şartlar; bireyin zekâsına uygun bir iş olması ve ilgi alanına girmesi; kişinin çalışırken vermiş olduğu çabaya yönelik olarak kişiye duyulan saygınlık; çalışmanı bedensel olarak çok yormaması uygun çalışma ortamının yaratılması şeklinde ifade etmiştir (Eren, 2006).

Psikologlar ve yönetim bilimciler tarafından memnuniyet hakkında çeşitli teoriler oluşturmuşlardır. Farklı önem seviyelerini memnuniyet kavramına bağladılar. Bunları dışsal ve içsel faktörler şeklinde ayırmışlardır. İçsel olan faktörler, bireyin kişisel özellikleri ile ilgili olan davranış gibi eylemler iken, dışsal olan faktörler ise çalışma ortamına bağlı olarak durumsal bir etkidir. Dışsal teoriler genel olarak ekonomistler tarafından ifade edilen farklı terminolojideki durumlardır, içsel teoriler ise çevresel olarak sosyal bilimlerin ilgilendiği bir ilişki alanıdır (Petrescu ve Simmons, 2008).

Bireylerin zaman içerisinde yaşamış oldukları deneyimler, geleceğe yönelik olarak bekledikleri, psikolojik durumları, yaşam kaliteleri ve içinde buldukları toplumsal değerleri içeren bireylerin algılarına ve bakış açılarına göre değişen karmaşık bir anlamı olan memnuniyet; “bireyin, hizmeti almasından önceki beklentileri ile aldıktan sonra ortaya çıkan performans arasındaki farka yönelik tepkisi” şeklinde ifade edilir. Bu ifadeden yola çıkarak hasta memnuniyeti, bireylerin beklentileri ile ihtiyaçları doğrultusunda almış oldukları bakım ve tedavi gibi sağlık hizmetleri sonrasında algıladıkları değişimin anlatılması şeklinde açıklanmaktadır (Akkaya vd., 2012). Hasta memnuniyetinde belirleyici özellikler olarak hastanın beklediği hizmet ve aldığı hizmet arasındaki farkın

hasta tarafından algılanma şekli, sağlık kuruluşunun yönetsel ve akademik özellikleri ile hastanın cinsiyeti, eğitim durumu, yaşı, sosyokültürel yapısı, hastalığının türü ve tedavi süreci gibi özelliklere göre farklılık gösterebilmektedir. Bu nedenle “hasta memnuniyeti = beklenti ve algılama” bu şekilde bir formülasyon ortaya çıkarılmıştır (Özer ve Çakıl, 2007: 141). Sağlık hizmeti veren işletmelerin pazar paylarını ve karlarını arttırmalarında ve buna yönelik olarak belirlemiş oldukları hedeflerine ulaşmalarında müşteri memnuniyetini ön planda tutmaları çok önemlidir. Bu doğrultuda memnuniyetin artırılması için hizmet kalitesinin artırılması, memnuniyet yaratan hizmetlerin devamlılığının sağlanması, memnuniyetsizlik durumu yaratan olumsuzluklara çözümler bulunması hasta memnuniyetini arttırmak ve daha kaliteli hizmet vermeyi hedefleyen sağlık kuruluşları için yapmaları gereken uygulamalar olarak sayılabilir (Kavuncubaşı, 2000).

Şekil 1. Hasta Memnuniyeti



Kaynak: Fatma Nur Çiçin, “Kanserli Hastalara Sunulan Sağlık Hizmetlerinde Hasta Memnuniyeti ve Trakya Üniversitesi Balkan Onkoloji Hastanesi Örneği”, Trakya Üniversitesi, SBE, YLT, 2018, s.34.

Yukarıda yer alan şekilden de anlaşıldığı gibi hasta bireylerin beklentilerine karşılık verildiğinde memnuniyet seviyeleri artarken (algı>beklenti), beklentilerine karşılık alamayan hastalarda memnuniyetsizlik (algı>beklenti), ortaya çıktığı gözlemlenmiştir (Çiçin 2018). İleriye yönelik hedefleri olan ve varlıklarını sınırsız olarak devam ettirmek isteyen sağlık kuruluşlarının müşteri (iç ve dış müşteri) memnuniyetini önemsemeleri ve ona göre hizmet vermeleri gereklidir. Bunu başarmak için de kuruluş yapı ve süreçlerini müşteri memnuniyetine, istek ve beklentilerine göre sürekli yenilemek, iyileştirmek, yeni stratejiler geliştirmek zorundadır.

4. Uygulama

4.1. Araştırmanın Amacı

Sağlık hizmetlerinin sunumunda performansın ve kalitenin temel göstergesi hasta ve yakınlarının memnuniyet düzeyleridir. Bu çalışmanın amacı, 2020 yılında X ilçesinde faaliyet gösteren kamu hastanesinde tedavi hizmeti alan hasta ve hasta yakınlarının hasta haklarına yönelik bilgi ve tutumlarının ölçülmesi ve memnuniyet düzeylerine etkisinin belirlenmesidir.

4.2. Araştırmanın Önemi

Hasta haklarına yönelik faaliyetlerin verimliliği ve etkinliği hem hasta memnuniyetini arttırmakta hem de son zamanlarda artan hasta ve personel arasındaki şiddet gibi sorunların engellenmesinde fayda sağlayabilmektedir. Bu araştırma hem e-ISSN:2148-2683

hastaların memnuniyet durumunun hangi faktörlere bağlı olarak değiştiğini incelenmiş olacak hem de memnuniyete bağlı olarak hasta haklarına yönelik uygulamalar iyileştirilebilecektir.

4.3. Araştırmanın Modeli

Çalışma nicel araştırma modelindedir. Araştırmanın temel problemi olan hasta haklarının hasta memnuniyeti üzerindeki etkisi basit regresyon modeli ile incelenmiştir. Hasta memnuniyeti ölçeği 3 alt boyuttan oluştuğu için 4 ayrı basit doğrusal regresyon modeli uygulanmıştır. Modellerden birincisi genel memnuniyet için diğer üçü alt boyutları için oluşturulmuştur. Ölçeklerin yapısal geçerliliği için doğrulayıcı faktör analizi modeli oluşturulmuştur. Hasta hakları tek boyutlu ölçek olduğundan dolayı sadece 1.düzye DFA doğrulayıcı faktör analizi oluşturulmuştur. Hasta memnuniyeti ölçeği alt boyutları olan bir ölçek olduğundan 1. Ve 2. Düzey DFA modelleri oluşturulmuştur. DFA modellerine ilişkin Amos programında oluşturulan model şemaları ekler kısmında verilmiştir. Nicel araştırma modeline uygun olarak istatistiksel analizler yapılmıştır.

4.4. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Araştırmanın hedef kitlesini kamu hastanesinde tedavi gören hasta ve yakınları oluşturmaktadır. Araştırmanın evreni bir kamu hastanesinde tedavi gören hasta ve yakınları olarak belirlenmiştir. Araştırma kapsamına yalnızca “Kamu Hastanesi olarak X ilçesinde Devlet Hastanesi” seçilmiştir. Yaklaşık 100 bin üzerindeki nüfusa tedavi hizmeti vermektedir. Araştırmanın yapıldığı ilçede tek kamu hastanesi ve kamuya bağlı ağız ve diş sağlığı merkezi bulunmakta, 4 tane ise özel hastane yer almaktadır. Bu kapsamda ölçek soruları rastgele olarak seçilen hastaya araştırmacı tarafından dağıtılmış ve yine araştırmacı tarafından toplanmıştır. Seçilen kamu hastanesinden toplanan ölçeklerden bir kısmı Genel cerrahi bir kısmı ise Kulak burun boğaz alanında tedavi gören hastalar ve yakınları ile yapılmış toplamda 300 ölçek formu elde edilmiştir.

5. Yöntem

5.1. Veri Toplama Araçları

Araştırmada anket veri toplama aracı olarak kullanılmıştır. Ölçek üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölümde katılımcıların demografik özelliklerini kapsayan kişisel tanıttıcı bilgi ölçeği, ikinci bölümde ise hastanedeki hasta hakları uygulamalarına müteveccih hasta ve yakınlarına uygulanan ölçektir. Üçüncü bölümde ise hastaların hizmetlerden memnuniyetlerini tespit etmeye yönelik hasta memnuniyeti ölçeği bulunmaktadır.

Hasta hakları ve hasta memnuniyeti ölçeklerinin her ikisi için de güvenilirlik analizi için Cronbach’s Alpha katsayısı hesaplanmış, yapısal geçerliliği için doğrulayıcı faktör analizi (DFA) uygulanmıştır. Ölçek soruları içinde hasta hakları algısını ölçmek amacıyla anket formunun Hasta Hakları bölümünde 11., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20. ve 21. sorular sorulmuştur. Hasta memnuniyeti algısı ise ayrı bir ölçek olarak 14 sorudan oluşan bir bölümde sorulmuştur.

6. Bulgular

Bu bölümde araştırma değişkenlerine ilişkin bulgular yer almaktadır.

Tablo 1. Ankete katılan bireylerin demografik özelliklerine göre frekans dağılımı

Cinsiyet	Sayı	Yüzde
Kadın	136	45,3
Erkek	164	54,7
Yaş		
18-24 yaş	24	8,0
25-30 yaş	36	12,0
31-35 yaş	21	7,0
36-40 yaş	47	15,7
41 yaş ve üstü	172	57,3
Eğitim		
Lise	231	77,0
Ön Lisans	41	13,7
Lisans	27	9,0
Doktora	1	,3
Medeni		
Evli	244	81,3
Bekar	56	18,7
Gelir		
2000 TL ve altı	64	21,3
2001- 3000 TL	114	38,0
3001- 5000 TL	96	32,0
5001 TL ve üstü	26	8,7
Toplam	300	100,0

Ankete katılan bireylerin cinsiyetlerine göre frekans dağılımları Tablo 1’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre kadın katılımcıların oranı %45.3 ve erkek hastalarının oranı %54.7 olarak gerçekleşmiştir. Elde edilen bulgulara göre en büyük yığılma %57.3 ile 41 yaş ve üstü grubunda ve en az yığılma da %7.0 ile 31-35 yaş grubunda olduğu gözlemlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre; katılımcıların %77.0’inin Lise, %13.7’sinin Ön Lisans, %9.0’inin Lisans ve %0.3’ünün Doktora eğitimine sahip oldukları gözlemlenmiştir.

Tablo 4. Hasta memnuniyeti ölçeği, idari hizmetler boyutu maddeleri için frekans ve açıklayıcı istatistik değerleri

	Çok kötü		Kötü		Kararsızım		İyi		Çok iyi		Ort.	Std. S.
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde		
hastmem01	4	1.3	14	4.7	16	5.3	198	66.0	68	22.7	4.04	0.766
hastmem07	17	5.7	106	35.3	105	35.0	65	21.7	7	2.3	2.80	0.923
hastmem09	20	6.7	126	42.0	98	32.7	51	17.0	5	1.7	2.65	0.896
hastmem12	2	.7	0	.0	41	13.7	216	72.0	41	13.7	3.98	0.578
									ort_idari_m		3.37	0.473

Hasta memnuniyeti ölçeği, idari hizmetler boyutu maddeleri için frekans ve açıklayıcı istatistikler Tablo 4’de verilmiştir. Yüzdeler dağılımları incelendiğinde “hastmem01” ve “hasthak14” maddeleri için cevapların “İyi” seçeneğinde yoğunlaştığı ve “hastmem07” ve “hastmem09” maddeleri için

Tablo 5. Hasta memnuniyeti ölçeği, ilgi ve nezaket boyutu maddeleri için frekans ve açıklayıcı istatistik değerleri

	Çok kötü		Kötü		Kararsızım		İyi		Çok iyi		Ort.	Std. S.
	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde	Sayı	Yüzde		
hastmem02	1	.3	1	.3	5	1.7	161	53.7	132	44.0	4.41	0.579
hastmem03	1	.3	0	.0	7	2.3	151	50.3	141	47.0	4.44	0.578
hastmem04	1	.3	2	.7	23	7.7	172	57.3	102	34.0	4.24	0.646
hastmem05	2	.7	7	2.3	52	17.3	154	51.3	85	28.3	4.04	0.781
hastmem11	2	.7	15	5.0	21	7.0	206	68.7	56	18.7	4.00	0.720
									ort_neza_m		4.22	0.513

Hasta memnuniyeti ölçeği, ilgi ve nezaket boyutu maddeleri için frekans ve açıklayıcı istatistikler Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 2. Ankete katılan bireylerin “Hasta hakları ile ilgili bilginiz var mı?” sorusuna verdikleri cevapların frekans dağılımı

soru07	Kişi	%
Evet	53	17.7
Hayır	139	46.3
Kısmen	108	36.0
Total	300	100.0

Ankete katılan bireylerin “Hasta hakları ile ilgili bilginiz var mı?” sorusuna verdikleri cevapların frekans dağılımı Tablo 2’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre katılımcıların %17.7’sinin Evet, %46.3’ünün Hayır ve %36.0’ının Kısmen cevabını verdiği gözlemlenmiştir.

Tablo 3. Ankete katılan bireylerin “Hasta hakları yönetmeliğini okudunuz mu?” sorusuna verdikleri cevapların frekans dağılımı

hasthak22	Kişi	%
Evet	63	21.0
Hayır	154	51.3
Okumadım ama bilgim var	83	27.7
Total	300	100.0

Ankete katılan bireylerin “Hasta hakları yönetmeliğini okudunuz mu?” sorusuna verdikleri cevapların frekans dağılımı Tablo 3’de verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre katılımcıların %21.0’ının “Evet”, %51.3’ünün “Hayır” ve %27.7’sinin “Okumadım ama bilgim var” cevaplarını verdikleri gözlemlenmiştir.

ise cevapların “kötü” ve “Kararsızım” maddelerinde yoğunlaştığı görülmektedir. Ortalamalar incelendiğinde en düşük ortalamanın “hasthak09” maddesinde ve en yüksek ortalamanın “hastmem01” maddesinde olduğu görülmektedir.

Yüzdeler dağılımları incelendiğinde bütün maddeler için cevapların “İyi” ve “Çok İyi” seçeneklerinde yoğunlaştığı

görülmektedir. Ortalamalar incelendiğinde en düşük ortalamanın “hashtak11” maddesinde ve en yüksek ortalamanın “hashtak03” maddesinde olduğu görülmektedir.

Tablo 6. Hasta hakları ile Genel memnuniyet ve alt boyutlarının Servis değişkeni bakımından incelenmesi

	Servis	N	Ort.	Std. Sapma	F	p	Farklılığın kaynağı
Hasta hakları algısı	Genel cerrahi	96	2.82	0.671	1.255	0.287	
	KBB	159	2.93	0.608			
	Genel cerrahi servisi	38	2.80	0.441			
	Total	293	2.87	0.611			
Çizelge 38 Devam							
İdari hizmetler	Genel cerrahi	96	3.27	0.445	5.978	0.003	KBB ile Genel cerrahi
	KBB	159	3.45	0.482			KBB ile Genel cerrahi servisi
	Genel cerrahi servisi	38	3.24	0.461			
	Total	293	3.36	0.476			
İlgi ve nezaket	Genel cerrahi	96	4.20	0.592	2.376	0.095	
	KBB	159	4.27	0.460			
	Genel cerrahi servisi	38	4.08	0.502			
	Total	293	4.22	0.514			
Tıbbi hizmetler	Genel cerrahi	96	3.58	0.587	2.122	0.122	
	KBB	159	3.72	0.535			
	Genel cerrahi servisi	38	3.61	0.648			
	Total	293	3.66	0.570			
Genel memnuniyet	Genel cerrahi	96	3.76	0.450	4.513	0.012	KBB ile Genel cerrahi
	KBB	159	3.88	0.355			KBB ile Genel cerrahi servisi
	Genel cerrahi servisi	38	3.71	0.417			
	Total	293	3.82	0.401			

Hasta hakları ile Genel memnuniyet ve alt boyutlarının Servis değişkeni bakımından farklılık olup olmadığı ANOVA testi ile incelenerek elde edilen bulgular Tablo 6’da verilmiştir. Elde edilen bulgulara göre İdari hizmetler ve Genel Memnuniyet ölçeklerinde Servis değişkeni bakımından istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Farklılığın kaynağı olan gruplar TUKEY testiyle belirlenerek ilgili boyutların karşısında yazılmıştır.

7. Sonuç

Bu çalışma hastane işletmesinde tedavi gören hasta ve yakınlarının görüşlerine göre hasta hakları uygulamalarının hasta memnuniyetine olan etkisinin incelenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir.

Hasta memnuniyetinin üzerinde en büyük etkiye sahip değişkenlerden birisi kuşkusuz hasta hakları uygulamasıdır. Bu çalışmada da bu gerçekten yola çıkarak hastaların hem hasta hakları konusundaki bilgileri, hem tedavi gördükleri kurumlardaki hasta hakları uygulama algılarını hem de gördükleri sağlık hizmetinden memnuniyet algılarını araştırılmıştır.

Hasta hakları ve hasta memnuniyeti ölçeklerinin her ikisi için de güvenilirlik analizi için Cronbach’s Alpha katsayısı hesaplanmış, yapısal geçerliliği için doğrulayıcı faktör analizi (DFA) uygulanmıştır. Anket soruları içinde hasta hakları algısını ölçmek amacıyla anket formunun Hasta Hakları bölümünde 11., 14., 15., 16., 17., 18., 19., 20. ve 21. sorular sorulmuştur. Hasta memnuniyeti algısı ise ayrı bir ölçek olarak 14 sorudan oluşan bir bölümde sorulmuştur. Araştırmanın evrenini belirlenen 1 yıl içinde uygulama yapılması için seçilen poliklinik hastaları ve serviste yatan hastalar oluşturmaktadır. Hastane yöneticilerinden alınan sözlü bilgiye göre hastaneye araştırmaya konu olan yılda 50000 hasta gelmiştir. Çalışmanın çerçevesi ve kısıtlarına göre örneklem çapı %95 güvenilirlik %6 duyarlılık düzeyinde olması uygun görülmüştür. Buna göre örnek çapı 275 olarak tespit edilmiştir.

