



SAYI/ISSUE 35
NISAN/APRIL 2022

EUROPEAN JOURNAL OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi



E-ISSN 2148-2683

<https://dergipark.org.tr/en/pub/ejosat>

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Editor-in-Chief and Editor

Prof. Dr. Hüseyin TOROS
Editor

Prof. Dr. Ahmet DOĞAN
Editor

Editorial Board Members

Prof. Dr. Osman SAĞDIÇ
Subjects: Food Sciences and Engineering
Institution: Yıldız Technical University

Prof. Dr. Tuncay GÜMÜŞ
Subjects: Food Sciences and Engineering
Institution: Namık Kemal University

Prof. Dr. Hüseyin TOROS
Subjects: Engineering
Institution: Istanbul Technical University

Assoc. Prof. Dr. Juliana JALALUDIN
Subjects: Air Pollution and Control, Environmental Sciences
and Engineering
Institution: Universiti Putra Malaysia, Faculty of Medicine
and Health Sciences, Department of Environmental and
Occupational Health

Prof. Dr. Ahmet DOĞAN
Subjects: Environmental Sciences and
Engineering, Geological Sciences and Engineering, Civil
Engineering
Institution: Yıldız Technical University

Asst. Prof. Dr. Abdulatef AHMED
Subjects: Meat Technology
Institution: Aljfarah University

Prof. Dr. Osman TAYLAN
Subjects: Energy Systems Engineering, Machine
Learning, Quality Management, Artificial
Intelligence, Multiple Criteria Decision Making, Fuzzy Logic
Institution: Department of Industrial Engineering, Faculty of
Engineering, King Abdulaziz University.

Prof. Dr. İskender AKKURT
Subjects: Physics, Computer Sciences and Engineering
Institution: Suleyman Demirel University

The European Journal of Science and Technology (EJOSAT) is a scientific and peer-reviewed journal published online four times in January, April, August, and November. The European Journal of Science and Technology is scanned in indexes such as TR Index, Scilit, Index Copernicus, CiteFactor, International Innovative Journal Impact Factor, Eurasian Scientific Journal Index, SJIFactor, DRJI, Scientific Indexing Services and Google Scholar.



-
- Aktif Karbon ile Modifiye Edilmiş Kitosan-Polivinil Alkol Biyokompoziti Üzerine Naproksen Adsorpsiyonunun Optimizasyonu için Box-Behnken Deneysel Tasarımı*
Nazlı ÖZCAN ÇÖKEN, Didem SALOGLU DERTLİ
Sayfa: 1 - 8
- Hibrit sol-jel matrisine katkılı yeni bir korozyon inhibitörü olarak bakteriyel eumelanin polimerinin antikorozyf performansı*
Sinan BAYRAM, Mohd Hazwan HUSSİN, Tuan Sherwyn HAMİDON, Mustafa OZDEMİR
Sayfa: 9 - 16
- Çok Değişkenli Kalibrasyon Teknikleri Kullanılarak Demir, Kobalt ve Nikelin Birlikte Spektrofotometrik Tayini*
Ceren TALYAK BAĞDU, Rukiye SAYGILI CANLIDİNÇ, Adnan KENAR, Mustafa TAŞTEKİN
Sayfa: 17 - 24
- Gıda Perakende Firmalarının Finansal Performanslarının Entropi-TOPSIS Yöntemiyle Analizi*
Aşkın GÜL, Mehmet ERDEM
Sayfa: 25 - 33
- Kentsel Peyzaj Planlamada Sürdürülebilir Yağış Suyu Yönetim Stratejilerinin Geliştirilmesi. Kastamonu Üniversitesi Kuzeykent Yerleşkesi Örneği.*
Gül Aslı AKSU
Sayfa: 34 - 46
- Ticari Olarak Satışa Sunulan Farklı Hazır Çorbalarındaki Gliksal ve Metilgliksal Bileşiklerinin HPLC ile Araştırılması*
Jale ÇATAK, Sema Şule ARIN
Sayfa: 47 - 53
- Mekanik Alaşımlama Yöntemi ile Üretilen AA7075 Al Alaşımlarının Mikroyapısal ve Mekanik Özellikleri*
Kemal DOĞAN, Mustafa ACARER, Yasin EKER, Emin SALUR
Sayfa: 54 - 61
- Güç Sistemi Kayıplarında Belirsizlik Etkisinin Analizi: Yenilenebilir Enerji ve Yük Belirsizlikleri*
İbrahim Çağrı BARUTÇU, Ali ERDUMAN
Sayfa: 62 - 71
- Ribes Orientale Bitkisi Meyvelerinin Fenolik Kompozisyonu, Toplam Fenolik Madde Miktarı, Antioksidan Kapasiteleri ve Bazı Fizikokimyasal Özellikleri*
Bayram YURT, Lütfi BEHÇET, Nurullah DEMİR, Muhammed Said YOLCI
Sayfa: 72 - 75
- İki Farklı Yörede Doğal Yayılış Gösteren Aş kekiği (Thymus longicaulis subsp. longicaulis)'nin Uçucu Bileşenlerinin Belirlenmesi*
Ebru Hatice TIÇLI KAYTANLIOĞLU, Ayşe Gül SARIKAYA, Hüseyin FAKİR
Sayfa: 76 - 81
- Farklı Propolis Ekstraktlarının Fusarium solani'ye Karşı Antifungal Etkisi*
Gözdenur ÇAKAR, Işıl SARAÇ SİVRİKAYA, Ersin KARAKAYA, Abdullah GÜLLER
Sayfa: 82 - 88
- BİST 100 Endeksindeki Volatilitenin Zaman Serileri İle Analizi: Fbprophet ve LSTM Modeli Karşılaştırması*
Yusuf AKER
Sayfa: 89 - 93
- Yüzey Yanıt Yöntemi ile Etil Asetat Sentezinin Optimizasyonu ve Sentezde Hidrojelin Reaktif Sorpsiyon Etkisinin İncelenmesi*
Nilüfer HİLMİOĞLU
Sayfa: 94 - 101

- Uluslararası Stratejik Pazarlama Kararları ve Lojistik 4.0 Bağlamında Lojistik Maliyetler ile Karlılık İlişkisi
Yunus CERAN, Metehan ORTAKARPUZ, Hüseyin Enes ERKOÇAK
Sayfa: 102 - 110
- Orman İçi Mera Bitki Örtüsünde Botanik Kompozisyonun Yükseltiyeye Göre Değişimi
Adnan BİLGİLİ
Sayfa: 111 - 115
- Doğrusal olmayan kesirli fark denklemlerinin kararlılık analizi üzerine bir not: Karşılaştırmalı yaklaşım
Halis Can KOYUNCUOĞLU, Nezihe TURHAN TURAN
Sayfa: 116 - 122
- İleri Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Hatlarının Verim, Verim Unsuru ve Kalite Özellikleri Bakımından Değerlendirilmesi
Hüseyin GÜNGÖR, Mehmet Fatih ÇAKIR, Ziya DURLUPINAR
Sayfa: 123 - 127
- El Dezenfektanlarının Antibakteriyel ve İritasyon Etkinliklerinin Araştırılması
Ali Metin GÜZEL, Erhan MENDİ
Sayfa: 128 - 132
- IE3 Verim Sınıfındaki 5,5 kW Gücünde Asenkron Motorun IE4 Verim Sınıfına Yükseltilmesine Yönelik Tasarım İyileştirmeleri
Yiğit AYBENİZ, Kamuran Nur BEKİROĞLU, Fatma KESKİN ARABUL, Atiye Hülya OBDAN, Ahmet Yiğit ARABUL
Sayfa: 133 - 141
- Polietilen tereftalat (PET) kumaştan elde edilen tıbbi maskenin bakteri filtrasyon verimliliğinin araştırılması
Nisa SİPAHİ, Metehan ÖZTOPRAK
Sayfa: 142 - 147
- Pandemi Sürecinde Adölesanların Beslenme Alışkanlıklarının Belirlenmesi
Dilek ÖZÇELİK ERSÜ, Ezgi HARBELİOĞLU
Sayfa: 148 - 156
- Gıdalarda Katkı Maddesi ve Çözücü Olarak Kullanılan Propilen Glikol Üzerine Değerlendirmeler
Ayşe KARADAĞ, Osman SAĞDIÇ, Salih KARASU
Sayfa: 157 - 160
- Farklı Açılı Kanatçıklara Sahip Türbülötörlerin Gaz Yakıtlı Kazanda Kullanımının Isı Transferine Etkisi
Berna ÇERİ, Tarkan KOCA
Sayfa: 161 - 167
- Düşük Karmaşıklı GFDM Vericisinde PAPR Minimizasyonu için Birikimli Sembol Optimizasyonuna Dayalı Yeni Bir Seçici Eşleme Yöntemi
Şakir ŞİMŞİR, Necmi TAŞPINAR
Sayfa: 168 - 176
- IE4 Verimlilik Sınıfına Ulaşmak İçin Toroidal Sargılı Asenkron Motorun Tasarım Optimizasyonu
Sibel ZORLU PARTAL, Aykut ÇAYIROĞLU, Muzaffer KILINÇ, Umut Yusuf GÜNDÖĞAR
Sayfa: 177 - 186
- Kars Gravyeri, Gruyere ve Emmental Peynirlerinin Bazı Kalite Özelliklerinin İncelenmesi
Mustafa ÇAVUŞ, Mehmet BEYKAYA
Sayfa: 187 - 194
- Modern Mimariye Göre Dini Yapılarda Günışığının Tasarım ve Mekânla Etkileşimi
Mehmet Sait CENGİZ
Sayfa: 195 - 202

- Kişniş'te (Coriandrum sativum L.) Biyoteknolojik Gelişmeler*
Abdurrahim YILMAZ, Hilal YILMAZ, Sibel TURAN, Ali ÇELİK, Muhammad Azhar NADEEM, Fatih DEMİREL, Serap DEMİREL, Barış EREN, Orkun EMİRALİOĞLU, Mehmet ARSLAN
Sayfa: 203 - 220
- İstanbul, Türkiye'de domates ve biber salçalarında aflatoksin tespiti*
Leyla ÖNER, Duygu Elif YILMAZ, Hasan DEMİRCİ, Tülin ÖZBEK, Sezgin ÇELİK
Sayfa: 221 - 226
- Saponaria officinalis L. Kullanılarak Çinko Oksit Nanopartiküllerin Biyojenik Sentezi, Karakterizasyon ve Antibakteriyel Aktiviteler*
Hamdi KAMÇI, Hasan Ufuk ÇELEBİOĞLU, Recep TAŞ, Ebru KÖROĞLU
Sayfa: 227 - 234
- Classroom Attendance Scale Development and Validation Study*
Adem AKKUŞ
Sayfa: 235 - 242
- Raylı Sistemler için Asenkron Cer Motor Tasarımı ve Performans Analizi*
Enes ULU, Kamuran Nur BEKİROĞLU, Fatma KESKİN ARABUL, Ahmet Yiğit ARABUL
Sayfa: 243 - 251
- Ambalaj Sektörünün Sürdürülebilirliği ve Petrol Bazlı Plastik: Plastik Ambalaj Sektörünün Petrole Olan Bağımlılığının Analizi*
Bekir KESKİN, Şahnaz KOÇOĞLU
Sayfa: 252 - 258
- Hibrit Gri Kurt Optimizasyonu ile Kapılı Tekrarlayan Birim Modeli Kullanılarak Günlük Akım Tahmini*
Hüseyin Çağan KILINÇ, Yunus ÖZTÜRK
Sayfa: 259 - 267
- Derin Öğrenme Yöntemleri ile Demiryolu Bağlantı Elemanlarının Sınıflandırılması*
Mehmet SEVİ, İlhan AYDIN, Mehmet KARAKÖSE
Sayfa: 268 - 274
- Ayrıklaştırma Yöntemlerinin Karar ağaçlar ve Karar Kuralları Sınıflandırıcılar için Medikal Veri Setleri Üzerinde Karşılaştırılması*
Yılmaz KAYA, Ramazan TEKİN
Sayfa: 275 - 281
- Effects of Different Irrigation Levels on Selected Crop Parameters of Sesame (Sesamum indicum L.) Under Semi-Arid Highland Conditions in Turkey*
Aynur BİLMEZ ÖZÇINAR, Hüseyin ARSLAN
Sayfa: 282 - 287
- An Efficient Brushless DC Motor Design for Unmanned Aerial Vehicles*
Yusuf YAŞA
Sayfa: 288 - 294
- A Simple and Efficient Acylation Reaction Over Zinc Triflate as a New Catalyst*
Nesimi ULUDAĞ
Sayfa: 295 - 298
- Türkiye'de Sanayisi Az Gelişmiş Kentlere Özgü Yatırım Teşvik ve Hibe Destek Mekanizması Geliştirme: Muş il Örneği*
Ömer ARSLAN
Sayfa: 299 - 305
- Alzheimer Hastalığının Erken Teşhisinin Çoklu Değişken Kullanarak Tespiti*
Mehmet Emre SERTKAYA, Burhan ERGEN
Sayfa: 306 - 314

- Çiçek Görüntü Sınıflandırılmasında Ön Eğitilmiş Evrimsel Sinir Ağlarının Performans Karşılaştırması
İpek ATİK
Sayfa: 315 - 321
- Akdeniz İklimi İçin Optimum PV Panel Eğim Açısının Hesaplanması
Ahmet YILMAZ, Cemaleddin ŞİMŞEK
Sayfa: 322 - 329
- Beton ile Üretilen Suda Yüzebilen Kano Tasarımı Üzerine Bir Araştırma
Osman HANSU, Serkan ETLİ
Sayfa: 330 - 334
- Marulda solgunluğa neden olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* etmenine karşı *Metarhizium anisoplae*'nin biyokontrol potansiyelinin belirlenmesi
Remzi SAĞLIK, Nedim ALTIN
Sayfa: 335 - 340
- Yüksek saponin içerikli *Saponaria officinalis* L. ile Sentezlenen Bakır Nanopartiküllerin Karakterizasyonu ve Antibakteriyel Aktivitesi
Hamdi KAMÇI, Recep TAŞ, Hasan Ufuk CELEBİOĞLU
Sayfa: 341 - 348
- Agresif Kür Ortamının Beton-Donatı Aderansına Etkisinin İncelenmesi
Ramazan YAVUZ, Osman GÜNAYDIN, Kadir GÜÇLÜER
Sayfa: 349 - 354
- Central Collineations in Fuzzy and Intuitionistic Fuzzy Projective Planes
Elif ALTINTAŞ, Ayşe BAYAR
Sayfa: 355 - 363
- Sigorta Sektöründe Makine Öğrenmesi ile Çapraz Satış Modeli Oluşturma Üzerine Bir Örnek Çalışma
Yunus Emre ÖZDEMİR, Selim BAYRAKLI
Sayfa: 364 - 372
- Yeni Artı (+) Tip 4 Kutuplu Temassız Taşıyıcı Sistemin Tasarımı ve Manyetik Kuvvet Analizleri
Enes Mahmut GÖKER, Kadir ERKAN
Sayfa: 373 - 379
- Artık Bağlı Kapılı Tekrarlayan Birimlerle Sıradan Sıraya Video Altyazılama
Selman AYDIN, Özkan ÇAYLI, Volkan KILIÇ, Aytuğ ONAN
Sayfa: 380 - 386
- Covid-19 Pandemisi Sürecinde Hijyen Ürünleri Üreten Bir Firmada Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı
Şebnem DEMİRKOL AKYOL
Sayfa: 387 - 394
- Sağlıkta Yapay Zekanın Kullanım Alanları Üzerine Nitel Bir Araştırma
Haydar HOŞGÖR, Hacer GÜNGÖRDÜ
Sayfa: 395 - 407
- Yazılım Geliştirme Sürecinde Kullanıcı Arayüzü Geliştirme Aşamasının İncelenmesi
Bora ASLAN, Füsun YAVUZER ASLAN
Sayfa: 408 - 416
- Time Series Forecasting of Honey Production in Turkey
Burcu ERDAL, Tolga TİPİ
Sayfa: 417 - 423
- Cardaria draba*'nın Farklı Kısımlarının Fenolik Bileşimi, İn-Vitro Antioksidan ve Enzim İnhibisyon Aktiviteleri
Nuraniye ERUYGUR, Fatma AYZAZ, Yavuz BAĞCI, Ebru GÜLER, Esra MALTAŞ ÇAĞIL
Sayfa: 424 - 431

- ÇBir otomotiv firması için darboğaz analizi
Durdu Hakan UTKU, Gizem SUBAŞI, Fatih KASIMOĞLU
Sayfa: 432 - 442
- Kentsel Büyüme, Planlama ve Otopark Sorunu Üzerine Etkisinin Analizi
Mehmet Çağrı KIZILTAŞ, Yunus AYÖZEN
Sayfa: 443 - 448
- Orta Gerilim Yeraltı Kablolarında Sabit ve Zamanla Değişen Akımların Neden Olduğu Manyetik Alanların Sayısal Analizi ve Karşılaştırılması
Celal Fadil KUMRU, Ahmet Yiğit ARABUL
Sayfa: 449 - 454
- Yığma Bir Seyir Kulesinin Dinamik Analizi
Recep PEKGÖKÇÖZ, Fatih AVCIL, Gürkan BALTAÇI, Arif GÜREL
Sayfa: 455 - 463
- Süpernova Kalıntısı G12.8-0.0'nin Suzaku ile X-ışın Dalgaboylarında Araştırılması
Cihad DENİZ, Aytap SEZER
Sayfa: 464 - 468
- Akışkan Dental Kompozitin Gamma Radyasyonu Soğurma Özellikleri
Ayca ŞENGÜL, Kadir AKGÜNGÖR, İskender AKKURT
Sayfa: 469 - 473
- Geçiş Dönemindeki Süt Sığırlarında Korunmuş Kolin ve Metiyonin İlavasının Metabolik Profil ve Bazı Üreme Parametreleri Üzerine Etkileri
İsmail ÇETİN, İsmet TÜRKMEN, Çağdaş KARA, Duygu UDUM, Abdülkadir ORMAN, Hıdır GENÇOĞLU
Sayfa: 474 - 481
- Ulaştırma Yatırımları ve İlgili Etkenlerin Parasallaştırılması Bağlamında Planlamanın Değerlendirilmesi
Mehmet Çağrı KIZILTAŞ, Yunus AYÖZEN
Sayfa: 482 - 488
- Blok Zincir ve Ulak (Oracles) İle Parametrik İşlemlerin Gerçekleştirilmesi
Mansur BEŞTAŞ
Sayfa: 489 - 496
- Yeni İzole Edilmiş Mantar Aspergillus oryzae ile Brilliant Green Boyar Maddesinin Sulu Çözeltilerinden Biyosorpsiyonu Üzerine Araştırma: Rsm-Optimize Edilmiş Süreç Değişkenleri ve Daphnia magna Biyodeneyi
Mehtap TANYOL, Gökhan Önder ERGÜVEN, Volkan KORKMAZ, Numan YILDIRIM
Sayfa: 497 - 506
- Çevreci Teknolojilerden Lityum İyon Pillerinin Sürdürülebilirliğinin İncelenmesi ve Geleceğe Yönelik Emisyon Tahmini
Gökhan Önder ERGÜVEN, Emel KOÇAK, Erkut GÜLER
Sayfa: 507 - 513
- Analyzing of EEG Signals with Deep Learning and Discrete Wavelet Transform
Khaled ABUKHETTALA, Oğuz ATA
Sayfa: 514 - 521
- Nitel Araştırmaların Rapor Edilmesi: COREQ Kontrol Listesinin Türkçe Uyarlaması
Seda ATTEPE ÖZDEN, Melike TEKİNDAL, Tahir Enes GEDİK, Ferman ERİM, Ahmet EGE, Mustafa Agah TEKİNDAL
Sayfa: 522 - 529
- Büyükbaş Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilir Biyogaz ve Elektrik Üretim Potansiyelin Belirlenerek Sayısal Haritaların Oluşturulması
Hasan ERTOP, Atılğan ATILGAN, Burak SALTUK, Ercüment AKSOY
Sayfa: 530 - 540

İÇİNDEKİLER / TABLE OF CONTENTS

Seramik-Metal Kompozitlerde Ultrasonik Zayıflama ve Sertlik İlişkisinin Araştırılması

Vildan ÖZKAN BİLİCİ, Ahmet YÖNETKEN

Sayfa: 541 - 547

Eksik Solar Radyasyon Verilerinin Derin Sinir Ağları ile Tamamlanması

Eyyup Ensar BAŞAKIN, Mehmet ÖZGER

Sayfa: 548 - 555

DFIG tabanlı Rüzgar Enerjisi Sisteminde optimize edilmiş DVR ile Gerilim Düşüşlerini Azaltma

Hale BAKIR

Sayfa: 556 - 563

Covid-19 Pandemi Sürecinde Türkiye'de Hastanelerde Alınan Önlemlerin ve Uygulamaların İncelenmesi ve Değerlendirilmesi

Dilan KARAKUŞ, Edip AVŞAR

Sayfa: 564 - 572

Geleneksel Olarak Aile İşletmelerinde Üretilen Kandirif Peynirinin Yapılışı ile Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi

Cihat ÖZDEMİR, Mehmet Murat KARAOĞLU, Fatih ÖZ, Salih ÖZDEMİR, Abdolhadi TAJER

Sayfa: 573 - 578

Örnek Bir Yapıda Kazık Mesafe Değişiminin Kazık Tasarımına Etkisinin İncelenmesi

Şeref TOPLU, Ali ATEŞ

Sayfa: 579 - 594

Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Personel Seçimi: Bir Freight Forwarder Şirketinde Uygulama

Güldem ELMAS

Sayfa: 595 - 602

ZnO-Kitosan Kompoziti ile Ağır Metal Giderimi

Gamze TOPAL CANBAZ, Unsal AÇIKEL, Yeşim SAĞ AÇIKEL

Sayfa: 603 - 609

Resnet Tabanlı Derin Geçitli Tekrarlayan Birim ile Akıllı Telefonda Görüntü Altyazılama

Betül USLU, Özkan ÇAYLI, Volkan KILIÇ, Ayтуğ ONAN

Sayfa: 610 - 615

Türkiye'deki İnsansız Hava Araçlarının Uçuş İzinlerinin Değerlendirilmesi

Tamer SAVAŞ

Sayfa: 616 - 624

Dakriyo Sintigrafisi Yapılan Hastaların Çevreye Yayıdığı Radyasyon Doz Düzeyinin Belirlenmesi

Mucize SARIHAN, Osman GÜNAY, Onur YARAR, Mustafa DEMİR, PH.D.

Sayfa: 625 - 632

Seramik Fabrikasında Fine-Kinney Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi

İbrahim CÜNDÜBEYOĞLU, Ramazan KAYABAŞI

Sayfa: 633 - 642

COVID-19 Pandemisi Öncesinde ve Pandemi Döneminde Türkiye'deki Havalimanı Etkinliklerinin Üç Aşamalı Veri Zarflama Analizi İle Belirlenmesi

Koray KÖÇKEN, Mehpere TİMOR, Mustafa U. KARAKAPLAN

Sayfa: 643 - 652

Modifiye Gauss Eleme Yöntemi Kullanarak 2-Boyutlu Schrödinger Denklemine Sayısal Yaklaşım

Tarkan AYDIN, Ali SIRMA

Sayfa: 653 - 658



Aktif Karbon ile Modifiye Edilmiş Kitosan-Polivinil Alkol Biyokompoziti Üzerine Naproksen Adsorpsiyonunun Optimizasyonu için Box-Behnken Deneysel Tasarımı

Nazlı Özcan^{1,2*}, Didem Saloğlu³

^{1*} Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Yeşilyurt Demir Çelik MYO, Kimya ve Kimyasal İşleme Teknolojileri Bölümü, Samsun, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2202-7250), nazli.ozcancoken@omu.edu.tr

² Yalova Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Kimya Mühendisliği ABD, Yalova, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2202-7250), nazli.ozcancoken@omu.edu.tr

³ İstanbul Teknik Üniversitesi, Afet Yönetimi Enstitüsü, Afet ve Acil Durum Yönetimi ABD, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-0503-056X), saloglu@itu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 20 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 5 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1038348)

ATIF/REFERENCE: Özcan, N. & Saloğlu, D. (2022). Aktif karbon ile modifiye edilmiş kitosan-polivinil alkol biyokompoziti üzerine naproksen adsorpsiyonunun optimizasyonu için Box-Behnken deneysel tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 1-8.

Öz

Bu çalışmada, aktif karbon ile modifiye edilmiş kitosan-polivinil alkol biyokompoziti (KTS-PVA/AC) ile naproksen adsorpsiyonunun operasyonel parametreleri üzerindeki etkisini incelemek amacıyla Box-Behnken deneysel tasarımı kullanılmıştır. Box-Behnken deneysel tasarımı ile adsorpsiyon sürecinin düşük maliyet ve maksimum verimlilikle optimize edilmesi, sürece etki eden faktörlerin belirlenmesi ve bu faktörler arasındaki etkileşimlerin değerlendirilmesi gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmalar; adsorban miktarına, pH'a ve kalma zamanına bağlı olarak KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen giderim yüzdesini içermektedir. Regresyon analizinden elde edilen sonuçlara göre kuadratik model için lack of fit değerinin önemsiz olması, düzeltilmiş R^2 (0,9978) ve tahmini R^2 (0,9871) değerlerinin yüksek olması ve aynı zamanda bu iki R^2 değerinin makul ölçüde birbirine yakın olması, kuadratik modeli en uygun model yapmaktadır. Ayrıca regresyon denkleminde adsorban miktarı, pH ve kalma zamanına ait parametre katsayıları pozitif olarak hesaplanmıştır. Hesaplanan parametre katsayılarına dayanarak kalma zamanı diğer parametrelere kıyasla naproksen adsorpsiyonunda en etkili bağımsız değişken olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, ANOVA varyans analizi en yüksek naproksen yüzde giderimi için optimum proses parametrelerinin belirlenmesi ve proses parametrelerinin adsorpsiyon üzerine etkisinin değerlendirilmesi amacıyla yapılmıştır. Üç değişkenli deneysel tasarımı tahmin edilen en yüksek naproksen yüzde giderimi, 100 mg KTS-PVA/AC miktarı, 7,95 pH ve 433,56 dk kalma zamanı optimum deney koşullarında % 99,57 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar sentezlenen adsorbanın naproksen giderimi üzerinde çok etkili olduğunu göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Box-Behnken, Naproksen, Kitosan, Polivinil alkol, Aktif karbon.

Box-Behnken Experimental Design for Optimization of Naproxen Adsorption on Activated Carbon Modified Chitosan-Polyvinyl Alcohol Biocomposite

Abstract

In this paper, Box-Behnken experimental design was used to examine the effect of naproxen adsorption using activated carbon modified chitosan-polyvinyl alcohol biocomposite (KTS-PVA/AC) on operational parameters. Using the Box-Behnken experimental design, the adsorption process was optimized for low cost and maximum efficiency, the factors affecting the process were determined, and the interactions between these factors were evaluated. Experimental studies contain the naproxen removal in % using KTS-PVA/AC biocomposite depending on the amount of adsorbent, pH, and residence time. According to the results obtained from the regression analysis, the lack of fit value for the quadratic model was insignificant, the corrected R^2 (0.9978) and estimated R^2 (0.9871) values were high, these two R^2 values were reasonably close to each other, and the quadratic model was selected to be suitable model. In addition, the parameter coefficients of adsorbent amount, pH, and residence time were calculated as positive in the regression equation. Based on the calculated parameter coefficients, residence time was determined to be most effective independent variable for naproxen adsorption compared to other parameters. Also, ANOVA analysis of variance was carried out to determine the optimum process parameters for the highest naproxen removal and to evaluate the effects of process parameters on adsorption. The highest naproxen removal in % was determined by the three-variable experimental design, 100 mg KTS-PVA/AC amount, 7.95 pH and

* Sorumlu Yazar: nazli.ozcancoken@omu.edu.tr

433.56 min residence time were found to be 99.57% under optimal experimental conditions. These results showed that the synthesized adsorbent was very effective on naproxen removal.

Keywords: Box-Behnken, Naproxen, Chitosan, Polyvinyl alcohol, Activated carbon.

1. Giriş

Farmasötik bileşikler, insan ve hayvan hastalıklarının tedavisinde kullanılan fakat kanalizasyon atık sularında, yüzey ve yeraltı sularında biyobirikimli ve kalıcı varlıkları nedeniyle doğal hayatı tehdit eden önemli mikrokirleticiler sınıfındadır (Ternes, 1998). Bu mikrokirleticilerin sucul ortamda ppm seviyelerindeki varlığı insanlar ve biyota üzerinde olumsuz etkilere neden olma potansiyeli oluşturmaktadır. Bu nedenle ilaç etken maddelerinin kanalizasyon atık sularından çevreye salınması büyük endişe yaratmaktadır (Subedi vd., 2012).

Naproxen (2-naftalinasetik asit, 6-metoksi-a-metil-, (S)-(+)-(S)-6-metoksi-alfa-metil-2-naftalinasetik asit) propiyonik asit türevlerine aittir, steroid olmayan anti-inflamatuar bir ilaç etken maddedir ve ateş düşürücü, ağrı kesici olarak tedavilerde kullanılmaktadır (Quire vd., 2013). Naproxen, yüzey sularında 0,01–0,1 µg/L aralığında bulunmaktadır (Boyd vd., 2005: 39). Geleneksel ayırma yöntemlerinin, naproxen, ibuprofen, diklofenak vb. eser miktarda sucul ortamda bulunan farmasötik ürünlerin uzaklaştırılmasında etkisiz olduğu kanıtlanmıştır (Boyd vd., 2003; Busar vd., 1998; Esplugas vd., 2007; Hasan vd., 2012; Joss vd., 2006).

Mikrokirleticilerin atık sudan ayrılması için adsorpsiyon fazlasıyla umut verici bir yöntem olarak bilinmektedir. Özellikle aktif karbon, karbon nanotüpler gibi karbon bazlı malzemeler, yüksek yüzey alanı ve gözenek boyutu dağılımı nedeniyle farmasötik bileşiklerin giderilmesinde oldukça etkilidir. Ayrıca, son on yılda, yüksek adsorpsiyon kapasitesine ve yüksek adsorpsiyon hızına sahip karbon içeren polimerik kompozitler, yeni adsorban arayışının öncüleridir (Simsek vd., 2017; Xu vd., 2012).

Kitosan, kitinin deasetilasyonu sonucu elde edilen önemli adsorbanlardandır (Roberts, 1992). Çok sayıda amin grubu içerdiğinden dolayı kitosan ve türevleri, özellikle adsorpsiyon teknolojisinde biyokompozit olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Geng vd., 2012; Yudin vd., 2012). Daha önce kitosan bazlı kompozitleri sentezlemek için karbon türevleri, gümüş nano partiküller, kum, perlit, kil, spirulina, poli (vinil alkol) ve poli (vinil klorür) gibi çeşitli malzemeler kullanılmıştır (Akay ve Omay, 2014; Saloglu ve Ozcan, 2018; Liao vd., 2011; Pande vd., 2014; Ngah vd., 2014; Nguyen vd., 2014).