Çalışmada hasta hakları algısı (ortalama: 2,87) olarak hesaplanmıştır. Bu sonuç hastaların hasta hakları uygulaması algısının düşük olduğu diğer bir ifadeyle hastane çalışanlarının (doktor, yönetici ve diğer ilgili personel) hasta hakları konusunda titiz davranmadıkları düşünülebilir. Buna karşın hastaların memnuniyetlerinin daha yüksek olduğu (idari hizmetlerden memnuniyet: 3,37, ilgi ve nezaketten memnuniyet: 4,22, tıbbi hizmetlerden memnuniyet: 3,66 ve genel memnuniyet: 3,82) gözlemlenmiştir.

Araştırma problemi ile ilgili olarak çalışmanın temel problemi olan hasta hakları algısının hasta memnuniyeti üzerine etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Ancak hasta memnuniyetinin alt boyutlarına inildiğinde ilginç bir durumla karşılaşmıştır: Hasta hakları uygulaması algısı genel memnuniyet, tıbbi hizmetler ve ilgi-nezaket algıları üzerinde etkili olurken idari hizmetlerden memnuniyet algısı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır.

8. Öneriler

Sağlık sisteminin, insan sağlığına yönelik hizmet sunması, sağlık personelinin katılımını önemli kılmaktadır. Hizmet kalite standartları sağlanırken, hastalarla olan iletişimin artırılması için, hasta sağlık personeli ilişkisine ait eğitimlerin artırılması sağlanmalıdır. Hastalara özgü, sağlık hizmetlerinden nasıl faydalanacağına yönelik, eğitim seminerlerinin artırılması sağlanmalıdır. Hastane kurallarını içeren broşür ve kitapçıkların hastaların odalarına ve boş zamanlarını geçirdikleri alanlara bırakılması, afişlerin hastane giriş ve servis panolarına asılması ve hastanenin merkezi ses sisteminden hastaların rahatsız olmayacağı saatlerde periyodik aralıklar ile duyurulması sağlanmalıdır. Sağlık personelinin eğitim müfredatında, hasta haklarının ayrı bir ders olarak verilmesi sağlanmalıdır. Hasta hakları ile ilgili hizmet içi eğitim programlarına, sağlık personelinin katılması zorunlu hale getirilmelidir. T.C. Sağlık Bakanlığı, “sağlıkta dönüşüm reformu” dâhilinde, sağlık personeline, hasta hakları ile ilgili sertifikalı eğitim programları zorunlu hale getirilmelidir. T.C. Sağlık Bakanlığı, döner sermaye

yönetmeliğinde, performans puanlanmasına, hastanın, hastalığı, yapılan tedavi ve uygulamalar hakkında bilgilendirilmesi de dâhil edilmelidir.

Bu konuda yapılan çalışmalar oldukça azdır. Bu çalışma, hasta hakları uygulamalarının hasta memnuniyetine etkisinin incelenmesi amacıyla kamu hastanesi üzerine yapılan bir araştırmadır ve bu amaçla x ilçesinin x kamu hastanesinde yapılmıştır. Bu nedenle araştırmanın sonuçları Türkiye'deki tüm kamu hastanelere genellenemez. Araştırmanın tüm il veya ilçeleri kapsayacak şekilde, genellenebilir bir sonuca ulaşması için farklı kamu hasta hakları uygulamalarına ilişkin doktor, hemşire ve hastane personeli gibi sağlık çalışanları araştırmaya dahil edilerek araştırmanın yapılması ve daha geniş topluluğa uygulanarak geliştirilebileceği önerilebilir.

Elde edilen sonuca göre hastaların hasta hakları uygulaması algısındaki iyileşme (sağlık kurumlarının ve çalışanlarının bu konuda titiz davranmaları) hastaların genel memnuniyeti, tıbbi hizmetlerden memnuniyeti ve ilgi-nezaket hizmetlerinden memnuniyetlerini artırmaktadır. Ancak aynı etki idari hizmetlerden memnuniyet için geçerli olmamaktadır. Bu sonuç hem sağlık sektörü için hem de bu alanda bilimsel çalışmalar yapan bilim çevresi için dikkatle incelenmesi gereken bir sonuçtur.

Bu çalışmada hasta hakları uygulamasının hasta memnuniyetine etkisi regresyon analizi yöntemiyle incelenmiştir. Benzer çalışmalar etki analizi için yapısal eşitlik modeli gibi farklı yöntemler kullanılarak yapılması araştırma probleminin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Ayrıca hasta memnuniyetini etkileyen farklı faktörlerin de modele dâhil edilmesi hasta memnuniyetinin daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Bu çalışma daha geniş imkânlarla birden fazla sağlık kurumunda geniş çaplı bir çalışma ile geliştirilebilir ve iyileştirebilir.

Kaynakça

- Kavuncubaşı, Ş. Ve Yıldırım, S. (2010). Hastane Ve Sağlık Kurumları Yönetimi, Ankara, Siyasal Kitabevi.
Dağıtım.
- Aksoy, O. (2001). "Sağlık Hakları Ve Hasta Hakları", Yeni Türkiye Dergisi, 40: 12.
- Özer, A. Ve Çakıl, E. (2007). "Sağlık Hizmetlerinde Hasta Memnuniyetini Etkileyen Etmenler", Tıp Araştırmaları Dergisi, Malatya, 5(3): 141.
- Özlu, T. (2007). "Hekimler Ve Hasta Hakları", Sağlık Hakkı Dergisi, Trabzon, 2: 46.
- Petrescu, I.A. Ve Simmons, R. (2008). "Human Resource Management Practices and workers' Jobsatisfaction", International Journal Of Manpower, 29(7), 653.
- Erdem, R. (2008). "Hasta Memnuniyetinin Hasta Bağlılığı Üzerine Etkisi", Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Erciyes, 31: 95-110
- Öz, S. (2007). "İnsan Hakları Düzenlemelerinin Türk Kamu Yönetimine Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Isparta.
- Hatun, Ş. (1999). Hasta Hakları, İstanbul, İletişim Yayınları.
- Çiçin, F. (2018) "Kanserli Hastalara Sunulan Sağlık Hizmetlerinde Hasta Memnuniyeti ve Trakya Üniversitesi Balkan Onkoloji Hastanesi Örneği", Trakya Üniversitesi, SBE, YLT, s.34.

- Akkaya, G.Mehtap, E. B. ve Akkaya, C. (2012). "Acil Servise Başvuran Hastaların Memnuniyetini Etkileyen Faktörler", Türkiye Acil Tıp Dergisi, Bursa, 12(2): 63.
- Eren, E. (2006). Örgütsel Davranış ve Yönetim Psikolojisi, İstanbul, Beta Yayın.
- Mangan, S. (2006). Kartal Eğitim ve Araştırma Hastanesi'nde hasta hakları uygulamalarının sosyolojik açıdan incelenmesi. İstanbul: Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sosyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi.
- T.C. Sağlık Bakanlığı, (Erişim), <https://www.saglik.gov.tr/tr.10461/hasta-haklari-yonetmeligi.html>, 05.03.2019
- T.C. Sağlık Bakanlığı, Sağlık Hizmetlerinin Sosyalleştirilmesi Hakkında Kanun, Madde 2, Rg: 1961, Sayı: 224, (Erişim), <http://www.mevzuat.gov.tr/mevzuatmetin/1.4.224.pdf>, 14.03.2019
- Türkiye Büyük Millet Meclisi [Tbmm], (Erişim), <https://www.tbmm.gov.tr/komisyon/insanhaklari/pdf01/203-208.pdf>
- Dünya Sağlık Örgütü [Who], (2005). Constitution Of The World Health Organization. In: Basic Documents, World Health Organization, Geneva.



Türkiye'de Limanlarda Yük Taşımacılığı Veri Analizi

Hasan Şen, Arzum Yaşayanlar, Berrin Denizhan

Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-0785-2778), hasansen387@gmail.com
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6771-6626), arzumyasayanlar@hotmail.com
Sakarya Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0212-0087), denizhan@sakarya.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.851537)

ATIF/REFERENCE: Şen, H., Yaşayanlar, A. & Denizhan, B. (2021). Türkiye'de Limanlarda Yük Taşımacılığı Veri Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (22), 436-444.

Öz

Gelişen bilişim teknolojisi ile birlikte veriler içerisinden anlamlı bilgileri ortaya çıkarmak ve stratejik kararlarda bir adım öne geçebilmek veri analitiğini her alanda gerekli hale getirmiştir. Bu alanlardan biri de ülkemizin ticaret yükünü taşıyan deniz limanlarına ait yük taşımacılığı verileridir. Limanlar ticaretin en önemli aracıdır. Rekabet gücünü artırmak için ülkemizin ihracat hedefini artırma önceliğinin olduğu günümüzde, lojistik öngörü, politika ve analizler, geçmiş taşımacılık verilerimizin analizini de içermelidir. Bu çalışmada, T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'ndan alınan Türk limanlarındaki son 15 yıla ait yük istatistik verileri üzerine veri analizi uygulanmıştır. Çalışma aynı zamanda limanlardaki yük taşımacılığına ait veriler üzerine yapılmış ilk uygulama niteliğindedir. Lineer regresyon ve yapay sinir ağları yöntemleri, sırası ile Weka üzerinde ve Phyton dilinde yazılarak uygulanmış, sonuçlar karşılaştırılmıştır. Geçmiş veriler üzerinde yapılan tahminlerin doğruluk oranları kıyaslanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yapay sinir ağları yönteminin gerçeğe daha yakın sonuçlar verdiği görülmüştür. Çalışma sonucunda limanlarımız ile yapılan ticarete geçmiş yük taşımacılığına ait verilerin kullanılması, yapay sinir ağları gibi tekniklerle gelecekte yapılacak ihracat ve ithalat karar ve politikaları için önemli bir yöntem ve bilgi kaynağını literatüre sunulmaktadır. Bu bilgileri doğru şekilde kullanmak, ülkeleri rekabette daha avantajlı konuma getirebilecektir. Aynı zamanda yük taşımacılığında veri madenciliği uygulamalarının yaygınlaşması, yapılacak ticari faaliyetler için analitik öngörülerde bulunma fırsatı sunabilecektir.

Anahtar Kelimeler: Yük İstatistik Verileri, Veri Madenciliği, Yapay Sinir Ağları, Lineer Regresyon, Zaman Serisi Analizi.

Data Analysis of The Port of Freight Transportation In Turkey

Abstract

Revealing meaningful information from the data and being able to take a step forward in strategic decisions made data analytics necessary in every field of developing information technology. One of these areas is the freight transport data of the seaports that carry the commercial cargo of our country. Ports are the most important tool of the trade. In today's world where our country has priority to increase its export target to increase its competitiveness, logistics foresight, policy and analysis should also include the analysis of our past transportation data. In this study, T.C. Data analysis has been applied to the freight statistics data of the last 15 years in Turkish ports taken from the Ministry of Transport and Infrastructure. The study is also the first application made on the data of freight transportation in ports. Linear regression and artificial neural network methods were applied on Weka and written in Phyton language, respectively, and the results were compared. The accuracy rates of the predictions made on the historical data were compared. According to the results obtained, it has been seen that the artificial neural network method gives more realistic results. As a result of the study, an important method and source of information are presented to the literature for future export and import decisions and policies with techniques such as the use of data of past freight transportation in trade with our ports and artificial neural networks. Using this information correctly will bring countries to a more advantageous position in the competition. At the same time, the widespread use of data mining applications in freight transportation will provide an opportunity to make analytical predictions for commercial activities.

Keywords: Load Statistics Data, Data Mining, Artificial Neural Networks, Linear Regression, Time Series Analysis.

* Sorumlu Yazar: denizhan@sakarya.edu.tr

1. Giriş

Taşımacılık, lojistik kavramı içerisinde çok önemli bir yer tutmaktadır. Bunun sebebi taşımacılık maliyetlerinin lojistik maliyetleri içerisinde yüksek orana sahip olmasıyla beraber taşımacılık kavramının lojistikle özdeşleşmiş olmasıdır. Taşımacılık kavramı, üretimden tüketime kadar, belirli yer ve zamanlarda gerekli olan mal veya hizmetlerin, talebe uygun olarak, belirli bir yerden hedeflenen başka bir alana gönderilmesi işlemidir. (Demir, 2005 ; Kokotos ve Linardatos ,2010). Taşınan mal veya hizmetler çeşitlilik göstermekle birlikte temelde hammadde, yarı mamul veya bitmiş ürün olarak genel bir sınıflandırılma yapılabilir. Sanayi devrimi ile, üretilen çok miktardaki ürünü başka ülkelerin tüketicileriyle buluşturma isteği ve rekabet ortamı, işletmelerin taşımacılık faaliyetlerine eğilmelerine sebep olmuştur (Kılıcı, 2017 ; Jingjing ve diğerleri, 2018). Günümüzde ise rekabet ortamında bir adım öne geçmenin en temel faktörlerinden birisi, veri madenciliği kavramını lojistik sektörüne entegre edebilmektir.

Uluslararası rekabet ortamında, taşınanın daha hızlı ve daha ekonomik olması zorunlu hale gelmiştir (Nataraj vds, 2020). Bu noktada taşımacılık kavramının temel hedefi, taşınması planlanan yükleri veya gerçekleştirilecek hizmeti, en uygun taşıma sistemiyle birlikte belirlenen başlangıç noktasından varış noktasına kadar, minimum maliyet, kısa zaman ve güvenli şekilde ulaştırmak olmuştur (Lambert ve James, 1999). Taşıyıcı türüne göre başlıca ulaştırma sistemleri; denizyolu, karayolu, demiryolu, havayolu ve diğer taşıma türleri olarak sınıflandırılmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye’de denizyolu taşımacılığı üzerine bir veri analizi ele alınmıştır. Denizyolu aracılığı ile taşınan malzemelerin, gemiler vasıtası ile bir limandan diğer limana taşınma işlemine deniz yolu taşımacılığı denir. Günümüzde uluslararası ticarete, denizyolu ülkelere, büyük miktarlarda yüklerin en düşük maliyetle taşınması denizyolu taşımacılığı ile gerçekleşmektedir. Bundan dolayıdır ki dünya genelinde yaklaşık olarak ticaretin %80’i deniz taşımacılığı ile sağlanmaktadır. (Kalaycı, 2014).

Büyük miktarlardaki yüklerin tek seferde taşınabilmesine imkan tanınması, taşıma maliyetlerinin hava yoluyla yapılan taşımalara göre 14 kat, karayolu taşımacılığına göre 7 kat, demiryolu ile taşımaya göre ise 3.5 kat ucuz olması, daha çevreci olması, harcanılan enerjinin taşınan yüklere oranla maliyetinin daha az olması ve oluşacak kaza riskinin en alt seviyede olması gibi sebeplerden denizyolu taşımacılığı, taşıma türleri arasında ilk olarak tercih edilen taşıma yöntemi olmaktadır. (Arslan, 2011). Denizyolu ile yapılacak olan taşımacılık da, gidilen limanları ve bu limanlara taşınan yükleri ifade etmektedir. (Aksoy, 2019).

WorldBank’ın 2018 yılında yayımladığı Lojistik Performans Index verilerinde, ulaştırma ve ticaret ile ilgili alt yapının kalitesi gözönüne alınarak yapılan sıralamaya göre, Türkiye 3.21 puan ile 160 ülke arasından 33. sırada yer almaktadır. LPI oran ile birlikte yapılan sıralama sonucunda ise, Türkiye 47. sırada yer almıştır (www.worldbank.org).

WorldBank’ın yayımlanmış olduğu sonuçlara göre, Türkiye’nin, ulaştırma ve ticaret ile ilgili alt yapının kalitesi ile ilgili yapılan sıralamada 33. sırada yer almış olması, Türkiye’nin bulunduğu bölgede daha güçlü yani işlem ve ihracat hacmi daha büyük bir lojistik merkez olabilmesi için daha da gelişmesi gerektiğini göstermektedir (Gün, 2013). Bu gelişmeler; altyapı, dijitalleşme, gümrük mevzuatına yönelik düzenlemeler, operasyonel etkinliği artıracak makine ve ekipmanlara yatırımlar

ve nitelikli bilimsel araştırmalar ve iyileştirmelerin artırılması şeklinde olacaktır. Bunlarla birlikte, Türkiye gelecekte lojistik sektöründe hayat bulabilecek ve var olabilecek 10 ülke arasında kendisine 4. Sıraya çıkabilecek yetkinliğe sahiptir.

T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı’nın verilerine göre Türkiye’de toplam 71 adet liman başkanlıkları mevcuttur. 2004 yılına ait veriler incelendiğinde, 267 farklı ürün kalemi ihracat ve ithalat sürecinde yer almaktadır. 2019 yılı sonunda yayımlanan veriler tekrar incelendiğinde liman başkanlıklarından yapılan ihracat ve ithalat çalışmalarında, 560 farklı ürün kalemi vardır. Bu demek oluyor ki ihracat ve ithalatta 15 yıllık zaman diliminde 293 farklı ürün kalemi ortaya çıkmıştır.

1.1. Deniz Taşımacılığı ve Veri Madenciliği

Teknoloji kullanımının yaygınlaşması, veri ve bilgi akışlarının büyük boyutlara ulaşmasını ve hatta büyük verilerin ortaya çıkmasını sağlamıştır (Sousa ve Campos, 2018). Kuruluşların dünya üzerinde artan bu veri yığınlarından kendilerine faydalı olacak bilgileri ve ilişkileri ortaya çıkarma ihtiyaçları küresel rekabette kendileri için de önemli bir avantaj durumuna gelmiştir. Buna ek olarak bilginin güvenilirliği, doğru yöntemler kullanılarak doğru bilginin ortaya çıkması günümüzde oldukça önem kazanmıştır (Akçetin ve diğerleri, 2013).

Kurumlar etkili kararlar verirken, mevcut kullanılmamış veri yığınlarını en uygun şekilde işleyerek, yeni bilgi kaynağını ortaya çıkarıp bunlardan stratejik olarak faydalanmayı amaçlarlar (Jose ve diğerleri 2017). Bu gibi amaçları gerçekleştirebilmek ve hayata geçirebilmek için yapay zekanın alt dalı olan veri madenciliği yöntemine başvururlar. Veri madenciliği yönteminin kullanılmasıyla, istatistiksel analizler ve çeşitli hesaplamalar yapılabilir (Cornejo-Bueno ve diğerleri, 2018). Kurumların; kuruluş yeri seçiminde, çizelgeleme faaliyetlerinde, geleceğe yönelik tahminlerinde, araç ve rotalama problemlerinde veri madenciliği kullanılmaktadır.

Limaneler, deniz taşımacılığı ve lojistik üzerinde de veri madenciliği uygulamaları literatürde yer almaktadır. Wang (2012), veri madenciliği yöntemini kullanarak limandan limana yük hareketi için Amerika Birleşik Devletleri ve diğer ülkeler arasında bir veritabanı oluşturmuştur. Alnıpak, v.d. (2007) , Otomatik Tanıma Sistemleri olarak bilinen RFID teknolojisinin konteyner limanlarında kullanılması ve büyük veri analizi ile ilgili bir çalışma yapmıştır. Çalışma sonucunda departmanlar arasındaki veri akışının otomatikleşmesi ve veriminin artması, israfa azalma, süreç içindeki bütün insan , araç ve yüklerin etkin bir şekilde takip edilebilmesi ve limanların ve konteynerların taşıma sürecindeki güvenliğindeki artış, bekleme sürelerinin azalması , insan hatalarının çok az miktarlara indirilmesi , trafikte azalış, gümrük sürelerinde kısalma, konteyner depo yönetiminde verimlilik artışı, kayıp veya çalıntı malzeme azalışı, işlem sürelerinde azalmalar hedeflenmiştir.

Birant (2006), deniz verilerinin modellenmesi ve analizi üzerine yaptığı çalışma kapsamında konumsal-zamansal verilerin kümelmesi ve konumsal-zamansal sıra dışı verilerin tespiti gibi iki farklı veri madenciliği algoritması tanıtılmıştır. Çözüm aracı olarak Mardex (Marine Data Explorer) programı kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca web servis tabanlı paralel kümeleme adlı yeni bir yaklaşım önerilmiştir.

Kokotos ve Linardatos (2010), ise 1995-2006 yılları arasında Yunanistan’da gerçekleşen gemi kazalarını araştırmak için yapılan bir çalışma gerçekleştirmiştir. CHAID algoritmasını

kullanarak , gerçekleşen kazaların insan kaynaklı kaza veya insan kaynaklı olmayan kaza olarak tahmin edilmesi sağlanmıştır. Kiremitçi (2005), lojistik alanında firmaların veri depoladıkları veriden firmanın karar verme süreçlerinde kullanabilecekleri bilgiyi ortaya çıkarmak için veri madenciliği çalışması yapmıştır. Kümeleme Analizi ve Karar Ağaçları kullanılarak gerçekleştirilen çalışmada, kurulan modelin sonucunda ortaya çıkacak bilginin anlaşılabilirliği dikkate alınmıştır. Akçetin ve diğerleri (2013), lojistik sektörü açısından veri madenciliği kavramının öneminden ve birçok alanda uygulamasından söz etmiştir. Türkiye için deniz lojistiğinde yapılacak veri madenciliği çalışmalarının önemi belirtilmiştir.

Dünya çapında kurumların gerçekleştirdiği ticarete, lojistik faaliyetleri büyük önem arz etmektedir. Global ticareti katlanabilir kılan kritik lojistik faaliyeti ise tartışmasız taşımacılıktır. Deniz yolu, belirtilen taşımacılık türleri arasında düşük maliyet ve güvenlik açısından çok önemli bir yere sahiptir (Şenyiğit ve Arsav, 2019). Gün geçtikçe değeri artan veri madenciliği uygulamaları her sektörde uygulanabildiği gibi denizyolu taşımacılığında da kendine yer bulmuştur. Her sektöre farklı tür getiriler sunan veri madenciliği uygulamaları, denizyolu taşımacılığı açısından değerlendirilecek olursa;

- Limanlarda verimlilik analizleri yapılabilir.
- Daha doğru lojistik politikaları belirlenebilir.
- Müşteriye göre tespitler yapılabilir.
- Tedarikçiye göre tespitler yapılabilir.
- Riskin azaltılması ve minimuma indirilmesi için risk analizleri yapılabilir.
- Yük akışının hızlandırılması için yük akış hızının analizi yapılabilir.
- Limanlardaki yük verilerinin yıllara göre tahmin ve analizi yapılabilir (Akçetin ve diğerleri., 2013).

Bu çalışmada T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı Denizcilik İstatistikleri'ne ait 16 yıllık (2004-2019) yük istatistik verileri kullanılmıştır. Veriler, aylar bazında Türkiye limanlarında gerçekleştirilen toplam elleçleme (ton bazında) istatistiklerini içermektedir. (Ulaştırma Bakanlığı, 2019)

Elleçleme; temelde iki ana faaliyetten oluşmaktadır. Bunlar; yükleme (ihracat) ve boşaltma (ithalat)dır. İhracat ve ithalat verileri kendi içerisinde Türk Bayraklı, Kendi Ülke Bayraklı ve Diğer Ülke Bayraklı olmak üzere sınıflandırılmıştır. Yapılacak çalışmada, 2019 yılı içerisindeki ihracat ve ithalat miktarlarının aylar bazında veri madenciliği yöntemleri ile tahmini yapılacaktır. Tahmin için Wekaforecast de yer alan Lineer Regresyon ve Yapay Sinir Ağları algoritmaları kullanılacaktır. Çalışma sonunda kullanılan yöntemlerden hangisinin daha iyi sonuç vereceği belirlenecektir..

2. Materyal ve Metot

Problemin çözümünde Weka ve Python dili ile gelecek değer tahmini için ayrı ayrı hesaplamalar yapılmıştır. Bu yöntemlerin problemin çözümünde takip edilecek aşamalar aşağıda gösterilmiştir;

1. Weka lineer regresyon yöntemi ve yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin yapılması,

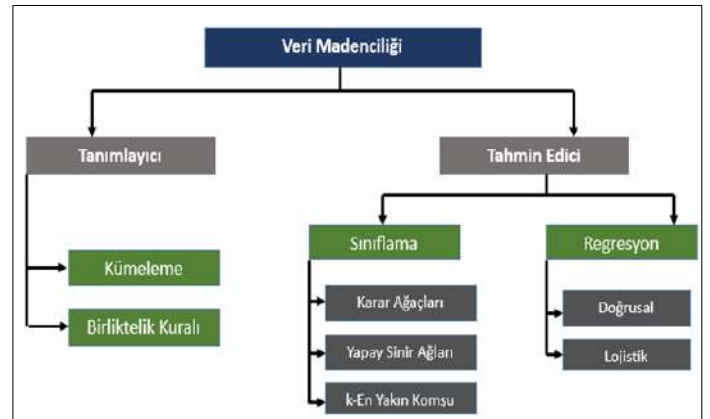
2. Weka lineer regresyon yöntemi ve yapay sinir ağları yönteminin sonuçlarının karşılaştırılması,
3. Python ile lineer regresyon yöntemi ve yapay sinir ağları uygulanarak tahmin yapılması,
4. Python lineer regresyon yöntemi ve yapay sinir ağları yönteminin sonuçlarının karşılaştırılması,
5. Elde edilen verilerinin istatistiksel analizi,
6. Weka ve Python kullanılarak 2020 Yılı İhracat ve İthalat Tahmini.

Veri Madenciliği, büyük miktarlardaki veriler içinden 'anamlı' bir bilgi etme işlemidir. Veri madenciliği sayesinde veriler arasındaki ilişkileri ortaya çıkarmak ve bu veriler ile ileriye dönük tahminlerde bulunarak yorumlayabilmek mümkün hale gelmektedir. Veri madenciliği uygulamaları, işletme, finans, sağlık, pazarlama, bankacılık, sigortacılık, borsa ve internet gibi birçok alanda kendisine yer bulmuştur (Özkan, 2016), (Khair ve diğerleri 2017).

Veri madenciliği birtakım süreçlerden oluşmaktadır. Bu süreçler veriyi;

- Temizleme
- Bütünleştirme
- İndirgeme
- Dönüştürme

Son olarak da veri madenciliği algoritmasını uygulama ve sonuçları sunum ve değerlendirme olarak belirtilebilir (Özkan, 2016). Veri madenciliğine ait yöntemlerin sınıflandırılması Şekil 1.'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Veri madenciliğinde kullanılan model ve yöntemler (Arabacı, 2007)

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Weka Lineer Regresyon Yöntemi İle Tahmin Uygulaması

T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'ndan alınan Denizcilik istatistikleri'ne ait 16 yıllık (2004-2019) yıllık veriler Weka programı için belirli düzenlemelere tabi tutulmuştur. Aylar bazında düzenlenen yük istatistik verilerinden alınan bir kısım örnek aşağıdaki Tablo 1.'de yer almaktadır.

Problem çözüm aşamasında ilk olarak, ayrı ayrı yıllara göre bulunan veriler excel dosyasında birleştirilerek 166 yıllık veri setinin tek bir dosyada toplanması sağlanmıştır. Ardından verilerin weka programına uygun hale getirilmesi sağlanmıştır.

Weka programı ile analiz için uygun hale getirilen veriler Weka'nın forecast özelliği kullanılarak tahmin edilmiştir.

Wekaforecast, Weka programının en gelişmiş özelliklerinden biridir.

Weka programında lineer regresyon yöntemi ve yapay sinir ağları yöntemi ile 2019 yılına ait verilerin tahmini gerçekleştirilecek ve gerçek sonuçları ile karşılaştırılacaktır. Weka'da, lineer regresyon fonksiyonu gerçek değerinin, tahmin edilmek istenen değişkenin değerine göre yapılan bir işlemdir. Lineer regresyonun arka planında ya arkadan ekleme kullanılarak ya da tüm niteliklerden tam bir model oluşturularak ve bir durdurma

ölçütü elde edilene kadar standartlaştırılmış katsayıların sırası düşünülerek tahmin hesaplamaları yapılır (Aydemir, 2019).

Tahminlemeye uygun hale getirilen veriler üzerinde %95 eğitim, %5 test oranında verilerin eğitimi ve testi gerçekleştirilmiştir. 2004-2018 yıllarına ait veriler gelecek tahminleri için eğitim verisi olarak kullanılmış, 2019 yılına ait veri ise test verisi olarak bir sonraki yılı belirlemek üzere kullanılmıştır.

Tablo 1. 2010 Yılı Yük İstatistik Veril

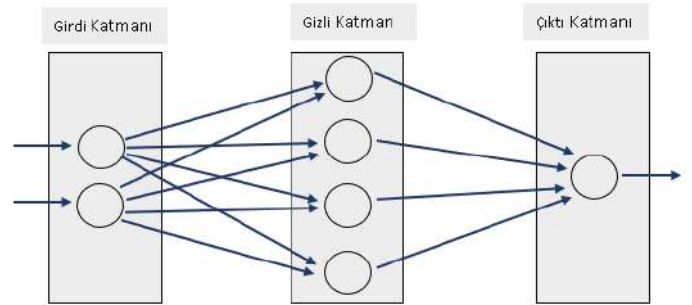
Dönem	İhracat Türk Bayraklı	İhracat Kendi Bayraklı	İhracat Diğer Ülke Bayraklı	İthalat Türk Bayraklı	İthalat Kendi Bayraklı	İthalat Diğer Ülke Bayraklı
28-01-2010	863.553	325.348	4.583.653	2.186.211	678.061	8.698.487
28-02-2010	825.541	214.151	4.881.417	1.723.264	654.582	8.028.930
28-03-2010	978.869	460.396	5.680.063	2.503.276	848.090	10.264.192
28-04-2010	979.920	290.895	6.009.028	2.453.381	792.318	9.654.404
28-05-2010	998.656	540.611	6.576.840	2.638.125	756.710	10.924.954
28-06-2010	994.732	305.703	5.732.826	2.726.211	741.234	10.048.995
28-07-2010	996.267	372.731	6.390.617	2.721.131	830.950	11.841.482
28-08-2010	882.450	404.101	5.378.268	2.274.118	834.286	12.109.388
28-09-2010	1.012.933	234.003	5.703.279	2.498.819	675.708	9.665.718
28-10-2010	957.219	239.426	5.941.399	2.461.653	564.552	11.949.475
28-11-2010	1.026.063	327.251	5.225.908	2.506.592	717.866	10.389.037
28-12-2010	1.098.715	269.661	6.230.895	2.179.438	954.018	11.093.072

3.2. Weka Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Uygulaması

Yapay sinir ağları, insan beyninin özelliklerinden çalışma ve öğrenme ilkelerinden esinlenerek yeni bilgiler türetebilme, yeni bilgiler ortaya çıkarabilme ve keşfedebilme gibi yetenekleri yardımsız bir şekilde bilgisayarlar üzerinde taklit ederek uygulayan bir yöntemdir.

Yapay sinir ağları, sınıflandırma, olasılıksal fonksiyon kestirimi, örüntü işleme, örüntü tanıma, optimizasyon, zaman serisi analizleri, tahmin ve sinyal işleme gibi farklı alanlarda kullanılmaktadır. Yapay sinir ağlarının asıl görevi, bilgisayarların öğrenmesini sağlamaktır. Bu çalışmayla beraber bilgisayar öğrenme yetisi kazanmış olur ve karar verme süreçlerinde olayları yorumlayabilme olanakları kazanır.

Sınıflandırma, tanıma, tanımlama ve sinyal işleme gibi birçok problemin çözümünde İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağları modeli kullanılmaktadır. Bu modelde bir katmandaki sinirin çıktıları kendisinden bir sonraki katmana ağırlıklar üzerinden girdi olarak gönderilmektedir. Modelin yapısı aşağıda yer alan Şekil 2.'de gösterilmiştir (Aydemir, 2019).



Şekil 2. İleri Beslemeli Yapay Sinir Ağlar

Yapay Sinir Ağları yönteminde tahminlemeye uygun hale getirilen veriler üzerinde %95 eğitim, %5 test oranında verilerin eğitimi ve testi gerçekleştirilmiştir. Bu kez 2019 yılı tahminleri Yapay Sinir Ağları ile çözümlenmiştir.

Problemin 2019 yılı veri tahminleri WekaForecast üzerinde hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo2.'de karşılaştırılmıştır. Altı farklı kategoride metodların verdiği doğruluk oranları hangi yöntemin daha gerçeğe yakın tahmin edildiğini açıkça göstermektedir. Lineer Regresyonda ortalama doğruluk oranı %81,75 iken Yapay Sinir Ağlarında ise bu oran %69,91 çıkmıştır. Dolayısıyla problemimizde yer alan veri seti için Weka Programında Lineer Regresyon yöntemi ile tahmin yapmak, Yapay Sinir Ağları yöntemine göre daha uygundur.

Tablo 2. Weka Linear Regresyon Yöntemi ile Yapay Sinir Ağları Yöntemi Karşılaştırılması

İthalat-İhracat Oranları	Lineer Regresyon Yöntemi İle Doğruluk Oranı	Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Doğruluk Oranı
İhracat Türk Bayraklı	0,8206	0,8136
İhracat Kendi Ülke Bayraklı	0,8893	0,6745
İhracat Diğer Ülke Bayraklı	0,8415	0,7870
İthalat Türk Bayraklı	0,6311	0,5003
İthalat Kendi Ülke Bayraklı	0,7826	0,6347
İthalat Diğer Ülke Bayraklı	0,9396	0,7846

3.3. Python Linear Regresyon ve Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Tahmin Uygulaması

T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'ndan alınan Denizcilik İstatistikleri'ne ait, Weka programı için altı başlıkta kullanılan 16 yıllık (2004-2019) yıllık veriler python programı için ihracat ve ithalat verileri olmak üzere iki başlık altında toplanmıştır. Tablo 3.'de 180 adet verinin, ilk 24 verilik parçası verilmiştir

Tablo 3. Bir Yıllık İhracat ve İthalat Verileri

Dönem(Ay)	İHRACAT(ton)	İTHALAT(ton)
1	3.869.790	9.333.088
2	3.676.000	9.639.313
3	5.220.926	10.609.523
4	5.409.012	9.412.340
5	5.555.230	10.297.391
6	4.822.120	10.229.015
7	4.770.913	10.362.404
8	4.845.585	10.411.391
9	4.706.893	9.908.589
10	5.051.356	10.617.950
11	4.616.468	9.613.938
12	4.800.149	10.281.634

Python programı için tahminlemeye uygun hale getirilen veriler üzerinde %75 eğitim, %25 test oranında verilerin eğitimi ve testi gerçekleştirilmiştir. Test verisininin %25 seçilmesi sebebiyle, Python programında 16 yıllık verilerden 2016, 2017, 2018 ve 2019 yılına ait verileri test verisi olarak kullanılacaktır.

Girilen gerçek değerlerin eğitilmesi ve test edilmesiyle yıllara ait verilerin ait tahmini Python dili ile programlanarak hesaplanmıştır. Hesaplamalar; Weka programında ana başlıklar olarak Türk bayraklı ihracat, kendi ülke bayraklı ihracat, diğer

ülke bayraklı ihracat, türk bayraklı ithalat, kendi ülke bayraklı ithalat ve diğer ülke bayraklı ithalat olmak üzere ayrı ayrı hesaplanması yerine, İhracat ve İthalat başlıkları altında gerçekleştirilmiştir. Ardından Weka'da olduğu gibi Python'da da gerçek değerle tahmin edilen değerler arasındaki ilişki tutarlılığının ölçülmesi için mutlak hata oranları belirlenmiştir.