Bu çalışmada farmasötik mikrokirleticilerden biri olan naproxenin aktif karbon ile modifiye edilmiş kitosan-polivinil alkol biyokompoziti üzerine adsorpsiyonu ve proses koşullarının Box-Behnken tasarımı ile optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Sunulan çalışma farmasötik mikrokirleticilerin giderimi konusunda umut vadetmektedir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Kitosan, Acros Organics firmasından; naproxen sodyum, polivinil alkol ve asetik asit Sigma-Aldrich firmasından; glutaraldehit, Merck firmasından; aktif karbon Zag-Kimya firmasından temin edilmiştir.

2.2. Metot

2.2.1. KTS-PVA/AC Biyokompozitinin Sentezi

% 1'lik (ağırlık/hacim) polivinil alkol çözeltisi 80 °C'de deiyonize su ile 4 saat boyunca manyetik karıştırıcı kullanılarak hazırlanmıştır. Kitosanın % 5'lik (ağırlık/hacim) çözeltisi ise oda sıcaklığında % 2'lik seyreltik asetik asit çözeltisi ile 24 saat boyunca manyetik karıştırıcı kullanılarak hazırlanmıştır. Elde edilen bu iki çözelti birleştirilerek kitosan-polivinil alkol (KTS-PVA) karışımı elde edilmiştir. Ticari olarak temin edilen aktif karbon AC/(KTS-PVA) (g/g) oranı 3,0 olacak şekilde KTS/PVA karışımı ile dispers edilerek KTS-PVA/AC karışımı elde edilmiştir. Homojen görüntü elde edilene kadar karıştırılmaya devam edilmiştir. Glutaraldehit kitosan molar oranı 1:6 olacak şekilde % 1'lik glutaraldehit çözeltisi, KTS-PVA/AC karışımına damla damla ilave edilerek karışım viskoz hale gelene kadar oda sıcaklığında 30 dakika karıştırılmıştır. Çapraz bağlı KTS-PVA/AC biyokompozit malzemeler bir petri kabı içine dökülerek freeze-dryer'da kurutulmak üzere dondurulmuştur. Her bir biyokompozit freeze-dryer'da 24 saat kurutulmuştur.

2.2.2. KTS-PVA/AC Biyokompoziti ile Naproxen Adsorpsiyon Çalışması

Sunulan çalışmada adsorpsiyon işleminde adsorban olarak kullanılan KTS-PVA/AC biyokompozitleri, freze-dryer'da uygulanan kurutma işleminden alındıktan sonra 105 mm çapına sahip bir havanda dövülerek toz haline getirilmiş ve adsorpsiyon işlemlerinde çözelti ile temas alanının yüksek olması için toz şeklinde adsorpsiyon işlemine tabii tutulmuştur.

Sulu çözeltilerden naproxen gideriminde kullanılmak üzere, naproxenin 1000 mg/L stok çözeltisi % 99,8'lik metanol ile hazırlanmıştır. Adsorpsiyon deneylerinde kullanılan naproxen çözeltileri, stok çözeltinin deiyonize su ile 50 mg/L konsantrasyonuna kadar seyreltilmesi ile elde edilmiştir. Naproxen konsantrasyonları ise UV-vis spektrofotometre (Shimadzu UV1800) ile 240 nm dalga boyunda analiz edilmiştir ve 1 mg/L ile 50 mg/L konsantrasyon aralığında naproxenin sulu çözeltileri için bir kalibrasyon eğrisi oluşturulmuştur. Adsorpsiyon deneyleri, 50 mg/L başlangıç naproxen konsantrasyonunda, 140 rpm çalkalama hızında ve 25 ml'lik hacimler halinde gerçekleştirilmiştir.

Naproxen yüzde giderim aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmaktadır (Saloglu ve Ozcan, 2018).

$$\%R = \frac{C_0 - C_e}{C_0} 100 \quad (1)$$

Burada % R, denge durumunda çözelti ortamından adsorbat yüzde giderimi; C_e , denge durumunda çözelti konsantrasyonu (mg/L); C_0 , adsorbatın başlangıç konsantrasyonu (mg/L)'dur.

Tablo 1. KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen gideriminde açıklayıcı değişkenlerin gerçek ve kodlanmış değerleri ve deney planı.
(Table 1. Actual and coded variables and experimental procedure of naproxen removal using KTS-PVA/AC biocomposite.)

	Sembol		Seviyeler		
			-1	0	1
Madde miktarı (mg)	A		20	60	100
pH	B		3	7	11
Kalma süresi (dk)	C		10	245	480

Run	Kodlanmış değerler			Gerçek Değerler		
	A	B	C	Madde Miktarı (mg), A	pH, B	Kalma Zamanı (dk), C
1	0	0	0	60	7	245
2	0	1	-1	60	7	245
3	0	-1	-1	20	7	480
4	0	0	0	60	7	245
5	1	-1	0	60	3	10
6	1	1	0	60	7	245
7	0	0	0	20	7	10
8	-1	1	0	100	3	245
9	0	0	0	100	7	10
10	0	-1	1	100	11	245
11	-1	0	-1	60	11	480
12	0	1	1	60	11	10
13	-1	0	1	60	7	245
14	-1	-1	0	60	3	480
15	1	0	1	100	7	480
16	1	0	-1	20	11	245
17	0	0	0	20	3	245

2.2.3. Box-Behnken tasarımı optimizasyonu ve amprik modelleme

DeneySEL çalışmaların planlanmasında madde miktarı, çözelti pH'ı ve kalma süresi faktörlerinin yüzde giderim üzerine etkisi bir cevap yüzey yöntemi olan Box-Behnken tasarımı ile değerlendirilmiştir. Box-Behnken tasarımı için Design Expert 12 yazılımı kullanılmıştır. KTS-PVA/AC biyokompoziti için Box-Behnken tasarımı kullanılan faktörler, bu faktörlerin kodlanmış ve gerçek seviyeleri ile deney planının ayrıntıları Tablo 1'de gösterilmektedir.

Optimizasyon sürecinde yanıt, doğrusal veya ikinci dereceden modellerle seçilen değişkenlerle ilişkilendirilebilmektedir. Box-Behnken tasarımı kullanılan ikinci dereceden bir denklem modeli aşağıdaki eşitlikte gösterilmektedir (Ince ve Kaplan Ince, 2017).

$$Y = +b_0 + \sum b_i X_i + \sum b_{ii} X_i^2 \sum \sum b_{ij} X_i X_j \quad (2)$$

Burada Y, yanıt; b₀, sabit; b_i, lineer katsayı; b_{ii}, ikinci dereceden katsayı; b_{ij}, etkileşim katsayısı ve X_i ve X_j kodlanmış değişken düzeyi iken i veya j bağımsız değişkenlerin sayısıdır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Proses değişkenlerinin modellenmesi ve optimizasyonu ile deney sayısını en aza indirerek maliyetin ve zamanın etkin bir şekilde değerlendirilmesini sağlayan Box-Behnken tasarımı yaygın olarak kullanılmaktadır (Büyükkada, 2014). Box-Behnken

tasarımında bağımsız değişkenler adsorban miktarı (A) (20-100 mg), pH (B) (3,0-11,0) ve kalma zamanı (C) (10-480 dakika) olarak incelenirken yanıt ise yüzde giderim olarak değerlendirilmiştir. Deneysel tasarım, toplam 17 çalışma için üç seviyeli ve beş merkezi noktalı üç bağımsız değişken dizisinden oluşmaktadır. Box-Behnken tasarımı merkezi nokta koşulları, adsorban miktarı için 60 mg, pH için 7,0 ve kalma zamanı için 245 dakika şeklindedir. KTS-PVA/AC biyokompoziti için kodlanmış ve gerçek proses değişkenleri ile yanıt için deneysel ve tahmini yüzde giderim değerleri Tablo 2'de gösterilmektedir. KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksenin çözeltiden giderim yüzdesi adsorpsiyon koşullarına bağlı olarak yaklaşık % 32-97 arasında değişmektedir (Tablo 2). % 97,01 ile en yüksek naproksen yüzde giderimine 100 mg adsorban miktarı 7,0 pH değeri ve 480 dakika koşullarında ulaşılırken, bu koşullarda Box-Behnken tasarımı ile tahmin edilen yüzde giderim % 96,26'dır. Bu sonuçlara göre, KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen giderimi oldukça etkili bir şekilde gerçekleşmektedir.

Tablo 2. KTS-PVA/AC biyokompozit ile naproksen giderim yüzdesi için bağımsız proses değişkenleri (kodlanmış ve gerçek) ve deneysel tasarım matrisi. (Table 2. Independent process variables (coded and actual) and experimental design matrix for naproxen removal in % using KTS-PVA/AC biocomposite.)

	Kodlanmış değerler			Gerçek Değerler			Yanıt	
	A	B	C	Adsorban miktarı (mg), A	pH, B	Kalma zamanı (dk), C	Deneysel % giderim	Tahmini % giderim
1	0	0	0	60	7	245	72,14	72,58
2	0	0	0	60	7	245	72,99	72,58
3	-1	0	1	20	7	480	59,08	58,41
4	0	0	0	60	7	245	72,32	72,58
5	0	-1	-1	60	3	10	32,30	31,42
6	0	0	0	60	7	245	72,47	72,58
7	-1	0	-1	20	7	10	33,65	34,41
8	1	-1	0	100	3	245	71,80	72,01
9	1	0	-1	100	7	10	53,33	54,01
10	1	1	0	100	11	245	93,31	93,18
11	0	1	1	60	11	480	80,63	81,51
12	0	1	-1	60	11	10	43,08	42,53
13	0	0	0	60	7	245	71,96	72,58
14	0	-1	1	60	3	480	58,15	58,70
15	100	0	1	100	7	480	97,01	96,26
16	-1	1	0	20	11	245	60,45	60,24
17	-1	-1	0	20	3	245	47,35	47,48

Bağımsız değişkenler (adsorban miktarı (A), pH (B) ve kalma zamanı (C)) ile yanıt arasındaki ilişkiyi tanımlamak amacıyla regresyon analizi gerçekleştirilmiştir ve regresyon analizinde lineer, 2F, kuadratik, kübik modelleri karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Regresyon analizi neticesinde incelenen modeller için uygunluk testi Tablo 3'te gösterilmektedir. Tablo 3 incelendiğinde KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen gideriminde kuadratik model en uygun model olarak tespit edilmiştir. Kuadratik model istatistiklerine göre düzeltilmiş R² değeri 0,9978 iken tahmini R² değeri 0,9878 olarak belirlenmiştir. Açıkça görüldüğü gibi düzeltilmiş ve tahmini R² değerleri 1,0'a oldukça yakındır. Ayrıca düzeltilmiş ve tahmini R² değerleri arasındaki fark, 0,2'den küçük ve makul yakınlık derecesindedir. Ayrıca incelenen modellerin uygun olabilmesi için uyumsuzluk p değerinin 0,05'ten büyük, sıralı (olasılık) p değerinin ise 0,05'en küçük olması gerekmektedir (Ince ve Kaplan Ince, 2017). Kuadratik model için uyumsuzluk p-değerinin 0,0567, sıralı p değerinin ise <0,0001 olduğu tespit edilmiştir. Tüm bu istatistiklere dayanarak lineer, 2F ve kübik modellerine kıyasla kuadratik modelin KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen giderimine en uygun model olduğu saptanmıştır.

Bağımsız değişkenler ile yanıt arasındaki ilişkiyi değerlendirmeye ve yanıtı tahmin etmeye yarayan kuadratik modele ait kodlanmış faktör ve gerçek faktör değerleri kullanılarak elde edilen regresyon denklemi aşağıda gösterilmektedir.

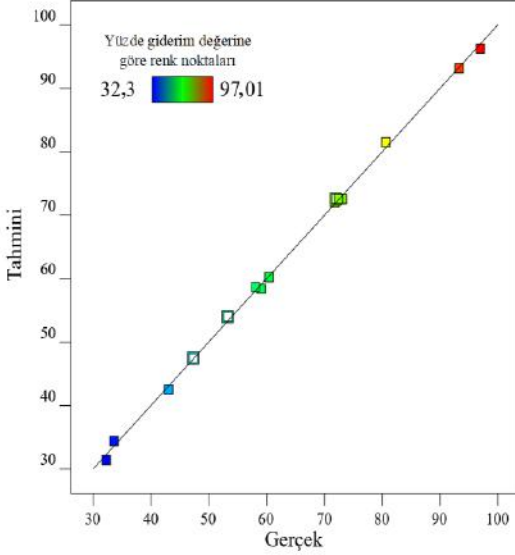
$$\%Giderim: 72,58 + 14,36A + 8,48B + 16,56C + 2,10AB + 4,56AC + 2,92BC + 1,44A^2 - 5,76B^2 - 13,25C^2 \quad (3)$$

Burada, A, adsorban miktarını (mg); B, pH'ı; C, kalma zamanını (dk); AB, adsorban miktarı ile pH'ın etkileşimini; AC, adsorban miktarı ile kalma zamanının etkileşimini; BC, pH ile kalma zamanının etkileşimini ve A², B² ve C², değişkenlerin karelerini sembolize etmektedir.

Parametre katsayılarının işaretleri değişkenlerin, değişken etkileşimlerinin ya da değişken karelerinin yanıt üzerindeki etkisini göstermektedir. Negatif parametre katsayıları değişkende yapılan artış ile yanıtın azaldığını gösterirken, pozitif parametre katsayıları değişken artışı ile yanıtta artış olacağını ifade etmektedir (Boumya vd., 2021: 212). Denklem 3 incelendiğinde değişken parametreleri arasında en yüksek pozitif değere sahip olan kalma zamanının (C), KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen giderimi üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ancak naproksenin etkili bir şekilde uzaklaştırılması için adsorban miktarının (A) ve pH'ın (B) etkisi de göz ardı edilmemelidir. Pozitif parametre katsayısına sahip bu iki değişken, adsorban miktarı (A) ve pH (B), arttıkça naproksen gideriminde yüzdesi artmaktadır. Dolayısıyla yüksek değerlere sahip bu değişken parametreleri, deneysel sistemin modellenmesi için anlamlı model terimleri olarak kullanılabilir. Kuadratik modelde adsorban miktarı ile kalma zamanının etkileşimi (AC), diğer ikili etkileşimler arasında en yüksek parametre katsayısına sahiptir. Bu nedenle naproksen gideriminde adsorban miktarı ile kalma zamanı etkileşiminin en fazla olduğu düşünülmektedir. Ayrıca negatif parametre katsayıları ile B² ve C², değişkenlerin kareleri naproksen giderimde etkili değildir. KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen gideriminde gerçek ve model tarafından tahmin edilen yüzde giderim değerleri Şekil 1'de sunulmaktadır. Şekil 1 incelendiğinde, KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen gideriminde gerçek ve tahmini giderim yüzdelerinin düz çizgiye yakın bir yerde iyi bir dağılıma sahip olduğu görülmektedir. Bu sonuç yüzde giderimin deneysel ve tahmin edilen değerleri arasında mükemmel bir ilişki olduğunu göstermektedir. Tablo 1'de yer alan düzeltilmiş R² ve tahmini R² arasındaki sadece 0,0107 değerindeki fark ile gözlenen makul uyum, bu sonucu niteliktedir.

Tablo 3. AC/KTS-PVA:3 biyokompoziti ile naproksen giderim yüzdesi için model istatistikleri. (Table 3. Model statistics for naproxen removal in % with AC/KTS-PVA:3 biocomposite.)

Kaynak	Sıralı p-değeri	Uyumsuzluk p-değeri	Düzeltilmiş R ²	Tahmini R ²	
% Giderim					
Lineer	< 0,0001	< 0,0001	0,7624	0,6565	
2FI	0,6981	< 0,0001	0,7306	0,3866	
Kuadratik	< 0,0001	0,0567	0,9978	0,9871	Önerilen
Kübik	0,0567		0,9993		



Şekil 1. KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen gideriminde gerçek ve tahmini yüzde giderim değerleri. (Figure 1. Actual and estimated percent removal values for naproxen removal with KTS-PVA/AC biocomposite.)

KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen adsorpsiyonunda maksimum giderim optimum proses koşullarında gerçekleştirmek için en etkili değişkenler ANOVA varyans analizi belirlenmiştir. Bu analiz, % 95 güven seviyesi ile regresyon modelinin uygunluğunun anlaşılması ve deneysel sonuçların ortalamasının önemli ölçüde farklı olup olmadığının belirlenmesi amacıyla kullanılmaktadır (İnce ve Kaplan İnce, 2017).

Sentezlenen biyokompozit ile naproksen gideriminde ANOVA analizi ve kuadratik modele ait R² değerleri Tablo 4'te gösterilmektedir.

Anova analizi ile deneysel verilerin olasılık değeri (p-değeri), Fischer testi (F-değeri), R² değeri ve uyumsuzluk (Lack of fit) testleri incelenerek sonuçların güvenilirliği değerlendirilmektedir. Bu analize göre olasılık değeri (p-değeri)'nin 0,05'ten küçük olması istatistiksel olarak uygulanan modelin ve katsayı terimlerinin anlamlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca uygulanan modelin anlamlı olabilmesi için ise F-değerinin yüksek olması gerekmektedir. İlaveyen uyumsuzluk yani lack of fit'in p değeri, modelin deneysel veriler ile yeterince uyum sağlayıp sağlamadığını gösteren önemli bir parametre olup mutlaka önemsiz olmalıdır (Büyükada, 2014). Tablo 4'e göre kuadratik model için F-değeri 808,51 iken p-değeri <0,0001 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca Tablo 4'te belirtilen R² değerinin 0,999 olduğu görülmektedir. 0,0001'den küçük p-değeri, yüksek F-değeri ve R² değeri, KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen adsorpsiyonunda kuadratik modelin

anlamlı olduğunu ve bağımsız değişkenler ile yanıt arasında iyi bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Bağımsız değişkenlerin (A, adsorban miktarı; B, pH; C, kalma zamanı), değişken etkileşimlerinin (AB, adsorban miktarı-pH; AC, adsorban miktarı-kalma zamanı; BC, pH-kalma zamanı) ve değişken karelerinin (A², B² ve C²) yanıt üzerindeki etkisi ANOVA analizi yardımıyla değerlendirilebilmektedir. Çizelgeye göre A, B ve C'nin F-değeri sırasıyla 2194,38, 765,43 ve 2917,93 olarak hesaplanmıştır. A, adsorban miktarı, en yüksek F-değeri ile en etkili bağımsız değişken olarak belirlenmiştir. Adsorban miktarına (A) çok yakın F-değerine sahip bir bağımsız değişken olan kalma zamanı (C) da oldukça yüksek etkiye sahiptir. Kuadratik model terimleri için F-değerleri göz önünde alınırsa naproksen yüzde gideriminde değişkenlerin etki sıralamasının A > C > C² > B > B² > AC > BC > AB > A² (2194,38 > 2117,93 > 982,30 > 765,43 > 187,55 > 110,67 > 45,49 > 23,51 > 11,61) şeklinde olduğu belirlenmiştir.

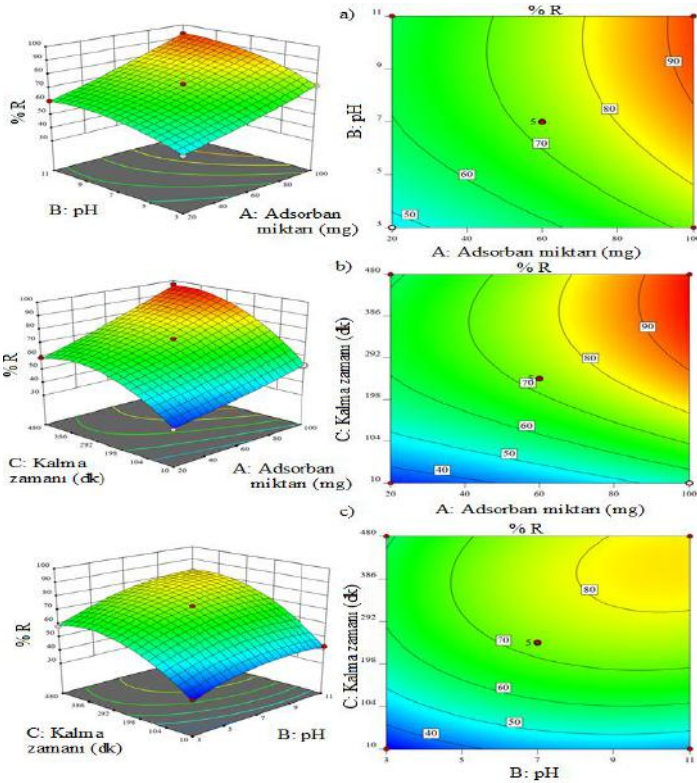
KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen adsorpsiyonunda kuadratik model için yapılan ANOVA analizinde p-değerleri incelendiğinde, tüm bağımsız değişkenlerin, değişken etkileşimlerinin ve değişken karelerinin 0,05'ten küçük olduğu belirlenmiştir. Tablo 4'ten de açıkça görüleceği gibi, A, B, C, AC, B², C², BC, AB, A² (<0,0001, <0,0001, <0,0001, <0,0001, <0,0001, 0,0003, 0,0019, 0,0113) model terimleri anlamlı p-değerlerine sahiptir.

Adsorpsiyon prosesin tekrar edilebilirliğini değerlendirmek amacıyla uyumsuzluk (Lack of fit) değeri de belirlenmiştir. Tablo 4'e göre KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen gideriminde kuadratik model için uyumsuzluk (Lack of fit) değeri 0,0567 olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın incelenen bağımsız değişkenler ve çalışma aralıklarında anlamlı olabilmesi için uyumsuzluğun anlamsız yani 0,05'ten büyük olması gerekmektedir (Büyükada, 2014: 45). 0,05'ten büyük uyumsuzluk değerine dayanarak KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen gideriminde belirlenen bağımsız değişken koşullarında kuadratik modelin tekrar edilebilir ve anlamlı olduğu güvenle ifade edilebilir.

KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen adsorpsiyonda bağımsız değişkenlerin (adsorban miktarı, pH ve kalma zamanı) yanıt (naproksen yüzde giderim) üzerine etkisini gösteren 3 boyutlu yanıt yüzey grafikleri ve 2 boyutlu kontur grafikleri Şekil 2'de sunulmuştur. Şekil 2 a. incelendiğinde 245 dk sabit kalma zamanı ile 20 mg adsorban miktarında ve 3,0 pH değerinde naproksen yüzde giderimi % 47,35 iken 100 mg adsorban miktarında ve 11,0 pH değerinde yüzde giderim % 93,31 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara dayanarak adsorban miktarında ve pH'da gerçekleştirilen artış ile naproksen yüzde gideriminin arttığı güvenle söylenebilmektedir. Ayrıca ikili parametre etkilerinin belirlendiği ANOVA analizine göre (Tablo 4)'te pH'a nazaran madde miktarının naproksen yüzde giderimi üzerinde daha etkili olduğu ifade edilebilir.

Tablo 4. KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen gideriminde ANOVA analizi ve R^2 değerleri. (Table 4. ANOVA analysis and R^2 values of naproxen removal using KTS-PVA/AC biocomposite.)

Açıklayıcı değişken	Kareler toplamı	df	Ortalama Kareler Toplamı	F-değeri	p-değeri	
Model	5473,79	9	608,20	808,51	< 0,0001	Önemli
<i>A-Adsorban miktarı</i>	1650,71	1	1650,71	2194,38	< 0,0001	
<i>B-pH</i>	575,79	1	575,79	765,43	< 0,0001	
<i>C-Kalma zamanı</i>	2195,00	1	2195,00	2917,93	< 0,0001	
<i>AB</i>	17,68	1	17,68	23,51	0,0019	
<i>AC</i>	83,23	1	83,23	110,64	< 0,0001	
<i>BC</i>	34,22	1	34,22	45,49	0,0003	
<i>A²</i>	8,73	1	8,73	11,61	0,0113	
<i>B²</i>	141,08	1	141,08	187,55	< 0,0001	
<i>C²</i>	738,93	1	738,93	982,30	< 0,0001	
Kalıntı	5,27	7	0,7522			
<i>Uyumsuzluk (Lack of Fit)</i>	4,32	3	1,44	6,09	0,0567	Önemli değil
<i>Saf Hata</i>	0,9457	4	0,2364			
Toplam	5479,06	16				
R^2			Düzeltilmiş R^2			Tahmini R^2
	0,9990		0,9978			0,9871



Şekil 2. KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen yüzde gideriminde a) adsorban miktarı (A, mg)-pH (B), b) adsorban miktarı (A, mg)-kalma zamanı (C, dk), c) pH (B)- kalma zamanı (C, dk) etkileşimini gösteren 3 boyutlu yanıt yüzey grafiği ve 2 boyutlu kontur grafiği. (Figure 2. 3D response surface plot and 2D contour plot for removal of naproxen in % using KTS-PVA/AC biocomposite a) adsorbent amount (A, mg)-pH (B), b) adsorbent amount (A, mg)-residence time (C), min, c) pH (B)-residence time (C, min)).

Şekil 2 b'de KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen gideriminde bağımsız değişkenlerden pH, 7,0'da sabit tutularak madde miktarı ile kalma zamanı etkileşimi incelenmiştir. 20 mg adsorban miktarı ve 10 dk kalma süresi koşullarında naproksen yüzde giderimi % 33,65 iken, 100 mg adsorban miktarı ve 480 dk kalma süresi koşullarında bu değer % 97,01'e ulaşmıştır. Yüzde giderimde gözlenen bu artış, naproksen gideriminin adsorban miktarı ile kalma süresindeki artıştan pozitif etkilendiğinin kanıtıdır.

KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen gideriminde pH ve kalma zamanı ikili parametresinin yüzde giderim üzerine etkisi Şekil 2 c'de incelenmiştir. 60 mg sabit adsorban miktarında 3,0 pH ve 10 dk kalma zamanı koşullarında naproksen yüzde giderim % 32,3 iken, 11,0 pH ve 480 dk kalma zamanı koşullarında naproksen yüzde giderimi % 80,63'tür. pH ve kalma zamanındaki artış ile naproksen yüzde gideriminin arttığı açıkça görülmektedir. Ayrıca Tablo 4'te bulunan ANOVA analizine göre de kalma zamanını pH'a nazaran daha etkili bir parametre olduğu bilinmektedir.

KTS-PVA/AC biyokompoziti ile naproksen adsorpsiyonunu daha detaylı incelemek için kullanılan, Design Expert 12 yazılımı ile gerçekleştirilen yanıt yüzey yöntemi olan Box-Behnken tasarımı ile maksimum yüzde giderime karşılık bağımsız değişkenlerin optimizasyon sonuçları Tablo 5'te gösterilmektedir. Tablo 5'e göre optimum proses değişkenleri adsorban miktarı, pH ve kalma zamanı için sırasıyla 100 mg, 7,95 ve 433,56 dk olarak belirlenmiştir. Bu proses koşullarında naproksen giderimi % 99,57'dir ve Box-Behnken tasarımı için Design Expert 12 tarafından hesaplanan arzu edilebilirlik 1 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 5. AC/KTS-PVA:3 biyokompoziti ile naproksen gideriminde optimum standartlar ve optimizasyon değerleri. (Table 5. Optimum standards and values of naproxen removal using AC/KTS-PVA:3 biocomposite.)

Optimizasyon standardı					
		Hedef	Alt sınır	Üst sınır	
A: Adsorban miktarı		aralık	20	100	
B: pH		aralık	3	11	
C: Kalma zamanı		aralık	10	480	
% Giderim		maksimum	32,3	100	
Optimum değerler					
Sayı	Adsorban miktarı (mg)	pH	Kalma zamanı (dk)	% Giderim	Arzu edirlilik
1	100	7,95	433,56	99,57	1,0

4. Sonuç

KTS-PVA/AC biyokompoziti, naproksen gideriminde kullanılmak amacıyla sentezlenmiştir ve adsorpsiyon proses optimizasyonu Box-Behnken tasarımı ile gerçekleştirilmiştir. Box-Behnken tasarım optimizasyonu sonuçlarına göre, kuadratik en uygun model olarak tespit edilmiştir. Optimize edilmiş proses koşullarında naproksenin KTS-PVA/AC biyokompoziti ile gideriminin oldukça etkili olduğu söylenebilir.

5. Teşekkür

Sunulan bu çalışma Yalova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri 2017/DR/0002 no'lu projeden alınan destekle gerçekleştirilmiştir.

Kaynakça

Akay, P., Omay, D. (2014). Synthesis and characterization of chitosan & amino acid superabsorbent hydrogels. *International Polymer Processing*, 29(2), 287-294.

Boumya, W., Khniifira, M., Machrouhi, A., Abdennouri, M., Achak, M., Qourzal, S., Tamsadi, H., Barka, N. (2021). Box-Behnken design for understanding of adsorption behaviors of cationic and anionic dyes by activated carbon. *Desalination Water Treatment*, 212, 204-211.

Boyd, G.R., Zhang, S., Grimm, D.A. (2005). Naproxen removal from water by chlorination and biofilm processes. *Water Research*, 39(4), 668-676.

Boyd, G.R., Reemtsma, H., Grimb, D.S., Mitrac, S. (2003). Pharmaceuticals and personal care products (PPCPs) in surface and treated waters of Louisiana, USA and Ontario, Canada. *Science of the Total Environment*, 311(1-3), 135-149.

Busar, H.R., Poiger, T., Muller, M.D. (1998). Occurrence and fate of the pharmaceutical drug diclofenac in surface waters: rapid photo degradation in a lake, *Environmental Science and Technology*, 32(22), 3449-3556.

Büyükkada, M. (2020). Hindi işleme tesisi atık sularından ozonlama ile renk, KOİ ve bulanıklık giderimi: Box-Behnken yaklaşımı ve Monte Carlo simülasyonu. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26(7), 1282-1290.

Esplugas, S., Bila, D.M., Gustavo, L., Krause, T., Dezotti, M. (2007). Ozonation and advanced oxidation technologies to remove endocrine disrupting chemicals (edcs) and

pharmaceuticals and personal care products (Ppcps) in water effluents. *Journal of Hazardous Materials*, 149(3), 631-642.

Geng, Y., Ding, M., Chen, H., Li, H.F., Lin, J.M. (2012). Preparation of hydrophilic carbon-functionalized magnetic micro spheres coated with chitosan and application in solid-phase extraction of bisphenol a in aqueous samples. *Talanta*, 89, 189-194 .