Yapay Sinir Ağları yönteminde tahminlemeye uygun hale getirilen veriler üzerinde %75 eğitim, %25 test oranında verilerin eğitimi ve testi gerçekleştirilmiştir.

Tablo 4. Python Linear Regresyon Yöntemi ve Yapay Sinir Ağları Yöntemi Karşılaştırılması

İthalat-İhracat Oranları	Lineer Regresyon Yöntemi İle Doğruluk Oranı	Yapay Sinir Ağları Yöntemi İle Doğruluk Oranı
İhracat	0,6181	0,9094
İthalat	0,8424	0,9157

2019 yılı veri tahminleri Python programı üzerinde gerçekleştirilmiştir. Hesaplama ile elde edilen değerler Tablo 4.'de karşılaştırılmıştır. İki farklı kategoride İhracat ve İthalat başlıkları adı altında karşılaştırmalar yapılmıştır.

Lineer Regresyonda ortalama doğruluk oranı %73,025 iken Yapay Sinir Ağlarında ise bu oran %91,25 çıkmıştır. Dolayısıyla problemimizde yer alan veri seti için Python programında Yapay Sinir Ağları ile tahmin yapmak, Lineer Regresyon yöntemine göre daha uygundur.

3.4. İstatistiksel Analiz ve Karşılaştırma

Veri setinde kullanılan 2019 yılı gerçek değerleri ile 2019 yılı tahmin değerleri arasında ortalama mutlak hata (mae) analizi ve ortalama kare hata (mse) analizi yapılacaktır.

Ortalama mutlak hata kavramı, sürekli değişken olan iki ifadenin aralarındaki farklarını belirtir. ortalama mutlak hata'nın aldığı değer, 0'dan başlayarak ∞ değere kadar değişkenlik gösterebilir. Ortalama mutlak hatası daha az değere sahip olan tahminleyiciler, yüksek değerli olan ortalama mutlak hataya göre daha yakın sonuç verir.

Tablo 5. Weka Verileri ile Ortalama Mutlak Hata

Weka	Ortalama Mutlak Hata
Lineer Regresyon İhracat Türk Bayraklı	195376,4231
Lineer Regresyon İhracat Kendi Ülke Bayraklı	42200,8118
Lineer Regresyon İhracat Diğer Ülke Bayraklı	1535011,9589
Lineer Regresyon İthalat Türk Bayraklı	390684,0969
Lineer Regresyon İthalat Kendi Ülke Bayraklı	244359,9989
Lineer Regresyon İthalat Diğer Ülke Bayraklı	968020,9375
Yapay Sinir Ağları İhracat Türk Bayraklı	202266,6453
Yapay Sinir Ağları İhracat Kendi Ülke Bayraklı	119367,8189
Yapay Sinir Ağları İhracat Diğer Ülke Bayraklı	1996420,3605
Yapay Sinir Ağları İthalat Türk Bayraklı	545227,6489
Yapay Sinir Ağları İthalat Kendi Ülke Bayraklı	350634,2087
Yapay Sinir Ağları İthalat Diğer Ülke Bayraklı	3546366,9875

Weka programı üzerinde hesaplanan değerler ışığında, ortalama mutlak hata fonksiyonu için değerler Tablo 5.'de hesaplanmıştır.

Lineer Regresyon yöntemi ve Yapay Sinir Ağları yöntemi, Ortalama Mutlak Hata verileri üzerinde karşılaştırılmıştır. Ortalama Mutlak Hata fonksiyonunda elde edilen sonuçlarda Lineer Regresyon Yöntemi verileri Yapay Sinir Ağları verilerinden daha küçük olduğu için, WekaForecast ile Lineer Regresyon yöntemi daha iyi sonuç vermiştir.

Tablo 6. Python Verileri ile Ortalama Mutlak Hata

Python	Ortalama Mutlak Hata
Lineer Regresyon İhracat	4253384,4886
Lineer Regresyon İthalat	2984447,0235
Yapay Sinir Ağları İhracat	1018326,25
Yapay Sinir Ağları İthalat	1551705,1666

Python programı üzerinde hesaplanan değerler ışığında, Ortalama Mutlak Hata fonksiyonu için Ortalama Mutlak Hata sonuçları Tablo 6'de hesaplanmıştır.

Lineer Regresyon yöntemi ve Yapay Sinir Ağları yöntemi, Ortalama Mutlak Hata verileri üzerinde karşılaştırılmıştır.

Ortalama Mutlak Hata fonksiyonunda elde edilen sonuçlarda Yapay Sinir Ağları verileri Lineer Regresyon Yöntemi verilerinden daha küçük olduğu için, Python Yapay Sinir Ağları yönteminin daha iyi sonuç vermiştir.

Ortalama Kare Hata, bir makine öğrenmesi modelinin, tahminleyicinin göstermiş olduğu performansı değerlendirir, pozitif değerlerden oluşur ve Orta Kare Hata değeri sıfıra yakın olan tahminleyicinin göstermiş olduğu performans daha başarılıdır.

Tablo 7. Weka Verileri ile Ortalama Kare Hata

Weka	Ortalama Kare Hata
Lineer Regresyon İhracat Türk Bayraklı	52408508713,2152
Lineer Regresyon İhracat Kendi Ülke Bayraklı	2669961793,6117
Lineer Regresyon İhracat Diğer Ülke Bayraklı	2887613581745,527
Lineer Regresyon İthalat Türk Bayraklı	178811354370,0350
Lineer Regresyon İthalat Kendi Ülke Bayraklı	105372308420,1585
Lineer Regresyon İthalat Diğer Ülke Bayraklı	1345585061325,3809
Yapay Sinir Ağları İhracat Türk Bayraklı	56261521128,659294
Yapay Sinir Ağları İhracat Kendi Ülke Bayraklı	18724516651,622463
Yapay Sinir Ağları İhracat Diğer Ülke Bayraklı	6224761310927,28
Yapay Sinir Ağları İthalat Türk Bayraklı	480100059275,1989
Yapay Sinir Ağları İthalat Kendi Ülke Bayraklı	180205538525,51065
Yapay Sinir Ağları İthalat Diğer Ülke Bayraklı	17300167872300,781

Weka programı üzerinde hesaplanan değerler ışığında, Ortalama Kare Hata fonksiyonu için Ortalama Kare Hata değerleri Tablo 7'de hesaplanmıştır.

Lineer Regresyon yöntemi ve Yapay Sinir Ağları yöntemi, ortalama kare hata verileri üzerinde karşılaştırılmıştır. Ortalama kare hata fonksiyonunda elde edilen sonuçlarda lineer regresyon yöntemi verileri yapay sinir ağları verilerinden daha küçük olduğu için, wekaforecast uygulandığında lineer regresyon yöntemi daha iyi sonuç vermiştir.

Tablo 8. Python Verileri ile Ortalama Kare Hata

Python	Ortalama Kare Hata
Lineer Regresyon İhracat	21850917895059,457
Lineer Regresyon İthalat	18336940622799,812
Yapay Sinir Ağları İhracat	1617305870253,0964
Yapay Sinir Ağları İthalat	3383154514427,4966

Python programı üzerinde hesaplanan değerler ışığında, Ortalama Kare Hata fonksiyonu için Ortalama Kare Hata değerleri Tablo 8’de hesaplanmıştır.

Lineer Regresyon yöntemi ve Yapay Sinir Ağları yöntemi, ortalama kare hata verileri üzerinde karşılaştırılmıştır. ortalama kare hata fonksiyonunda elde edilen sonuçlarda yapay sinir ağları verileri lineer regresyon yöntemi verilerinden daha küçük değerlere sahip olduğu için, python dilinde yapay sinir ağları yönteminin daha gerçeğe yakın sonuç vermiştir.

3.5. 2020 Yılı İhracat ve İthalat Tahmini ve Gerçekleşen Değerler ile Karşılaştırma

Elde edilen veriler sonucunda, Weka programı üzerinde Lineer Regresyon yöntemi, Python programında Yapay Sinir Ağları yöntemi daha gerçeğe yakın sonuç vermiştir. Bu bilgiler ışığında, Weka programında Lineer regresyon yöntemi ile, Python programında Yapay Sinir Ağları ile 2020 yılı tahmini gerçekleştirilmiştir.

Tablo 9. Weka Programı2020 yılı İhracat ve İthalat Tahmini

Dönem(Ay)	İHRACAT(ton)	İTHALAT(ton)
1	10157323	19179764
2	10222337	18073946
3	11776189	20180525
4	11173987	19282839
5	11098633	19772010
6	10858882	19219970
7	10344919	18348420
8	11197428	18765711
9	11548752	18517378
10	12195989	19229276
11	11828890	19321409
12	11377269	19520156

2020 Yılı ile ilgili Weka programı üzerinde yapılan tahminler Tablo 9.’de verilmiştir. İhracat ve İthalat tahminleri yapılırken kullanılan yöntem lineer regresyon yöntemidir.

Tablo 10. Python Program 2020 yılı İhracat ve İthalat Tahmini

Dönem(Ay)	İHRACAT(ton)	İTHALAT(ton)
1	10284938	20507074
2	9951037	20261772
3	9502345	20195968
4	9242197	19732638
5	8780814	190955114
6	8241287	18330078
7	8111201	17854850
8	8013423	17105300
9	7905110	16742764
10	7551840	15964641
11	7288175	16102641
12	7297451	16161033

2020 Yılı ile ilgili Python programı üzerinde yapılan tahminler Tablo 10.’da tabloda verilmiştir. İhracat ve İthalat tahminleri yapılırken yapay sinir ağları yöntemi kullanılmıştır.

Çalışma sonuçları Ocak 2021’de açıklanan ithalat ve ihracat rakamları ile karşılaştırılmıştır. Beklenen tahmin değerleri ve gerçekleşen değerler Tablo 11. ‘de gösterilmektedir.

Tablo 11. 2020 yılı tahmin ve gerçekleşen ithalat ve ihracat rakamları

Dönem (Ay)	İHRACAT (ton) Tahmini	İTHALAT (ton) Tahmini	İHRACAT (ton) Gerçek	İTHALAT (ton) Gerçek
1	10157323	19179764	11529896	32953498
2	10222337	18073946	10876501	29507308
3	11776189	20180525	12092311	32159263
4	11173987	19282839	10557637	28843534
5	11098633	19772010	10219872	28028476
6	10858882	19219970	10953497	28147557
7	10344919	18348420	11625919	30253863
8	11197428	18765711	10733845	29500707
9	11548752	18517378	12154193	31177030
10	12195989	19229276	13017990	31988333
11	11828890	19321409	12421908	30121378
12	11377269	19520156	12719254	32761349

Bu sonuçlara göre 2020 yılında pandemi etkisi ile ihracatın beklenin altında, ithalatın ise beklenen değerlerin üzerinde gerçekleştiği görülmektedir. Yapılan veri analizi ve tahmin açısından ise Tablo 12’ de, 2020 yılına ait İhracat ve İthalat verilerinin gerçekleşme oranlarını göstermektedir. 2020 yılına ait verilerin Weka ile yapılan analizde İhracat ve İthalat verileri 2020

yılına ait gerçek verilerle oranlanması ile, İhracat ve İthalat başlıkları adı altında yüzdelik sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 12. 2020 İhracat ve İthalat Verileri Tahmin Gerçekleşme Oranları

Weka	
İhracat Tahmini değer/ Gerçek değer	İthalat Tahmini değer/ Gerçek değer
0,881	0,582
0,940	0,613
0,974	0,628
0,942	0,669
0,914	0,705
0,991	0,683
0,890	0,606
0,957	0,636
0,950	0,594
0,937	0,601
0,952	0,641
0,894	0,596

Bu sonuçlara göre 2020 yılı ihracat rakamları tahmin açısından çok yakın değerlere sahipken, ithalat oranlarının beklenenin üzerinde çıktığı tahmin hatası ile de görülmektedir. İthalat rakamları yük istatistik rakamlarına göre beklenenin üzerinde bir artış göstermiştir. Bu artışın, Covid 19-Pandemisi ile ilişkisi olduğu, kimi ithal malzemelere talep ve ihtiyacın arttığı şeklinde değerlendirilebilir.

4. Sonuç

Ülkemizde, lojistik açıdan bulunduğu konuma istinaden, deniz taşımacılığı ve limancılık gün geçtikçe ilerlemektedir. Deniz ticareti üzerine yapılabilecek veri analizi çalışmaları ise gelecek stratejik ve operasyonel hedefler ve faaliyetler oluşturulmasında etkili olacaktır. Bu çalışma kapsamında, Weka ve Python ile Lineer Regresyon Yöntemi ve Yapay Sinir Ağları yöntemleri kullanılarak deniz ticaretinde ithalat ve ihracat tahmini yapılmıştır. Veri seti olarak, T.C Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı'na ait 16 yıllık (2004-2019) yük istatistik verileri kullanılmıştır. Gerçekleştirilen veri madenciliği uygulaması ile, kullanılan hangi yöntemin gerçek değere daha yakın sonuçlar vereceği belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar ile de 2020 yılı için tahminleme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Yapılan bu çalışmada Weka programı kapsamında ihracat ve ithalat verileri kendi içerisinde Türk Bayraklı, Kendi Ülke Bayraklı ve Diğer Ülke Bayraklı olarak sınıflandırılarak 6 ana başlık altında analiz edilmiştir. Çalışma sonucunda Weka programı üzerinde oluşan tahmin ve gerçek değerler arasında ortalama mutlak hatanın ve ortalama kare hatanın sonuçları hesaplanıp yorumlanmıştır. En iyi sonucu veren yöntem altı başlık altında da lineer regresyon yöntemi seçilmiştir. Python programında yapılan çalışmada, weka programında kullanılan veri setinin ihracat ve ithalat olarak iki ana başlıkta analizi gerçekleştirilmiştir. Hesaplanan ortalama mutlak hata'nın ve ortalama kare hata'nın sonuçları doğrultusunda, en iyi sonucu veren yöntem python programında yapay sinir ağları olarak seçilmiştir.

Weka programında incelenen veriler üzerinde lineer regresyon yöntemi daha doğru, başarılı sonuçlar vermiştir. aynı şekilde Python programında ise Yapay Sinir Ağları yöntemi doğruluk oranı yüksek sonuçlar vermiştir. Weka programında daha başarılı sonuç veren model olan lineer regresyon yöntemi ortalama olarak %80,43 oranında 2019 yılı verilerini doğru tahmin etmiştir. Python programında daha başarılı sonuç veren model olan yapay sinir ağları yöntemi ise ortalama olarak %91,25 oranında 2019 yılı verilerini doğru tahmin etmiştir. Elde edilen sonuçlar ışığında, 2020 yılına ait ihracat ve ithalat verilerinin tahminleme işlemi, Weka programında Lineer Regresyon yöntemi ile, Python dili ile Yapay Sinir Ağları yöntemi uygulanarak gerçekleştirilmiştir. 2020 yılı gerçekleşen rakamlar ile kıyaslandığında ise, ihracatın beklenen oranda sonuçlandığı bununla birlikte Covid-19 pandemisi etkisi ile ithalatta beklenenin üzerinde artış olduğu gözlemlenmiştir.

Çalışmada weka programında test veri oranında değişiklik yapılarak doğruluk oranı daha yüksek sonuçlar elde edilebilir. Mevsimsel bazda çalışmaların yapılması ile daha tutarlı sonuçlar elde edilebilir. 2020 yılı gerçekleşen verileri ile tahmin sonuçlarını kıyasladığımızda ithalat alanındaki tahmin hatasının çoklu başka etkenlere bağlı olduğu düşünülürse veri boyutu genişletilerek tahmin doğruluğu artırılabilir. Yapılan tahmin ve liman/yük düzeyinde yapılacak çalışmalar; hedeflenen ihracat seviyesinde yük dağılımının planlanması, limanların elleçleme kapasitelerinin planlanması, kapasitelerin artırılması için limanlarda ne tip yatırımlara öncelik verilebileceği gibi konulara yol gösterici olacaktır.

Kaynakça

- Akçetin, E., Çelik U., Takçı H., (2013). 'Lojistik ve Denizcilik Sektörü Açısından Veri Madenciliği Uygulamalarının Önemi', Journal of ETA Maritime Science Vol. 1, No. 2, 73-80.
- Aksoy, M. B. (2019). 'Türkiye'de Taşımacılık Alt Yapılarının Ekonomik Büyüme Üzerine Etkileri.', Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi.
- Alnıpak, S., Alkan, F., Günay, G. (2017). 'Veri Madenciliği, Büyük Veri Analizi Ve Rfid Teknolojisi Tabanlı Konteyner Limanları', III. Ulusal Liman Kongresi.
- Arslan, A. (2011). 'Avrupa Birliği Uyum Sürecinde, Türkiye'de Denizyolu Konteyner Taşımacılığı ve Limanların Ekonomideki Yeri. Yüksek Lisans Tezi', Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Aydemir, E. (2019). 'Weka ile Yapay Zekâ, Seçkin Yayınları', ISBN: 978-975-02-5536-6, Ankara, Türkiye.
- Birant, D. (2006). 'Modeling and Analyzing Marine Data Using Data Mining Techniques. Yüksek Lisans Tezi', Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir.
- Cornejo-Bueno, L., Garrido-Merchán, E.C., Hernández-Lobato, D., Salcedo-Sanz, S. (2018). 'Bayesian optimization of a hybrid system for robust ocean wave features prediction', Neurocomputing, 818-828.
- Demir, Ş. (2005) Uluslararası Taşımacılık/Lojistik KDV İstisnası ve İadesi, Gelirler 74 Kontrolörleri Derneği Yayını, İstanbul, s. 1.

Gün, D., (2013). 'Değişim Çağında Sürdürülebilir Lojistik Süreç ve Stratejilerinin Yönetimsel Bakış Açısıyla Değerlendirilmesi ve Küresel Lojistik Üs Vizyonu', Rize Kalkınma Sempozyumu.

<https://lpi.worldbank.org/international/global?sort=asc&order=LPI%20Rank#datatabl>

Jingjing Y., Guolei T., Xiangqun S., Xuhui Y., Yue Q., Da L., Yong Z., (2018). 'Ship Arrival Prediction and Its Value on Daily Container Terminal Operation', *Ocean Engineering* 157 (2018) 73-86.

Jose A.S., Juan A.G., Agapito L., (2017). 'Forecasting Sea Level Changes Applying Data Mining Techniques to the Cristobal Bay Time Series Panama', IWA Publishing.

Kalaycı, İ. (2014): 'Deniz Ticareti ve Küresel Mali Kriz: İpek Yolu'nda Türkiye için Yeni Stratejiler'.

Khair A.F., Awang M.K., Zakarala Z.A., Mazlan M., (2017). 'Daily Streamflow Prediction On Time Series Forecasting', *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*.

Kılıcı, Ö. G. H., (2017). 'Taşımacılık Faaliyetlerinin Rekabet Üstünlüğü Oluşturmada İşletmecilikte Yeri ve Önemi Türkiye Örneği ve Türkiye'de Taşımacılığın Gelişimi', *Balkan Sosyal Bilimler Dergisi*.

Kiremitçi, B., (2005). 'Veri Ambarlarında Veri Madenciliği ve Ulaştırma-Lojistik Sektöründe Bir Uygulama. Yüksek Lisans Tezi', İstanbul Üniversitesi, İstanbul.

Kokotos D.X., Linardatos D.S., (2010). 'An application of data mining tools for the study of shipping safety in restricted waters', *Safety Science* 49, 192-197.

Lambert, D.M.- James R.S. (1999). 'Strategic Logistics Management. Irwin\McGraw-Hill.' 3. Baskı. Boston.

Özkan, Y., (2016). 'Veri Madenciliği Yöntemleri, Papatya Yayıncılık Eğitimi', ISBN:978-975-6797-82-2, İstanbul, Türkiye, Eylül.

S. Nataraj, C. Alvarez, L. Sada, A. A. Juan, J. Panadero, C. Bayliss, (2019). 'Applying Statistical Learning Methods for Forecasting Prices and Enhancing the Probability of Success in Logistics Tenders', *Transportation Research Procedia* 47 (2020) 529-536.

Sousa N., Campos A. (2018). 'Data mining for anomaly detection in maritime traffic data', *Escola Naval*.

Şenyiğit, E., Arsav, M. S. (2019). 'The Outbound Containers' Storage Location Assignment Problem for a Maritime Terminal. *European Journal of Science and Technology*', 349-355.

Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, (t.y.), İstatistiklerle Ulaştırma Denizcilik Ve Haberleşme 2004-2019.
<http://www.uab.gov.tr/images/istatistik/2004.2019.pdf>

Wang, J., Simin Pulat, P. and Shen, G., (2012). 'Data mining for the development of a global port-to-port freight movement database', *Int. J. Shipping and Transport Logistics*, Vol. 4, No. 2, pp.137-156.



Marcuse'den Foucault'ya, Bilinçli Özne'den Robot Özne'ye

Hulki Cevizoğlu^{1*}

^{1*} Başkent Üniversitesi, Sosyoloji Bölümü, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0915-903X), hulkicevizoglu@cevizkabugu.com.tr

(İlk Geliş Tarihi Aralık 2020 ve Kabul Tarihi Ocak 2021)

(DOI: 10.31590/ejosat.870330)

ATIF/REFERENCE: Cevizoğlu, H. (2021). Marcuse'den Foucault'ya, Bilinçli Özne'den Robot Özne'ye. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 445-453.

Öz

Bu makalede; Marcuse'den Foucault'ya uzanan çizgide, beden ve akıldan oluşan bilinçli öznenin teknoloji ve denetim (tahakküm) sistemleriyle ilişkisi, totaliter yapıya dönüşen endüstriyel toplumlar ve her yere sinmiş olan panoptikon'ların bilinçli özneyi robot özne'lere dönüştürmesi ele alınmıştır. Marcuse'e göre, teknolojik akıl endüstrileşmiş medeniyetin yeni denetim biçimini oluşturur, günümüzdeki endüstriyel toplum totaliter olma eğilimindedir. Böyle bir medeniyette akıl dışılık akılcılık gibi sunulur, nesnelere dünyası insan zihni ve bedeninin bir uzantısı (benim ifadeyle, aklın ve bedeninin protezi) haline getirilir. Endüstriyel medeniyet, makineyi toplumda en etkin siyasi araç haline getirir. İnsan öznenin yanı sıra artık robot özneler de söz konusudur. Bu iki özne arasındaki ilişki, benzerlik ve farklılıklar noktasında da ayrı görüşler mevcuttur. Siborgların pek çok ekonomik ve siyasi çıkarımlarıyla toplumsal dokuda her alanı kapsayan toplumsal ve kültürel oluşumlar söz konusudur. Bir yanda siborgların eş zamanlı olarak ortaya çıkışı, öte yanda yeni kırılma biçimleriyle beraber beden politikası da değişmiştir. Dijital veri bazlı bilgi işlemenin gelişmesiyle birlikte insan zekâsından daha üstün bilgi işleyen, müdahalesinden bağımsız ve kendi kendine öğrenen sistemleri esas alan faaliyetler mümkün duruma gelmiştir. Öte yandan, COVID-19 pandemisine karşı mücadelede veri bilimi ve Yapay Zekâ'nın önemli toplumsal etkileri vardır. Foucault'ya göre, iktidarların tahakkümü sonucu insan bedeni bir "makine" haline getirilmiş, böylece 'özne ölmüş' ve ortada yalnızca 'ütöfik bedenler' kalmıştır. Bu nedenle Foucault, 'özne' olan birey yerine, 'benlik teknolojilerine', bir anlamda makinelere ve iktidarlara hizmet eden ve nesneleşen insanlara yönelir. Sonuç olarak, panoptikon bir yerde değil, her yerde ve çok sistemdedir. Panoptikon değil panoptikon'lar vardır. Bunlar özneyi yabancılaştırmakta ve bilinçli öznenin robot öznelerine dönüştürmektedir.

Anahtar Kelimeler: endüstriyel medeniyet, yabancılaşma, robotlaşan özne, panoptikonlar

From Marcuse to Foucault, Conscious Subject to Robot Subject

Abstract

In this article; In the line extending from Marcuse to Foucault, the relationship of the conscious subject consisting of body and mind with technology and control (domination) systems, industrial societies transformed into totalitarian structures and panopticon's transformation from conscious subject into robot subjects are discussed. According to Marcuse, technological wisdom constitutes the new form of control of industrialized civilization, today's industrial society tends to be totalitarian. In such a civilization, irrationality is presented as rationality, the world of objects is turned into an extension of the human mind and body (in my expression, the prosthesis of the mind and body). Industrial civilization makes the machine the most effective political tool in society. In addition to the human subject, there are now also robot subjects. There are also separate views on the relationship, similarity and differences between these two subjects. With the many economic and political implications of cyborgs, there are social and cultural formations covering all areas in the social fabric. With the simultaneous emergence of cyborgs on the one hand, and new forms of vulnerability on the other, body politics has also changed. With the development of digital data-based information processing, activities based on systems that process information that are superior to human intelligence, independent of their intervention and self-learning have become possible. On the other hand, data science and Artificial Intelligence have important social effects in the fight against the COVID-19 pandemic. According to Foucault, the human body has been turned into a 'machine' as a result of the domination of powers, thus "the subject is dead" and only 'utopian bodies' remain. For this reason, Foucault turns towards 'self-technologies', in a sense, people who serve and objectify machines and powers, rather than the 'subject' individual. As a result, the panopticon is not in one place, but everywhere and in many systems. There are panopticon, not panopticon. These alienate the subject and transform the conscious subject into robot subjects.

Keywords: industrial civilization, estrangement, robotizing subject, panopticons

* Sorumlu Yazar: hulkicevizoglu@cevizkabugu.com.tr

1. Giriş

1.1. Yabancılaşma ve “Tek Boyutlu İnsan”

Frankfurt Okulu'nun eleştirel kanadından olan sosyal teorist/filozof Herbert Marcuse, döneminin aydınları gibi Hegel ve Freud'dan etkilenmiş ama akıl/cılık konusunda Hegel'e ve Marksizm'e kafa tutmuş, yeni öğrenci hareketlerinin 'guru'su olmuştur.

Akil ve Devrim kitabında, Hegel'in “gerçek olan mantıklı, mantıklı olan da gerçektir” görüşüne şiddetle karşı çıkmış, aklı reddetmemekle birlikte, bir anlamda, kapitalist ve endüstrileşmiş aklın (*teknolojik aklın*) totaliter bir evren yaratacağını öne sürmüştür.

Ona göre, *teknolojik akıl endüstrileşmiş medeniyetin yeni denetim biçimini oluşturur*, böyle bir medeniyette *akıl dışılık akılcılık gibi sunulur, nesnel dünyası insan zihni ve bedeninin bir uzantısı* (benim özetimle: *akıl ve bedeninin protezi*) haline getirilir, *kitle iletişim araçları da –Marks'ın kavramlaştırdığı biçimde yanlış/sahte bilinci yayarak- toplumsal denetim aygıtlarına dönüşür, ideoloji gerçeğin içinde emilir, yeni tür tahakküm (egemenlik) biçimi refah ve özgürlük kılıfına girerek otantik muhalefeti birleştirir ve kendi içine çeker* ve kendileştirir, yok eder!

Marcuse, eleştirel Marksizm'in yeni biçimini, özgürlükçü bir komünizmi ve “rasyonalist bir toplum kuramı” öne sürer. Felsefenin amacı da bu olmalıdır ona göre. Şimdi, buraya kadar bir hap gibi verdiğim bilgilerin izini, 1964'te yazdığı (benim 2014'teki baskıdan aldığım) “Denetimin Yeni Biçimleri” (*The New Forms of Control*) adlı makalesinde sürelim.

Yeniden gelişmiş endüstriyel medeniyetin en can sıkıcı yönlerinden biri onun *akıl dışılığının akılcı özelliği*dir. Üretkenliği ve verimliliği, konfor unsurlarını arttırma ve yayma kapasitesi, atıkları ihtiyaç ve yıkımı inşa haline getirmesi, bu medeniyetin nesnel dünyasını insanın zihninin ve bedeninin bir uzantısı haline getirme ölçüsü, tam da *yabancılaşma* kavramını sorgulamaya açmaktadır. *İnsanlar kendilerini sahip oldukları ürünler içinde kabul etmekte, ruhlarını otomobillerinde, müzik setlerinde, iki katlı evlerinde ve mutfak eşyalarında bulmaktadırlar*. Bireyi topluma bağlayan mekanizma değişmiştir ve toplumsal denetim bu mekanizmanın ürettiği yeni ihtiyaçlara bağlanmıştır. Toplumsal denetimin egemen olan biçimleri, yeni bir anlam içinde, teknolojiktir. Teknolojik denetimler, bütün toplumsal grupların ve çıkarların faydası için, aklın somutlaşması olarak görünmektedir. Gelişmenin etkisi, aklı, hayatın gerçeklerine itaat etmeye zorlar. Eğer bireyler kendilerini, kendi hayatlarını şekillendiren şeylerin içinde bulurlarsa, bunu nesnel kanununu reddederek değil, kabul ederek yaparlar, fiziğin kanunlarını değil, kendi toplumlarının kanunlarını kabul ederler (Marcuse, 2014: 452).

Yabancılaşma tamamıyla nesnel bir hale gelmiş ve yabancılaşan özne kendisinin *yabancılaşmış varlığı tarafından yutulmuştur*. Yalnızca bir boyut vardır ve her yerdedir, her şekildedir. İlerlemenin kazanımları, sebebe ve de ideolojik ithamlara başkaldırır, mahkemelerinden önce onların yanlış bilinci doğru bilinç haline gelir. İdeolojinin gerçeğin içine emilmesi ideolojinin sonu anlamına gelmez (Marcuse, 2014: 453).

Kitle ulaşım ve iletişim araçları, konaklama, yiyecek ve giyim ürünleri eğlence ve bilgi endüstrisinin dayanılmaz ürünleri kendileri ile beraber önceden belirlenmiş tutum ve alışkanlıkları, tüketicileri az veya çok memnun bir şekilde üreticilere bağlayan belirli entelektüel ve duygusal reaksiyonları taşırlar. Ürünler beyin yıkama (*endoktrinasyon*) ve manipülasyon yaparlar, kendi yanlışlığına karşı bağışık olan *yanlış bir bilinci yayarlar*. Ve bu faydalı ürünler daha fazla sosyal sınıf içinde daha fazla birey için erişilebilir hale geldikçe, taşıdıkları endoktrinasyon artık bir tanıtım olmaktan çıkar, bir hayat tarzı haline gelirler. Bu, daha öncekinden daha iyi bir hayat tarzıdır ve iyi bir hayat tarzı olarak da nitel değişikliğe karşıdır. Böylelikle bir *tek boyutlu düşünce* ve davranış kalıbı ortaya çıkar (Marcuse, 2014: 453, 454).

Bu, Marcuse'ün *Tek Boyutlu İnsan*'ıdır. Tek boyutlu düşünce sistematik olarak politika yapanlar ve onların kitlesel bilgilerini temin edenler tarafından teşvik edilir. Onların *söylem evreni*, kesintisiz olarak ve tekeli bir şekle tekrar eden, *hipnotik tanımlar veya dikteler* haline gelen kendi kendini doğrulayan hipotezlerle doludur. *Düşüncenin hareketi aklın kendisinin sınırları olarak görünen bariyerde durdurulmuştur*.

Bu noktaya ulaşıldığında, refah ve özgürlüğün kılıfına girmiş olan egemenlik, özel ve kamusal varlığın bütün sahasına uzanır, bütün otantik muhalefeti birleştirir ve bütün alternatifleri kendi içine çeker. *Teknolojik akılcılık*, daha iyi hükmetmenin müthiş bir aracı haline geldikçe, toplumun ve doğanın, zihnin ve vücudun kalıcı bir seferberlik halinde tutulduğu gerçekten *totaliter bir evren yaratarak*, bu evrenin savunulması için kendisinin siyasi karakterini göstermeye başlar (Marcuse, 2014: 455).

2. Endüstriyel Totaliter Toplamlar

Marcuse'e göre, gelişmiş endüstriyel medeniyetin teknolojik temelini düzenlediği şekle bağlı olarak, *günümüzdeki endüstriyel toplum totaliter olma eğilimindedir*. Marcuse'ün totaliter kavramı, yalnızca toplumun terörist siyasi koordinasyonu değil, aynı zamanda kazanılmış haklar aracılığı ile ihtiyaçların manipüle edilmesi yoluyla işleyen terörist olmayan ekonomik/teknik koordinasyondur.

Böylelikle, bu durum bütün bu yapıya karşı *etkin bir muhalefetin ortaya çıkmasını da imkânsız hale getirmektedir*. Yalnızca belirli bir hükümet veya parti şekli totaliterliği oluşturmaz, aynı zamanda partilerin, gazetelerin ve birbirini dengeleyen güçlerin çoğulculuğu ve sair ile uyumlu olabilecek belirli bir üretim ve dağıtım sistemi de totaliterliği oluşturur (Marcuse, 2014: 450).

Burada, Baudrillard'ın '*Tekniğin Alaycılığı*' kavramı aklıma geliyor. Ona göre de, tüm teknolojilerimiz, egemen olduğumuzu sandığımız, oysa çalıştıracılarından başka bir şey olmadığımız bir düzen aracılığıyla üzerimizde egemenlik kuran bir dünyanın araçlarından başka bir şey değildir (Baudrillard, 2012: 93). Yani bizler aslında, yalnızca tekniğin “çalıştıracılarıyız.” Teknolojiler, ilk hareketi başlatamayan ve bunun için insanı/bizi *kullanan* birer mutant gibidirler! Teknoloji, böylece üretildikten sonra bizim elimizden fırlayıp kaçmakta ve bizi kendisine köle yapmaktadır.[®]

Endüstriyel medeniyet, toplumda makineyi en etkin siyasi araç haline getirir, iş dünyası bir makine olarak kabul edilir, insanlar için yeni tarz bir özgürlüğün potansiyel temeli haline gelir. Bu yeni kalıplar, bireyleri, özgürlüksüzlük (*unfreedom*) ortamına sokar. Toplumda düşüncenin bağımsızlığı, otonomisi ve siyasi muhalefet hakkı kritik işlevlerinden mahrum kalır. Bireylerin siyaset üzerinde hiçbir etkin denetimleri kalmaz,

insanlar için gereksinimlerinin özgürlükçü ya da totaliter bir ortamda karşılanıyor olması fark etmez, *aşılana* ‘yükselen yaşam standartları’ altında herkes sisteme uymanın faydalı olduğuna inanır ve yeni endüstriyel/totaliter sistem kendini üretmeyi sürdürür.

Biyolojik düzeyin ötesinde, insan ihtiyaçlarının yoğunluğu, tatmin edilmesi ve hatta özellikleri her zaman önceden şartlandırılmıştır. (...) Sonrasında, sonuç mutsuzluk içinde sevince boğulmaktır. Baskın olan rahatlatma, eğlenme, reklamlara göre davranma ve harcama yapma, diğerlerinin sevdiğini sevip nefret ettiğinden nefret etme gibi ihtiyaçların çoğu bu *yanlış ihtiyaçlar kategorisine* aittir. (...) Toplumsal denetimler, değersiz şeylerin ezici üretilme ve tüketilme ihtiyacını, artık gerçek bir ihtiyaç olmayan *aptallaştırıcı iş ihtiyacını*, bu aptallaşmayı yumuşatan ve uzatan rahatlatma şekillerine duyulan ihtiyacı, belirlenen fiyatlarda *bu hileli özgürlükleri* serbest rekabet olarak sürdürme ihtiyacını, *kendi kendini sansürleyen özgür basını* ve markalar ve icatlar arasındaki özgür seçimi dayatırlar (Marcuse, 2014: 451).