Hasan, Z., Jeon, J., Jhung, S.H. (2012). Adsorptive removal of naproxen and clofibrac acid from water using metal-organic frameWorks. *Journal of Hazardous Materials*, 209-210, 151-157.

Ince, M., Kaplan Ince, O. (2017). Box-Behnken design approach for optimizing removal of opper from wastewater using a novel and green adsorbent, *Atomic Spectroscopy*, 38(6). 200-207.

Joss, A., Zabczynski, S., Gobel, A., Hoffmann, B., Löffler, D., Mcardell, C.S., Ternes, T.A., Thomsen, A., Siegrist, H. (2006). Biological degradation of pharmaceuticals in municipal wastewater treatment: proposing a classification scheme. *Water Research*, 40(8), 1686-1696.

LIAO, H., QI, R., SHEN, M., CAO, X., GUO, R., ZHANG, Y., SHI, X. (2011). Improved cellular response on multi walled carbon nano tube-incorporated electro spun polyvinyl alcohol/chitosan nano fibrous scaffolds. *Colloids Surf. B: Biointerfaces*, 84(2), 528-535.

Ngah, W.S.W., Teong, L.C., Hanafiah, M.A. (2011). Adsorption of dyes and heavy metal ions by chitosan composites: a review. *Carbohydrate Polymers*, 83(4), 1446-1456.

Nguyen, N.T., Liu, J.H. (2014). A green method for in situ synthesis of poly(vinyl alcohol)/chitosan hydrogel thin films with entrapped silver nano particles. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 45(5), 2827-2833.

Pandele, A.M., Ionia M., Crica, L., Dinescu, S., Costache, M., Iovu, H. (2014). Synthesis, characterization, and in-vitro studies of graphene oxide/chitosan-polyvinyl alcohol films. *Carbohydrate Polymers*, 102, 813-820 .

Quire, M., Khamis, M., Malek, F., Nir, S., Abbadi, B., Scranio, L. (2013). Stability and removal of naproxen and its metabolite by advanced membrane wastewater treatment plant and micelle- clay complex. *Clean- Soil Air Water*, 42(5), 594-600.

Roberts, G.A.F. (1992). *Chitin chemistry*, Hong Kong: the Macmillan Press Ltd.

Saloglu, D., Ozcan, N. (2018). Activated carbon embedded chitosan/polyvinyl alcohol biocomposites for adsorption of nonsteroidal anti-inflammatory drug - naproxen from wastewater. *Desalination Water Treatment*, 107, 1-13.

- Bilgin Simsek, E., Saloglu, D., Ozcan, N., Novak, I., Berek, D. (2017). Carbon fiber embedded chitosan/pva composites for decontamination of endocrine disruptor bisphenol-a from water. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 70, 291–301.
- Subedi, B., Du, B., Chambliss, C.K., Koschorreck, J., Rudel H., Quack, M., Brooks, B.W., Usenko, S. (2012). Occurrence of pharmaceuticals and personal care products in German fish tissue: A national study. *Environmental Science and Technology*, 46(16), 9047–9054.
- Ternes, T.A. (1998). Occurrence of drugs in German sewage treatment plants and rivers. *Water Research*, 32(11), 3245–3260.
- Xu, J., Wang, L., Zhu, Y. (2012). Decontamination of bisphenol a from aqueous solution by graphene adsorption. *Langmuir*, 28(22), 8418–8425.
- Yudin, V.E., Dobrovolskaya, I.P., Neelova, I.M., Dresvyanina, E.N., Popryadukhin P.V., Ivan'kova, E.M. (2014). Wet spinning of fibers made of chitosan and chitin nanofibrils. *Carbohydrate Polymers*, 108, 176–182.



Anticorrosive Performance of Bacterial Eumelanin Polymer as a Novel Corrosion Inhibitor Doped into Hybrid Sol-Gel Matrix

Sinan Bayram^{1*}, Mohd Hazwan Hussin², Tuan Sherwyn Hamidon³, Mustafa Özdemir⁴

^{1*} Bayburt University, Vocational School of Health Services, Department of Medical Services and Techniques, Bayburt, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2156-1566), sbayram@bayburt.edu.tr

² University Sains Malaysia, School of Chemical Sciences, Materials Technology Research Group (MaTRec), Penang, Malaysia, (ORCID: 0000-0001-8204-3685), mhh@usm.my

³ University Sains Malaysia, School of Chemical Sciences, Materials Technology Research Group (MaTRec), Penang, Malaysia, (ORCID: 0000-0003-0154-5427), tuansherwyn.hamidon@gmail.com

⁴ Atatürk University, Faculty of Sciences, Department of Biology, Erzurum, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9448-7582), oezdemirmustafa@yahoo.com

(First received 27 December 2021 and in final form 21 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1047553)

ATIF/REFERENCE: Bayram, S., Hussin, M.H., Hamidon, T.S. & Özdemir, M. (2022). Anticorrosive performance of bacterial eumelanin polymer as a novel corrosion inhibitor doped into hybrid sol-gel matrix. *European Journal of Science and Technology*, (35), 9-16.

Abstract

Melanins are a group of organic polymer that widely distributed in nature from microorganisms to human. These ubiquitous pigments have many different properties such as antioxidant, antimicrobial, antivenin, anti-inflammatory, radioprotective, photoprotective etc. In this present study, it was aimed to determine the anticorrosion performance of eumelanin polymer purified from *Streptomyces parvus* BSB49 strain. For this purpose, hybrid sol-gel matrix was synthesized using tetraethyl orthosilicate and 3-aminopropyltriethoxysilane in order to incorporate eumelanin as a doping agent. In this process, mild steel plates with a composition of Si \leq 0.16%, Mn \leq 0.15%, Mg \leq 0.03%, Al \leq 0.06%, P \leq 0.01%, Na \leq 0.02%, and Ca \leq 0.01% were employed as the substrate to apply the coatings. A three-electrode cell setup loaded with 0.5 M HCl corrosion medium was used to investigate the corrosion behaviour of the coated samples. The corrosion rate reduced with the increase in doping concentration of eumelanin. Thus, the obtained results through electrochemical impedance spectroscopy and potentiodynamic polarization measurements revealed that the eumelanin pigment produced using *Streptomyces parvus* BSB49 strain has anticorrosive properties.

Keywords: Eumelanin, Biosynthesis, Anticorrosion, Impedance, Polarization.

Hibrit Sol-Jel Matrisine Katkılı Yeni Bir Korozyon İnhibitörü Olarak Bakteriyel Eumelanin Polimerinin Antikorozyon Performansı

Öz

Melaninler, doğada mikroorganizmalardan insanlara kadar çok çeşitli canlı gruplarında yaygın olarak dağılmış bir organik polimer grubudur. Neredeyse tüm canlı gruplarında bulunan bu pigmentler, antioksidan, antimikrobiyal, antivenin, antiinflamatuvar, radyoprotektif, fotokoruyucu vb. birçok farklı özelliğe sahiptir. Bu çalışmada, *Streptomyces parvus* BSB49 suşundan saflaştırılan eumelanin polimerinin korozyon önleyici performansının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, eumelanini bir doping ajanı olarak dahil etmek için tetraetil ortosilikat ve 3-aminopropiltrioksilan kullanılarak hibrit sol-jel matrisi sentezlenmiştir. Bu işlemde Si \leq %0,16, Mn \leq %0,15, Mg \leq %0,03, Al \leq %0,06, P \leq %0,01, Na \leq %0,02 ve Ca \leq %0,01 bileşimine sahip yumuşak kaplamaları uygulamak

* Corresponding Author: sbayram@bayburt.edu.tr

için çelik levhalar kullanılmıştır. Substrat kaplanmış numunelerin korozyon davranışını araştırmak için 0,5 M HCl korozyon ortamı ile yüklenen üç elektrotlu bir hücre düzeni kullanılmıştır. Ömelaninin doping konsantrasyonundaki artışla korozyon hızı azalmıştır. Böylece elektrokimyasal empedans spektroskopisi ve potansiyodinamik polarizasyon ölçümleri ile elde edilen sonuçlar, *Streptomyces parvus* BSB49 suşu kullanılarak üretilen eumelanin pigmentinin antikorozyf özelliklere sahip olduğunu ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Eumelanin, Biyosentez, Antikorozyon, Empedans, Polarizasyon.

1. Introduction

Melanins are a group of organic polymers that composed of phenolic and/or indolic compounds. These natural pigments are characteristically hydrophobic, negatively charged and high molecular weight. Melanins are divided into five different groups as eumelanin, pheomelanin, neuromelanin, allomelanin and pyomelanin [1, 2]. The most common groups of melanins in humans are black - brownish eumelanin and yellow - reddish pheomelanin pigments and these pigment groups are the determining factors in hair, eyes, and skin color [3, 4]. L-tyrosine amino acid is used as the precursor molecule in the synthesis of eumelanin in humans. This amino acid is first converted to L-3,4-dihydroxyphenylalanine (L-dopa) by the enzyme tyrosinase. In the next step, the resulting L-dopa molecule is converted to the highly reactive dopaquinone molecule. This biotransformation series then continues as cyclodopa, dopachrome, and dihydroxyindoles. The resulting dihydroxyindoles molecules polymerize to form the eumelanin polymer [5, 8]. In the pheomelanin pigment synthesis, the initial stages are similar to the of eumelanin synthesis. However, during this process, 2-S-cysteinyl-dopa is obtained by cysteinylolation of the dopaquinone molecule, and in the next process, 2-S-cysteinyl-dopa molecules are transformed into benzothiazine intermediate molecules. Finally, benzothiazine intermediate polymerizes to form pheomelanin [9, 10].

A third type of melanin found in humans is neuromelanin. Similar to other melanin groups, neuromelanins are hydrophobic and insoluble in water and it is known that the amount of neuromelanin in the substantia nigra in the human brain increases with age. In addition, it is considered that, thanks to its heavy metal chelating feature, it binds heavy metals reaching the central nervous system and thus indirectly assumes a preventive role against cytotoxic and genotoxic damage. However, contrary to this information, it is also stated that neuromelanin pigment accumulating in the substantia nigra with aging causes neurodegeneration and Parkinson's disease [11, 12].

Another group of melanin is allomelanin. Allomelanins are a nitrogen-free and highly complex structured member of the melanin family. It is stated that this pigment is generally produced by fungi by polymerization of different molecules such as dihydrofolate, homogentisic acid and catechols [13, 14]. The last member of the melanin family is pyomelanin, and this pigment is formed as a result of a series of enzymatic reactions after the breakdown of tyrosine or phenylalanine amino acids. In the process of synthesis of pyomelanin pigment by microorganisms, these amino acids are first broken down to acetoacetate and fumarate. 4-hydroxyphenylpyruvic acid dioxygenase (4-HPPD) and homogentisic acid oxidase (HGA-oxidase) enzymes are responsible for these degradation processes. In this process, in case of overproduction of homogentisic acid, accumulated homogentisic acid molecules outside the cell form pyomelanin polymers by autopolymerization [15-17].

Melanin pigments have many different bioactive properties. Thanks to their antioxidant, radioprotective and photoprotective

properties, melanins protect hereditary materials in living things against mutation and thus provide an advantage against adverse environmental conditions [18, 19]. The antimicrobial [20, 21], antiviral [22], antivenin [23], anti-inflammatory [24], liver protective [25], immunomodulatory [26], antiproliferative [27], thermoregulative [28] and chemoprotective effects [29] of these heterogeneous copolymer pigments are also given in the literature.

Due to these unique properties, melanins have the potential to be used in many industrial areas such as medicine, pharmacology, textile and packaging industry [13, 30-33]. In addition to these usage areas, melanins are an ideal natural product for the cosmetics industry and for the production of sunscreens, thanks to their ability to absorb UV rays and X-rays to a large extent. Lastly, due to being an organic semiconductor, melanin polymers will undoubtedly be one of the most important raw materials in the production of organic electronic materials in the future [34].

There are virtually little or no reports in literature on the utilization of eumelanin as a corrosion inhibitor for the corrosion protection of mild steel. In this study, it was aimed to determine the anticorrosive performance of eumelanin pigment produced by *Streptomyces parvus* BSB49 strain as a potent corrosion inhibitor through the doping into hybrid sol-gel matrix. Electrochemical impedance and potentiodynamic polarization measurements were employed to investigate the anticorrosion behaviour of eumelanin pigment.

2. Material and Method

2.1. Isolation of *Streptomyces* Strains and Determination of Melanin Pigment Production Properties

For the isolation of *Streptomyces* strains, soil samples taken from the rhizosphere were transferred to sterile 50 mL Falcon tubes and brought to the laboratory. Soil samples, which were left to dry for 48 hours at room temperature, were mixed with CaCO₃ (at a rate of 10:1 w/w) and kept in a humid atmosphere at 37°C for one week. After these pre-treatments, the soil samples were diluted with physiological saline. And then, 1 mL of the prepared dilutions was taken and transferred to ISP2 and ISP4 media [35]. At the end of these procedures, these diluted samples spread on the surface of the ISP4 medium with a drigalski loop. These prepared petri dishes were incubated at 25°C for two weeks. Different colonies observed on the 2nd, 4th, 7th and 14th days of the incubation period were transferred to petri dishes for isolation. These isolated *Streptomyces* strains were inoculated to a 1 cm² area in a petri dish and incubated at 36°C for 72 hours. Microorganisms that formed a dark black zone around the colony were considered positive in terms of melanin pigment production [27, 36].

2.2. Bioproduction and purification of eumelanin polymer

Eumelanin polymer biosynthesis was carried out as described by Bayram et al. (2020). Nutrient broth (NB, Merck, Germany) was used for the production of melanin pigment. For this purpose, 150 mL volume of NB in 250 mL flasks were sterilized in autoclave (Hirayama HV-50, Japan) at 121 °C for 15 min. After the sterilized NB was allowed to cool at room temperature, *Streptomyces parvus* BSB49 strain was inoculated. After the inoculation process, the samples were incubated for one week in an orbital shaker (Heidolph Unimax 1010, Schwabach, Germany) set at 35 °C and 200 rpm. At the end of the one-week incubation period, the dark black colored media were transferred to 50 mL Falcon tubes and centrifuged (Beckman Coulter Allegra X-30R, Brea, California, USA) at 10,000 rpm for 10 min. With these first centrifugation processes, the bacterial biomass was largely separated from the medium and the same processes were repeated three times in order to avoid residue. Bacterial biomass-free supernatant samples were adjusted to pH 2 using 6 M HCL (Merck, Germany) and allowed to polymerize at room temperature for 24 h. At the end of the 24 h polymerization period, the samples were centrifuged again at 10,000 rpm for 10 min. After centrifugation, the supernatant was carefully poured and the remaining melanin pellets at the bottom of the Falcon tubes were left to dry at 55 °C for 24 h [27, 36].

2.3. Synthesis of hybrid sol-gel matrix

Hybrid sol-gel coatings engaging APTES and TEOS alkoxy silane precursors were prepared according to the method adopted by Wu and co-workers (2017) with modifications [37]. Analytical grade ethanol functioned as the solvent to obtain a homogenized solution of alkoxy silane precursors. Diluted silane precursors and ethanol were mixed in a ratio of 3:2 (v/v), respectively. Upon combining the silane precursors and ethanol, the mixture was incorporated with 100 ppm and 1000 ppm concentrations of eumelanin. The pH of the solution was held at 3.0 to improve the rate of hydrolysis and condensation reactions. Next, the silanol matrix was constantly stirred at 30 ± 1 °C for 24 h to yield a translucent solution. Afterwards, the sol-gel formulation was subjected to aging process, which improves the coating properties [38].

2.4. Application of coatings

Mild steel plates with a composition of Si \leq 0.16%, Mn \leq 0.15%, Mg \leq 0.03%, Al \leq 0.06%, P \leq 0.01%, Na \leq 0.02%, and Ca \leq 0.01% was employed as the substrate to apply the coatings. Before the coating assembly, the plates were abraded with different grades of SiC papers (200, 400, 600 and 1000-grit). Specimens were degreased with acetone to eliminate surface residues. Dip-coating technique was applied to coat the sol-gel matrix on mild steel surface by dipping upright for 12 h to permit a homogeneous coating. After withdrawing the coated samples, the samples were dried in the air and subsequently in an oven at 105 °C for 15 min to warrant a thorough coating assembly. The average layer thickness of the assembled coatings averaged 3-5 μ m.

2.5. Analysis of corrosion performance

A three-electrode cell setup loaded with 0.5 M HCl corrosion medium was used to investigate the corrosion behaviour of the coated samples. Corrosion performance was examined by a Gamry Instruments Reference 600 Potentiostat/Galvanostat. Initially, the open circuit potential stabilization was accomplished

for 10 min to attain a steady-state potential. The cell setup was maintained at 30 °C throughout the corrosion study. Corrosion parameters were obtained by Gamry Echem Analyst software. Each experiment was triplicated to attain data with high accuracy and reproducibility.

2.6. Potentiodynamic polarization (PD) analysis

After each coated metal substrate has achieved a steady-state, a potential limit of ± 0.25 V vs. E_{ocp} was applied at a scan rate of 0.5 mV s^{-1} . Corrosion inhibition efficiencies (IE%) were determined based on Eq. (1) [39].

$$IE\% = \left(\frac{i_{corr} - i_{corr'}}{i_{corr}} \right) \times 100 \quad (1)$$

where i_{corr} and i_{corr}' refer to corrosion current densities (in mA cm^{-2}) with and without an inhibitor, respectively.

2.7. Electrochemical impedance spectroscopy (EIS) analysis

EIS analysis was conducted at a frequency range of 10^4 Hz to 10^{-1} Hz under AC excitation of a sinusoidal wave of 10 mV amplitude. The impedance data were acquired in the form of Nyquist plots. IE% values were determined with the use of R_{ct} values according to Eq. (2) [40].

$$IE\% = \left(1 - \frac{R_{ct}}{R_{ct}'} \right) \times 100 \quad (2)$$

where R_{ct} and R_{ct}' represent charge transfer resistance (in $\Omega \text{ cm}^2$) with and without an inhibitor, respectively.

3. Results and Discussion

3.1. PD analysis

Potentiodynamic polarization measurement reveals the electrochemical kinetics of the corrosion process. Fig. 1 represents the Tafel diagrams obtained during the PD study. Corrosion potential data were determined through the intersection of cathodic and anodic branches of the polarization curves using Tafel extrapolation method. In addition, table 1 outlines the polarization parameters of the bare mild steel and coated metal substrates.

In the present study, it was observed that E_{corr} values showed 33-37 mV increment for the eumelanin-doped sol-gel coated substrates over the bare mild steel. The shifting of E_{corr} of coated specimens to more positive values suggest improved corrosion resistance due to the inhibition of metal dissolution, i.e., the anodic reaction [41]. The corrosion rate (CR) of each electrode was determined based on Eq. (3) [42]. Hence, 1000 ppm eumelanin doped sol-gel coating recorded the lowest CR with 80.62% of inhibition efficiency.

$$\text{Corrosion rate (mpy)} = \frac{k \times i_{corr} \times M_{ew}}{\rho \times SA} \quad (3)$$

where i_{corr} expresses the current density in $\mu\text{A cm}^{-2}$, k represents a constant defining the units of the corrosion rate (0.1288 for m/yr), M_{ew} is the equivalent weight (g/equivalent), SA indicates the exposed surface area of mild steel in cm^2 and ρ indicates the

density of the metal in g cm^{-3} the incorporation of different concentrations of eumelanin at 30 °C.

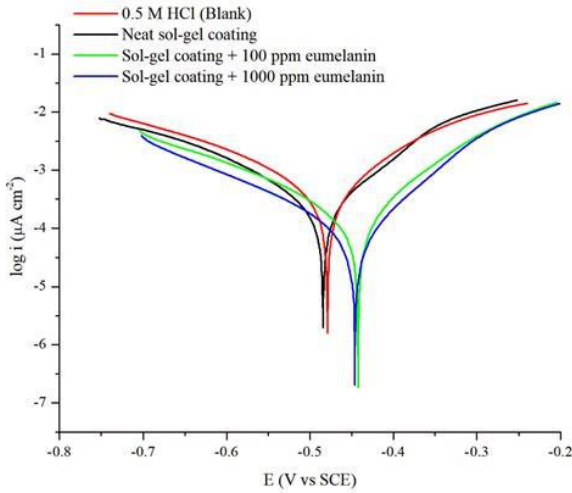


Figure 1. Tafel curves of coated mild steel specimens in 0.5 M HCl solution without and with the incorporation of different concentrations of eumelanin at 30 °C.

3.2. EIS analysis

The electrochemical impedance spectroscopy analysis was carried out to assess the impact of eumelanin on the corrosion behaviour of hybrid sol-gel coated mild steel in 0.5 M HCl solution. Fig. 2 depicts the corresponding Nyquist plots obtained through the EIS experiments. The semi-circular shaped Nyquist diagrams acquired through EIS analysis denote the nature of the corrosion process on mild steel is charge transfer controlled.

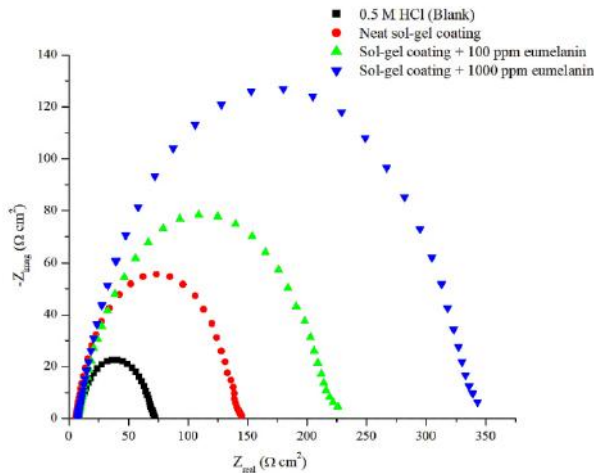


Figure 2. Nyquist plots of coated mild steel specimens in 0.5 M HCl solution without and with the incorporation of different concentrations of eumelanin at 30 °C.

The electrical equivalent circuit (Fig. 3b) adopted to fit the electrochemical impedance spectroscopy data follows previous studies for sol-gel coated Fe metal/HCl solution interface [43-46]. R_s is the solution resistance, R_{ct} represents the charge transfer resistance, whereas R_{coat} stands for the resistance of inhibitive coating. CPE_{dl} and CPE_{coat} symbolize the constant phase elements, where the deviation parameters for the CPE elements

are n and m , respectively. Table 2 represents the electrochemical impedance parameters established from the electrical equivalent circuits. The reducing trend of CPE_{dl} values implies to increased electrical double layer thickness and/or reduced local dielectric constant as a result of the formation of corrosion inhibitive film [47-48].

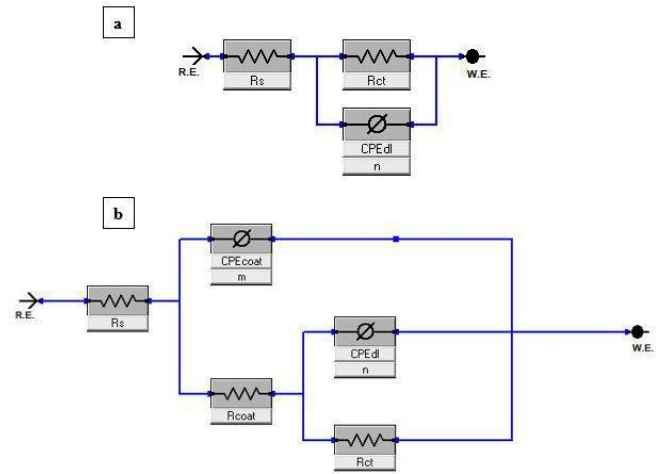


Figure 3. Electrical equivalent circuit for a) blank mild steel and b) coated mild steel in 0.5 M HCl in the absence and presence of different concentrations of eumelanin

Based on Fig. 1, bare mild steel substrate exposed to the electrolyte demonstrated the highest i_{corr} , which means the most susceptible to undergo corrosion. On the other hand, the application of neat APTES-TEOS hybrid sol-gel coating was able to retard the metal dissolution with 43.98% inhibition efficiency, acting as a physical hindrance between the metal and the corrosive electrolyte. Table 1 outlines the polarization parameters of the bare mild steel and coated metal substrates. In the presence of increasing eumelanin concentration, corrosion current density reduced significantly and the corrosion potential became nobler. Thus, the barrier effect improved in the presence of eumelanin to mitigate the contact of corrosive ions and the metal. Even with the application of coatings, corrosion phenomenon is inevitable due to the structural imperfections of the coatings, including cracks and pores [49, 50].

Electrochemical impedance spectroscopy analysis was performed to evaluate the corrosion behavior of hybrid sol-gel coated mild steel in 0.5 M HCl solution of eumelanin polymer. As can be visualized from Fig. 2, Nyquist plots were attained in the form of depressed semicircles (at high frequency region), attributing to inhomogeneity (interfacial irregularities) and surface roughness of the metal substrate [47, 48, 51]. With the incorporation of eumelanin into the synthesized APTES-TEOS hybrid sol-gel matrix, the diameter of the semicircle increased with increased doping concentration, signifying the corrosion protective ability of eumelanin.

Table 1. Potentiodynamic polarization parameters of coated mild steel specimens in 0.5 M HCl without and with the incorporation of different concentrations of eumelanin.

Sample	E_{corr} (V vs SCE)	j_{corr} ($\mu\text{A cm}^{-2}$)	β_a (V dec ⁻¹)	$-\beta_c$ (V dec ⁻¹)	Corrosion rate (mpy)	IE%
0.5 M HCl (Blank)	-0.479	364.2	0.1022	0.1442	166.0	-
Neat sol-gel coating	-0.484	204.0	0.0717	0.1237	92.8	43.98
Sol-gel coating + 100 ppm eumelanin	-0.442	127.5	0.0794	0.1722	58.4	64.99
Sol-gel coating + 1000 ppm eumelanin	-0.446	70.6	0.0890	0.1233	32.3	80.62

Table 2. Electrochemical impedance parameters of coated mild steel specimens in 0.5 M HCl without and with the incorporation of different concentrations of eumelanin.

Sample	R_s ($\Omega \text{ cm}^2$)	R_{coat} ($\Omega \text{ cm}^2$)	CPE_{coat} ($\mu\text{F cm}^2$)	m	R_{ct} ($\Omega \text{ cm}^2$)	CPE_{dl} ($\mu\text{F cm}^2$)	n	IE%
0.5 M HCl (Blank)	7.66	-	-	-	63.53	850.8	0.7949	-
Neat sol-gel coating	6.02	24.78	179.6	0.8745	115.49	631.6	0.9034	44.99
Sol-gel coating + 100 ppm eumelanin	7.92	40.94	460.3	0.8625	194.48	455.2	0.7944	67.33
Sol-gel coating + 1000 ppm eumelanin	7.51	59.85	342.2	0.8759	336.22	251.2	0.8149	81.10

EIS study revealed that in the presence of 1000 ppm eumelanin, which rendered the largest semi-circular plot (i.e., highest coating resistance), the inhibition efficiency of the coating reached up to 81.10%, affirming the potential of eumelanin as an effective corrosion inhibitor. Thus, Nyquist diagrams exemplify that the fabricated coatings with the doping of eumelanin have effective adhesion and inhibitive properties with mild steel surface, implying reduced infiltration of the corrosive ions to mild steel surface. The diameter of Nyquist plots achieved for the bare mild steel and hybrid sol-gel coated mild steel in 0.5 M HCl embodies the capacitive loops associated with the charge transfer that is linked with the corrosion process [48, 52]. Coated samples in the presence of eumelanin obtained the least χ^2 (chi-squared) values in the range of 10^{-3} .

4. Conclusions and Recommendations

In conclusion, this work explored the prospect of using eumelanin pigment as an effective corrosion inhibitor over conventional organic materials. In this study, eumelanin polymer was produced using *Streptomyces parvus* BSB49 strain and the anticorrosive performance of this polymer was investigated. For this purpose, hybrid sol-gel matrix was synthesized using tetraethyl orthosilicate and 3-aminopropyltriethoxysilane. Based on the obtained results, it was affirmed that the eumelanin polymeric pigment has anticorrosion properties, where the incorporation into fabricated silanol coatings offered significant corrosion mitigation over the neat coating.

5. Acknowledge

Ethics Committee Approval:

This study does not contain any studies with human participants or animals.

Author Contributions:

This study was designed by SB and MHH. MÖ were responsible for eumelanin biopolymer production and purification with SB. MHH and TSH were responsible for synthesis of hybrid sol-gel matrix, application of coatings, analysis of corrosion performance, potentiodynamic polarization analysis and electrochemical impedance spectroscopy analysis. SB and MHH were responsible for the writing of the manuscript, final editing and submission.

Conflict of Interest:

The authors declare that they have no conflict interests.

References

- [1] Banerjee A., Supakar S., Banerjee R. Melanin from the nitrogen fixing bacterium *Azotobacter chroococcum*: a spectroscopic characterization. PLoS One. 2014;9(1):e84574. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0084574>
- [2] Ryu I.Y., Choi I., Ullah S., Choi H., Chun P., Moon H.R. Tyrosinase Inhibitory Effects of Derivatives of (E)-2-(Substituted Benzylidene)-3, 4-Dihydronaphthalen-1 (2 H)-One. Bulletin of the Korean Chemical Society. 2020;41(12):1134-1139. <https://doi.org/10.1002/bkcs.12122>

- [3] Dwyer T., Muller H.K., Blizzard L., Ashbolt R., Phillips G. The use of spectrophotometry to estimate melanin density in Caucasians. Cancer Epidemiology and Prevention Biomarkers. 1998;7(3):203-206.
- [4] d'Ischia M., Wakamatsu K., Cicoira F., Di Mauro E., Garcia-Borron J.C., Commo S., Ito, S. Melanins and melanogenesis: from pigment cells to human health and technological applications. Pigment cell & melanoma research. 2015;28(5):520-544.
- [5] Riley P.A. Melanin. International Journal of Biochemistry & Cell Biology. 1997;29:1235-1239
- [6] Land E.J., Ramsden C.A., Riley P.A. Quinone chemistry and melanogenesis. Methods in Enzymology. 2004;378:88-109
- [7] Eisenman H.C., Casadevall A. Synthesis and assembly of fungal melanin. Applied Microbiology and Biotechnology. 2012;93(3):931-940.
- [8] Langfelder K., Streibel M., Jahn B., Haase G., Brakhage A.A. Biosynthesis of fungal melanins and their importance for human pathogenic fungi. Fungal Genetics and Biology. 2003;38:143-158
- [9] Prota G. Recent advances in the chemistry of melanogenesis in mammals. Journal of Investigative Dermatology. 1980;75(1):122-127.
- [10] Ito S. A chemist's view of melanogenesis. Pigment cell research. 2003;16(3):230-236.
- [11] Fedorow H., Tribl F., Halliday G., Gerlach M., Riederer P., Double K.L. Neuromelanin in human dopamine neurons: comparison with peripheral melanins and relevance to Parkinson's disease. Progress in Neurobiology. 2005;75(2):109-124. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2005.02.001>
- [12] Zucca F.A., Segura-Aguilar J., Ferrari E., Muñoz P., Paris I., Sulzer D., Zecca L. Interactions of iron, dopamine and neuromelanin pathways in brain aging and Parkinson's disease. Progress in Neurobiology. 2017;155:96-119. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2015.09.012>
- [13] Płonka P., Grabacka M. Melanin synthesis in microorganisms: biotechnological and medical aspects. Acta Biochimica Polonica. 2006;53(3):429-443
- [14] McCallum N.C., Son F.A., Clemons T.D., Weigand S.J., Gnanasekaran K., Battistella C., Gianneschi N.C. Allomelanin: A biopolymer of intrinsic microporosity. Journal of the American Chemical Society. 2021;143(10):4005-4016. <https://doi.org/10.1021/jacs.1c00748>
- [15] Ruzafa C., Solano F., Sanchez-Amat A. The protein encoded by the *Shewanella colwelliana* melaA gene is a p-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. FEMS microbiology letters. 1994;124(2):179-184.
- [16] Turick C.E., Knox A.S., Becnel J.M., Ekechukwu A.A., Milliken C.E. Properties and function of pyomelanin. Biopolymers. 2010;449:72
- [17] Bayram S. Production, purification, and characterization of *Streptomyces* sp. Strain MPPS2 extracellular pyomelanin pigment. Archives of Microbiology. 2021;203:4419-4426 <https://doi.org/10.1007/s00203-021-02437-w>
- [18] Solano F. Melanin and melanin-related polymers as materials with biomedical and biotechnological applications—cuttlefish ink and mussel foot proteins as inspired biomolecules. International journal of molecular sciences. 2017;18(7):1561.
- [19] Venil C.K., Zakaria Z.A., Ahmad W.A. Bacterial pigments and their applications. Process Biochemistry.