Marcuse’e göre, *baskıcı bütünlük kuralı* altında, özgürlük güçlü bir hâkimiyet aracına dönüştürülebilir. *Efendilerin özgür bir şekilde seçilmesi, efendileri de köleleri de ortadan kaldırmaz*. Çok geniş yelpazeli ürün ve hizmetler arasından *serbestçe seçim yapmak*, eğer bu ürün yabancılaşmayı sürdürüyorlarsa, *özgürlük anlamına gelmez*. Üstten *dayatılan* ihtiyaçların birey tarafından ani bir şekilde üretilmesi bağımsızlığı/otonomiyi oluşturmaz, yalnızca denetimlerin etkinliğine tanıklık eder (Marcuse, 2014: 451).

Endüstriyel modernitenin ürettiği teknoloji ile insan ilişkisi ve özellikle teknolojinin insan üzerindeki baskı ve tahakkümü konusunda farklı görüşler de bulunmaktadır. Mumford, “Başlangıçta insan ırkının yalnızca alet kullanımı ya da alet yapımı ile ilgili eğilimleriyle hiçbir özel konum elde etmediğini” öne sürmektedir (Mumford, 2014: 382). Asıl sır, *‘dilin ortaya çıkmasıdır.’* Bu, kıyaslanamaz biçimde birçok baltanın yontularak yapılmasına göre insanlığın gelişmesi için daha önemliydi. Mumford, dilin medeniyetin doğuşunda Mısırlı veya Mezopotamyalı aletlerden son derece daha karmaşık ve ayrıntılı olduğu için, erken dönem insanların zamanının, enerjisinin ve zihinsel konsantrasyonunun büyük bir kısmını işgal etmiş olduğunu söyler. Bilgi ve uygulama sembolik şekillerde korunduğu ve kuşaktan kuşağa sözlü olarak aktarıldığı için bitkilerin ve hayvanların evcilleştirilmesi mümkün hale gelmiştir.

Mumford’a göre, alet kullanan bir hayvan olarak iş görmekten daha çok, insanlık eğer bu süreç değişikliğe uğramazsa, kendine özgü işlevlerinin ya bir makineye bağlı kalacağı ya da kişilerden koparılmış kolektif organizasyonlar lehine sık sık sınırlanan ve kontrol edilen, pasif ve *makinelere hizmet eden bir hayvan* haline gelecektir. Mumford, *yüksek güç üreten kolektif makinelerin* inşası sonucu, iş’in hayatın geri kalanından sistematik olarak ayrılarak bir tür *lanet, yük, özveri ve bir ceza* biçimine dönüştüğünü, buna tepki olarak da, kölelikten değil ama işin kendisinden insanları kurtaran *çabasız zenginlik hayallerinin* uyandığını ve *bu kadim rüyaların şu anda çağımıza hükmettiğini* savunur.

3. Robot Özneler

Hannah Arendt, insanın üç temel faaliyetini *Vita Activa* (Aktif Hayat) kavramı ile açıklamaktadır. Bunlar *emek, iş ve eylem*’dir. Bu üç faaliyet insan varlığının en genel durumu ile

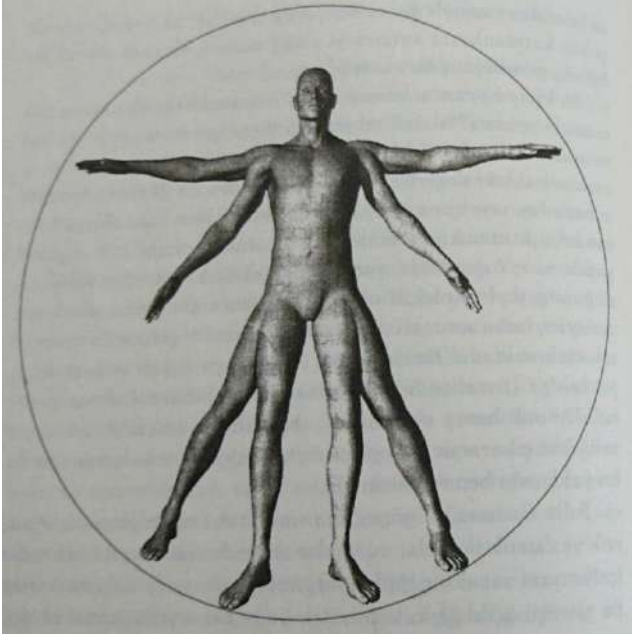
bağlantılıdır: doğma ve ölme, fitrat ve ölümlü olma. Emek yalnızca bireysel insanı değil insan türünün de hayatta kalmasını sağlar. Ona göre, *insanlar şartlanmış varlıklardır*, çünkü temas ettikleri her şey hemen varlıklarının bir şartı haline gelir. Aktif hayatın sürdürüldüğü dünya, insan faaliyetleri tarafından üretilen ve varlıklarını tek başlarına insanlara borçlu olan ve kendilerinin yaratıcıları olan insanları koşullandıran eşyalardan oluşmuştur. Bu şartlara ek olarak ve kısmen onlardan kaynaklı olarak, *insanlar sürekli olarak kendi kendilerine yarattıkları şartları oluştururlar, yani bu şartları yeniden ve yeniden üretirler* (Arendt, 2014: 389).

Arendt, Varlık kavramının yerini artık süreç kavramının aldığını; görünmek ve kendisini göstermenin Varlığın (dasein) doğasında iken, görünmez kalmak ve belirli olgulardan varlığının çıkarsama yapılmasının Sürecin doğasında olduğunu söylemektedir (Arendt, 2014: 398).

İnsan öznenin yanı sıra artık robot özneler de sözkonusudur. Bu iki özne arasındaki ilişki, benzerlik ve farklılıklar noktasında da ayrı görüşler mevcuttur. “Bedenlerimize robot teknolojisinin, silikonun ve çeliğin girmesini benimseyeceğimiz bir kültürel değişim yaşanacaktır” diyen Brooks’un (2013: 212) sözü çoktan gerçekleşmiştir. Bütün teknolojilerin, kesiştikleri *‘cisimleşmiş özne’* üzerine güçlü biyopolitik etkileri vardır Siborgların pek çok ekonomik ve siyasi çıkarımlarıyla toplumsal dokuda her alanı kapsayan toplumsal ve kültürel oluşumlar sözkonusudur. Vitruvius’un *‘Erkek insan’* –Resim 1’de görüldüğü gibi- artık siberetik olmuştur (Braidotti, 2018: 111).

Bu yüzden, siborglar sadece yüksek teknolojiye sahip savaş pilotlarının, atletlerin veya film starlarının ihtişamlı bedenlerini değil, aynı zamanda, teknolojinin güdümündeki küresel ekonomiyi kendileri erişim sahibi olmaksızın körükleyen, düşük ücretli *dijital proleteriyayı* da içermektedir (Braidotti, 2018: 111).

Bir yanda siborgların eş zamanlı olarak ortaya çıkışı, öte yanda yeni kırılma biçimleriyle beraber beden politikası da değişmiştir. SARS, Ebola ve HIV gibi salgın hastalıkların artışı ve eskiden bildiğimiz sıtma ve tüberküloz gibi hastalıkların geri dönüşü; sağlık ve insan hakları kaygılarını yükseltmiş ve yeni kamu politikaları oluşmuştur (Braidotti, 2018: 136). Aralık 2020’de tüm dünyaya yayılan COVID-19 pandemisi, ‘hayalet toplumlar’[®] ya da ‘toplumsuz toplumlar’[®] yaratmış, anksiyeteleri artırmış, kendini dışlama davranışına (self-ostracism)[®] neden olmuş, dijital toplama kampları ve yeni küresel otorite ve iktidarlar üretmiştir (akt. Cevizoğlu, 2020). Ezberler bozulmuş, siyasetler güçlenmiştir (Doster, 2020: 107). COVID-19’a karşı mücadelede veri bilimi ve Yapay Zekâ’nın toplumsal değişimlere pozitif katkıları bulunmaktadır (Köse, 2020: 97). Bilgisayar biliminin ve Yapay Zekâ’nın babası Alan Turing’in 1936’da yazdığı *“On Computable Numbers with an Application to the Entscheidungsproblem”* [Entscheidungsproblem: Saptama problemi] adlı makalesinden (Bowen, 2014: 270) bu yana çok büyük gelişmeler yaşanmıştır. Dijital veri bazlı bilgi işlemenin gelişmesiyle birlikte insan zekâsından daha üstün bilgi işleyen, müdahalesinden bağımsız ve kendi kendine öğrenen sistemleri esas alan faaliyetler mümkün duruma gelmiştir (Aydın, 2019: 65). İnsan düzeyinde bir zekânın, bir bilgisayarın hızı, kesinliği ve bellek paylaşımındaki doğal üstünlüğüyle birleşimi müthiş olacaktır (Kurzweil, 2018: 209).



Resim 1. Victor Habbick (Maninblack), Leonardo'nun Vitruvius İnsanerekeği durumunda bir robot. Kaynak: Clivia – Pixmac (akt. Braidotti, 2018: 114).

Dennet, '*İnsan ve Robot Zihninde Bilinç*' başlıklı makalesinde (2014), insan ile robotların aynı akla/zihne sahip olamayacaklarını iddia edenlere karşı çıkar ve yapay zekâyı savunur. Bu iddia sahiplerinin argümanları şunlardır:

- Robotlar maddidir, insanlar ise ruha da sahiptir,
- Robotlar inorganiktir, bilinç ise organik madde gerektirir,
- Robotlar üretilmiş yapılardır, insanlar ise doğal biçimde doğarlar,
- Robotlar basit yapılardır, insanlar ise karmaşık yapıya sahiptir.

Dennet, insan beyninin bilgisayar gibi olduğunu, bu durumda robotların da bilinç sahibi olabilecekleri görüşünü destekler. Aslında bu noktada farklı bir gerçekle karşılaşırız. Bana göre, ya o ya da öteki olmak gibi dikotomiler (ikilikler, zıtlıklar) kısılcına düşmek anlamsızdır.

Niçin her ikisi birden gerçek ol(a)masın? Hem *organik yapı* *bilinç* hem de *inorganik yapı* *bilinç*® mümkündür. Buna *makine akli*® diyebiliriz.

Tartışılması gereken şudur. Ya da, şimdi söyleyeceklerimi tartışmaya açıyorum:

Makineler birer Frankenstein'a dönüşebilir ya da 'ruhlarında'(!) bu vardır. Makineler insanların kontrolünden çıkabilirler. Bu cümledeki "kontrol" sözcüğü dahi, insanmerkezli yorumların ne kadar *insanben*'li® (insan egosunun/benliğinin esiri) olduğunu ortaya koymaktadır. Bizim ona yüklediğimiz özelliğin dışına çıkarsa 'bozuk' ya da 'hatalı' diyoruz. (Örneğin, Türkiye'de ilk dönemlerdeki santrifüjlü çamaşır makineleri, 'yürümleri' ile ün yapmıştı. Çamaşırı kurularken santrifüj sistemi çalışmaya başlayınca makine sarsıntıdan dolayı yürümeye başlıyordu). Bir makineye bozuk/hatalı/arızalı vb. sıfatlar takmamız, onların bizleri takmadığı, kendiliklerinden devinime geçebildikleri ve farklı bir eylemde bulunmaları demektir. İşte ben buna '*makine akli*®', '*makine bilinci*'® diyorum. İnsanlar, kendi denetimlerinden 'kaçıp kurtulanları' ister insan, ister hayvan ve isterse makine olsun sevmeyiz. Sevilen özne (makinelere de bu

anlamda özneleşmiştir), 'insana itaat eden öznedir.' Evcil hayvanları sevmemiz de bundandır. Elimizi ısırın hayvandan veya evcilleştiremediğimiz canlılardan uzak dururuz. Evcilleştirme de gerçekte bir köleleştirmedir. Sonuçta, kontrolümüz dışındaki, '*norm dışı bilinçler*'® bizler için arızadır, bozuktur, hatalıdır. Bize karşı hata işlemişlerdir!

Verdiğim örnekte, *nesne kendiliğinden –bilinç sahibi– özneye dönüşmektedir*. Burada, Hume'un "nedensellik ilkesi"ni incelemek gerekebilir. David Hume, nedenselliği bir ön kabul olarak görmemekteydi. Yani, benim örneğimde, yerinden yürüyen çamaşır makinesinin "bizim bildiğimiz/bilmemiz gereken" bir nedeni olmak zorunluluğu yoktur. Felsefenin yıllardır tartıştığı o 'zorunlu bağ' yerine '*bağlantısız bir gerekçe*'® ya da '*insanla bağı olmayan yeni bir zihin oluşumu*'® kavramını devreye sokmalıyız diye düşünüyorum.



Alan Turing. Kaynak: Vikipedi

Teknoloji çözdüğü sorunlardan daha çok yarattığı sorunlar nedeniyle kendi içinde iki zıt görüş (dualite-ikilem) barındırır. Bunlardan biri "teknolojik iyimserlik" (*technophilia*), diğeri ise "teknolojik kötümserlik" (*technophobia*). İyimser ve kötümser karşıtlığının özünde; teknolojilerin tarafsız olmadığı, olgular ve değer yargılarıyla bağlantılı olduğu, onlarla birlikte değerlendirildiği görüşü yatmaktadır. Yani başka bir anlatımla, nesnellik (kesinlik, açıklık, netlik) ile öznelliğin (kesinliksiz, yoruma dayalılık) çatışması da söz konusudur (Tiles ve Oberdiek, 2014).

Kötümser teknoloji görüşünün en önde gelen savunucusu olan Ellul, 'teknik' in her şeyi köleleştirdiğini savunur. Ona "İnsanı makinelerin ve teknokratların egemenliğinden korumak övgüye değer bir girişimdir, ama makineler orada kurtuluşunu bulan insanlarla doluyorsa, böyle bir koruma ancak saçmadır" (Ellul, 1977'den akt. Latour, 2008: 147). Sennett (2013b: 111) de, "İnsan elinin yerini alan, dost bir alet midir yoksa düşman bir alet mi?" diye sorar. Ona göre, hünerli el işinin ekonomik tarihinde, makineleşme çoğu kez bir dost olarak başlamış ve bir düşman olarak sona ermiştir.

Ellul'un, tekniğin "her şeyi" köleleştirdiği düşüncesine katılamasak da, pek çok şeyi köleleştirme girişiminde bulunduğunu söyleyebiliriz. Hatta beden bütünlüğümüzü bozan (kesen, ekleyen) ya da zaten bozulmuş olan bedeni "tamir" etmeye yönelik tıp teknolojisinin bizi "tıbbın kölesi" yaptığını (kendisine "bağımlı" kıldığını), ya da "tıbbi robotlar"® (tıbbi robotları) olma yolunda ilerlediğimizi rahatlıkla söyleyebiliriz. Organik bedenimize, inorganik metallerin monte edilmesi, bizleri

“mekanik köle” (Kakoudaki, 2017) yapmasa da “siborg köleler” yapmaktadır.

Teknolojik gelecek tasavvuru, olumlama ve olumsuzlama arasında iki kutba ayrılmış gibi görünmektedir. Bir yanda, teknolojinin gelişmesiyle hastalıkların, yaşlanmanın ve ölümlülüğün önüne geçilerek ideal/mükemmel yaşamın gelişini kutlayan teknolojik ütopya düşüncesi, bir yanda ise makine-insan melezleşmesinin insani özü zolaştıracağı fikrinden hareketle geleceğin teknolojisine umutsuzlukla bakan distopik bir yaklaşım mevcuttur (Tanyeri, 2018: 68). Teknoloji, insanın ve yaşamın geleneksel bağlamını değiştiriyor: Yaşam, biyolojik değil sentetik de olabilir mi? Ve bu değişim, yaşamın, insanın, varlığın, dünyanın antroposentrik olmayan bir bakış açısıyla yeniden ele alınabileceği post-hümanist bir yaşam perspektifini de beraberinde getirebilir (Tanyeri, 2018: 76).

Heidegger’e göre, tekniği tutkuyla olumlasak da karşı çıksak da (olumsuzlasak da) “*her yerde özgürlükten yoksunuz ve tekniğe bağlanmış haldeyiz.*” Tekniği tarafsız (nötr) bir şey olarak gördüğümüzde, mümkün olan en kötü tarzda tekniğe teslim oluruz. Ya da Lovitt’in Heidegger’i yorumladığı biçimde “*Hepimiz teknolojiye esir ve mahkûmuz.* Heidegger bunun sebebinin teknolojiyle gerçek ilişkimizi bilmiyor oluşumuza bağlar. Bu da ‘teknoloji ile teknolojinin özünün aynı olmadığını’ tam olarak bilmeyi icap eder” (Lovitt, 2017: 79).

Heidegger, tekniğin “amaç için araç” ya da “bir insan etkinliği” olarak tasarılanmasının tekniğin *araçsal ve antropolojik tanımı* olduğunu söyler. Tekniğin araç olduğu tasarımı, insani teknikle doğru bir bağlantıya sokmaya yönelik her girişimi koşullandırır. Her şey, tekniği araç olarak uygun şekilde manipüle etmeye bağımlıdır. Söylendiği gibi, *tekniği 'insel yönden elde tutmak' gerekir. Ona hâkim olunmalıdır.* Tekniğe hâkim olma iradesi ne kadar zorunlu hâle gelirse, teknik de o kadar insanın denetiminden kaçıp kurtulma tehdidinde bulunur. Ama, *tekniğin yalnızca araç olmadığı varsayıldığında*, ona hâkim olma iradesi nasıl ayakta kalabilir ki? (Heidegger, 2014: 306).

Bunge’a göre, *teknoloji hem nimet hem de lanet olabilir.* (...) Elbette teknolojinin kötülükleri hakkında hiçbir şey kaçınılmaz değildir. Beklenmedik kötü yan etkilerle ilgili bazı özel durumlar dışında teknoloji, yarı kutsal yarı şeytansı olmanın yanı sıra tamamen iyi olabilir. Teknolojiyi denetleyenlerin iyi ya da kötü teknolojik ürünler ortaya çıkarmalarını sağlamak politika yapılarının elindedir (Bunge, 2014: 198).

Feenberg, teknolojinin “kader” olarak görülmeye başlanmasını eleştirir. Heidegger’in varlık felsefesi üzerinden giden Feenberg, şöyle der:

Böylelikle teknoloji, hem insanlığa hem de doğaya, savaş ve çevre felaketlerinden çok daha derin biçimde zarar verir. Zengin bir içerikteki bağlamlar ve anlamları bir araya getirebilme yeteneğinde olan otantik nesnelere dünyası yerine, “*nesnesi olmayan*” bir işlevler yığını ile kalakalırız (Feenberg, 2014a: 363).

Feenberg’e göre, bu yüzyılın en etkili felsefecisi olarak gördüğü Heidegger’in amacı, modern dünyayı felsefi olarak açıklamak ve zamanımız için düşüncenin gücünü yenilemektir. Heidegger teorisini Yunanlı bir sanatkar tarafından yapılan gümüş bir kupa ile Ren nehri üzerindeki bir baraj arasındaki zıtlıkla ortaya koyar. Usta, şekil, madde ve nihai üründen oluşan unsurları bir araya getirir ve böylelikle materyallerinin “gerçekliğini” ortaya çıkarır. Modern teknoloji, materyallerini

“yeniden dünyevi hale getirir” ve harici talepleri karşılamak için doğayı “yardıma çağırır.” (Feenberg, 2014a: 363).

Dreyfus (2014), yapay zekâyı pozitivist akılla tanımlamanın doğru olmadığını, ölçülebilir olmanın, örneğin bir bilgisayarın çok sayısal olmasının onun insani olmadığına bir kanıt oluşturmadığını belirtir. Hubert Dreyfus, ‘varoluş’ (Heidegger’deki *dasein*) ve “yönelimsellik” (Merleau-Ponty) olmadan yapay zekânın olamayacağını söylemektedir. Bunların mevcudiyeti aslında insan olmaya yaklaşmak değil midir zaten?

Aslında bedenler/bizler/nesnelere her şey, hepimiz birer mutant ve dönüştürülen (transformed) nesnelere!® Bunu ya doğa bize yapıyor ya da biz kendimize. Biz maddeleri/nesnelere çöpe dönüştürüyoruz, ölüm de bizi!

İnsan ve insan dışı hayvanlardan ilerleyelim. Sürekli dönüştürüyoruz, biz biz değiliz®. Önce sperm, sonra sırasıyla yumurta, cenin, bebek, ergen, yetişkin, yaşlı ve toprak oluyoruz. Lavoisier Yasası bizleri dönüşümlü nesnelere® ve mutant canlılar yapıyor! Bu, belki de, “birlikte var olmaktan ziyade peşe gelme mantığı”dır (Easterling, 2016: 396): “Biz bir tek insan değiliz.” Artık moleküler biyoloji insan türünü genetik olarak modifiye etmeye başlamıştır.

Nanoteknoloji insan bedeni de dâhil her türlü malzemeyi yeniden yapılandırabilecek, molekül boyutunda makineler geliştirmeyi hedefler. Bu alandaki araştırmaların öncüsü E. Drexler, bu makinelerin yakında insanların bedenlerini “en sıradanından en uçuna kadar binlerce şekilde” modifiye etmesini mümkün kılacaklarını düşünmektedir. “Bazıları tırtılın kelebeğe dönüştüğü gibi” insan formunu terk edecek, bazıları ise basit insanlığı mükemmelliğe verecektir (akt.: Le Breton, 2016: 136).

Merleau-Ponty, alışkanlık olarak adlandırdığımız durumların aslında *bedensel bir anlama* olduğunu ifade eder. Alışkanlık kazanmak bir anlamın yakalanmasıdır (Esenyel, 2017: 107). Üst paragraftaki bedensel eylem alışkanlıklarımız, dönüştüren ve dönüştürülen nesne olarak bizlerin yakaladığı *transformik/biçim değiştiren anlamlarımızdır*.

Merleau-Ponty’nin bilincin bedende hapsedildiği görüşüne paralel biçimde Foucault da bedenin (kendi bedeninin) çaresizce içine tıklandığı bir “hapishane”, bir “kafes” ve derinin altında çürüyeceği acımasız bir yer olduğunu söyler (Foucault, 2006: 229).

Teknoütopik (Kakoudaki, 2017: 150) *oyuncak kurtarıcılar* (Atayman, 2006: 53) sayesinde güç/iktidar/kudret, elle tutulur, katı olmayıp, tersine kusursuz bir şekilde akışkanlaşmış bir güç ve iktidardır artık (Atayman, 2006: 204). Bu biçimde içselleştirilen sanal iktidar, insan eliyle süper kahraman “üretimi”, sözde “eksiksiz” insanın eksiklere duyduğu “tiksinti ve suçluluk duygusunun telafisi” değil, aynı zamanda *siyasal bir telafidir* de.

Bireysel iktidar yanılması uluslararası boyutta bir soğuk savaş kahramanları yaratmaya, *karton kahramanlar* üzerinden toplumun gözünü boyayarak siyasal üstünlük, süper güç olma yarışına da alet olmuştur artık: Süper kahramanların devletleri süper güç yapma yanılması ile karşı karşıyayızdır. Bu hayali yarışma, hayali olmayan, gerçek sonuçlara da yol açmıştır pratikte.

Hayali/kurgusal süper kahramanlar *akıldışı (irrasyonel) bir mancınık*® görevi yerine getirmiş, bizleri gerçek dışılığa fırlatmış, *benlik algımız* bile değiştirmiştir. “Figürler, kolektiflerin

umutlarını, korkularını ve ilgilerini toparlayan güçlü çekim odaklarıdır” (Haraway, 2010: 242).

Winner’a (2014a) göre, teknoloji sosyal ve ekonomik sistem ile bütünleşir ve buna *sosyal determinizm* denir. *Teknolojinin siyaset teorisi* ise, bu görüşün tersine, teknik nesnelerin özellikleri ve bu özelliklerin anlamlarına odaklanır. Ona göre, mesele makinelerin, yapıların ve modern maddi kültür sistemlerinin tam olarak sadece verimliliğe ve üretkenliğe yaptıkları katkı ve çevre üzerindeki olumlu/olumsuz yan etkileri değil, aynı zamanda *belirli iktidar ve otorite formlarını* içeriyor olmalarıdır.

Teknolojinin siyaset teorisi büyük çaplı sosyo-teknik sistemlerin ivmesine, modern toplumların belirli teknolojik zorunluluklara verdikleri tepkiye ve insanların elde etmek istedikleri sonuçlar teknik araçlara adapte edildikçe güçlü bir biçimde dönüşüm geçirmelerine dikkati çekmektedir. Her şeyi *sosyal güçlerin karşılıklı etkileşimine indirgemede* ısrar etmek yerine, teknolojinin siyasetinin teorisi teknik nesnelerin özelliklerine ve o özelliklerin anlamlarına dikkat ettiğimizi öne sürer. Winner, nesnelerin siyasi olduğuna ilişkin şu örneği verir:

Mesela atom bombası yapısı itibarıyla siyasi bir nesnedir. Var olduğu müddetçe, onun ölümcül özellikleri merkezleşmiş ve işlerini tahmin edilemez yapabilecek bütün etkilere kapalı olan yüksek orandaki hiyerarşik komuta zinciri tarafından yönetilmesini gerekli kılmaktadır. Bombanın iç sosyal sistemi otoriter olmalıdır, bunun başka bir yolu yoktur. Pratik bir gereklilik olarak bomba olgusunun bağlamı, sistemin yöneticilerinin rejim türü veya yapısından bağımsız olarak, bombanın içinde bulunduğu daha büyük olan siyasi sistemden bağımsız olan pratik bir gereklilik olarak önümüze çıkmaktadır (Winner, 2014a).

Winner, günümüzde insanların, bir yandan siyasi nedenlerle meşru görülen teknolojik yeniliklere direnirken, öte yandan bu yenilikleri hayatlarına uyarlamak için hayat tarzlarını büyük ölçüde değiştirdiklerini ileri sürer.

Teknolojilerle iç içe olan “insanın da aslında bir makine” olduğunu söyleyen Latour, tekniğin “her şeyi köleleştirdiğini” söyleyen Ellul, teknoloji “hem nimet hem de lanettir” diyen Bunge ve teknolojilerin bazı özelliklerinin kesinlikle özerk olduğunu söyleyen Sismondo’nun söylemlerinden çıkan en basit sonuç, insanla makinenin aynı şey olduğu ve teknolojinin insanı etkilediğidir. Baudrillard, bunu daha da net söyler: “*Klasik (hatta sibernetik) bir perspektiften bakıldığında teknoloji, vücudun bir uzantısıdır*”

Nesneler dünyasının *insanın zihninin ve bedeninin bir uzantısı* haline gelmesini Borges de “*mikroskop ve teleskop gözün, telefon sesin, saban ve kılıç kolun uzantısıdır*” sözleriyle ifade etmektedir.

İnsanın gerçekdışılığa fırlatılmışlığının kökeni geçmiştir. Bilimkurgu, post modern siborg, beden ve teknoloji araştırmacısı Kakoudaki, *köleleştiren teknolojiler ve sinematik robot* konusunda şöyle demektedir:

19. yüzyıl ortalarında, mekanizma ve teknolojinin kölelikle kavramsal bağlamda ilişkilendirilmesi hem alegorik hem de aslına uygundur ve geniş çapta siyasal ve toplumsal geçerliliği vardır. Teknolojilerin tanımını *hem özgürleşme de hem de*

köleleşmede bulan bu kategori, çağdaş dinleyiciye tuhaf bir biçimde tanıdık gelecektir (Kakoudaki, 2017: 200).

“Siborg”, 1960’da Manfred Clynes ve Nathan Kline tarafından, dünyadışı ortamlarda hayatta kalabilmesi için geliştirilmiş insana –bir sib(ermetik) org(anizmay)a- atıfta bulunmak üzere devşirilmiş bir terimdir. Siborgvari insan-makine melezinin bir sonraki büyük teknohümanist meydan okuma olan uzay yolculuğunda gerekli olacağını düşünmüşlerdi (Haraway, 2010: 230). Köleliğin ikonografisine ve toplumsal hafızasına gönderme yapan robot hikâyeleri geçmişin baskı ve adaletsizlik dolu mirasını geleceğin teknolojik vaatlerine aktarır (Kakoudaki, 2017: 150). *Siborg Manifestosu: Yirminci Yüzyılın Sonlarında Bilim, Teknoloji ve Sosyalist Feminizm*’in (1985) yazarı Donna Haraway ise, siborgların yeniden doğuşla ilgilerinin olduğunu ve üreme matrisiyle çoğu doğuma şüpheyle yaklaştıklarını iddia eder:

Semenderlerde, bir uzvun kaybedilmesi türünden bir yaralanmanın ardından yeniden doğuş, sürekli ikizlenme ya da eski yaranın olduğu yerde başka tuhaf topografik üretimler olması ihtimalini de göz ardı etmeden, yapının yeniden gelişmesini ve fonksiyonunu yeniden işlemesini gerektirmektedir. Yeniden büyüyen uzuv bir ucube halinde çıkabileceği gibi, eskisinin kopyası da olabilir, daha kuvvetli hali de (...) Bizim yeniden doğuşa (ama yeniden doğuma değil) ihtiyacımız var ve yeniden oluşmamız ihtimali, cinsiyetsiz canavarca bir dünya umudu gibi ütöpik bir hayali de kapsamaktadır (akt.: Eco, 2015: 433).

Haraway gibi radikal feministler cinsiyetsiz, post-organik ya da “insan ötesi” (*transhuman*) bedenler gerçekleştirerek cinsiyet farklılıklarını aşmayı öneriyorlar (Eco, 2015: 431). Haraway’in kastettiği cinsiyetsizlik, toplumsal cinsiyetsizliktir. Haraway şöyle diyor: “Hepimiz derinden yaralıyız. Yeniden doğuma değil, yenilenmeye muhtacız, ve yeniden oluşum olanaklarımız, *toplumsal cinsiyetsiz* ucube bir dünya umudunun ütöpik hayalini de içeriyor” (Haraway, 2010: 90).

Nitekim ben siborgları, üremeye dayalı biyotekno-politikaların genelde beklenmedik şekilde çıkageldiği, bazen de hoş bir sürpriz olduğu daha büyük ve *queer* bir yoldaş türler ailesinin küçük kardeşleri olarak başladım (Haraway, 2010: 232).

Haraway’a (2010) göre, siborglar bir “*politik kimlik miti*”dir (s.79). İnsanla makine arasındaki ilişkide kimin yarattığı, kimin yaratıldığı net değildir (s.85). ET canavarları öylece *orada*, bizim *içimizdedir* (s.177). Kodlama pratiklerine ayrışan makinelerde neyin zihin neyin beden olduğu da net değildir. Kendimizi siborg, melez, mozaik ve kimera[†] olarak buluruz (s.85). Yirminci yüzyılın sonlarına, *bizim mitik* zamanımıza gelindiğinde, hepimiz kimera’yız, kuramsallaştırılmış ve imal edilmiş makine-organizma melezleriyiz; kısacası siborguz (s.9). Bedenimiz, bizim; bedenler iktidarın ve kimliğin haritalarıdır. Siborglar da istisna değildir. Siborg bedeni masum değildir; bir bahçede doğmamıştır; üniter kimlik arayışında değildir ve dolayısıyla sonu olmayan (daha doğrusu, dünyanın sonuna kadar sonu olmayan) uzlaşmaz ikicikler (dikotomiler) üretmez; ironiyi elde var bir sayar (s.88). Zihin-beden, hayvan-insan, organizma-makine, kamusal-özel, doğa-kültür, kadın-erkek, ilkel-uygar ikili karşıtlıklarının hepsi ideolojik olarak zan altındadır (s.67). Artık beceriden, makine becerisinden alınan yoğun haz günah olmaktan çıkmakta ve cisimlenmenin, beden sahibi olmanın bir vechesi olmaktadır (s.88). *Makine canlandırılacak, tapılacak ve tahakküm altına*

[†] Kimera (İngilizce: Chimera), Yunan mitolojisinde tek bir vücutta çeşitli canlıların kimi organlarına sahip, ağzından ateş püskürten yaratık. Genellikle yaratığın bir başı aslan, bir başı keçi, gövdesi aslan ve kuyruğu

yılan olarak tasvir edilir. Tıpta, “*genetik olarak farklı olan hücrelerin aynı vücutta bulunmaları durumu*” olarak tanımlanır.-HC

alınacak bir şey değildir. Makine biziz, bizim süreçlerimiz, cisimlenişimizin bir vechesi. Makinelere sorumlu olabiliriz ama onlar bizi tahakküm altına almaz ya da tehdit etmez (s.89).

Siborg projeleri daha da ileri giderek “*hologram insan*” yapmayı planlıyor. Kakoudaki’nin, *sinematik robot* ve Haraway’in *makine-organizma melezleri olarak siborg* ve *kimeraya dönüşüm* konusundaki açıklamalarını hatırlayalım. Sinemadaki Avatar filmi ve projesi, 2045’te, *ölümü yok etmeyi* hedefliyor, tıpkı süper kahramanlarda olduğu gibi.

Bu projenin sonunda yapay zekâ ile hologram bilgisayarlar, avatar robot olarak kendi dünyalarını oluşturacak. İlk aşamada, silikon ya da hibrit kullanılarak, insanın beyindeki bilgiler uzaktan nakledilerek, uzaktan kontrollü yapay beden yapılacak. Sonra, ölen bir insanın beyininin, bir organ nakli biçiminde nakledilmesi söz konusu. Bu yeni yapay beden, nakledilen beyne konaklık yapacak, beyne canlı tutacak ve çevre ile etkileşimini sürdürecektir. Son aşamada ise, ölen kişinin beyini, kişiliği, zihni ve bilincinin aktarıldığı *hologram insan* gerçekleştirilecek (Yazıcı, 2018).

Böylece, geleneksel ahlaki sınırlamaların üstünde bir çeşit Nietzscheci “*üstinsan*” üretimi akla geliyor. Bu, H.G. Wells’in 1897’de yazdığı –ve ilk bilimkurgu roman sayılan- “Görünmez Adam”da (*The Invisible Man*) karşımıza çıkmıştı. Görünmez Adam, toplumun dışladığı ve toplumu dışlayan marjinal bir adam idi. Hologram İnsan da aynı durumla karşılaşabilir mi acaba? Zekâyı yeterince ödüllendirmeyen bir toplum içindeki *holografik üstinsanın* yaşamı bir işkenceye mi dönüşecektir? Bir başka deyişle, üstinsan gerçekleştirmeleri, Frankenstein benzeri *altinsan*[®] mı olacaktır? “*Görünmez Adam* insanîyetin olmadığı bilime karşı bir uyarı” (Selwyn, 2017: 238) niteliği taşıyordu. Biz de bugün şu yaşamsal sorunun yanıtını bulmalıyız: “*Yapay insanın/siborgun insanîyeti nasıl sağlanacaktır?*”

4. Dışlama Törenleri Ya Da Disiplin Mekanizmaları

Lewis Mumford *Mega Makine* olarak insanı anlatırken ‘makinelere hizmet eden hayvan olarak’ insanı tanımlar (Mumford, 2014).