- 2013;48(7):1065–1079. <https://doi.org/10.1016/j.procbio.2013.06.006>
- [20] Zerrad A., Anissi J., Ghanam J., Sendide K., El Hassouni M. Antioxidant and antimicrobial activities of melanin produced by a *Pseudomonas balearica* strain. *Journal of Biotechnology Letters*. 2014;5(1):87-94.
- [21] Łopusiewicz Ł. The isolation, purification and analysis of the melanin pigment extracted from *Armillaria mellea* rhizomorphs. *World Scientific News*. 2018;100:135-153.
- [22] Teplyakova T., Kosogova T. Fungal bioactive compounds with antiviral effect. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*. 2015;3(8):357.
- [23] Hung Y.C., Sava V., Hong M.Y., Huang G. S. Inhibitory effects on phospholipase A2 and antivenin activity of melanin extracted from *Thea sinensis* Linn. *Life sciences*. 2004;74(16):2037-2047.
- [24] Page S., Chandhoke V., Baranova A. Melanin and melanogenesis in adipose tissue: possible mechanisms for abating oxidative stress and inflammation?. *Obesity reviews*. 2011;12(5):e21-e31.
- [25] Sava V., Hung Y., Blagodarsky V., Hong M.Y., Huang, G. The liverprotecting activity of melanin-like pigment derived from black tea. *Food Research International*. 2003;36(5):505–511. [https://doi.org/10.1016/S0963-9969\(02\)00199-0](https://doi.org/10.1016/S0963-9969(02)00199-0)
- [26] Sava V.M., Galkin B.N., Hong M.Y., Yang P.C., Huang G.S. A novel melanin-like pigment derived from black tea leaves with immunestimulating activity. *Food Research International*. 2001;34:337–43.
- [27] Bayram S., Dengiz C., Gerçek Y.C., Cetin I., Topcul M.R. Bioproduction, structure elucidation and in vitro antiproliferative effect of eumelanin pigment from *Streptomyces parvus* BSB49. *Archives of Microbiology*. 2020;202(9):2401-2409. <https://doi.org/10.1007/s00203-020-01956-2>
- [28] Margalida A., Negro J.J., Galván I. Melanin-based color variation in the bearded vulture suggests a thermoregulatory function. *Comparative Biochemistry and Physiology Part A: Molecular & Integrative Physiology*. 2008;149(1):87-91.
- [29] Tarangini K., Mishra S. Production of melanin by soil microbial isolate on fruit waste extract: two step optimization of key parameters. *Biotechnology Reports*, 2014;4:39-146.
- [30] Fan Q., Cheng K., Hu X., Ma X., Zhang R., Yang M., Cheng Z. Transferring biomarker into molecular probe: melanin nanoparticle as a naturally active platform for multimodality imaging. *Journal of the American Chemical Society*. 2014;136(43):15185-15194.
- [31] Gogurla N., Roy B., Min K., Park J.Y., Kim S. A Skin-Inspired, Interactive, and Flexible Optoelectronic Device with Hydrated Melanin Nanoparticles in a Protein Hydrogel–Elastomer Hybrid. *Advanced Materials Technologies*, 2020;5(4):1900936.
- [32] Schweitzer A.D., Revskaya E., Chu P., Pazo V., Friedman M., Nosanchuk J.D., Dadachova E. Melanin-covered nanoparticles for protection of bone marrow during radiation therapy of cancer. *International Journal of Radiation Oncology* Biology* Physics*. 2010;78(5):1494-1502.
- [33] Araújo M., Viveiros R., Correia T.R., Correia I.J., Bonifácio V.D., Casimiro T., Aguiar-Ricardo A. Natural melanin: A potential pH-responsive drug release device. *International journal of pharmaceutics*. 2014;469(1):140-145.
- [34] Di Mauro E., Rho D., Santato C. Biodegradation of bio-sourced and synthetic organic electronic materials towards green organic electronics. *Nature communications*. 2021;12:1-10. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-23227-4>
- [35] Şahin N., Uğur A. Investigation of the antimicrobial activity of some *Streptomyces* isolates. *Turkish Journal of Biology*. 2003;27(2):79-84.
- [36] El-Naggar N.A., El-Ewasy S.M. Bioproduction, characterization, anticancer and antioxidant activities of extracellular melanin pigment produced by newly isolated microbial cell factories *Streptomyces glaucescens* NEAE-H. *Scientific Reports* 2017;7:42129. <https://doi.org/10.1038/srep42129>
- [37] Wu Y., Du Z., Wang H., Cheng X. Synthesis of aqueous highly branched silica sol as underlying crosslinker for corrosion protection. *Progress in Organic Coatings*. 2017;111:381-388.
- [38] Hamidon T.S., Ishak, N.A., Hussin, M.H. Enhanced corrosion inhibition of low carbon steel in aqueous sodium chloride employing sol–gel-based hybrid silanol coatings. *Journal of Sol-Gel Science and Technology*. 2021;97(3):556-571.
- [39] Fayomi O.S.I., Akande I.G., Popoola A.P.I., Molifi H. Potentiodynamic polarization studies of Cefadroxil and Dicloxacillin drugs on the corrosion susceptibility of aluminium AA6063 in 0.5 M nitric acid. *Journal of Materials Research and Technology*, 2019;8(3):3088-3096.
- [40] Tasić Ž.Z., Mihajlović M.B.P., Radovanović M.B., Antonijević M.M. Electrochemical investigations of copper corrosion inhibition by azithromycin in 0.9% NaCl. *Journal of Molecular Liquids*. 2018;265:687-692.
- [41] Kirtay S. Preparation of hybrid silica sol–gel coatings on mild steel surfaces and evaluation of their corrosion resistance. *Progress in Organic Coatings*. 2014;77(11):1861-1866.
- [42] Sharma P., Pandey P M. Corrosion rate modelling of biodegradable porous iron scaffold considering the effect of porosity and pore morphology. *Materials Science and Engineering: C*. 2019;103:109776.
- [43] Ishak N.A., Hamidon T.S., Zi-Hui T., Hussin M.H. Extracts of curcumin-incorporated hybrid sol–gel coatings for the corrosion mitigation of mild steel in 0.5 M HCl. *Journal of Coatings Technology and Research*, 2020;17(6):1515-1535.
- [44] Ali S.M., Emran K.M., Messali M. Improved protection performance of modified sol-gel coatings with pyridinium-based ionic liquid for cast iron corrosion in 0.5 M HCl solution. *Progress in Organic Coatings*. 2019;130:226-234.
- [45] Ćurković L., Ćurković H.O., Salopek S., Renjo M.M., Šegota S. Enhancement of corrosion protection of AISI 304 stainless steel by nanostructured sol–gel TiO₂ films. *Corrosion Science*. 2013;77:176-184.
- [46] Ateş S., Baran-Aydın E., Yazıcı B. The corrosion behavior of the SnO₂-coated mild steel in HCl solution at different temperature. *Journal of Adhesion Science and Technology*. 2021;35(4):419-435.
- [47] Hamidon T.S., Hussin M.H. Susceptibility of hybrid sol-gel (TEOS-APTES) doped with caffeine as potent corrosion protective coatings for mild steel in 3.5 wt.% NaCl. *Progress in Organic Coatings*. 2020;140:105478.
- [48] Prasad A.R., Shamsheera K.O., Joseph A. Electrochemical and surface characterization of mild steel with corrosion resistant zirconia network fabricated by aqueous sol-gel technique. *Journal of the Indian Chemical Society*. 2021;98(4):100052.

- [49] Pourhashem S., Afshar A. Double layer bioglass-silica coatings on 316L stainless steel by sol-gel method. *Ceramics International*. 2014;40(1):993-1000.
- [50] John B., Paulraj S., Mathew J. The role of shielding gas on mechanical, metallurgical and corrosion properties of corten steel welded joints of Railway Coaches using GMAW. *Advances in Science and Technology. Research Journal*. 2016;10(32):156-168
- [51] Shaw P., Obot I.B., Yadav M. Functionalized 2-hydrazinobenzothiazole with carbohydrates as a corrosion inhibitor: electrochemical, XPS, DFT and Monte Carlo simulation studies. *Materials Chemistry Frontiers*. 2019;3(5):931-940.
- [52] Abd El-Lateef H.M., Khalaf M.M. Corrosion resistance of ZrO₂-TiO₂ nanocomposite multilayer thin films coated on carbon steel in hydrochloric acid solution. *Materials Characterization*. 2015;108:29-41.



Çok Değişkenli Kalibrasyon Teknikleri Kullanılarak Demir, Kobalt ve Nikelin Birlikte Spektrofotometrik Tayini*

Ceren Talyak Bağdu^{1†}, Rukiye Saygılı Canlıdınç², Adnan Kenar¹, Mustafa Taştekin¹

¹ Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-8043-6706, ORCID: 0000-0002-2865-7966, ORCID: 0000-0003-3555-0283), ctbagdu@ankara.edu.tr, kenar@science.ankara.edu.tr, tastekin@science.ankara.edu.tr

² Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Kimya Bölümü, Kütahya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3942-3196), rukiye.saygili@dpu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 3 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 11 Şubat 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1018639)

ATIF/REFERENCE: Talyak Bağdu, C., Saygılı Canlıdınç, R., Kenar, A. & Taştekin, M. (2022). Çok Değişkenli Kalibrasyon Teknikleri Kullanılarak Demir, Kobalt ve Nikelin Birlikte Spektrofotometrik Tayini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 17-24.

Öz

Bu çalışmada, çok değişkenli kalibrasyon teknikleri kullanılarak demir kobalt ve nikel tayininde, spektrofotometrik olarak elde edilen veriler kemometrik yöntemler ile hesaplanmıştır. 5-seviyeli tasarıma göre Fe(III), Co(II), Ni(II) metalleri ile 0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 mg/L seviyelerinde kalibrasyon çözeltileri (training set) hazırlanmıştır. Metal katyonlarının kompleksleştirilmesinde ligand olarak [4-(2-Piridilazo) rezorsinol] (PAR) reaktifi kullanılmıştır. pH, sıcaklık, kompleksleşme süresi, kompleks stokiometri, alt tayin sınırı ve yabancı türlerin bozucu etkileri gibi deneysel parametreler araştırılmış ve optimum koşullar belirlenmiştir. Absorpsiyon spektrumları, Ultraviyole-Görünür bölge (UV-GB) spektrofotometresi ile alınmış ve sonuçlar klasik en küçük kareler (CLS), temel bileşen regresyonu (PCR) ve kısmi en küçük kareler (PLS1) teknikleri ile hesaplanmıştır. Bu tekniklerden PRESS (prediction error sum of squares) değerleri hesaplanarak en uygun yöntem olarak PCR yöntemi seçilmiştir. Cross validasyon (çapraz validasyon) işlemine göre kalibrasyon çözeltileri (training set) içerisindeki her bir çözelti numune kabul edilerek hesaplamalar yapılmış ve % geri kazanımlar Fe(III) için 97,16±2,98, Co(II) için 98,78±3,24 ve Ni(II) için 101,89±2,98 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca PCR yöntemiyle standart referans numune analizi yapılmış ve sonuçlar hesaplanmıştır; buna göre t değerleri Fe(III) için 1,08, Co(II) için 2,71 ve Ni(II) için 0,09 olarak bulunmuştur. Her üç tür için de hesaplanan t değerleri %95 güven seviyesinde t kritik değeri 2,84 den küçüktür. Buna göre geliştirilen yöntemle elde edilen değerler ile sertifika değerleri arasında anlamlı bir fark yoktur.

Anahtar Kelimeler: Çok Değişkenli Kalibrasyon, UV-Görünür Bölge Spektroskopisi, PAR, Demir, Kobalt, Nikel.

Simultaneously Spectrophotometric Determination of Iron, Cobalt and Nickel by Using Multivariate Calibration Techniques

Abstract

In this study, for the simultaneously determination of iron, cobalt and nickel, the data obtained spectrophotometrically using multivariate techniques were calculated by the chemometric methods. According to the 5-level design, calibration solutions (training set) were prepared at 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 mg/L levels for Fe(III), Co(II), Ni(II) ions. For the complexation of metal cations [4-(2-Pyridylazo) resorcinol] (PAR) reagent was used as ligand. Experimental parameters such as pH, temperature, complexation time, stoichiometry of the complex, limit of detection and effects of interfering species were investigated and optimum conditions were determined. Absorption spectra were obtained by Ultraviolet-Visible (UV-VIS) spectrophotometer and results were calculated by classical least squares (CLS), principal component regression (PCR) and partial least squares (PLS1) techniques. Among these techniques, PRESS (prediction error sum of squares) values were calculated and decided that the most suitable method was PCR. According to the cross validation process, each level in the calibration solutions (training set) was accepted as a sample and calculations were made. The % recoveries were found to be as 97.16±2.98, 98.78±3.24 and 101.89±2.98 for Fe(III), Co(II) and Ni(II), respectively. In addition, the standard reference sample analysis was performed by PCR method and the results were calculated; accordingly, t values were found as 1.08 for Fe(III); 2.71 for Co(II) and 0.09 for Ni(II). The t values calculated for all three species are less than the t critical value of 2.84 at the 95% confidence level. Accordingly, there is no significant difference between the values obtained with the developed method and the certificate values.

Keywords: Multivariate Calibration, UV-VIS Spectroscopy, PAR, Iron, Cobalt, Nickel.

* Bu çalışma tezden türetilmiştir.

† Sorumlu Yazar: ctbagdu@ankara.edu.tr

1. Giriş

Organizmaların yaşamsal fonksiyonlarındaki işlevleri açısından metaller önemli bir yere sahiptir. Günümüzde metallerin canlılar üzerindeki ve doğa döngüsündeki olumlu veya olumsuz her türlü etkisi incelenmektedir (Wang ve ark., 1997; Sun ve ark., 2020). Çevresel, jeolojik, biyolojik ve endüstriyel birçok örnekte demir, kobalt, nikel metalleri ile karşılaşmakta ve kimyasal yapıları açısından birbirlerine oldukça benzer özellik gösterebilmektedirler. Demir yer kabuğunda %5 oranla en çok bulunan metaller arasında olup, ayrıca besin maddeleri ve sularda bulunabilmektedir. Demir, kanda kırmızı kan hücreleri ile oksijenin taşınması ayrıca sitokrom gibi çeşitli enzimlerin yapı ve fonksiyonları için gereklidir (Gilardi ve ark., 2017).

Fazla miktarda alınan iki değerlikli demir vücutta peroksitlerle reaksiyona girerek serbest radikal oluşumuna neden olmakta ve bu bakımdan insanlar üzerinde toksik etki gösterebilmektedir. (Anonim, 2008). Nikel ve kobalt doğada genellikle birlikte bulunur. Denizlerdeki plankton popülasyonunun kontrolünü sağlarlar. Nikel pil, akü, mıknaş, madeni para, alaşımların eldesi, kaplama gibi birçok ürün ve endüstriyel işlemlerde kullanılmaktadır. Sığır, keçi ve koyun gibi geviş getiren hayvanların enfeksiyona karşı korunması için yemlerinde kobalt bulunmalıdır. Ayrıca insanlarda alyuvarların çoğalması için gerekli olan B12 vitamini içeriğinde kobalt bulunur (Okatan ve ark., 2010).

Bu katyonların seçici ve hassas olarak tayinini yapabilmek oldukça önemlidir. Elektrokimya, atomik absorpsiyon spektroskopisi (AAS), polarografi, UV-Görünür bölge spektroskopisi, florimetrik ve indüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektroskopisi (ICP-MS) gibi çeşitli yöntemler bu iyonların tayininde kullanılmaktadır (Kumlay ve ark., 2021; Biller ve ark., 2012; Meyer ve ark., 2012). Tekrarlanabilirlik, kolaylık ve uygulama alanının genişliği bakımından UV-Görünür bölge spektrofotometri yöntemi oldukça tercih edilmektedir. Buna karşın bu iyonların spektrumlarının üst üste çakışmakta ve klasik yöntemlerle tayin edilememektedir. Karışımlarda iyonların bir arada tayini bu nedenle önem kazanmaktadır. Son zamanlarda numunelerde bulunan analitlerin eşzamanlı tayininde çok değişkenli kalibrasyon teknikleri sık olarak kullanılmaya başlamıştır (Zhu ve ark., 2021; Pekcan Ertokuş ve ark., 2020; Garcia Rodriguez ve ark., 1998; Dinç ve ark., 2005; Bekiroğlu ve ark., 2020; Kaba ve ark., 2014). Kemometrik yöntemlerden en sık kullanılan çok değişkenli kalibrasyon teknikleri; klasik en küçük kareler (CLS), ters en küçük kareler (ILS), temel bileşen regresyonu (PCR) ve kısmi en küçük kareler (PLS) yöntemleridir (Dinç, 2007; Bro ve ark., 2014; Brereton, 2003). UV-Görünür bölge spektrofotometrisi analizinde çok değişkenli kalibrasyon tekniklerinin önemli rol oynamasının sebebi bu iyonların spektrumlarının üst üste çakışarak tek değişkenli analizin mümkün olmayışındır.

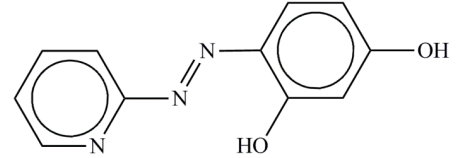
Bu çalışmada, demir, kobalt ve nikel iyonlarının 4-(2-pyridilazo) rezorsinol (PAR) ligandı ile renklendirilip, çok değişkenli kalibrasyon teknikleri kullanılarak, UV-Görünür bölge spektrofotometrisiyle bir arada tayini gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon için 5 seviyeli tasarım kullanılmış, buna göre 25 kalibrasyon çözeltisi PAR ile renklendirilip UV-Görünür bölge spektrumları alınmıştır. Bu spektrumlardan elde edilen matrislere klasik en küçük kareler (CLS), temel bileşen regresyonu (PCR) ve kısmi en küçük kareler (PLS1) teknikleri uygulanmıştır. Bu

tekniklerden PRESS (prediction error sum of squares) değerleri hesaplanarak en uygun yöntem olarak PCR yöntemi seçilmiştir. Çapraz validasyon (cross validasyon) ile sonuçlar hesaplanmış ayrıca standart referans numune analizi yapılarak sonuçlara t testi uygulanmıştır. pH, sıcaklık, kompleksleşme süresi, kompleks stokiyometrisi, alt tayin sınırı ve yabancı türlerin bozucu etkileri gibi deneysel parametreler araştırılmış ve optimum koşullar belirlenmiştir.

Kemometrik yöntemler zenginleştirme, ekstraksiyon gibi ön işlemler veya kromatografik ayırma gerektirmemesi sebebiyle hızlı, kolay ve ekonomiktir (Safavi ve ark., 2006).

2. Materyal ve Metot

Demir, kobalt ve nikel iyonları ile 4-(2-pyridilazo) rezorsinol (PAR)'ın (Şekil 1) sodyum tuzu arasında renkli kompleksler oluşturularak, bunların UV-Görünür bölge spektrofotometresi ile analizi yapılmıştır. Elde edilen spektrumlardan alınan verilerden matrisler oluşturularak bilgisayar ortamında çok değişkenli kalibrasyon teknikleri uygulanmıştır.



Şekil 1. 4-(2-pyridilazo) rezorsinol (PAR)

Figure 1. 4-(2-pyridylazo) resorcinol (PAR)

2.1. Kullanılan araç ve gereçler

Deneylerde Digilab Hitachi marka ve U-2800 model (1000-200 nm aralığında ölçüm yapabilen) çift ışın yollu UV-Görünür Bölge spektrofotometre kullanılmıştır. Numunelerin absorpsiyonlarının okunmasında 1,00 cm ışın yollu kuvars hücreler kullanılmıştır. pH ölçümlerinde, Thermo Orion marka, 720 A+ model pH metre kullanılmıştır. Çözeltiler hazırlanırken, Rodwel marka saf su cihazı ile elde edilen bidestile su kullanılmıştır. MATLAB ile uyumlu ücretsiz lisanslı bir yazılım olan OCTAVE 4.0.0 kullanılarak MATLAB kodları yazılıp matris hesaplamaları yapılmıştır.

2.2. Kullanılan kimyasallar

Bütün çalışmalarda bidestile su kullanılmıştır. 1000 mg/L Merck marka Fe(III), Co(II), Ni(II) standart çözeltileri seyreltilerek 10 mg/L'lik stok çözeltiler hazırlanmıştır.

Bozucu etkilerin araştırılmasında, Merck marka 1000 mg/L'lik; Sr(II), Ca(II), Hg(II), Al(III), Mn(II), As(III), Zn(II), Cd(II), Na(I), Cr(III), Mg(II), Pb(II), Cu(II) standart çözeltileri ile 10 mg/L'lik stoklar hazırlanıp kullanılmıştır. DIONEX marka PAR'ın 1000 mg/L'lik stok çözeltisi hazırlanmıştır.

pH'sı 11 olan tampon çözelti hazırlamak için; 5 mL orto fosforik asit (Merck) alınarak 250 mL'ye bidestile su ile seyreltilip, NaOH (Merck) ile pH'sı ayarlanmıştır.

2000 µL tampon çözelti üzerine 100 µL PAR çözeltisi eklenip, 2500 µL olacak şekilde seyreltilerek tanık çözelti olarak hazırlanmıştır.

Dr. Hoepfner Substanz firmasının ait Nickel Kobalt Erz V adlı numunesi standart referans numune olarak kullanılmıştır.

2.3. Yöntem

5 seviyeli tasarıma göre kalibrasyon çözeltileri (training set) hazırlanmıştır (Brereton, 1997) (Tablo 1). Buna göre PAR ile Fe(III), Co(II) ve Ni(II)'in 0,0; 0,1; 0,2; 0,3; 0,4 mg/L'lik seviyelerdeki karışımı renklendirilip, fosfat tamponuyla pH 11'e ayarlanmıştır.

Tablo 1. Kalibrasyon çözeltilerinin 5 seviyeli tasarıma göre hazırlanmasında kullanılan hacimler

Table 1. The volumes used in the preparation of calibration solutions according to the 5-level design

10 mg/L Fe(III) (µL)	10 mg/L Ni(II) (µL)	10 mg/L Co(II) (µL)	Su (µL)	PAR (µL)	Tampon (µL)
50	50	50	250	100	2000
50	0	0	350	100	2000
0	0	100	300	100	2000
0	100	25	275	100	2000
100	25	100	175	100	2000
25	100	50	225	100	2000
100	50	25	225	100	2000
50	25	25	300	100	2000
25	25	75	275	100	2000
25	75	100	200	100	2000
75	100	75	150	100	2000
100	75	50	175	100	2000
75	50	100	175	100	2000
50	100	100	150	100	2000
100	100	0	200	100	2000
0	75	0	325	100	2000
75	0	50	275	100	2000
0	50	75	275	100	2000
50	75	75	200	100	2000
75	75	25	225	100	2000
75	25	0	300	100	2000
25	0	25	350	100	2000
0	25	50	325	100	2000
25	50	0	325	100	2000

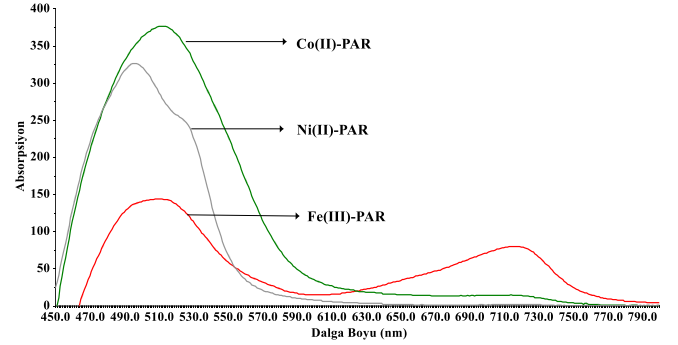
Her bir kalibrasyon çözeltilisinin 430-800 nm aralığında analizi yapılarak, dalga boyu ile absorpsiyon matrisleri oluşturulmuştur. Daha sonra analiz edilmek istenilen numunelerin 430-800 nm aralığında UV-Görünür bölge spektrumları taranarak matrisleri elde edilmiştir. Bu elde edilen matrislerden yararlanılarak, CLS, PCR, PLS gibi kalibrasyon teknikleri kullanılarak numunelerin konsantrasyonları tayin edilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1 Metal-ligand komplekslerinin UV-Görünür bölge spektroskopisi analizleri

Fe(III)-PAR, Co(II)-PAR ve Ni(II)-PAR ligandlarının ayrı ayrı UV-Görünür bölge spektrumları alınmış ve bu spektrumların üst üste çakıştığı görülmüştür (Şekil 2). Daha sonra Tablo 1'de görüldüğü şekilde kalibrasyon çözeltilerinin

UV-Görünür bölge spektrumları alınmış kemometrik yöntemler ile numunedeki Fe(III), Co(II) ve Ni(II) miktarları hesaplanmıştır.

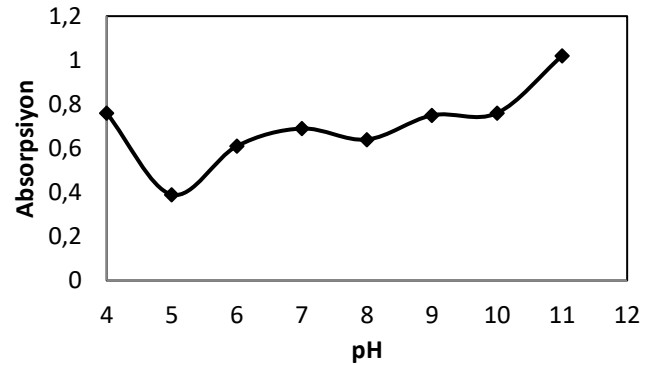


Şekil 2. Fe(III)-PAR, Co(II)-PAR, Ni(II)-PAR, komplekslerinin spektrumları

Figure 2. Spectra of Fe(III)-PAR, Co(II)-PAR, Ni(II)-PAR complexes

3.2. pH etkisi

Çalışma aralığındaki maksimum absorpsiyonun hangi pH'da gerçekleştiğini belirlemek amacıyla; Fe(III), Co(II) ve Ni(II) karışımı PAR ile kompleksleştirilip pH 4-11 aralığında değiştirilerek spektrumlar alınmıştır (Şekil 3). Bu çalışma sonucunda maksimum absorpsiyonun pH 11'de olduğu belirlenmiş ve daha sonra yapılan deneylerde fosfat tamponuyla pH 11 olacak şekilde ayarlanmıştır.

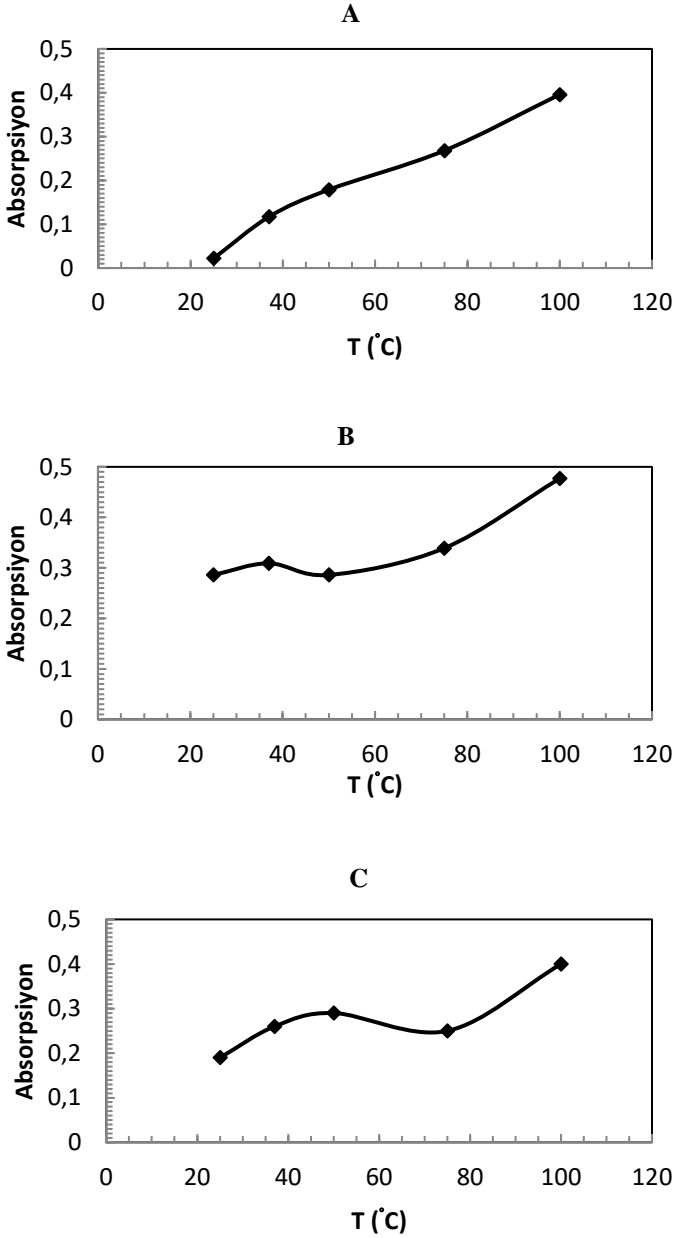


Şekil 3. Fe(III)-PAR, Co(II)-PAR, Ni(II)-PAR, komplekslerinin pH-absorpsiyon grafiği

Figure 3. pH-absorption plot of Fe(III)-PAR, Co(II)-PAR, Ni(II)-PAR complexes

3.3. Kompleks oluşum sıcaklığının etkisi

Fe(III)-PAR, Co(II)-PAR ve Ni(II)-PAR komplekslerinin oluşumuna sıcaklığın etkisini araştırmak için pH 11'e ayarlanmış katyon çözeltilerine PAR çözeltisi ilave edilip 5 dakika boyunca çalışma sıcaklığında bekletilip oda sıcaklığına soğutulup spektrumlar alınmıştır. Çalışma sıcaklığı sırasıyla 25; 37,5; 50; 75; 100 °C için tekrarlanmış ve en yüksek absorpsiyonlar 100 °C'de elde edilmiştir (Şekil 4).

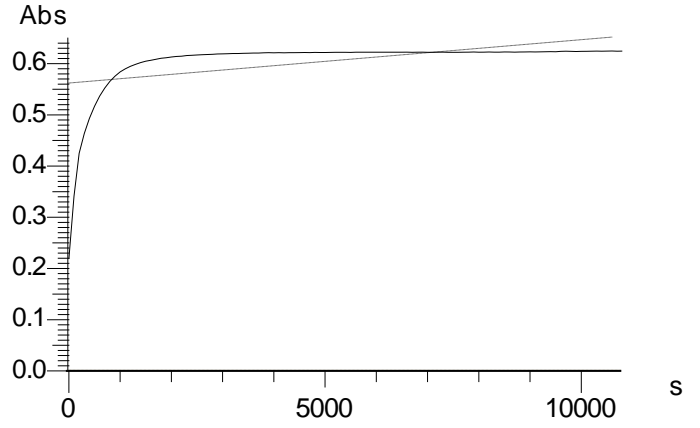


Şekil 4. a) Fe(III)-PAR b) Ni(II)-PAR grafiği c) Co(II)-PAR komplekslerinin sıcaklık-absorpsiyon grafiği

Figure 4. a) Temperature-absorption plot of a) Fe(III)-PAR b) Ni(II)-PAR c) Co(II)-PAR complexes

3.4. Kompleks oluşumuna sürenin etkisi

Süre ile absorpsiyon şiddetinin değişimini araştırmak amacıyla Fe(III), Co(II) ve Ni(II) karışımının pH'sı 11'e ayarlanarak, PAR çözeltisi eklenmiş ve UV-Görünür bölge spektrofotometresiyle spektrumu alınmıştır. Bu çalışmayla, 1 saat bekletildikten sonra maksimum absorbansa ulaşıldığı ve bu süreden sonra artış olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 5). Bu veriler sonucunda kompleks oluşumunu hızlandırmak için çözeltileri tek tek 100 °C'ye ısıtarak tekrar soğutmak yerine 1 saat beklenmesi tercih edilmiştir.



Şekil 5. Fe(III)-PAR, Co(II)-PAR, Ni(II)-PAR, komplekslerinin süre-absorpsiyon grafiği (s: saniye)

Figure 5. Time-absorption plot of Fe(III)-PAR, Co(II)-PAR, Ni(II)-PAR (s:second)

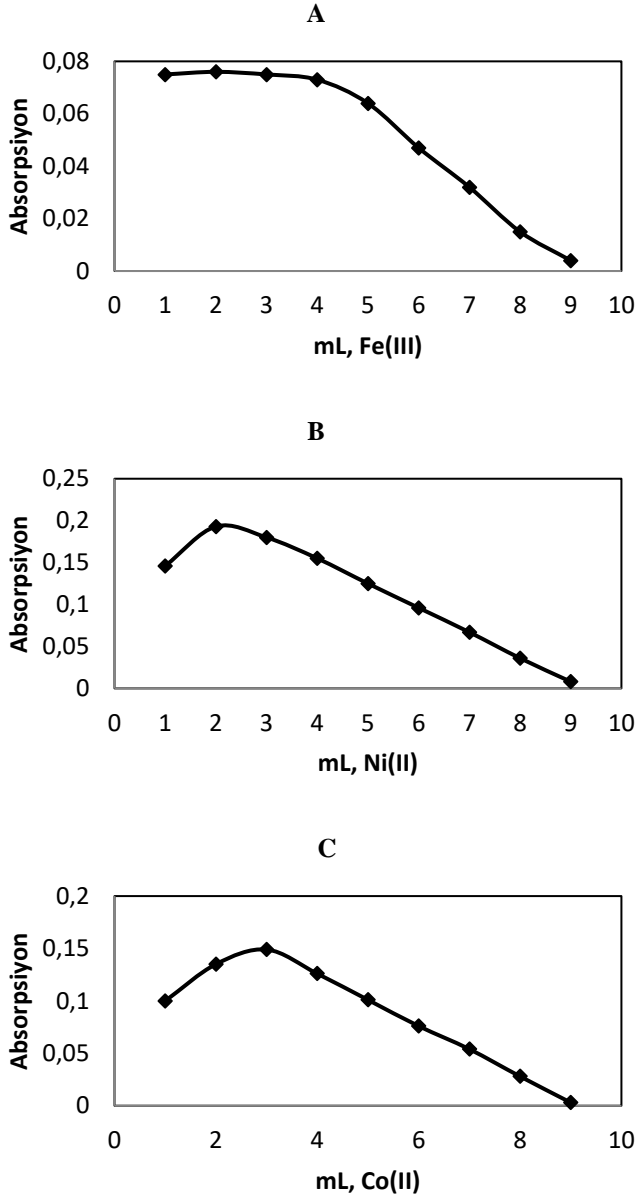
3.5. Kompleks stokiometrisinin tayini

Fe(III)-PAR, Co(II)-PAR, Ni(II)-PAR komplekslerinin kompleks stokiometrisinin tayininde Job yöntemi yapılmıştır (Olso ve ark., 2011). Bu yöntemle göre $1,10^{-5}$ mol/L katyon ve $1,10^{-5}$ mol/L PAR çözeltileri hazırlanarak değişik oranlarda karıştırılmıştır (Tablo 2). Hazırlanan çözeltilerin daha önce belirlenen optimum koşullarda spektrumları alınmıştır (Şekil 6). Bu yöntemle göre Fe(III) ve PAR arasındaki kompleksin stokiometrisi 1:2, Co(II) ve PAR arasındaki kompleksin stokiometrisinin 1:2, Ni(II) ve PAR arasındaki kompleksin stokiometrisi 1:3, olduğu saptanmıştır.

Tablo 2. Kompleks stokiometrilere belirlenmesinde kullanılan hacimler

Table 2. The volumes used determination of complex stoichiometry

Katyon hacmi (mL)	PAR hacmi (mL)
1	9
2	8
3	7
4	6
5	5
6	4
7	3
8	2
9	1

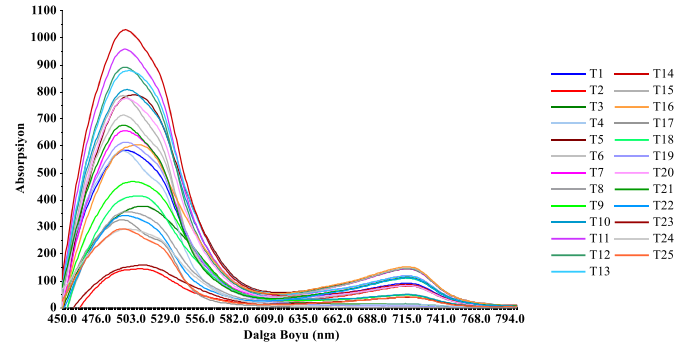


Şekil 6. a) Fe(III)-PAR b) Ni(II)-PAR c) Co(II)-PAR komplekslerinin stokiyometrisinin tayini

Figure 6. a) Stoichiometry of the Fe(III)-PAR b) Ni(II)-PAR c) Co(II)-PAR complexes

3.6. Kalibrasyon çözeltilerinin (training set çözeltilerinin) hesabında CLS, PCR ve PLS1 yöntemlerinden elde edilen değerlerin karşılaştırılması

Tablo 1'de gösterildiği şekilde kalibrasyon çözeltileri (training set) hazırlanarak 430-800 nm dalga boyu aralığında spektrumları alınmıştır (Şekil 7). Değişik dalga boyu aralıklarında hesaplamalar tekrar edilerek en küçük PRESS değerleri 500-800 nm aralığında hesaplanmıştır. Sonraki hesaplamalarda çalışma aralığı olarak bu aralık kullanılmıştır.



Şekil 7. Fe(III)-PAR, Co(II)-PAR, Ni(II)-PAR, komplekslerine ait kalibrasyon çözeltileri (training set) spektrumları

Figure 7. Calibration set (training set) spectra of Fe(III)-PAR, Co(II)-PAR, Ni(II)-PAR complexes

5 farklı seviyede 5 tekrar ile her bir katyonun bulunduğu bu kalibrasyon çözeltileri (training set) için, Cross validasyon işlemi uygulanarak, bilinen ve bulunan konsantrasyonlar grafiğe geçirilmiştir (Brereton ve ark., 2018). Bulunan değerleri hesaplamada CLS, PCR ve PLS1 yöntemleri kullanılmıştır. Bu yöntemlerine göre çizilen bilinen-bulunan konsantrasyon grafiklerinden (Şekil 8) en iyi R^2 değerleri PCR yöntemiyle hesaplanmıştır (Tablo 3).

Tablo 3. CLS, PCR ve PLS1 yöntemlerinden elde edilen değerler

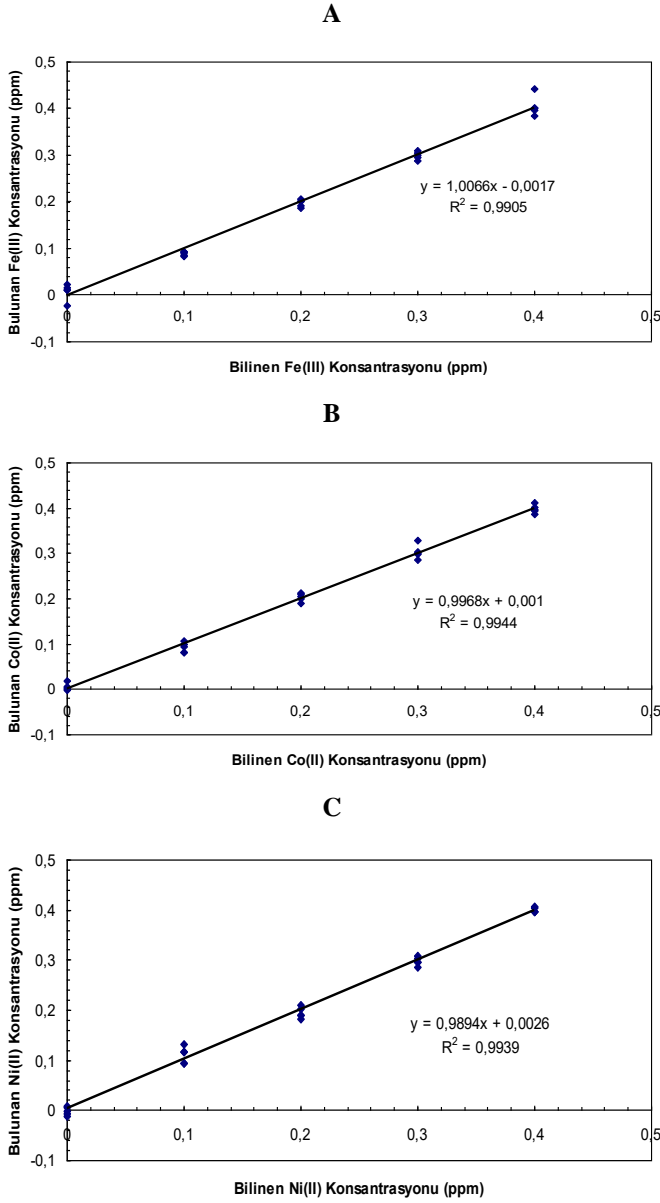
Table 3. Values obtained from CLS, PCR and PLS1 methods

CLS					
	G.K%	PRESS	s	m	R^2
Fe(III)	96,48	0,162	7,69	1,0243	0,9884
Co(II)	99,13	0,066	6,82	0,9911	0,9948
Ni(II)	100,34	0,655	20,53	1,0471	0,9569
PCR					
	G.K%	PRESS	s	m	R^2
Fe(III)	97,16	0,122	6,37	1,0066	0,9905
Co(II)	98,78	0,070	6,93	0,9968	0,9944
Ni(II)	101,89	0,077	9,86	0,9894	0,9939
PLS1					
	G.K%	PRESS	s	m	R^2
Fe(III)	97,49	0,152	5,40	0,9790	0,9880
Co(II)	98,58	0,070	7,03	0,9941	0,9944
Ni(II)	102,28	0,088	10,82	0,9946	0,9930

(GK%: yüzde geri kazanım, PRESS: tahmini artık kareler toplamı (prediction error sum of squares), s: standart sapma, m: kalibrasyon eğrisinin eğimi, R^2 : korelasyon katsayısı)

3.7. Alt tayin sınırının ve bozucu etki yapan türlerin belirlenmesi

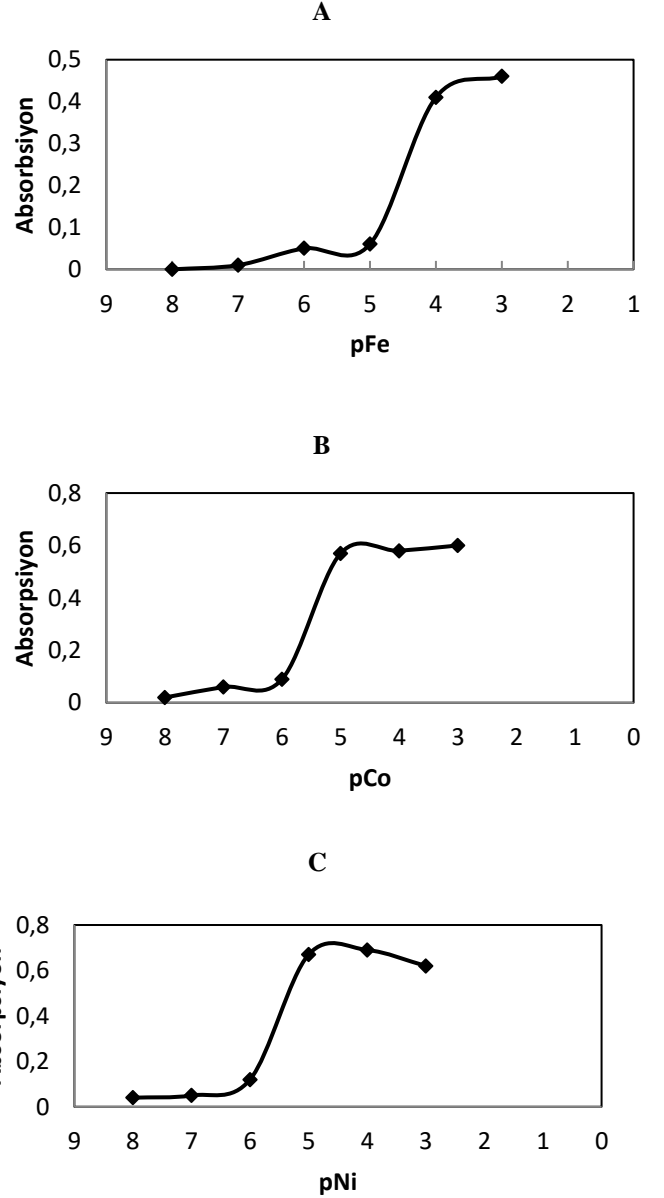
1×10^{-8} ; 1×10^{-7} ; 1×10^{-6} ; 1×10^{-5} ; 1×10^{-4} ve 1×10^{-3} mol/L' lik Fe(III), Co(II), Ni(II) çözeltilerinin konsantrasyona karşı absorpsiyon grafiği çizilmiş ve alt tayin sınırları sırasıyla $6,31 \times 10^{-6}$; $7,94 \times 10^{-7}$ ve $6,30 \times 10^{-7}$ mol/L olarak hesaplanmıştır (Şekil 9).



Şekil 8. Cross validasyon uygulanarak PCR yöntemiyle bulunan sonuçların-bilinen sonuçlara karşı grafikleri

Figure 8. Graphs of results found by PCR method by applying cross validation against known results

Temel bileşenlerin sayısı hesaplanırken PRESS değerleri kullanılmıştır (Albayrak ve ark., 2019). Ayrıca temel bileşen analizi için Malinowski yöntemi de kullanılmıştır (Gamperline, 2006). Bu hesaplamalar ile PCR için temel bileşen sayısı 4 olarak tespit edilmiş ve yapılan hesaplamalarda kullanılmıştır. PRESS değerleri hesaplanarak çizilen grafiklerden temel bileşen sayısı; Fe(III) için 2, Co(II) için 3 ve Ni(II) için 4 olarak belirlenmiş ve bu veriler ile hesaplamalar yapılmıştır. Tablo 3 incelendiğinde PCR yöntemi ile en küçük PRESS değerleri elde edilmiş olup, sonraki işlemlerde verileri değerlendirmek için PCR yöntemi kullanılarak çalışma gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Fe(III), Co(II) ve Ni(II) için alt tayin sınırlarının deneysel olarak belirlenmesi grafikleri

Figure 9. Graphs for experimental determination of detection limits for Fe(III), Co(II) and Ni(II)

Fe(III), Co(II), Ni(II) kation derişimlerinin yarısı (0,1 mg/L), eşit (0,2 mg/L) miktarı ve iki katı (0,4 mg/L) miktarda Cr(III), Al(III), Sr(II), As(III), Pb(II), Cd(II), Ca(II), Na(I), Hg(II), Mg(II), Zn(II), Mn(II), Cu(II) kationlarının çözeltileri ortama eklenerek PAR ile kompleksleştirilip tayinler gerçekleştirilmiştir. Bu yabancı türlerin Fe(III), Co(II), Ni(II) kationlarının PAR ile kompleksleştirilerek çok değişkenli analiz yöntemleriyle birlikte tayinine etkisi belirlenmiştir. Buna göre

Fe(III), Co(II), Ni(II) tayinine Pb(II), Mg(II) Al(III), Hg(II), As(III), Sr(II), Ca(II), Na(I) kanyonlarının bozucu etki göstermediği, Cu(II), Cd(II), Zn(II), Mn(II), Cr(III) kanyonlarının ise bozucu etki gösterdiği belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Yabancı kanyonların bozucu etkisi ve sınırları

Table 4. Interfering effect and limits of foreign cations

Kasyon	Fe(III)	Co(II)	Ni(II)
Mn(II)	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,1 mg/L bozucu etki gösterdi	0,1 mg/L bozucu etki gösterdi
Cd(II)	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,1 mg/L bozucu etki gösterdi
Cr(III)	0,1 mg/L bozucu etki gösterdi	0,1 mg/L bozucu etki gösterdi	0,1 mg/L bozucu etki gösterdi
Zn(II)	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,1 mg/L bozucu etki gösterdi	0,1 mg/L bozucu etki gösterdi
Cu(II)	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,1 mg/L bozucu etki gösterdi	0,1 mg/L bozucu etki gösterdi
Al(III)	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi
As(III)	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi
Ca(II)	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi
Pb(II)	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi
Hg(II)	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi
Sr(II)	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi
Na(I)	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi
Mg(II)	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi	0,4 mg/L bozucu etki göstermedi

3.8. Geliştirilen yöntemin standart numuneye uygulanmasıyla elde edilen sonuçlar

Bileşiminde % 1,76 Fe(III), %12,21 Co(II), %5,32 Ni(II) bulunan Nickel Kobalt Erz V standart numunesi kullanılarak Fe(III), Co(II), Ni(II) iyonlarının birlikte tayini için geliştirilen metodun gerçek numunelere uygulanabilirliği araştırılmıştır. Numuneden 0,2517; 0,3532; 0,4453; 0,2067; 0,3032 gram'lık kısımlar alınarak HNO₃ ve HCl ile çözülmüş ve hacmi bidestile su ile 100 mL olacak şekilde tamamlanmıştır. Hazırlanan stoklara 1/10 ve 1/50 oranlarında seyreltme işlemi yapıldıktan sonra hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar Tablo 5' de verilmiştir.

Tablo 5. Standart Nickel Kobalt Erz V numunesinden elde edilen sonuçlar

Table 5. Standard Nickel Cobalt Erz V sample results

Kasyon	Teorik Değer (%)	PCR Yöntemi			Geri Kazanım (%)
		*X±ts/√N	S	N t	
Fe(III)	1,76	1,58±0,18	0,36	5 1,08	90,00
Co(II)	12,21	11,76±0,45	0,37	5 2,71	96,31
Ni(II)	5,32	5,29±0,032	0,77	5 0,09	99,40

*(%95 Güven Seviyesi için t kritik=2,78)

(X:ortalama değer, s: standart sapma, N: analiz sayısı)

4. Sonuç

Çok çeşitli numunelerde bir arada bulunabilen demir, kobalt ve nikel iyonları gibi hem çok önemli fonksiyonlara sahip hem de toksik etki gösterebilecek metallerin tayini son derece önemlidir. Çalışılan kasyon çözeltilerinin PAR ile komplekslerinin ayrı ayrı spektrumları alındığında Şekil 2'de görüldüğü gibi spektrumların üst üste çakışması nedeniyle klasik spektroskopik yöntemler ile tayinleri mümkün değildir. Bu çalışmada Fe(III), Co(II) ve Ni(II) kanyonları PAR ile kompleksleştirilerek çok değişkenli kalibrasyon teknikleri kullanılarak birlikte tayinleri yapılmıştır. Bu amaçla, öncelikle optimum şartlar araştırılmış ve buna göre pH 11'de, kompleks oluşumu 1 saat sürede tamamlanmıştır. 5 seviyeli tasarıma göre hazırlanan kalibrasyon çözeltilerinin (training setinin) UV-Görünür bölge spektrumları alınarak elde edilen matrizen faydalanılıp CLS, PCR, PLS1 yöntemleriyle konsantrasyonlar hesaplanmıştır. Cross validasyon işleminden bulunan sonuçların, bilinen konsantrasyonlara karşı grafikleri oluşturulmuştur. CLS, PCR ve PLS1 yöntemleri için PRESS değerleri hesaplanmış, en küçük PRESS değeri PCR yöntemiyle elde edildiği için bu yöntem tercih edilmiştir. PCR yöntemine göre hesaplanan % geri kazanım değerleri Fe(III) için 97,16±2,98, Co(II) için 98,78±3,24 ve Ni(II) için 101,89±2,98 olarak bulunmuştur.

Yöntemin gerçek numuneye uygulanabilirliğini test etmek amacıyla standart referans numune PCR tekniği kullanılarak analiz edilmiş ve sonuçlara t-testi uygulanmıştır. Fe(III), Co(II) ve Ni(II) kanyonları için t değerleri sırasıyla; 1,08; 2,71; 0,09 olarak hesaplanmıştır. %95 güven seviyesinde 2,78 olan t kritik değerinden daha küçük t değerleri hesaplanmıştır. Buna göre bulunan sonuçlar ile gerçek değerler arasında anlamlı fark yoktur. Dolayısıyla geliştirilen bu yöntem, demir, kobalt ve nikel kanyonlarının, üst üste çakışan spektrumlarına rağmen zaman alıcı, ekonomik olmayan ve zahmetli olan ayırma, ekstraksiyon, zenginleştirme gibi ön işlemlere gerek duymadan bir arada spektroskopik tayinine kolaylıkla uygulanabilir.

Kaynakça

Albayrak, M., Demirkaya-Miloglu, F., Senol, O., Polatdemir, E. (2019). Design, optimization, and validation of chemometrics-assisted spectrophotometric methods for simultaneous determination of etodolac and thiocolchicoside

- in pharmaceuticals. *Journal of Analytical Science and Technology*, 10:16.
- Anonim, (2008). Demir. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Demir> (Erişim Tarihi: 21.06.2021)
- Bekiroğlu Ataş, H., Kenar, A., Taştekin, M. (2020). An electronic tongue for simultaneous determination of Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ and NH_4^+ in water samples by multivariate calibration methods. *Talanta*, 217, 1-12.
- Biller, D.V., Bruland, K.B. (2012). Analysis of Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Cd, and Pb in seawater using the Nobias-chelate PA1 resin and magnetic sector inductively coupled plasma mass spectrometry (ICP-MS). *Marine Chemistry*, 130-131, 12-20.
- Brereton, R.G. (1997). Multilevel Multifactor Design for Multivariate Calibration. *The Analyst*, 122, 1521-1529.
- Brereton, R.G. (2003). Chemometrics: Data Analysis for the Laboratory and Chemical Plant. *Journal of Analytical Chemistry*, 60(10), 994-996.
- Brereton, R.G., Jansen, J., Lopes, J., Marini, F., Pomerantsev, A., Rodionova, O., Roger, J.M., Walczak, B., Tauler, R. (2018). Chemometrics in analytical chemistry-part II: modeling, validation, and applications. *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, 410, 6691-6704.
- Bro, R., Smilde, A. K. (2014). Principal component analysis. *The Royal Society of Chemistry*, 6, 2812-2831.
- Dinç, E. (2007). Kemometri Çok Değişkenli Kalibrasyon Yöntemleri. Hacettepe Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Dergisi, 1, 61-92.
- Dinç, E., Üstündağ, Ö., (2005). A New Application of Chemometric Techniques to HPLC Data for the Simultaneous Analysis of a Two-Component Mixture. *Journal of Liquid Chromatography&Related Technologies*, 28, 2179-2194.
- Garcia Rodriguez, A.M., Garcia de Torres, A., Cano Pavon, J.M., Bosch Ojeda, C. (1998). Simultaneous determination of iron, cobalt, nickel and copper by UV-Görünür bölgele spektrofotometri with multivariate calibration. *Talanta*, 47, 463-470.
- Gemperline, P. (2006). Practical Guide to Chemometrics Second Edition. Taylor&Francis Group, 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300 Boca Raton, 520s.
- Gilardi, G., Di Nardo, G. (2017). Heme iron centers in cytochrome P450: structure and catalytic activity. *Renciconti Lincei*, 28, 159-167.
- Kaba, A., Aktaş, A.H. (2014). Çeşitli ligandları kullanarak Fe^{3+} , Al^{3+} ve Cu^{2+} nin bir arada spektrofotometrik tayinleri için yöntem geliştirilmesi ve elde edilen verilerin en küçük kareler kalibrasyon yöntemi (PLS) ve temel bileşen regresyon (PCR) yöntemi ile değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18, 71-79.
- Kumlay, A. M., Koçak, M. Z., Öztürk, E., (2021). Zilan Vadisi'nde Toplanan (Van-Erciş) Yenen Yabani Mantar (*Chlorophyllum agaricoides*, *Mycenastrum corium* ve *Paxina queletii*) Örneklerindeki Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 25, 291-294.
- Meyer, D., Prien, R.D., Dellwig, O., Connelly D.P., Schulz-Bull, D. E. (2012). In situ determination of iron(II) in the anoxic zone of the central Baltic Sea using ferene as spectrophotometric reagent. *Marine Chemistry*, 130-131, 21-27.
- Okatan, A. (2010). Solvent Ekstraksiyon Tekniği ile Kobalt ve Nikelin Sinerjistik Ekstraksiyonu. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 83s, Sakarya.
- Olson, E.J., Bühlmann, P. (2011). Getting More out of a Job Plot: Determination of Reactant to Product Stoichiometry in Cases of Displacement Reactions and n:n Complex Formation. *The Journal of Organic Chemistry*, 76, 8406-8412.
- Pekcan Ertokuş, G., Bineci Doğan, M. (2020). Simultaneous Determination of Binary Drug Components in Pharmaceutical Formulations with Chemometric Methods. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(2), 1171-1179.
- Safavi, A., Abdollahi, H., Mirzajani, R. (2006). Simultaneous spectrophotometric determination Fe(III), Al(III) and Cu(II) by partial least-squares calibration method. *Spectrochimica Acta Part A* 63, 196-199.
- Sun, Z., Gong, C., Ren, J., Zhang, X., Wang, G., Liu, Y., Ren, Y., Zhao, Y., Yu, Q., Wang, Y., Hou, J. (2020). Toxicity of nickel and cobalt in Japanese flounder, *Environmental Pollution*, 263, 1-10.
- Wang, P., Lee, H.K. (1997). Recent applications of high-performance liquid chromatography to the analysis of metal complexes. *Journal of Chromatography*, 789, 437-451.
- Zhu, X., Chen, L., Pumpanen, J., Keinänen, M., Laudon, H., Ojala, A., Palviainen, M., Kiiirikki, M., Neitola, K., Berninger, F. (2021). Assessment of a portable UV-Vis spectrophotometer's performance for stream water DOC and Fe content monitoring in remote areas. *Talanta*, 224, 1-8.



Gıda Perakende Firmalarının Finansal Performanslarının Entropi-TOPSIS Yöntemiyle Analizi

Aşkın Gül¹, Mehmet Erdem^{2*}

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7984-9378), 18061449@stu.omu.edu.tr

^{2*} Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, Samsun, Türkiye (ORCID: 0000-0003-4396-2149), mehmet.erdem@omu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 29 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 2 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1029907)

ATIF/REFERENCE: Gül, A. & Erdem, M. (2022). Gıda Perakende Firmalarının Finansal Performanslarının Entropi-TOPSIS Yöntemiyle Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 25-33.

Öz

İşletmenin durumunu, faaliyetlerini incelemeye ve eksik yönlerini saptamada finansal analiz yardımcı bir araçtır. Doğru, zamanında ve güncel bilgi karar alma sürecinde ve organizasyonun amaç ve hedeflerine ulaşılmasında karar vericiye yardımcı olmaktadır. Bu sayede yöneticiler alınan kararların ne derece başarılı olduğunu görebilmektedirler. Küresel rekabetin etkilediği ve birçok sektörle doğrudan bağlantılı olan gıda perakende sektöründe de doğru karar alma süreci çok önemlidir. Bu çalışmada Borsa İstanbul'da işlem gören gıda perakende sektöründeki firmalar incelenmiştir. Sektördeki Bim AŞ, Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ, CarrefourSA ve Migros Ticaret AŞ'nin 2013–2020 yıllarına ait bilanço ve gelir tabloları kullanılarak finansal performansları detaylıca incelenmiştir. Sektörde sıklıkla göz önüne alınan bir dizi finansal ve finansal olmayan göstergeler dikkate alınmıştır. Finansal analiz ile elde edilen göstergeler ilk aşamada Entropi yöntemi ile ağırlıklandırılmış, ikinci aşamada ise TOPSIS yöntemiyle değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlar, firmaların geçmiş performansını karşılaştırmalı olarak yansıttığı gibi pandemi sürecinde de durumunu özetlemektedir. Sektörün geleceği açısından ise elde edilen karşılaştırma sonuçları önem taşımaktadır. Bu sayede firmalar rakipleri ile kendilerini kıyaslayarak durumlarını iyileştirme fırsatı elde edebileceklerdir.