Foucault’ya göre, iktidarların tahakkümü sonucu insan bedeni bir “makine” haline getirilmiş, böylece “özne ölmüş” ve ortada yalnızca “ütopik bedenler” kalmıştır. Bu nedenle Foucault, “özne” olan birey (benlik) yerine, “benlik teknolojilerine” ve iktidarın kontrol ve tahakkümü altındaki benliği inceleme alanına alır. Ona göre, “özne –olan birey- öldüğü” ve artık iktidar tarafından yönetildiği için artık onun tutarlılığından, bilinçli oluşundan ve rasyonelliğinden söz edilemez.

Ona göre ‘özne’ bir iktidar alanı ve belirli pratikler seti içinde şekillendirilen toplumsal söylemler aracılığıyla üretilen toplumsal bir kurgudur. ‘Birey’ anlamın yaratıcı kaynağı değildir. Bu nedenle bağımsız olmayan benliğin bilinçli, kendini kontrol edebilen, iç bütünlüğe sahip, tutarlı ve rasyonel varlık olmasından da söz edilemez. Bunu ‘öznenin ölümü’ ile ifade eder (Baran ve Suğur, 2014: 137).

“Kendilik teknolojisi” çok karmaşık, sonsuz, tarihi yapılması gereken bir alandır (Foucault, 2011: 216). Ona göre, “ben teknolojileri cinsellik etrafında yeniden yapılanmaktadır” (Foucault, 2012: 268).

Latour, günümüzde robotlar ve yapay zekâ üzerinden yapılan klasik tartışmaya; “Ya, robotlar insanı ele geçirir ve yönetmeye başlarsa” tartışmasına da girer.

Makineler tarafından nasıl tehdit edilecektir? Makineleri o yaptı, onunla gönderildi, kendi uzuvlarını onların uzuvlarına bölüştürdü, kendi bedenini onlarla inşa etti. (...) Nesnelere nasıl ondan yapıldıysa, insan da nesnelere yapılmıştır. Kendisini şeyleri çoğaltarak tanımladı (Latour, 2008: 164).

Foucault da *Panoptisizm* (Görünmeden Gözetim) adlı makalesinde, bir anlamda makinelere ve iktidarlara hizmet eden ve nesneleşen insanlardan söz eder. Foucault, Bentham’ın mimari Panoptikon’unu politikaya, insan-iktidar ilişkilerine uygular. Hareket noktası ise 17. yüzyılda yayınlanan ve arkasında isyanların, suçların, serseriliğin, firarın, düzensizlik içinde görünen ve kaybolan, yaşayan ve ölen insanların korkutucu hatırası bulunan ‘Veba Talimatnamesi’dir. Foucault, bu talimatnamedekileri cüzzam önlemleriyle karşılaştırır. Ona göre; cüzzamlı toplumdan ayrıştırılırken vebalı katmanlara (sınıflara) ayrılmıştır. Birincisi *işaretlenir*, ikincisi ise *analiz edilir* ve farklı yerlere ayrılır. Cüzzam, “dışlama törenleri” yoluyla bir topluluğun *saflaştırılması* ile ilgili olup, veba ise *disiplin edilmiş bir toplumla* ilgilidir.

Foucault bu makalesinde *kapalı ayrılmış mekânlar* ile *disiplin edici mekanizmanın* kurulduğunu söyler:

Bireylerin belirli bir yere konulduğu, en küçük hareketlerin bile gözlemlendiği, olayların kaydedildiği, kesintiye uğramayan bir kaydetme işleminin merkez ve çevreyi birbirine bağladığı, gücün bölünme olmadan sürekli hiyerarşik bir şekilde kullanıldığı, her bir bireyin sürekli olarak yerinin belirlendiği, kontrol edildiği ve yaşayanlar, hasta olanlar ve ölenler arasında yerinin değiştirildiği her noktada gözlemlenen bu kapalı ayrılmış mekân bütünüyle disiplin edici bir mekanizmanın küçük bir modelidir. Veba salgınına düzen ile karşılık verilir, görevi, bedenler birbirine karıştığına yayılan hastalığın ve korku ile ölüm yasakların üstesinden geldiğinde artan kötülüğün sebep olduğu mümkün olan her türlü karışıklığı düzene koymaktır (Foucault, 2014: 657).

Bunlar iktidarı insanlar üzerinde kullanmanın, ilişkilerini kontrol etmenin, tehlikeli şekilde bir araya gelmelerini önlemenin ve iktidarın kılcal damarlara kadar girmesini sağlamanın iki farklı yoludur.

Bentham’ın panoptik cezaevi modeli hangi amaçla kullanılırsa kullanılsın iktidarın homojen etkilerini üreten harikulade bir mekanizmadır. Görünür bir sahaya çıkan ve bundan haberdar olan kişi, iktidarın sınırlamalarının sorumluluğunu üstlenir, bu sınırlamaları kendi üzerinde düşünmeden uygular, aynı anda iki rolü oynadığı iktidar ilişkisini kendi içine kazır, kendi boyun eğişinin uygulayıcısı haline gelir.

Bentham’a göre, bu görünmezlik düzenin garantisidir, böylece ‘kalabalıklar’ ortadan kaldırılır ve ‘ayrıştırılmış bireyselliklerin toplamı’ ile yer değiştirir. Bentham iktidarın görünür ve teyit edilemez olması gerektiği ilkesini ortaya koymuştur. Bu nedenle panoptikonun en büyük etkisi, iktidarın otomatik olarak iş görmesini sağlayan, bilinçli ve kalıcı bir görünürlük durumunu mahkûma telkin etmektir. Görünür olmalıdır, çünkü mahkûm sürekli olarak gözlemlendiği merkezdeki kuleyi görecektir. Teyit edilemez olmalıdır, çünkü mahkûm hiçbir zaman herhangi bir anda gözetlenip gözetlenmediğini bilmemeli, fakat her zaman gözlenebileceğini aklından çıkarmamalıdır.

5. Toplumun Kendisini Diktatörleştirmek!

Foucault (2014) böylece iktidarların aslında mücadele ettikleri kötülük gibi hareket etmeye başladıkları söyler. Ona göre, panoptikon düşsel bir bina değil, idealize edilmiş bir iktidar mekanizmasının diyagramıdır. Panoptisizmin diktatörlüğe dönüşme riski yoktur, çünkü insanlar da birilerini/birbirlerini gözledikleri için izleme mekanizması artık bir bütün olarak toplum tarafından yerine getirilmektedir.

Goffman'ın da 'total kurumlar' adını verdiği hastaneler, okullar, sendikalar, kışlalar, atölyeler aynı zamanda bir tahakküm, bir boyun eğdirme aracı olarak *nesneleştirme mekanizmaları* haline gelmişlerdir.

Bitirirken iki noktayı vurgulamak isterim. Diktatörlük bireysel bir kurum ve mekanizma olarak kabul edilirken, Foucault ve Goffman'ın bu açıklamalarıyla görüyoruz ki, toplumun kendisi de diktatörleşebiliyor, hatta bunu farkında olmadan yapıyor. Yani, artık diktatör yöneticiler değil, *diktatör toplumlar*[®] gerçeği ile yüz yüze gelmiş oluyoruz.

6. Panoptikon Değil Panoptikon'lar

İkinci nokta, Jeremy Bentham'ın panoptikonu. Bentham bu modeli cezaevleri için düşündüğünü açıklıyor. Ancak bu model belki de aslında -onun bile farkında olmadığı- tam bir dini yapının modellenmesidir. Şöyle ki, ortada bir Tanrı var ve siz onu görmüyorsunuz ama o sizi görüyor ve her zaman her yerde de gördüğüne inanıyorsunuz.

Ne diyordu Bentham iktidar için? 'Görünmezlik düzenin garantisidir' ve bireylerin 'gözetici' tarafından her zaman görüldüğü inancı mahkûma telkin edilmiştir. 'Bakış' (ing. *gaze*) her yerde tetiktedir (Foucault, 2014: 654). O "bakış" aslında Tanrının bakışıdır. (*Gaze*, Türkçede normal bir bakış değil, sert bakma, gözünü dikme anlamlarına geliyor. Tam da cezalandırıcı bir Tanrının bakışı gibi). Tanrının görünmezliği dinsel düzenin garantisidir.

Sonuç olarak, panoptikon bir yerde (tek sistemde) değil, her yerde ve çok sistemdedir. Panoptikon değil panoptikon'lar vardır. Bunlar özneyi yabancılaştırmakta ve bilinçli öznenen robot öznelerine dönüştürmektedir.

Kaynakça

- Arendt, Hannah (2014). "The 'Vita Activa' and the Modern Age", *Philosophy of Technology (The Technological Condition An Anthology)*, Second Edition, Ed. Robert C. Scharff and Val Dusek, UK: Wiley Blackwell, pp.389-405.
- Atayman, Veysel (Der.) (2006). *Postmodern "Kurtarıcılar"*, İstanbul: Donkişot Yayınları.
- Aydın, Atilla (2019). "Devlet Erkinin ve Yönetim Paradigmasının Yapay Zekâ Bağlamında Dönüşümü", *Yapay Zeka ve Gelecek* içinde, ed.: Gonca Telli, İstanbul: Doğu Kitabevi, ss. 65-87.
- Baran, A. G. & Suğur, S. (Editörler) (2014). *Çağdaş Sosyoloji Kuramları*, 3. Baskı, Eskişehir: Anadolu Üniversitesi Yayınları.
- Baudrillard, Jean (2012). *Kusursuz Cinayet*, 3. Baskı, çev.: Necmettin Sevil, İstanbul: Ayrıntı Yayınları.
- Bowen, Jonathan (2014). "Bilgisayar Biliminin ve Yapay Zekanın Babası", *Bilim İnsanları, Bir Keşif Destanı* içinde, çev.: Yelda Türedi, İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, ss. 270-275.
- Braidotti, Rosi (2018). *İnsan Sonrası*, 2. Baskı, Çev.: Öznur Karakaş, İstanbul: Kolektif Kitap.

- Brooks, Rodney (2013). "Beden ve Makine Kaynaşması", *Gelecek 50 Yıl* içinde, ed.: John Brockman, çev.: Nurettin Elhüseyni, İstanbul: NTV Yayınları, ss. 205-217.
- Bunge, Mario (2014). "Philosophical Inputs and Outputs of Technology", *Philosophy of Technology (The Technological Condition an Anthology)*, Second Edition, Ed. Robert C. Scharff & Val Dusek, UK: Wiley Blackwell, ss. 191-200.
- Cevizoğlu, Hulki (2020). "Corona Virüs Salgını ve Toplumsal Boyutları", *Virüs ve Toplum* içinde, ed.:Hulki Cevizoğlu, İstanbul: Doğu kitabevi, ss.15-67.
- Cevizoğlu, Hulki (2017). *Compositio (Sosyoloji, Psikoloji, Din Felsefesi ve Astronomi Üzerine)*, 4. Baskı, Ankara: Ceviz Kabuğu Yayınları.
- Dennet, Daniel C. (2014). "Consciousness in Human and Robot Mind", *Philosophy of Technology (The Technological Condition An Anthology)*, Second Edition, Ed. Robert C. Scharff and Val Dusek, UK: Wiley Blackwell, pp.588-596.
- Doster, Barış (2020). "Salgın Hastalık Sonrası Dünya ve Türkiye: Bozulan Ezberler, Güçlenen Siyasetler", *Virüs ve Toplum* içinde, ed.:Hulki Cevizoğlu, İstanbul: Doğu kitabevi, ss.107-127.
- Dreyfus, Hubert L. (2014). "Why Heideggerian AI Failed and How Fixing it Would Require Making it More Heideggerian", *Philosophy of Technology (The Technological Condition An Anthology)*, Second Edition, Ed. Robert C. Scharff and Val Dusek, UK: Wiley Blackwell, pp.597-609.
- Easterling, Keller (2016). "Yapamayacaksınız" (You Will Not Be Able To Do It), *Biz İnsan Mıyız* içinde, 3. İstanbul Tasarım Bienali (22 Ekim-20 Kasım 2016), İstanbul: İKSV Yayını, ss. 394-396.
- Eco, Umberto (haz.) (2015). *Çirkinliğin Tarihi*, 4. Baskı, çev.: Anaca Uysal Ergün ve Ark., İstanbul: Doğan Kitap.
- Esenyel, Zeynep Zafer (2017). "Merleau-Ponty Vücudun Fenomenolojisiyle Zihin-Beden Düalizmini Aşabilir mi?", *Maurice Merleau-Ponty* içinde, Cogito, Sayı: 88, Sonbahar, İstanbul: Yapı Kredi Yayınları, ss.106-137.
- Feenberg, Andrew (2014a). "Philosophy of Technology at the Crossroads: Critique of Heidegger and Borgmann", *Philosophy of Technology (The Technological Condition An Anthology)*, Second Edition, Ed. Robert C. Scharff and Val Dusek, UK: Wiley Blackwell, ss. 362-375.
- Foucault, Michel (2014). "Panopticism", *Philosophy of Technology (The Technological Condition An Anthology)*, Second Edition, Ed. Robert C. Scharff and Val Dusek, UK: Wiley Blackwell, pp.654-668.
- Foucault, Michel (2012). *İktidarın Gözü*, 3. Basım, Fransızcadan Çeviren: Işık Ergüden, Ayrıntı Yayınları, İstanbul.
- Foucault, Michel (2011). *Özne ve İktidar*, 3. Basım, Çevirenler: Işık Ergüden-Osman Akinhay, İstanbul: Ayrıntı Yayınları.
- Foucault, Michel (2006) "Utopian Body", English Translation of Michel Foucault, *Le corps utopique ("Utopian Body")*, *Sensorium (Embodied Experience, Technology, and Contemporary Art)*, Edited by Caroline A. Jones: with essays by Bill Arning, The MIT Press.
- Haraway, Donna J. (2010). *Başka Yer*, Çeviren: Güçsal Pusar, İstanbul: Metis Yayınları.
- Heidegger, Martin (2014). "The Question Concerning Technology", *Philosophy of Technology (The Technological Condition An Anthology)*, Second Edition, Ed. Robert C. Scharff and Val Dusek, UK: Wiley Blackwell, ss. 305-317.
- Heidegger, Martin (1998). *Tekniğe İlişkin Soruşturma*, 2. Basım, Çeviren: Doğan Özlem, İstanbul: Paradigma Yayınları.

- Kakoudaki, Despina (2017). *Robot Anatomisi (Edebiyat, Sinema ve Kültürel Çalışmalarda Yapay İnsan)*, Çeviren: Deniz Aras, İstanbul: Kolektif Kitap.
- Köse, Utku (2020). “Covid-19’un Toplumsal Değişime Etkisinde Veri Bilimi ve Yapay Zekâ’nın Rolü”, *Virüs ve Toplum* içinde, ed.:Hulki Cevizoğlu, İstanbul: Doğu kitabevi, ss.73-107.
- Kurzweil, Ray (2018). *İnsanlık 2.0 (Tekillige Doğru Biyolojisini Aşan İnsan)*, 3. Baskı, çev.: Mine Şengel, İstanbul: Alfa.
- Latour, Bruno (2008). *Biz Hiç Modern Olmadık (Simetrik Antropoloji Denemesi)*, Çeviren: İnci Uysal, İstanbul: Norgunk Yayıncılık.
- Le Breton, David (2016). *Bedene Veda*, Çeviren: Aziz Ufuk Kılıç, İstanbul: Sel Yayıncılık.
- Lovitt, William (2017). “Heidegger İle Teknoloji Üzerine Bir Konuşma”, *Heidegger: Teknoloji ve İnsanın Geleceği*, Derleyen ve Çeviren: Ahmet Aydoğan, İstanbul: Say Yayınları, ss. 78-111.
- Marcuse, Herbert (2014). “The New Forms of Control”, *Philosophy of Technology (The Technological Condition An Anthology)*, Second Edition, Ed. Robert C. Scharff and Val Dusek, UK: Wiley Blackwell, pp.449-455.
- Mumford, Lewis (2014). “Tool Users vs. Homo Sapiens and the Megamachine”, *Philosophy of Technology (The Technological Condition An Anthology)*, Second Edition, Ed. Robert C. Scharff and Val Dusek, UK: Wiley Blackwell, pp.381-388.
- Selwyn, Matthew (2017). “Görünmez Adam Üzerine”, Çeviren: Hande Yazıcı, *Görünmez Adam* içinde, H. G. Wells, Çeviren: Ayşe Belma Dehni, İstanbul: Ayrıntı Yayınları.
- Sennett, Richard (2013b). *Zanaatkâr*, 2. Basım, Çeviren: Melih Pekdemir, İstanbul: Ayrıntı Yayınları.
- Tanyeri, Elifsu (2018). “Stiegler Düşüncesinde Birlikte Yaşamın Krizi: Distopya, Robotlar ve Farmakolojik Teknoloji”, *Cogito: Bugünün Distopyası (Odak: Vatandaşlık Rejimi, Cinsellikler ve Beden Siyaseti)* içinde, İstanbul: YKY.
- Winner, Langdon (2014). “Toward a Philosophy of Technology”, *Philosophy of Technology (The Technological Condition An Anthology)*, Second Edition, Ed. Robert C. Scharff and Val Dusek, UK: Wiley Blackwell.
- Winner, Langdon (2014a). “Do Artifacts Have Politics”, *Philosophy of Technology (The Technological Condition An Anthology)*, Second Edition, Ed. Robert C. Scharff and Val Dusek, UK: Wiley Blackwell, ss. 668-680.
- Yazıcı, Ayşe Meriç (2018). “Yeni Paradigmalar ve E-İnsan”, *Popüler Bilim Dergisi*, Ankara: Işık Yayıncılık, ss.34-39.