Anahtar Kelimeler: Finansal performans analizi, Entropi, TOPSIS, Gıda perakende sektörü

Financial Performance Evaluation of Food Retail Companies Using Entropy-TOPSIS Method

Abstract

Financial analysis aids to examine and understand the status and activities of the business. Accurate, timely and up-to-date information directly helps the decision-makers and in achieving the goals and objectives of the organization. In this way, managers can see how successful the taken decisions are. The decision-making process is also crucial in the food retail sector, which is affected by global competition and is directly related to many sectors. In this study, companies in the food retail sector that are traded on the Borsa Istanbul are examined. The financial performances of Bim AŞ, Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ, CarrefourSA and Migros Ticaret AŞ in this sector were analyzed in detail using the balance sheets and income statements of 2013 – 2020. A number of financial and non-financial indicators, which are often considered in this sector, have been taken into account. Indicators obtained by financial analysis were weighted with the Entropy method in the first stage and evaluated with the TOPSIS method in the second stage. The results obtained not only reflect the past performance of the businesses, but also summarize the impact of Covid-19 on businesses. In terms of the future of the sector, the results of the comparison are important. In this way, companies will have the opportunity to improve themselves by comparing with their competitors.

Keywords: Financial performance analysis, Entropy, TOPSIS, Food retail sector.

* Sorumlu Yazar: mehmet.erdem@omu.edu.tr

1. Giriş

Perakendecilik; ürün ve hizmetin tüketiciye iletimini sağlayan faaliyetlerin tamamıdır (Berman ve Evans, 2013; Britannica, 2022; Piron ve Young, 2001; Singh, 2009). Perakendecilik, toplum ihtiyaçlarının önemli bir kısmını karşılandığı gibi diğer sektörlerle de temas halinde organize bir yapıyı içermektedir. Perakende sektörü, küresel rekabetin yoğun yaşandığı önemli sektörlerin başında gelmektedir (Gočić vd., 2021; TAMPF, 2020). Müşteri isteklerinin değişkenliği, ürün alternatiflerinin sürekli artması, dijitalleşme ve teknolojik gelişmeler vb. birçok etken mevcut rekabeti daha da artırmaktadır. Değişen müşteri talebine doğru zamanda ve doğru bir şekilde cevap verebilmek, hızlı olmak ve satış ağını koordineli bir şekilde yönetmek bu bakımdan önemlidir (Behjat vd., 2013; Euromonitor, 2015; Nolan vd., 2007; TAMPF, 2020).

Pandemi süreci ile uluslararası ve ulusal piyasalarda oluşan sıkıntılar ve endişeler artmıştır. Bunun sonucunda küresel çapta yaşanan dalgalanmalar ülkelerin ekonomilerini etkilemiştir. Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü (OECD) 2020 yılının haziran ayında %6 olan küresel küçülme tahmininin %4,5'e, 2021'de %5,2 olan büyüme öngörüsünün ise %5'e düştüğünü açıklamıştır (Gönültaş, 2020). 2020 yılında Avrupa ülkelerinin ortalama %9,1 olan büyüme oranı %7,9'a, ABD'nin %7,3 olan büyüme oranı %3,8'e, Türkiye'nin %4,8 olan büyüme oranı %2,9'a ve Çin'in %2,6 olan değeri %1,8'e revize edilmiştir (Gönültaş, 2020). Küresel ticaretin bu denli birbirine bağımlı olduğu günümüzde ekonomilerde meydana gelen bu değişim perakende sektörünü de kaçınılmaz bir şekilde etkilemiştir. Ürün tedarikinde ilk sırada yer alan Çin'in salgını ilk yaşayan ülke olması, geniş kapsamlı karantina önlemleri alması, üretim, perakende ve ticaret faaliyetlerini durma noktasına getiren katı sınırlamalar getirmesi ve devamında diğer ülkelerin de benzer politikalar izlemesi perakende sektöründe olumsuzluklara yol açmıştır (Allianz, 2020; Öztürk ve Dündar, 2020). Kovid-19 salgınıyla birlikte gerek dünyada gerekse ülkemizde ürün ve hizmetin maliyeti artmış ve talep dalgalanmaları yaşanmıştır (Goswami ve Chouhan, 2021; Kajan, 2020). Pandemi süreci, müşteri beklentilerini ve alışkanlıklarını ayrıca farklılaştırmış bu nedenle sektörün dağıtım ve satış kanallarında değişim yaşanmıştır (KPMG, 2021). Nielsen'in Kovid-19 Perakende ve Alışverişi İçgörülerini Raporu'na göre çevrimiçi alışveriş oranlarının ortalaması dünyada %27, Avrupa'da %22 ve Türkiye'de %37 olarak belirtilmiştir (KPMG, 2021; TÜİK, 2020). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ise 2021 yılında bir önceki yıla göre, perakende sektöründe ciro %16,7 artmıştır. Sektörün satış hacmi ise 2021 yılında %2,0 artış kaydetmiştir (TÜİK, 2021).

2021 yılı itibariyle yayınlanmış olan gıda perakendesi sektörü raporunda hali hazırda ülkemizde 30244 mağaza faaliyet gösterirken, sektörün 2027 yılına kadar %45 büyümesi öngörülmektedir (Dünya, 2021). Borsa İstanbul'da işlem gören Migros Ticaret AŞ, Bim AŞ, Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ ve CarrefourSA 2019 yılı itibariyle şube sayısı bakımından tüm sektörün yaklaşık %40'ını teşkil etmektedir (Bim AŞ, 2021; Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ, 2021; CarrefourSA, 2021; Cumhuriyet, 2021; Migros Ticaret AŞ, 2021). Bu çalışmada ilgili firmaların 2013-2020 yılları finansal faaliyetleri analiz edilerek pandemi öncesi ve sürecindeki performansları analiz edilmiştir.

İlk aşamada firmaların 2013-2020 yıllarına ilişkin kamuya açık mali bilgileri toplanmıştır. İkinci aşamada ise elde edinilen raporlar ve mali tablolar kullanılarak hesaplamalar yapılmıştır. e-ISSN: 2148-2683

Ayrıca, literatürde sıklıkla kullanılan rasyoların yanı sıra finansal olmayan göstergeler de göz önüne alınmıştır. Daha sonra bu mali göstergeler Entropi ve TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemiyle analiz edilmiştir.

Çok kriterli karar verme (ÇKKV), ele alınan problemin çok sayıda ve çeşitli sayısal ve/veya sayısal olmayan kriterlere göre karar alternatifleri içinden en uygun alternatifin seçilmesine dayanan yöntemleri içermektedir. Entropi yöntemi, ÇKKV problemlerinde kriterler ve alternatifler arasındaki farklılıktan faydalanılarak kriter önem ağırlığı sıralamasının söz konusu olduğu durumlarda kullanılmaktadır. TOPSIS yöntemi ise alternatifler için istenen çözümün pozitif ideal çözüme yakın negatif ideal çözüme ise uzak düşüncesi esasına dayanmaktadır. Çözüme hızlı ulaşılması ve sonuçların anlaşılır olması yöntemi avantajlı kılmaktadır. Pazarlama stratejileri, risk analizleri, başvuru değerlendirme, personel seçimi, tesis yer seçimi gibi birçok alanda uygulanabilen bir yöntem olma özelliği taşımaktadır (Ömürbek vd., 2013). Bu çalışmada kriterlerin ağırlıklandırılmasında Entropi yöntemi ve alternatiflerin kriterlere göre sıralamasında TOPSIS yöntemi kullanılmış olup çalışma sayesinde Borsa İstanbul bünyesinde işlem gören gıda perakende sektöründeki firmaların performansları detaylıca incelenmiştir.

Bu çalışmanın literatürdeki çalışmalardan farklarından bahsetmek gerekirse, ilk olarak önceki çalışmalar geçmiş yılları kapsayan veri kullanılarak ya bir firma özelinde veya birkaç firma gözetilerek yapılmıştır. İkinci olarak güncel verileri kullanan fakat pandemi koşullarının perakende gıda sektörü üzerindeki etkisini inceleyen bir çalışma henüz mevcut değildir. Üçüncü olarak, sektörde yaşanan ve önemi daha önce belirtilen hızlı gelişmeler güncel çalışmaların yapılması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ele alınan bu çalışma ile elde edilecek güncel bilgiler bu eksikliğin giderilmesine fayda sağlayacaktır.

Çalışmanın izleyen bölümlerinde izlenecek sıra şu şekildedir: Bölüm 2'de mevcut çalışmalara ilişkin literatür araştırması sunulmuştur. Bölüm 3'te, kullanılan materyal ve yöntem, Bölüm 4'te bulgular, Bölüm 5'te tartışma kısımlarına yer verilmiştir. Çalışmaya ilişkin elde edilen sonuçlar ise Bölüm 6'da verilmiştir.

2. Literatür Araştırması

ÇKKV yöntemleriyle finansal performans analizi yapan çalışmalardan bu bölümde kısaca bahsedilecektir. Demir ve Tuncay (2012) çalışmalarında gıda sektöründe yer alan firmaların 2000-2008 yıllarına ait faaliyet ve kârlılık oranlarını analiz ederek bu oranlar perspektifinden firma başarılarını incelemişlerdir. Analizlerinde firmaların faaliyetlerinin pozitif yönde ilerlediği fakat kârlılık oranlarının brüt kar marjı dışında istenen seviyede olmadığı tespit edilmiştir. Özbek (2016) Bim AŞ'nin 2008-2015 yılları arasındaki finansal performansını ölçmek için yaptıkları çalışmada, faaliyet, kârlılık, likidite ve finansal oranları kullanarak ELECTRE (Elimination and Choice Translating Reality) III yöntemini kullanmışlardır. Analiz sonucunda firmanın en başarılı yılları 2009 ve 2010 olurken 2014 yılı diğer yıllara nispeten başarısız bulunmuştur. Ögünç (2018) gıda ve tekstil sektörünü ele almış ve bu sektörlerin 2014 - 2016 yıllarına ait finansal verilerini Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) bünyesindeki sektör bilançolarını kullanarak analiz etmiştir. Firmalar, ölçek büyüklüklerine göre belirlenen finansal oranlarla değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucunda tekstil sektörünün alacak tahsil süresinde, gıda sektörünün ise kısa vadeli borç ödemede sorun yaşadığı anlaşılmıştır. Kazak (2018) Bim AŞ'nin

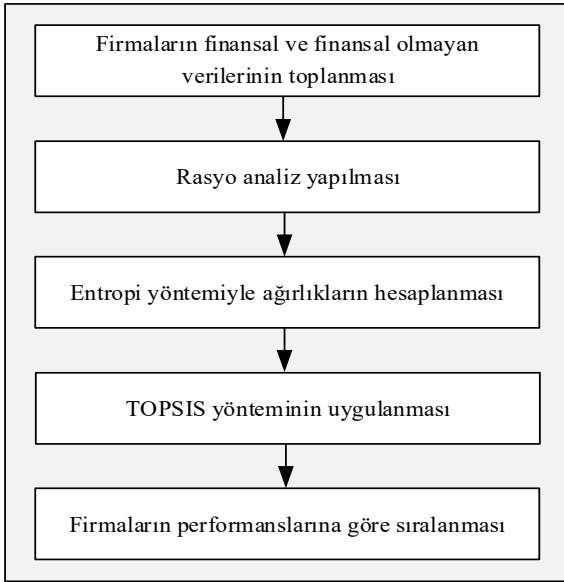
2011-2016 yıllarını kapsayan finansal verileri ile perakende sektörü verilerini karşılaştırmıştır. Araştırma sonucunda perakende sektörünün verimlilik açısından olumsuz yönde etkilendiğini ancak Bim AŞ'nin ise perakende sektöründen pozitif ayrıştığını belirtmiştir. Stok ve kaynak yönetimi gibi yönetsel kararlarda perakende sektörünün Bim AŞ'yi örnek aldığına yaşadığı verimsizlikten kurtulabileceği tespit edilmiştir. Yenisu (2019) Adese Alışveriş Merkezleri AŞ'nin 2014-2016 yıllarını içeren mali verilerini KAP'tan derleyerek mali göstergelerini TCMB sektör ortalamaları ile kıyaslamıştır. Analiz sonuçlarına göre işletmenin yüksek karlılığa sahip olduğu belirtilmiş, ağırlıklı olan sermaye yapısını koruması ve likidite sorununu çözmesi önerilmiştir. Deste ve Halifeoğlu (2019) 2018 yılı finans ve faaliyet raporlarına göre BİST perakende sektörüne ait 5 market zincirinin (Migros Ticaret AŞ, Bim AŞ, Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ, CarrefourSA ve ŞOK Marketler Ticaret AŞ) finansal verilerini kullanarak TOPSIS yöntemi ile tedarik zinciri yönetimi açısından finansal performanslarını kıyaslamıştır. Analiz sonucunda ilk sırada Migros yer alarak yüksek varlık hacmine sahip olduğu belirtilmiştir. Firmanın ilk sırada yer almasında ürün sayısının fazla olmasından ve depo sayısının az olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. İkinci sırada yer alan Bim'in iyi bir stok ve dağıtım yönetimine sahip olduğu, ŞOK firmasının ise yüksek borç oranı ve düşük özkaynağa sahip olması nedeniyle son sırada yer aldığı anlaşılmıştır. Ele aldığımız çalışma, Deste ve Halifeoğlu (2019)'nin yaptığı çalışmadan farklı olarak iki yılla sınırlı değil daha uzun yılları kapsamı ve 2020 yılı finansal raporları ve faaliyet sonuçlarına göre incelenmesi yönünden çalışmadan ayrılmaktadır. Ülker ve Arslan (2020) tarafından yapılan çalışmada 3 market zincirinin (Bim AŞ, Migros Ticaret AŞ ve CarrefourSA) 2015-2018 yıllarına ait finansal verileri kullanılmıştır. Hesaplanan 20 finansal gösterge ile firmaların yatırım açısından performansları karşılaştırılmıştır. Analiz ve sıralama sonucunda mali yapı, karlılık, likidite ve faaliyet oranlarına göre Bim AŞ yatırıma elverişli, CarrefourSA yatırıma uygun olmayan firma olarak tespit edilmiştir. Demir (2020) ise çalışmasında Kovid-19'un BİST 100'de işlem gören şirketlerin finansal performanslarına etkisini incelemiştir. Hesaplamalar sonucunda likidite oranında iyileşme olan sektörlerin toptan ve perakende, enerji ve imalat olduğu belirtilmiş ayrıca diğer sektörlerde düşüş yaşandığı tespit edilmiştir. Teknoloji, imalat, ulaştırma ve haberleşme sektörlerinde mali yapı oranının geçmiş dönemlere göre daha iyi olduğu toptan ve perakende sektörü hariç varlık kullanım oranlarının diğer sektörlerde bozulduğu tespit edilmiştir. Kaya ve Çoşkun (2016) BİST'te işlem gören ve gıda, içki ve tütün sektöründe hizmet veren 17 işletmenin 2009-2013 yıllarına ait mali tablolarını kullanarak küresel kriz sonrası işletmelerin finansal etkinliklerini değerlendirmek için veri zarflama analizi kullanmışlardır. Analiz sonucunda tüm dönemlerde etkin olmayan işletme bulunamamış, en etkin işletmeler ise Konfrut Gıda ve Kereviş Gıda olarak tespit edilmiştir. Erdem ve Erkan (2019) yaptıkları çalışmada tedarik zinciri performansını değerlendirmek için iki aşamalı kümeleme ve aralık tip-2 bulanık TOPSIS yöntemini uygulayarak hizmet ve üretim sektöründe bulunan 133 şirket için performans değerlendirmesi yapmışlardır. Yapılan analizler ile hizmet ve üretim sektörü için yüksek ve düşük başarı gösteren firmalar analiz edilmiştir. Ayçin ve Güçlü (2020) BİST ticaret endeksinde işlem gören firmaların performanslarını Entropi ve MAIRCA (Multi Attribute Ideal Real Comparative Analysis) yöntemlerini kullanarak analiz etmişlerdir. Analiz sonucuna göre performansı en yüksek firmalar SANKO Pazarlama İthalat İhracat AŞ, MİLPA Ticari ve Sınai Ürünler

Pazarlama Sanayi ve Ticaret AŞ ve TEKNOSA İç ve Dış Ticaret AŞ olarak bulmuşlardır. Mazman İtik (2021) bir gıda firmasında 2015-2019 yıllarını kapsayan finansal performans değerlendirmesi yapmıştır. Elde edilen bilgiler ışığında 2019 yılı ve 2018 yılı finansal açıdan kıyaslanarak 2019 yılında daha az kar elde edildiği sonucuna ulaşılmıştır. Bunun sebebinin cari oranın istenilen seviyede olmaması ve finansal giderlerin fazla olmasından kaynaklandığı anlaşılmıştır ve mali durumun iyileşmesi doğrultusunda öneriler de sunulmuştur.

Bu çalışma mevcut çalışmalardan farklı olarak daha uzun dönemleri içermektedir. Bu sayede pandemi koşullarının gıda sektörüne etkisi de incelenecektir. Ayrıca birçok çalışmadaki gibi yalnızca birkaç firmayla sınırlı kalmayarak analizin yapılması firmaların finansal performanslarını değerlendirmede daha sağlıklı olacak ve firmaların kendi içerisinde ve rakipleri arasında karşılaştırma imkânı da sunacaktır. Önemli finansal oranların ve finansal olmayan kriterlerin de birlikte değerlendirilmesi hem sağlıklı karar vermede hem de literatürdeki eksikliğin giderilmesinde önem bir yer teşkil edeceği düşünülmektedir.

3. Materyal ve Metot

Rasyo analizi bir diğer ifadeyle oran analizi yöntemi bilanço ve gelir tablolarından faydalanılarak belirli değerlerin oranlanması ve ulaşılan bilgiler ışığında birtakım sonuçlar elde edilmesi sürecidir. Rasyo analizi tüm değerlerin değil anlam ifade eden değerlerin oranlanmasını içeren bir yöntem olup dört ana başlık altında hesaplanmaktadır (Gümüş ve Bolel, 2017). Firmaların çalışma sermayesi açısından verimliliğini ve kısa vadeli borçlarını ödeme gücünü likidite oranları göstermektedir. Gelecekte firmaların olası bir kazanç tahmini yapamadığı durumda sağlamlığının anlaşılmasına yardımcı olan oranlar mali yapı oranlarıdır. Ayrıca varlık kullanımında etkinlik, varlıklar ve satışlar arasındaki ilişki faaliyet oranları ile ifade edilmektedir. Son olarak firmaların aktiflerini yönetme başarısını ve kar-zarar durumunu ortaya koyan oranlar karlılık oranları olarak ifade edilmektedir. Yukarıda değinilen performans göstergeleri yönetim süreçlerinde doğru kararlar alınması, firmanın arzu ettiği bütçe hedeflerini tutturması veya gelecek tahmini gibi birçok önemli konuya ait sorulara cevap vermektedir. Firmalar arası kıyaslamayı da mümkün kılarak firmaların sektördeki durumları hakkında bilgi edinilmesini, hangi göstergelerde durumunu iyi yönettiğini veya yönetemediğini de ifade etmektedir (Yenisu, 2019). Farklı sektörlerde faaliyet gösteren firmaların finansal değerlendirilmesi (Erdem ve Erkan, 2019), sektörler arası kıyaslama (Demir, 2020), ölçek büyüklüğüne göre karşılaştırma (Öğünç, 2018) ve sektöre göre değerlendirme (Kazak, 2018) gibi birçok önemli analizler de yapılabilmektedir. Bu çalışma kapsamında yirmi finansal oran ve üç finansal olmayan veriden oluşan kriterler ile gıda perakende sektöründe hizmet veren dört firma finansal performansları açısından değerlendirilecektir. Çalışmanın akışı Şekil 1'de özetlenmiştir.



Şekil 1. Çalışmanın Akış Şeması (Figure 1. Flow Chart of the Study)

3.1. Finansal Analizler

Çalışma kapsamında incelenen firmaların yatırımcı ilişkileri sayfalarından finansal ve faaliyet raporlarına erişim sağlanarak

bilanço ve gelir tablolarından veriler toplanmıştır (Bim AŞ, 2021; Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ, 2021; CarrefourSA, 2021; KAP, 2021; Migros Ticaret AŞ, 2021). Finansal performans açısından kıyaslanacak firmaların seçiminde güvenilir bir kıyaslama olabilmesi adına eşit sayıda veri ve yıl içermesine dikkat edilerek 2013-2020 arası yıllar esas alınmıştır. Ayrıca, geçerli bir karşılaştırma olabilmesi için finansal tabloların sunumuna ilişkin esasların benzer olmasına dikkat edilerek Türkiye finansal raporlama standartları (TFRS) esaslı gelir tabloları ve bilançoların kullanılmasına dikkat edilmiştir. Çalışma kapsamında ele alınan dört firma yukarıda değinilen hususları sağlamasından dolayı araştırma konusuna uygun bulunmuş ve araştırmaya dâhil edilmiştir. Tablo 1’de ele alınan çalışmada kullanılan likidite oranları, faaliyet oranları, mali yapı oranları ve karlılık oranları gösterilmiştir. Ayrıca firmaların yönetim politikaları hakkında önemli bilgiler sunan ve faaliyet gösterdiği sektördeki tecrübesini ifade eden firma yaşı da dikkate alınmıştır. Bu göstergeye ek olarak fazla stok oluşturulması ve daha fazla müşteriye erişimin sağlanabilmesi adına şube sayısı da göz önünde bulundurulmuştur. Firmaların sıklıkla dikkate aldığı başarılı hizmet anlayışı, hızlı hizmet sunumundan oluşan müşteri memnuniyeti ve buna bağlı olarak artan firma karlılığını sağlayan çalışan sayısı faktörü de değerlendirmeye alınmıştır. Bu nedenle ele alınan bu çalışma finansal olmayan kriterlere de yer vererek literatürdeki benzer çalışmalardan ayrılmaktadır (Deste ve Halifeoğlu, 2019).

Tablo 1. Çalışmada kullanılan finansal rasyolar (TCMB, 2022; Ülker ve Arslan, 2020) (Table 1. Financial ratios used in the study)

Kullanılan Oranlar	Formüller
Likidite Oranları	
Cari Oran	Dönen Varlıklar/ KVYK
Asit- Test Oranı	(Dönen Varlıklar- Stoklar) / KVYK
Stoklar/Dönen Varlıklar Oranı	Stoklar/Dönen Varlıklar
Stoklar/Varlık (Aktif) Toplam Oranı	Stoklar/Varlık (Aktif) Toplam
Faaliyet (Varlık Kullanım) Oranları	
Alacak Devir Hızı	Net Satışlar/ Ticari Alacaklar
Aktif Devir Hızı	Net Satışlar/Aktif Toplam
Stok Devir Hızı	Satılan Malın Maliyeti/ Stoklar
Net Çalışma Sermayesi Devir Hızı	Net Satışlar/ (Dönen Varlıklar- KVYK)
Maddi Duran Varlık Devir Hızı	Net Satışlar/Maddi Duran Varlık (Net)
Mali Yapı Oranları	
Kaldıraç Oranı	(KVYK + UVYK) /Aktif Toplam
Öz Kaynak Oranı	Öz kaynaklar /Aktif Toplam
Yabancı Kaynakların Özkaynaklara Oranı	Top Yabancı. Kaynaklar/ Öz kaynaklar
Kısa Vadeli Yabancı Kaynak Oranı	KVYK /Kaynak (Pasif) Toplam
Uzun Vadeli Yabancı Kaynak Oranı	UVYK / Kaynak (Pasif) Toplam
Duran Varlıkların Öz Kaynağa Oranı	Duran Varlık / Öz Kaynak
Karlılık Oranları	
Brüt Kar Oranı	Brüt Satış Karı /Net Satışlar
Faaliyet Karı Oranı	Faaliyet Karı/Net Satışlar
Net Kar Oranı	Dönem Net Karı/Net Satışlar
Öz Kaynak Karlılık Oranı	Dönem Net Karı/Öz Kaynaklar
Aktif Karlılık Oranı	Dönem Karı/Aktif Toplam

KVYK: Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar

UVYK: Uzun Vadeli Yabancı Kaynaklar

3.2. Çok Kriterli Karar Verme

Karar verme yaşam boyu insanlar için vazgeçilmez olup mecburi olan bir etkinliktir. Karar verme faaliyetini içeren karar süreçlerinde ise kriter ve alternatif sayısı arttıkça süreç

karmaşılaşmakta sezgisellik yetersiz kalıp matematiksel değerlere gereksinim duyulmaktadır. Bu durumda stratejik seviyede karar verme sürecinin kolaylaşması adına ÇKKV yöntemi ortaya çıkmıştır. Ayrıca bu yöntem yöneylem

araştırmasının gelişim gösteren ve çok tercih edilen bir dalı olma özelliği de taşımaktadır (Şenyiğit ve Ünal, 2019).

ÇKKV yöntemleri çok sayıda kriter ve alternatif içeren problemlerde her bir alternatifin bütünsel olarak ele alınmasını ve her bir kriter üzerinde değerlendirilmesini içeren bir yöntemdir. Yöntem ideale en yakın çözüme hızlı ve basit ulaşılmasını sağlamaktadır. ÇKKV yöntemleri bireysel kararlardan firmaların kritik süreçlerdeki kararlarına kadar birçok farklı noktada uygulanabilmektedir (Aslay, 2021).

3.2.1. Entropi Yöntemi

Shannon (1948) tarafından önerilen bir yöntem olup, Entropi kavramı ilk olarak kesikli olasılık dağılımında belirsizliğin ölçüsü olarak ifade edilmektedir. ÇKKV yöntemleri içerisinde uzman kişilere ihtiyaç duyulmadan doğrudan veri kullanılan yöntemlerden olup nesnel ağırlıklandırma yöntemleri arasında yer almaktadır (Işık, 2019). Yöntemde alternatiflerin kriterlere kıyasla farklılıklarından faydalanılarak kriterlere ilişkin ağırlıklar bulunmaktadır. Kriter ve alternatif arasında farklılık fazla ise karar verme sürecinde ilgili kriterin alternatif üzerinde oldukça fazla etkiye sahip olduğu anlamı taşımaktadır (Altan ve Yıldırım, 2019).

Yöntem 5 aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada karar matrisi oluşturulur. Daha sonra sıralı olarak karar matrisi normalize edilerek standart hale getirilir. Kriterlere ait entropi değerleri bulunur. Son olarak kriterlere ilişkin farklılık dereceleri hesaplanır ve her bir kritere ait farklılık değerleri toplam farklılık değerlerine kıyaslanarak kriterlere ilişkin ağırlıklar elde edilir (Ayçin, 2019). Entropi yöntemi için daha detaylı ve güncel bilgi Chen (2020) ve Petrov (2022)'un çalışmalarında bulunabilir.

3.2.2. TOPSIS Yöntemi

Hwang ve Yoon (1981) tarafından önerilen TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ÇKKV problemlerine çözüm getiren yöntemler içerisinde yer almaktadır. Yöntemin temel ilkesi alternatifi belirlerken ideal çözümde pozitif en yakın negatife çözüme ise en uzak olanı seçmeye çalışmaktır. TOPSIS yönteminde maliyet kriterini en alt seviyeye indiren fayda kriterini en üst seviyeye çıkaran ideal çözüm pozitif ideal çözüm olurken; maliyet kriterini en üst seviyeye çıkaran fayda kriterini en alt seviyeye indiren ideal çözüm ise negatif ideal çözüm olarak adlandırılmaktadır (Ayçin, 2019). TOPSIS öznel ve nesnel kriterlere yer verebilmesi, işlem sürecinin kolay ve sonuçlarının anlaşılır olması, analiz sonucunda elde edilen bilgilerin tamamının kullanılabilir olması, alternatifler arasındaki en iyinin tespitine hızlı ulaşılması açısından avantajlı bir yöntemdir (Yücel, 2018). Yöntemin uygulama adımları sırasıyla şu şekildedir: ilk adımda kriter matrisi oluşturulur. İkinci aşamada standart karar matrisi oluşturularak normalizasyon işleminin gerçekleştirilir. Üçüncü aşamada ise ağırlıklandırılmış standart karar matrisi hesaplanır. Yöntemin dördüncü aşamasında pozitif ve negatif ideal çözüm değerleri tespit edilir. Son aşamada ise pozitif ve negatif ideal noktalara olan uzaklık değerleri bulunarak ideal çözüme göreli yakınlığın hesaplanması ile alternatiflere ilişkin çözüm değerleri bulunur. (Ayçin, 2019). TOPSIS yöntemi adımları için daha detaylı bilgi Özkan vd. (2019) ve Chakraborty (2022)'nin çalışmalarında bulunabilir.

4. Bulgular

Çalışmada gıda perakende sektöründe hizmet veren dört firmanın (Bim AŞ, Migros Ticaret AŞ, Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ ve CarrefourSA) 2013-2020 yılları arasındaki finansal performanslarının değerlendirilmesi hedeflenmiştir. İlk önce Entropi yöntemi ile kriterlerin önem ağırlıkları belirlenecek ve elde edilen ağırlıklar TOPSIS yönteminde kullanılacaktır. Bu sayede firmaların finansal performansları değerlendirilecektir.

4.1. Entropi Yönteminin Uygulanması

Çalışmada kullanılan kriterlerin önem ağırlıkları hesabında Entropi yöntemi tercih edilmiştir. Yöntemde ilk olarak karar matrisi oluşturulmuş, elde edilen karar matrisi normalize edilmiştir. Analizin diğer aşamalarında ise sırasıyla kriterlere ait entropi değerleri elde edilmiş, farklılaşma dereceleri hesaplanmış ve son olarak ağırlık değerleri bulunarak kriter ağırlıkları bilgisine ulaşılmıştır. Analiz sonucunda elde edilen kriter ağırlıklarının önem derecelerine Tablo 2'de yer verilmiştir. Entropi yöntemi analiz sonuçlarına göre en etkili kriter öz kaynak karlılık oranı (0,074), etkisi en az olan kriter ise yabancı kaynakların öz kaynaklara oranı (0,034) olarak tespit edilmiştir. Ağırlıkların %74'ünü ilk 14 kriter oluşturmaktadır. Önem ağırlığı sıralamasında ilk 5'te yer alan kriterler değerlendirilecek olursa; firmaların sermaye etkinlikleri ve yönetim performansları hakkında önemli bir gösterge olan öz kaynak karlılık oranı ilk sırada yer alırken firmaların faaliyetlerini ne derece etkin kullandıklarının bilgisini veren faaliyet kar oranı ise ikinci sırada bulunmaktadır. Ayrıca yapılan birim satışlardan elde edilen karı ifade eden net kar oranı ve firmaların üretim performansları hakkında bilgi veren brüt kar oranı önem sıralamasında ilk sıralarda yer alan diğer kriterlerdir. Firmaların bir yıl içerisinde stoklarını yenileme değerini gösteren stok devir hızı yapılan satışlara bağlı olarak stokların güncellendiği düşünüldüğünde analiz sonucunda ilk sıralarda yer alan kriterler arasında bulunması beklenen bir durumdur.

4.2. TOPSIS Yönteminin Uygulanması

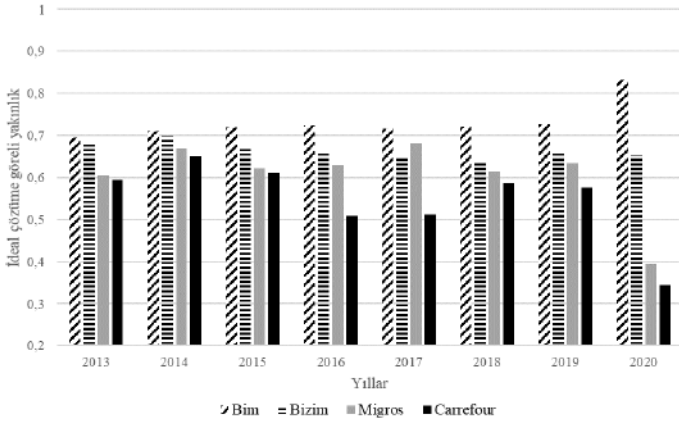
Çalışmada performans sıralaması için tercih edilen TOPSIS yönteminde ilk olarak karar matrisi oluşturulmuştur. Bir sonraki aşamada ise standart karar matrisi oluşturularak normalizasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Entropi yöntemi sonucunda elde edilen önem ağırlıkları çözüme dahil edilerek ağırlıklandırılmış standart karar matrisi hesaplanmıştır (Ek-A Tablo A.1). TOPSIS yöntemi sonucunda ele alınan firmaların yıllara göre performans sıralamaları elde edilmiş ve bu değerlere Tablo 3'te yer verilmiştir (C_i^* ideal çözüme göreli yakınlık değerini ifade etmektedir). İdeal çözüme göreli yakınlık dereceleri pozitif ve negatif ideal çözüm değerlerinin hesaplanmasıyla tespit edilmiştir. Entropi-TOPSIS yöntemi sonucuna elde edilen değerler yıllara göre Şekil 2'de gösterilmiştir. Yatay ekseninde faaliyet yılları ve dikey ekseninde ise ideal çözüme göreli yakınlık değerleri gösterilmektedir. Şekilde Migros Ticaret AŞ gri, CarrefourSA siyah, Bim AŞ çapraz siyah çizgili ve Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ yatay siyah çizgili olarak gösterilmiştir. Entropi-TOPSIS yöntemi sonuçlarına göre Bim AŞ her yıl en iyi performansı gösterirken, CarrefourSA ise en düşük performansa sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ ise 2017 yılı haricinde en iyi ikinci performansı göstermektedir. Migros Ticaret AŞ 2020 yılında ise 2019 yılına göre mali performansının düştüğü anlaşılmaktadır.

Tablo 2. Entropi ağırlık değerleri (Table 2. Entropy weights)

Gösterge	Finansal oranlar	Finansal olmayan veriler	W _j	Önem sırası
Öz Kaynak Karlılık Oranı	+		0,074	1
Faaliyet Karı Oranı	+		0,050	2
Stok Devir Hızı	+		0,048	3
Net Kar Oranı	+		0,047	4
Brüt Kar Oranı	+		0,045	5
Cari Oran	+		0,045	6
Asit - Test Oranı	+		0,045	7
Aktif Karlılık Oranı	+		0,044	8
Kısa Vadeli Yabancı Kaynak Oranı	+		0,043	9
Aktif Devir Hızı	+		0,043	10
Öz Kaynak Oranı	+		0,043	11
Alacak Devir Hızı	+		0,043	12
Çalışan Sayısı		+	0,042	13
Stoklar/Dönen Varlıklar Oranı	+		0,042	14
Maddi Duran Varlık Devir Hızı	+		0,041	15
Firma Yaşı		+	0,041	16
Şube Sayısı		+	0,040	17
Kaldıraç Oranı	+		0,040	18
Stoklar/Varlık (Aktif) Toplam Oranı	+		0,040	19
Uzun Vadeli Yabancı Kaynak Oranı	+		0,039	20
Net Çalışma Sermayesi Devir Hızı	+		0,038	21
Duran Varlıkların Öz Kaynağa Oranı	+		0,035	22
Yabancı Kaynakların Öz Kaynaklara Oranı	+		0,034	23

Tablo 3. TOPSIS performans sıralaması (Table 3. TOPSIS performance ranking)

Firma	Yıl	C _i *	Performans Sırası	Firma	Yıl	C _i *	Performans Sırası
Bim	2020	0,833	1	Carrefour	2014	0,649	17
Bim	2019	0,728	2	Bizim	2017	0,649	18
Bim	2016	0,724	3	Bizim	2018	0,637	19
Bim	2018	0,721	4	Migros	2019	0,633	20
Bim	2015	0,719	5	Migros	2016	0,629	21
Bim	2017	0,716	6	Migros	2015	0,621	22
Bim	2014	0,711	7	Migros	2018	0,615	23
Bizim	2014	0,698	8	Carrefour	2015	0,610	24
Bim	2013	0,695	9	Migros	2013	0,606	25
Migros	2017	0,683	10	Carrefour	2013	0,594	26
Bizim	2013	0,679	11	Carrefour	2018	0,587	27
Bizim	2015	0,669	12	Carrefour	2019	0,577	28
Migros	2014	0,669	13	Carrefour	2017	0,512	29
Bizim	2016	0,663	14	Carrefour	2016	0,508	30
Bizim	2019	0,657	15	Migros	2020	0,394	31
Bizim	2020	0,653	16	Carrefour	2020	0,344	32



Şekil 2. Entropi-TOPSIS sonucuna göre firmaların karşılaştırılması (Figure 2. Comparison of firms according to Entropy-TOPSIS result)

Entropi-TOPSIS performans sıralaması sonuçlarına göre (Tablo 3) ilk üç ve son üçte yer alan firmalar değerlendirmeye alındığında; Bim AŞ 2020 ve 2019 yıllarında sıralama olarak ilk ikide bulunan firmadır. Ele alınan bu iki senede pandeminin yaşanmasının ve beraberinde gelen tüketici davranışlarındaki değişikliğin firmanın ilk sıralarda yer almasında etkili olduğu söylenebilir. Tüketicinin taleplerini en yakın konumdaki gıda firmasından karşıladığı bu süreçte Bim AŞ'nin şube sayısının fazla olması firmanın ilk sıralarda yer almasını sağlamıştır. Ayrıca 2019 ve 2020 yıllarında çalışma kapsamında ele alınan firmanın şube sayısındaki diğer dönemlere göre ani artışın meydana gelmesi firmayı olumlu yönde etkileyen bir başka etkidir. Pandemi süreci tüketicide endişe yaratmış ve yaşanan endişe beraberinde tüketiciyi stoklama yapmaya yöneltmiştir. Bu bağlamda Bim AŞ'nin stok devir hızının yüksek çıkması, hızlı hizmet sunumu ve diğer firmalara kıyasla çalışan sayısının fazla olması finansal açıdan firmayı olumlu yönde etkilemiştir. Ele alınan bu iki yılda Bim AŞ'nin karlılık oranlarında yüksek değerlere sahip olması özellikle net kar oranında yaşanan artış firmanın ilk sıralarda yer almasında etkin rol oynamıştır. Bim AŞ'nin 2016 yılına ilişkin faaliyetleri göz önüne alındığında ise aktif devir hızı, şube sayısı ve çalışan sayısında geçmiş yıllara oranla meydana gelen artış firmanın ilgili yılda üçüncü sırada bulunmasında etkili olduğunu düşündürmektedir.

Performans sıralamasında son sıralarda yer alan firmalar incelendiğinde ise; CarrefourSA firmasının 2016 yılında cari oranında azalış meydana gelmiş ve brüt kar oranı hariç diğer karlılık oranları da negatif değer almıştır. Buna ek olarak geçmiş dönemlere kıyasla zararın fazla olmasının da firmanın son sıralarda yer almasında etkili olduğunu düşündürmektedir. Ayrıca şube sayısı ve bununla birlikte çalışan sayısındaki azalış firmayı olumsuz yönde etkilemiştir. 2020 yılında CarrefourSA ve Migros Ticaret AŞ aktif devir hızı ve öz kaynak oranlarının düşük olmasından dolayı son sıralarda yer aldığı anlaşılmıştır. Bu göstergelere ek olarak faaliyet kar oranı, net kar oranı ve stok devir hızlarında iki firmanın da oldukça düşük değerlere sahip olması sebebiyle son sıralarda buldukları ifade edilebilir. Pandemi sürecinde tüketiciler için şubelerin yakın konumda yer almasının önemli olduğu düşünüldüğünde, CarrefourSA'nın şube sayısının diğer firmalara kıyasla az olmasının firmanın son sıralarda yer almasına sebep olduğu sonucuna varılmıştır.

Pandemi sürecinde yani son iki yılda Bim AŞ öz kaynak oranlarının yüksek çıkmasına bağlı olarak iyi yönetilen mali yapıya sahip olduğu, firmanın beklenmeyen bir süreç yaşamasına rağmen fazla sarsılmadığı anlaşılmaktadır. Bu duruma ek olarak Bim AŞ ve Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ'nin stok devir hızlarının bu yıllarda yüksek olması, ürünlerin müşterilere gecikmeksizin arzı ve alternatif firmalara yönelimin olmaması adına olumlu bulunabilir. Ayrıca 2020 yılında firmanın stoklara yatırım yaptığı stokların dönen varlıklara oranından anlaşılmaktadır. Pandemi sürecinde sokağa çıkma tedbirlerinden dolayı müşterilere en yakınındaki firmalara ulaşım serbestisi tanınmıştır. Bim AŞ şube sayısının fazla olmasından dolayı rakiplerinden daha erişilebilir bir konumdadır. Pandemi sürecinde genel olarak Bim AŞ ve Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ firmalarının çok fazla etkilenmediği, CarrefourSA ve Migros Ticaret AŞ firmalarının ise daha fazla etkilendiği yorumu yapılabilir.

6. Sonuçlar

Perakende sektörü, insanların en temel ihtiyaçlarını karşılama noktasında en önemli sektörlerden biridir. Bu çalışmayla Borsa İstanbul'da işlem gören gıda perakende sektöründeki firmaların faaliyet performanslarının değerlendirilmesi ve analizi amaçlanmıştır. Firmaların 2013-2020 yıllarını içeren bilanço ve gelir tabloları kullanılarak analizler yapılmıştır. Analiz için sıklıkla başvurulan bir dizi likidite, mali yapı, faaliyet ve karlılık oranları belirlenmiştir. Ayrıca firmaların faaliyet raporlarından yararlanarak bir takım kriterler de analizde kullanılmak üzere tespit edilmiştir. Belirlenen finansal ve finansal olmayan performans göstergeleri ÇKKV yöntemi kullanılarak analiz edilmiştir. Önem ağırlıklarını belirlemede Entropi yöntemi kullanılırken firmaların performanslarının sıralanmasında ise TOPSIS yöntemi kullanılmıştır. Entropi-TOPSIS yönteminin sektörde, uygulanmasıyla firmaların mevcut durumlarından hareketle gelecekteki faaliyetleriyle ilgili ve sürdürülebilir büyümeleri için bir dizi değerlendirme sonucuna ulaşılmıştır.

Ele alınan bu çalışmayla mevcut çalışmalardan farklı olarak finansal performans değerlendirmede ülkemizde yaygın ağı bulunan ve günlük hayatta sıklıkla tercih edilen firmaların uzun vadedeki performansları karşılaştırılmış ve pandemi şartlarının etkileri incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar öz kaynak karlılık oranı yüksek, şube sayıları fazla, stok yönetimi iyi olan firmaların karlılıklarını koruyarak faaliyetlerine bu süreçte devam ettiklerini ortaya koymuştur. Ancak stok yönetimi, öz kaynağı ve mali yapısı zayıf olan firmaların bu süreçten olumsuz etkilendiği gözlemlenmiştir.

Gelecek çalışmalar için elektronik perakende sektöründe farklı alternatifler ve performans göstergeleri ile benzer bir yöntem uygulanabilir. Bu sayede sektörün gelişimi ve tüketici tercihleri göz önüne alınıp mevcut çalışma ile karşılaştırmalı olarak analiz edilebilir. Ayrıca, problemin yapısı gereği karşılaşılan belirsizlikten ve karmaşıklıktan dolayı farklı bulanık yaklaşımlar da modele dâhil edilebilir.

Kaynakça

- Allianz. (2020). *Allianz Araştırmalar Her Taşın Altına Bakmak: Covid-19'un Sektör Bazında Olumsuz Etkileri*. Retrieved from https://www.eulerhermes.com/content/dam/onemarketing/ehndbx/eulerhermes_com/tr_TR/documents/allianz-rapor-dizgi.pdf

- Altan, İ. M., ve Yıldırım, M. (2019). Sigorta Sektörünün Finansal Performansının Entropi Ağırlıklandırılmış TOPSIS Yöntemiyle Analizi ve Değerlendirilmesi. *İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi*, 8(1), 345-358.
- Aslay, F. (2021). TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Güneş Enerjisi Sistemlerinde Panel Seçimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(28), 548-551.
- Ayçin, E. (2019). Çok Kriterli Karar Verme: Bilgisayar Uygulamalı Çözümler. *Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara*.
- Ayçin, E., ve Güçlü, P. (2020). BIST Ticaret Endeksinde Yer Alan İşletmelerin Finansal Performanslarının Entropi ve MAIRCA Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*(85), 287-312.
- Behjat, A., Koc, M., ve Ostry, A. (2013). The importance of food retail stores in identifying food deserts in urban settings. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 170, 89-98. doi:10.2495/FENV130091
- Berman, B. R., ve Evans, J. R. (2013). *Retail Management: A Strategic Approach*: Pearson Education.
- Bim AŞ, (2021). Bim AŞ Yatırımcı İlişkileri Finansal ve Faaliyet Tabloları. Retrieved from <https://www.bim.com.tr/categories/105/yatirimci-iliskileri.aspx>
- Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ, Y. İ. (2021). Bizim Toptan Satış Mağazaları AŞ Yatırımcı İlişkileri Finansal ve Faaliyet Raporları. Retrieved from <https://www.biziminvestorrelations.com/default.aspx>
- Britannica. (2022). retailing. In T. E. o. Encyclopaedia (Ed.).
- CarrefourSA, Y. İ. (2021). CarrefourSA Yatırımcı İlişkileri Finansal ve Faaliyet Raporları. Retrieved from <https://yatirimciiliskileri.carrefoursa.com/tr-tr>
- Chakraborty, S. (2022). TOPSIS and Modified TOPSIS: A comparative analysis. *Decision Analytics Journal*, 2, 100021. doi:<https://doi.org/10.1016/j.dajour.2021.100021>
- Chen, C.-H. (2020). A Novel Multi-Criteria Decision-Making Model for Building Material Supplier Selection Based on Entropy-AHP Weighted TOPSIS. *Entropy*, 22(2), 259. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1099-4300/22/2/259>
- Cumhuriyet. (2021). Türkiye'de 2027'ye kadar 15,000'in üzerinde yeni market daha açılacak. *Cumhuriyet*. Retrieved from <https://www.cumhuriyet.com.tr/haber/turkiyede-2027ye-kadar-15000in-uzerinde-yeni-market-daha-acilacak-1815814>
- Demir, M., ve Tuncay, M. (2012). Türk Gıda Sektörünün Faaliyet ve Karlılık Oranları Açısından Analizi: İMKB Gıda Sektöründe İşlem Gören İşletmeler Üzerinde Bir Araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 17(2), 367-392.
- Demir, Z. (2020). Covid-19'un Bist 100'deki Şirketlerin Mali Tabloları Üzerindeki Etkisinin Oran Yöntemi ile Analizi. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 13(2), 439-465.
- Deste, M., ve Halifeoğlu, M. (2019). Perakende Ticaret Sektöründeki İşletmelerin Tedarik Zinciri Yönetimi Açısından Finansal Performans Kriterlerinin Belirlenmesi: Bist'de Bir Uygulama Perakende Ticaret Sektöründeki İşletmelerin Tedarik Zinciri Yönetimi. *Journal of Social Sciences Institute/Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(18).
- Dünya. (2021). 7 yılda 15 bin yeni market açılması bekleniyor. *Dünya*. Retrieved from <https://www.dunya.com/ekonomi/7-yilda-15-bin-yeni-market-acilmasi-bekleniyor-haberi-612010>
- Erdem, M., ve Erkan, T. E. (2019). Evaluation Of Supply Chain Performance Using An Integrated Two-Step Clustering And Interval Type-2 Fuzzy TOPSIS Method: A Case Study. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(37), 141-160.
- Euromonitor. (2015). Does Modern Grocery Expansion Lead to Industry Consolidation Euromonitor. Retrieved from <https://blog.euromonitor.com/does-modern-grocery-expansion-lead-to-industry-consolidation>
- Goić, M., Levenier, C., ve Montoya, R. (2021). Drivers Of Customer Satisfaction In The Grocery Retail Industry: a Longitudinal Analysis Across Store Formats. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 60, 102505. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jretconser.2021.102505>
- Goswami, S., ve Chouhan, V. (2021). Impact of change in consumer behaviour and need prioritisation on retail industry in Rajasthan during COVID-19 pandemic. *Materials Today: Proceedings*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.12.073>
- Gönültaş, B. (2020). OECD: Kovid-19 Nedeniyle Ekonomide Belirsizlik Yüksek Kalmaya Devam Ediyor. *AA*. Retrieved from <https://www.aa.com.tr/tr/ekonomi/oecd-kovid-19-nedeniyle-ekonomide-belirsizlik-yukse-kalmaya-devam-ediyor-/1975179>
- Gümüş, U. T., ve Bolel, N. (2017). Rasyo Analizleri ile Finansal Performansın Ölçülmesi: Borsa İstanbul'da Faaliyet Gösteren Havayolu Şirketleri'nde Bir Uygulama. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 4(2), 87-96.
- Hwang, C. L., ve Yoon, K. (1981). *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*. New York.
- Işık, Ö. (2019). Entropi ve TOPSIS Yöntemleriyle Finansal Performans ile Pay Senedi Getirileri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Kent Akademisi*, 12(1), 200-213.
- Kajan, A. (2020, 30.05.2020). Covid-19 perakende sektörünü nasıl etkiliyor? *Dagitimkanali*. Retrieved from <https://www.dagitimkanali.com.tr/2020/05/30/covid-19-perakende-sektorunu-nasil-etkiliyor/>
- KAP. (2021). KAP Finansal Tablolar. Retrieved from <https://www.kap.org.tr/>
- Kaya, A., ve Çoşkun, A. (2016). VZA İle İşletmelerde Etkinliğin Ölçülmesi: BİST Gıda, İçki Ve Tütün Sektöründe E Bir Uygulama. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(1), 231-242.
- Kazak, H. (2018). BİM Mağazalar Zinciri ve Türkiye Perakende Sektörünün Finansal Performanslarının Karşılaştırılması: Bilanço ve Gelir Tabloları Üzerine Oran Analizi Yöntemiyle Bir Araştırma. *Journal of Life Economics*, 5(3), 93-120.
- KPMG. (2021). *KPMG Perspektifinden Perakende Sektörüne Bakış*. Retrieved from <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2021/03/KPMG-Perspektifinden-Perakende-Sektorune-Bakis-2021.pdf>
- Mazman İtik, Ü. (2021). Mali Tablolar Analizi: Borsa İstanbul (BİST)'da Faaliyet Gösteren Bir Gıda İşletmesinde Uygulama (2015-2019). *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(80), 1641-1661.
- Migros Ticaret AŞ, (2021). Migros Ticaret AŞ Yatırımcı İlişkileri Finansal ve Faaliyet Raporları. Retrieved from <https://www.migroskurumsal.com/yatirimci-iliskileri/kurumsal>
- Nolan, P., Zhang, J., ve Liu, C. (2007). *The Retail Industry*: Palgrave Macmillan.

- Öğünç, H. (2018). Gıda ve Tekstil Sektörlerinin Karşılaştırmalı Finansal Analizi (2014-2016 Dönemi). *Bucak İşletme Fakültesi Dergisi*, 1(1), 53-70.
- Ömürbek, N., Demirci, N., ve Akalin, P. (2013). Analitik Ağ Süreci ve TOPSIS Yöntemleri ile Bilimsel Seçimi. *Akademik Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)*, 5(9), 118-140.
- Özbek, A. (2016). BİM Mağazalar Zincirinin 2008-2015 Dönemi Finansal Performansının ELECTRE III Yöntemi ile Ölçümü. *Kırıkkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(2).
- Özkan, B., Dengiz, O., ve Demirağ Turan, İ. (2019). Site suitability assessment and mapping for rice cultivation using multi-criteria decision analysis based on fuzzy-AHP and TOPSIS approaches under semihumid ecological condition in delta plain. *Paddy and Water Environment*, 17(4), 665-676. doi:10.1007/s10333-019-00692-8
- Öztürk, R., ve Dündar, A. O. (2020). The Effect Of Online Shopping Services On Customer Satisfaction: The Mediation Role Of Return Management. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 19, 539-548.
- Petrov, A. I. (2022). Entropy Method of Road Safety Management: Case Study of the Russian Federation. *Entropy*, 24(2), 177. Retrieved from <https://www.mdpi.com/1099-4300/24/2/177>
- Piron, F., ve Young, M. (2001). Retail borrowing: definition and retailing implications. *Journal of Retailing and Consumer Services*, 8(3), 121-125. doi:[https://doi.org/10.1016/S0969-6989\(00\)00022-9](https://doi.org/10.1016/S0969-6989(00)00022-9)
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 27(3), 379-423.
- Singh, H. (2009). *Retail Management A Global Perspective (Text and Cases)*: S Chand & Co Ltd
- Şenyiğit, E., ve Ünal, Z. (2019). BWM-MOPA Yöntemi ile En İyi RFID Sisteminin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9-14.
- TAMPF. (2020). *EY-Parthenon & TAMPF COVID-19 Yönetici Anketi Anket sonuçları*. Retrieved from <http://tampf.org.tr/wp-content/uploads/2016/09/ey-parthenon-tampf-covid-19-yoenetici-anketi.pdf>
- TCMB. (2022). TCMB Finansal Oran Formülleri. Retrieved from https://www3.tcmb.gov.tr/sector/dosyalar/menu/ratios_tr.pdf
- TÜİK. (2020). Hanehalkı Bilişim Teknolojileri (BT) Kullanım Araştırması. Retrieved from [https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-\(BT\)-Kullanim-Arastirmasi-2020-33679](https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hanehalki-Bilisim-Teknolojileri-(BT)-Kullanim-Arastirmasi-2020-33679)
- TÜİK. (2021). Perakende Satış Endeksleri, Ocak 2021. Retrieved from <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Perakende-Satis-Endeksleri-Ocak-2021-37356>
- Ülker, Y., ve Arslan, Ö. (2020). Türkiye’de Gıda Perakendeciliği Sektöründe Finansal Analiz ve Bir Uygulama. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(4), 2531-2546.
- Yenisu, E. (2019). Finansal Tabloların Oran Analizi ile İncelenmesi: Adese Örneği. *Aksaray Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 19-45.
- Yücel, Y. B. (2018). Çok kriterli karar verme teknikleri ile tekstil sektöründe en uygun tedarikçi seçimi ve bir yazılım uygulaması. Bartın Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü,

EK- A

Tablo A.1 Karar matrisi (Table A.1. Decision matrix)

Firma	LO1	LO2	LO3	LO4	FO1	FO2	FO3	FO4	FO5	MYO1	MYO2	MYO3	MYO4	MYO5	MYO6	KO1	KO2	KO3	KO4	KO5	CS	SS	FY
MİGROS2013	0,84	0,48	0,43	0,15	147,27	1,23	6,15	- 18,76	5,78	0,86	0,14	5,98	0,41	0,45	4,60	0,27	0,03	- 0,06	- 0,56	- 0,08	18856	1004	59
CARREFOUR2013	0,66	0,29	0,56	0,17	92,06	1,66	7,54	- 10,63	5,79	0,48	0,52	0,94	0,46	0,03	1,36	0,24	- 0,04	- 0,04	- 0,12	- 0,06	7000	243	18
BİM2013	0,96	0,57	0,41	0,24	34,36	4,39	15,65	-169,20	12,08	0,63	0,37	1,70	0,61	0,02	1,12	0,16	0,04	0,03	0,41	0,15	23648	4199	18
BİZİM2013	1,14	0,40	0,65	0,51	29,46	4,88	8,73	51,50	24,95	0,70	0,30	2,38	0,69	0,01	0,72	0,09	0,02	0,02	0,29	0,09	1831	152	12
MİGROS2014	0,64	0,28	0,56	0,17	169,76	1,45	6,19	- 8,23	6,31	0,84	0,16	5,08	0,49	0,35	4,20	0,27	0,03	0,01	0,11	0,02	20470	1029	60
CARREFOUR2014	0,69	0,18	0,73	0,24	122,26	1,70	5,30	- 11,37	5,16	0,51	0,49	1,02	0,48	0,03	1,36	0,25	- 0,03	0,03	0,11	0,05	8000	370	19
BİM2014	0,90	0,50	0,45	0,25	32,48	4,47	15,16	- 69,18	11,63	0,65	0,35	1,82	0,62	0,02	1,24	0,15	0,03	0,03	0,34	0,12	28098	4806	19
BİZİM2014	1,02	0,43	0,58	0,42	18,95	4,29	10,25	339,75	20,34	0,75	0,25	2,95	0,71	0,04	1,09	0,09	0,01	0,00	0,08	0,02	1810	153	13
MİGROS2015	0,75	0,34	0,54	0,19	188,38	1,63	6,22	- 13,61	7,18	0,91	0,09	10,16	0,47	0,44	7,22	0,27	0,03	- 0,04	- 0,72	- 0,06	22000	1559	61
CARREFOUR2015	0,59	0,22	0,63	0,20	129,55	1,30	- 4,76	- 5,83	4,71	0,73	0,27	2,76	0,55	0,19	2,54	0,26	- 0,02	- 0,01	- 0,04	- 0,01	13000	779	20
BİM2015	0,90	0,49	0,45	0,23	33,15	4,18	14,98	- 74,22	9,77	0,60	0,40	1,50	0,57	0,02	1,20	0,16	0,04	0,03	0,35	0,14	30232	5400	20
BİZİM2015	1,06	0,48	0,55	0,42	16,84	4,24	10,00	92,73	24,50	0,76	0,24	3,13	0,73	0,03	0,94	0,09	0,01	0,01	0,10	0,02	1744	156	14
MİGROS2016	0,76	0,38	0,50	0,20	189,25	1,75	6,36	- 14,02	8,72	0,96	0,04	25,28	0,52	0,44	15,78	0,27	0,03	- 0,03	- 1,21	- 0,05	32333	1615	62
CARREFOUR2016	0,49	0,23	0,54	0,19	117,91	1,49	6,23	- 4,14	6,75	0,88	0,12	7,07	0,70	0,17	5,30	0,22	- 0,10	- 0,10	- 1,15	- 0,14	10545	656	21
BİM2016	0,89	0,52	0,42	0,22	31,09	4,02	14,93	- 64,08	9,60	0,62	0,38	1,62	0,59	0,02	1,10	0,17	0,04	0,03	0,35	0,13	35510	6167	21
BİZİM2016	1,07	0,46	0,56	0,43	27,37	4,82	10,26	102,97	26,84	0,76	0,24	3,21	0,72	0,05	1,00	0,09	0,00	0,00	0,01	0,00	1798	162	15
MİGROS2017	0,68	0,34	0,51	0,19	158,33	1,49	5,90	- 8,82	4,10	0,85	0,15	5,75	0,54	0,32	4,27	0,27	0,02	0,03	0,33	0,05	26779	1897	63
CARREFOUR2017	0,46	0,24	0,48	0,19	81,28	1,40	5,63	- 3,04	5,94	0,98	0,02	46,31	0,85	0,13	28,96	0,26	- 0,04	- 0,07	- 4,46	- 0,09	10750	625	22
BİM2017	0,94	0,56	0,40	0,21	28,24	3,53	14,11	-108,52	8,10	0,58	0,42	1,38	0,55	0,03	1,16	0,17	0,04	0,03	0,29	0,12	40362	6765	22
BİZİM2017	0,92	0,49	0,47	0,35	43,82	4,08	10,67	- 63,27	20,28	0,85	0,15	5,71	0,81	0,04	1,70	0,08	0,01	0,01	0,29	0,04	1855	176	16
MİGROS2018	0,67	0,33	0,50	0,21	154,54	1,72	5,99	- 8,51	4,85	0,94	0,06	16,14	0,61	0,33	10,09	0,28	0,02	- 0,04	- 1,32	- 0,08	39500	2059	64
CARREFOUR2018	0,51	0,24	0,52	0,24	92,85	1,96	6,10	- 4,41	8,21	0,98	0,02	48,75	0,91	0,07	26,82	0,25	- 0,06	- 0,00	- 0,22	- 0,00	9688	596	23
BİM2018	0,94	0,53	0,43	0,23	27,87	3,61	12,69	-111,85	8,74	0,61	0,39	1,55	0,57	0,03	1,17	0,18	0,05	0,04	0,36	0,14	47980	7478	23
BİZİM2018	0,96	0,55	0,42	0,33	81,00	4,42	11,81	-140,60	26,30	0,82	0,15	5,58	0,82	0,00	1,44	0,11	0,01	0,01	0,17	0,03	2012	174	17
MİGROS2019	0,70	0,35	0,51	0,18	183,54	1,60	6,37	- 10,23	6,21	0,98	0,02	43,79	0,52	0,46	28,44	0,27	0,03	- 0,02	- 1,52	- 0,03	45000	2153	65
CARREFOUR2019	0,47	0,20	0,56	0,21	99,46	1,73	5,90	- 4,00	10,01	1,08	0,08	13,23	0,81	0,27	7,59	0,27	- 0,00	- 0,05	- 1,14	- 0,09	10456	630	24
BİM2019	0,84	0,51	0,39	0,16	28,06	2,65	14,03	- 33,74	9,29	0,72	0,28	2,58	0,48	0,24	2,13	0,17	0,05	0,03	0,29	0,08	51765	8438	24
BİZİM2019	0,89	0,55	0,39	0,26	72,20	3,96	13,51	- 48,71	25,92	0,88	0,12	7,07	0,75	0,12	2,64	0,11	0,02	0,01	0,23	0,03	2164	175	18
MİGROS2020	0,71	0,39	0,46	0,22	164,96	1,87	6,41	- 9,61	10,38	1,67	0,00	767,20	0,67	1,00	240,49	0,26	0,04	- 0,01	-12,07	- 0,03	50000	2319	66
CARREFOUR2020	0,56	0,28	0,51	0,23	102,37	1,73	5,52	- 4,90	8,76	1,00	0,00	267,54	0,81	0,19	146,68	0,27	- 0,01	- 0,04	-17,81	- 0,07	10000	643	25
BİM2020	1,01	0,63	0,38	0,18	21,22	2,37	10,73	482,58	8,91	0,69	0,31	2,27	0,47	0,22	1,71	0,18	0,07	0,05	0,36	0,11	60663	9365	25
BİZİM2020	0,88	0,51	0,42	0,29	55,85	3,53	10,93	- 36,89	22,29	0,90	0,10	8,96	0,79	0,11	3,06	0,11	0,02	0,01	0,25	0,03	2451	173	19



Kentsel Peyzaj Planlamada Sürdürülebilir Yağış Suyu Yönetim Stratejilerinin Geliştirilmesi: Kastamonu Üniversitesi Kuzeykent Yerleşkesi Örneği

Gül Aslı Aksu^{1*}

^{1*} Kastamonu Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü (ORCID: 0000-0002-6847-6182), gaaksu@kastamonu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 25 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 25 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1062637)

ATIF/REFERENCE: Aksu, G.A. (2022). Kentsel Peyzaj Planlamada Sürdürülebilir Yağış Suyu Yönetim Stratejilerinin Geliştirilmesi: Kastamonu Üniversitesi Kuzeykent Yerleşkesi Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 34-46.

Öz

Üniversiteler kent kimliğinin şekillenmesi üzerinde önemli roller üstlenebilen yapılardır. 215,5 ha'lık bir arazi üzerinde kurulu olan Kastamonu Üniversitesi Kuzeykent Kampüsü, doğal-kültürel bileşenleriyle, kent ekosisteminin küçük bir modelini oluşturmaktadır. Bu yapıyla kent kimliğini destekleme, biyolojik çeşitliliği artırma, uygulama ve ar-ge faaliyetleriyle örnek teşkil etme, kamu ve özel sektörlerdeki paydaşlar arasında köprü görevi görme gibi önemli değerlere katkı sağlayabilecek potansiyelindedir. Gelişim süreci devam etmekte olan kampüs, ekolojik planlama algısıyla ortaya konacak önerilerin uygulanabileceği bir yapıya da sahiptir. Tüm bu özellikleri göz önünde bulundurularak örnek alan olarak seçilen Kastamonu Üniversitesi Kampüsü ekolojik planlama yaklaşımı çerçevesinde ele alınmış ve yağış suyu yönetim kriterleri çerçevesinde bütüncül bir algıyla değerlendirilmiştir. Araştırma alanının yağış suyu yönetim potansiyelini ortaya koyabilmek üzere öncelikle eğitim, bakım ve yükseltme kriterlerine bağlı olan topoğrafya yapısı Analitik Hiyerarşi Yöntemi (AHP) yardımıyla değerlendirilmiş, sonrasında gerçekleştirilen havza analizi ile su yönetimi açısından potansiyeli en yüksek olan alanlar belirlenmiştir. Tespit edilen alanlar, kampüsün yapılanma koşullarıyla birlikte değerlendirilerek kritik edilmiştir. Bütüncül bir yağış suyu yönetim potansiyelinin kent ekosistemi açısından sağlayacağı faydalar tartışılmış ve öneriler getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kentsel peyzaj planlama, Yağış suyu yönetimi, Peyzaj ekolojisi, Peyzaj fonksiyonu, Analitik hiyerarşi yöntemi (AHP), Kampüs tasarımı, Kastamonu.

Developing Sustainable Stormwater Management Strategies in Urban Landscape Planning: The Case of Kastamonu University Kuzeykent Campus

Abstract

Universities are structures that can play an important role in shaping the urban identity. Kastamonu University Kuzeykent Campus, which is established on a 215.5 ha area, constitutes a small model of the urban ecosystem with its natural-cultural components. With this structure, it has the potential to contribute to important values such as supporting urban identity, increasing biological diversity, setting an example with its application and R&D activities, and acting as a bridge between stakeholders in the public and private sectors. The campus, whose development process continues, also has a structure where suggestions to be put forward with the perception of ecological planning can be implemented. Kastamonu University Campus, which was chosen as a sample area considering all these features, was handled within the framework of ecological planning approach and evaluated with a holistic perception within the framework of rainwater management criteria. In order to reveal the rainwater management potential of the research area, first of all, the topographic structure, which depends on the slope, aspect and elevation criteria, was evaluated with the help of the Analytic Hierarchy Method (AHP), and then the areas with the highest potential in terms of water management were determined by the basin analysis. The identified areas were evaluated together with the structuring conditions of the campus and critically assessed. The benefits of a holistic rainwater management potential for the urban ecosystem were discussed and suggestions were made.

Keywords: Urban landscape planning, Stormwater management, Landscape ecology, Landscape function, Analytical Hierarchy Process (AHP), Campus design, Kastamonu.

* Sorumlu Yazar: gaaksu@kastamonu.edu.tr / aslizobay@yahoo.de

1. Giriş

Peyzaj, çok bileşenli ve çok fonksiyonlu, doğal-kültürel etkileşimlerin hâkim olduğu karmaşık; kendi kendini şekillendirebilen kusursuz bir "Gestalt Sistemi'dir". Bu nedenle, en küçük biyotoptan, ekosfer ölçeğine kadar, çok yönlü bütüncül bir sistem algısıyla araştırılması, ölçeklendirilmesi, yönetilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Burada esas olan; peyzajın yapı taşlarının teşkil ettiği bütünü etkili bir şekilde ortaya koyabilmek ve bu bütünü bozan faktörlere karşı uygulanabilir çözümler üretebilmektir (Naveh, 2001; McHarg, 1992; Aksu, 2020b; Aksu, 2014).

Ekolojik planlama, çevrenin sadece insan gereksinimlerinin karşılandığı bir mekân olarak değil, aynı zamanda özünden gelen var olma değeriyle birlikte dikkate alınmasını gerektirmektedir (Şahin, 2003). Peyzaj yönetim ve planlama kararlarını da kapsayan bu gereklilik, çevreye dair bileşenlerin bütüncül ve sürdürülebilir bir ekosistem algısı içerisinde değerlendirilmesi zorunluluğunu da beraberinde getirmektedir. Peyzaj planlama, yönetim ve tasarım süreçlerinde temel gaye; çevreyi ve göstergelerini iyi okumak, çevreden ilham almak ve bozulan doğal döngüleri tekrar işlevsel hale getirmektir. Doğal ve kültürel çevreye dair tüm fonksiyonlar ve süreçler bir bütün olarak değerlendirilerek uyumlu hale getirilmelidir. Ancak bu bütünleşme sayesinde, insan faaliyetlerinin çevre üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkiler ve sorunlar bertaraf edilebilir.

Doğadan neler öğrenilebileceğine odaklanan "Biyomimikri" doğaya bir öncü ve örnek gözüyle bakmakta, çevre bileşenlerinin oluşturduğu eşsiz sistemleri ve sürdürülebilir döngüleri anlamaya çalışmaktadır. Bu yaklaşıma göre doğa, bir kurban değil aksine kadim bir öğretmendir ve bu bakış açısıyla gerçekleştirilen tasarımlar doğa ile bütünleşebilmektedir (Benyus, 2009). Ekolojik tasarımın temel hedefi insan elinden çıkan tasarımların doğal döngüler ve sistemlerle uyumlu hale getirilmesi ve biyosfer ile bütünleşik hale getirilmesidir. Yapısal çevre ile doğal çevre koşulları arasındaki bağlantısallık, ekolojik tasarımın temel öncülüdür (Yeang, 2006). Bu bütünleşme sürdürülebilir kalkınma hamlelerinin ortak hedefi olmalıdır.

Ekolojik tasarım sürecinde, yapay unsurları doğal sistemin parçası haline getirme, aksayan döngüleri tekrar işlevsel hale getirme çabası ile birlikte, insan faaliyetlerinin çevreye kattığı kültürel değerler de göz ardı edilmemelidir. Alanın kimlik değerlerini oluşturan doğal ve kültürel bileşenler uyum içerisinde tasarım sürecine yansıtılmalıdır.

Üniversiteler, topluma kültürel ve işlevsel açıdan örnek olan yapılardır. Sürdürülebilir bir yaşam tarzının yaygınlaşmasında etkin olan en önemli eğitim-öğretim kurumlarıdır. Bu nedenle kaynakların etkin kullanımını benimseyen, çevre potansiyelleri ile kullanım ihtiyaçlarını bir bütün olarak değerlendiren sürdürülebilir kampüs uygulamaları dünya genelinde yaygınlaşmaktadır. Boğaziçi Üniversitesi ülkemizdeki sürdürülebilir kampüs uygulamalarına liderlik ederek 2011 yılında kampüs alanındaki karbon ayak izlerini takip etmeye başlamıştır. Akabinde enerji etkinliği, su ve atık yönetimi gibi konularda da girişimlerde bulunmuştur (Kayapınar Kaya vd., 2019). İstanbul Teknik Üniversitesi Yeşil Kampüs Projesi kapsamında yerleşke içerisinde yeşil ve mavi sistemlerin yönetimini ve döngüleri göz önünde bulunduran ekolojik bir yaklaşım sergilenmiştir (URL-1; Tunçay, 2021). Benzer örnekler

dünyada ve Türkiye'de hızla yaygınlaşırken Kastamonu gibi hem ekolojik hem de kültürel çeşitliliğin yüksek olduğu bir ilde yer alan "Kastamonu Üniversitesi Kuzykent Yerleşkesi", yapılanma ve gelişim süreci devam etmekte olan dinamik bir kampüs olarak dikkat çekmektedir ve bu özellikleri nedeniyle araştırmaya konu edilmiştir.

Küresel iklim değişimi, ülkemizde kullanılabilir su kaynaklarının azalması yönünde etki ederken yağış suları, sürdürülebilir planlama ve tasarım çalışmaları için önemli bir gösterge niteliği taşımaktadır. Yağış sularının yönetimine ve hasadına odaklanan araştırmalar, kent ekosisteminin en önemli bileşenlerinden olan su döngüsüne uyum sağlamayı hedeflemektedir. Bu yaklaşımla araştırmaya konu edilen "Kastamonu Üniversitesi Kuzykent Yerleşkesi", ekolojik planlama ve tasarım kriterleri açısından değerlendirilmiştir. "Analitik Hiyerarşi Sürecine (AHP)" dayalı çok ölçütlü değerlendirme yöntemi yardımıyla eğitim, bakı ve yükselti kriterlerine göre topoğrafyanın yağış suyu yönetim potansiyeli bakımından uygunluk durumu ortaya konmuş ve peyzaj planlama, yönetim, onarım ve tasarım çalışmalarına ışık tutacak bir gösterge olarak yorumlanmıştır. Bu değerlendirme çerçevesinde kampüs alanı sürdürülebilir kalkınma ve ekolojik planlama ilkeleri çerçevesinde bütüncül bir yaklaşımla irdelenerek, koruma-kullanma dengesini gözeterek uygulamaya yönelik öneriler getirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Kastamonu ili 33-34° doğu boylamları ile 41-42° kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır. Doğuda Sinop ve Çorum, güneyde Çankırı, batıda Karabük ve Bartın illeriyle çevrelenen ilin kuzeydeki doğal sınırını Karadeniz oluşturur (Şekil 1). Bölgenin jeolojik yapısında genel olarak dağlar egemendir. Şehrin güneyinde doğu-batı doğrultulu Ilgaz Dağları ve kent merkezinin kuzeyinde denize paralel uzanan Küre Dağları ön plana çıkmaktadır. 13.108 kilometrekare yüzölçümüne sahip Kastamonu'nun, Karadeniz'e 170 kilometrelik sahili bulunmaktadır. Ortalama rakım 780 metredir. Kent merkezi 137.391, il toplamı ise 368.907 nüfusa sahiptir. Kastamonu'da merkez dâhil 20 belediye ve 1071 köy bulunmaktadır. Yeryüzü şekillerinin dağılımına bakıldığında, Kastamonu'nun %76'sının dağlardan, %21'inin platolardan ve %3'ünün de ovalardan oluştuğu görülmektedir. Bu coğrafi dağılımda ormanlar yaklaşık olarak %65'lik bir alanı kaplarken tarım alanları %30'luk bir paya sahiptir (URL-2).



Şekil 1. Kastamonu Üniversitesi Merkez Yerleşkesi'nin içerisinde yer aldığı Kastamonu İli Merkez İlçesi'nin Konumu. (Figure 1. Location of Kastamonu University Central Campus in Kastamonu Province Central District.)

Yapılan arkeolojik kazılar ve yüzey araştırmaları sonucunda Kastamonu'nun paleolitik dönemden günümüze kadar kesintisiz bir kronolojiye sahip olduğu görülmektedir (Karasalihoğlu, 2018).

Kastamonu, somut olmayan kültürel miras değerleri bakımından; Kına Gecesi, İmece Usulü, Bıçakçılık Geleneği gibi tescillenmiş değerlerin yanı sıra çok sayıda ritüele ve geleneğe ev sahipliği yapmaktadır.

Doğal ve kültürel değerler bakımından çeşitlilik sergileyen Kastamonu İli'nin Merkez İlçesi, Kuzeykent Mahallesi sınırları içerisinde yer alan "Kastamonu Üniversitesi Merkez Yerleşkesi", kuzeyde Küre, güneyde Ilgaz dağları arasında kalarak Karadeniz'in nisbeten ılıman etkisinden uzaklaşmakta ve karasal iklimin etkisi altında kalmaktadır. Bununla birlikte tanımlanan özel konumu nedeniyle başta tarım, orman ve kent ekosistemleri olmak üzere çeşitli habitatların etki ve geçiş alanı üzerinde yer almakta ve gerek biyolojik, gerekse kültürel zenginlikler bakımından önemli bir potansiyel sergilemektedir.

Kuzeykent Mahallesi, kuzey-güney yöneliminde büyümekte olan Kastamonu İli'nin kentsel gelişim sahasının etkisinde kalmaktadır. TÜİK Adrese Dayalı Nüfus sistemi verilerine göre 2020 yılında 27.814 kişilik nüfusu olan Kuzeykent Mahallesi reel nüfusu, üniversite öğrenci ve çalışanları göz önünde bulundurulduğunda artış göstermektedir. Kastamonu Üniversitesi Merkez Yerleşkesi, doğu-batı yöneliminde ise daha ziyade tarım arazilerinin yoğunlaştığı Daday-Taşköprü etki alanında yer almaktadır ve 215,5 ha yüzölçümüne sahiptir (Şekil 2).



Şekil 2. Kastamonu Merkez İlçesi Kuzeykent Mahallesi, kuzey-güney yöneliminde Kastamonu'nun gelişim bölgesinin; doğu-batı yönünde ise tarım arazilerinin etki alanında yer almaktadır. (Figure 2. The Kuzeykent Neighborhood of Kastamonu Central District, is located in the development area of Kastamonu in the north-south direction and it in the impact area of agricultural lands in the east-west direction.)

Bu konumu, kampüsün başta tarımsal üretim, kırsal yaşam ve kentsel gelişim faaliyetleri olmak üzere stratejik bir geçiş zonunda yer almasına sebep olmuştur.

Hagan (2015)'a göre "Ekolojik Şehircilik", kentin metaforik bir ekosistem olarak görülmesini ön plana çıkarır. Buradaki fikir, kentsel alanlara aynı verimliliği ve doğal ekosistemin yaşamı koruma özelliğini elde etme imkânı vermek için yapay ekosistemler geliştirmektir. Ekolojik şehircilik, şehircilik ile ekoloji arasında ideal bir köprü vazifesi görmeyi hedefler.

Kastamonu Üniversitesi Kuzeykent Yerleşkesi; biyolojik çeşitlilik, ekonomik faaliyetler, kentsel gelişim üçgeninde önemli bileşenler bakımından Kastamonu İlini temsil etme potansiyeline sahiptir. Kampüs genelinde gerçekleştirilecek olan sürdürülebilir kalkınmaya ve ekolojik planlamaya yönelik faaliyetlerin, il ölçeğinde de örnek teşkil edebilecek ve öncülük edecek nitelikte olduğuna kanaat getirilmiştir. Hem kenti temsil edebilecek konum ve nitelikte olması hem de kendi içerisinde dinamikleri olan bütüncül bir ekosistem teşkil etmesi, K.Ü. Kuzeykent Kampüsü'nün araştırma alanı olarak tercih edilmesini sağlamıştır.

2.2. Yöntem

Kentleşme peyzaj desenlerine mekânsal dönüşüm süreçleri şeklinde etki ederken, peyzaj fonksiyonları da başta iklim, toprak, rölyef ve biyotik yapı olmak üzere kentleşmeden ötürü değişime uğramakta, hatta etkinin boyutuna bağlı olarak geri dönüşümü çok zor olan bozulmalara maruz kalmaktadır.

Kampüs alanları, kentsel ekosistemin daha küçük ölçekli bir modelini oluşturur. Bu nedenle yönetim planlama ve tasarım kararları verilirken temel bileşenlerin, ekosistem algısı ile ve sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda değerlendirilmesi gerekmektedir (Aksu ve Gezer, 2021).

Kastamonu Üniversitesi Kuzeykent Yerleşkesi, yukarıda belirtilen unsurlar arasındaki ilişkileri ortaya koyabilmek adına öncelikle yağış suyu yönelimleri göz önünde bulundurularak alt havzalara ayrılmıştır. Sonrasında tespit edilen bu havzaların su toplama potansiyelleri; eğitim, bakı ve yükselti kriterlerine göre değerlendirilmiştir. Eğitim, bakı ve yükselti kriterlerinin değerlendirilmesi, AHP'ye dayalı çok ölçütlü bir uygunluk analiziyle gerçekleştirilmiştir (Harker ve Vargas, 1987; Saaty ve Vargas, 2012). Bu yöntem yardımıyla kriterler arasındaki ilişkiler ve bu ilişkilerdeki katkı oranlarına bağlı olarak ağırlıkları ortaya konabilmiştir. AHP yöntemi kriterlere atanan değerlerin tutarlılığının test edilebilmesine ve böylelikle göreceliğin azaltılmasına katkı sağlamıştır (Aksu et al., 2017; Aksu ve Küçük, 2020).

Öncelikle kampüs alanı sınırları içerisine rasgele atanan 10.000 örnek nokta için Google Earth pro yazılımından yükselti bilgileri atanmış ve bu noktalar referans alınarak yüksek çözünürlüğe (5m) sahip DEM verisi üretilmiştir. Bu DEM verisi kullanılarak ArcMap 10.2 yazılımında havza, eğim, bakı ve yükselti analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen eğim, bakı ve yükselti kademelerine, havzanın su tutma potansiyeli göz önünde bulundurularak 1-9 aralığında değerler atanarak bu haritalar AHP yöntemiyle tespit edilen ağırlık oranlarına göre çakıştırılmıştır. Böylelikle havza düzeyinde kampüs alanı içerisinde su yönetimine etki edecek düzenleme ve kararları yönlendirebilecek nitelikte bir yüzey suyu potansiyeli haritası elde edilmiştir. Kampüs alanında bugüne kadar yapılmış olan tüm düzenlemeler (yapıların yerleştirilmesi, çevre düzenlemeleri vb.) ve düzenlemelerin özellikle arazi yapısı üzerinde meydana getirdiği değişimler halihazır harita üzerinden irdelenerek su potansiyeli ile ilişkilendirilmiştir. Bu değerlendirme sistematığı aynı zamanda kampüsün sürdürülebilirliği ile ilgili diğer kriterlerin yorumlanmasına altlık teşkil edebilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Kastamonu, toprak aşınım derecesi bakımından ağırlıklı olarak orta ve kuvvetli derecede aşınabilen topraklara sahiptir (Cebel vd., 2013). Kampüs alanında da infiltrasyon kapasitesi

oldukça düşük olan killi bir toprak tipinin hâkim olduğu görülmektedir. Bu toprak yapısı ancak uzun süreli yağışların akabinde su doygunluğuna erişebilmektedir. Özellikle ani ve yoğun yağışlarda yüzeysel akış aniden tetiklenmektedir. Geçirimlilik faktörünü olumsuz yönde etkileyen bu yapı, kampüs planlamasında su yönetimine yönelik araştırmalara ve uygulamalara öncelik verilmesini gerektiren bir diğer önemli göstergedir. Toprak tipi ve strüktürü gibi geçirimlilikle ilgili bileşenler tüm kampüs alanında benzer ve homojen bir karakter

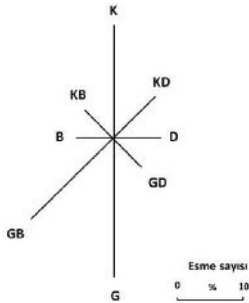
sergilediği için çok ölçütlü analize bir katman olarak dahil edilmemiştir.

Kampüsün içerisinde yer aldığı Kuzeykent Mahallesi, Kastamonu'nun merkezinde yer almaktadır. Merkez bölgesi, Karadeniz etkisinden uzak bir konumda yer aldığı için ve başta Küre Dağları olmak üzere kuzeyden gelen deniz etkisini kıran jeomorfolojik oluşumların bariyer etkisi altında olduğundan nispeten karasal bir iklim karakteri sergilemektedir (Tablo 1).

Tablo 1. Kastamonu Gözlem İstasyonu iklim verileri (URL-3) (Table 1. Climate data of Kastamonu Observation Station)

KASTAMONU M.İ. Ölçüm Periyodu: (1930 - 2020)	Aylar												Yıllık
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Ortalama Sıcaklık (°C)	-1.0	0.8	4.4	9.5	14.1	17.5	20.1	19.9	15.8	10.9	5.2	0.9	9.8
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	3.2	6.1	10.9	16.6	21.2	24.7	27.8	28.1	24.0	18.2	11.0	4.9	16.4
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	-4.6	-3.5	-0.8	3.3	7.6	10.5	12.3	12.2	8.9	5.2	0.9	-2.4	4.1
Ortalama Güneşlenme Süresi (sa)	2.3	3.6	4.5	5.7	7.1	8.5	9.8	9.4	7.3	5.5	3.8	2.0	5.8
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	13.9	13.1	13.9	15.4	17.1	13.3	7.7	7.3	8.3	11.0	11.5	14.0	146.5
Aylık Toplam Yağış Miktarı Ort.(mm)	29.7	27.4	35.0	51.1	75.3	73.1	32.3	31.3	30.1	34.9	28.6	33.5	482.3
En Yüksek Sıcaklık (°C)	17.3	21.1	27.8	31.4	35.1	37.5	42.2	40.2	39.3	32.5	24.7	21.1	42.2
En Düşük Sıcaklık (°C)	-26.9	-22.3	-19.7	-8.5	-3.6	0.2	3.8	0.9	-1.5	-7.5	-19.3	-23.7	-26.9

Kastamonu Merkez'de birinci hâkim rüzgâr yönü G 19° B ve frekansı %43'tür. İkinci hâkim rüzgâr yönü ise K 18,9° D ve frekansı %29'dur (Coşkun, 2021). Bu veri, kuzey-güney yönelimine sahip olan kampüs alanının hâkim rüzgârlara açık olduğunu göstermektedir (Şekil 3).



Şekil 3. Kastamonu Merkez için yıllık esme sayılarına göre hazırlanmış rüzgâr gülü (Coşkun, 2021'den uyarlanmıştır). (Figure 3. Wind diagram prepared according to annual blow numbers for Kastamonu Center (adapted from Coşkun, 2021).

Kastamonu Üniversitesi Yerleşkesi, Kastamonu il merkezini doğu ve batıda sınırlandıran engebeli arazinin kuzeyde son bulunduğu ve Daday çayı boyunca uzanan tarım arazilerinin yer aldığı nispeten düz alanla kesiştiği bölgede yer almaktadır (Şekil 4a). Bu nedenle kampüs arazisinde engebeli geçişler devam etmektedir (Şekil 4b). 733-833 m. rakım aralığında yükselip alçalı alan, bakı açısından da çeşitlilik göstermektedir (Şekil 4c). Bu geçişler eğimin de yer yer %40 değerine kadar yükselmesine sebep olmaktadır (Şekil 4d).

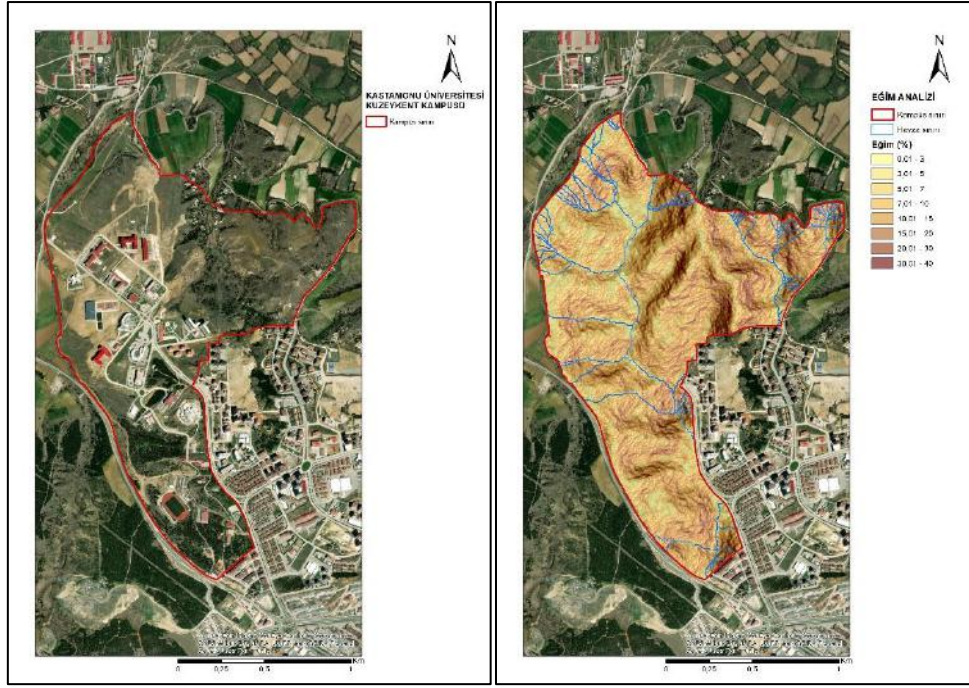
Topoğrafyanın su yönetim potansiyeli açısından uygunluğuna etki etmesine bağlı olarak kullanılan kriterlere değerler atanmıştır (Tablo 2). Eğim derecesinin artmasına bağlı olarak yağış suyu

yüzeysel akış hızının da tetikleneceği göz önünde bulundurularak yüksek eğim derecesine sahip alanlara düşük; yağış sularının toplanma potansiyelini arttırması açısından da düşük eğim derecesine sahip alanlara yüksek puan atanmıştır. Bakı kriterine puan ataması yapılırken başta güneşlenme ve hâkim rüzgâr yönü parametreleri göz önünde bulundurulmuştur. Şekil 3'te Kastamonu Merkez'in hâkim rüzgâr yönleri görülmektedir. K, G, GB ve KD yönleri hâkim rüzgârların etkili olduğu yönler olduğundan, bakısı bu yönlere bakan arazilere düşük; GD ve KB yönlerine orta, güneşlenme kriteri de göz önünde bulundurularak D ve B yönlerine yüksek değerler atanmıştır. Yükselti kademelerine ise rüzgâr alma ve su akışını yönlendirme kapasiteleri bakımından değerler atanmıştır (Tablo 2).

Tablo 2. Topoğrafyanın su yönetim potansiyeli açısından uygunluğunun belirlenmesinde kullanılan kriterler ve kriterlere atanan değerler (Table 2. Criteria used for determining the suitability of the topography in terms of water management potential and the values assigned to the criteria)

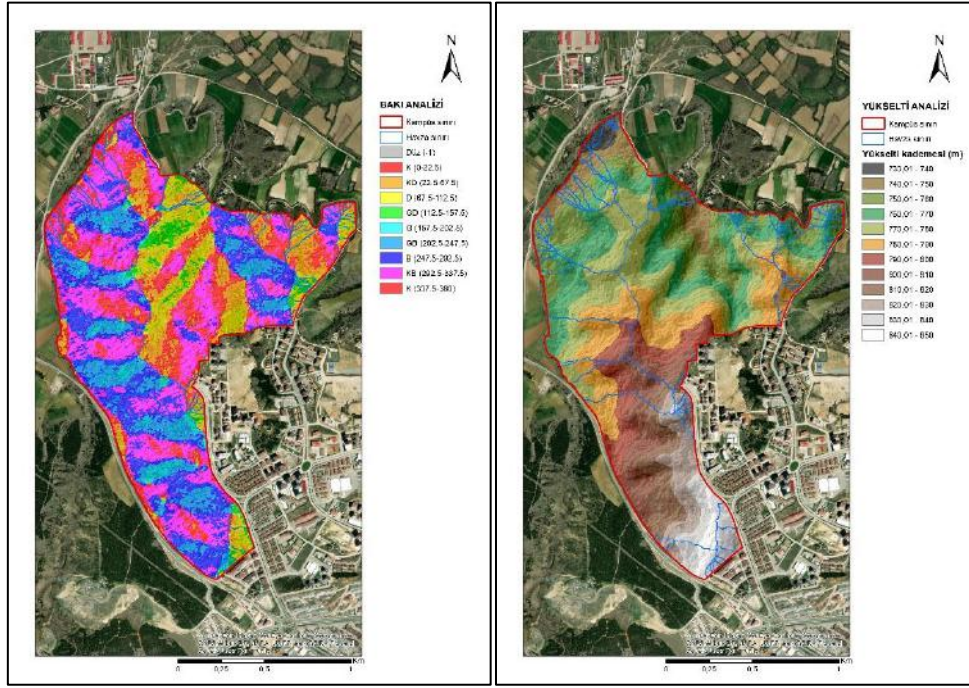
Eğim (%)	Puan	Yükselti (m.)	Puan
% 40 <	1	821-833 m.	3
% 31-40	3	751-820 m.	5
% 21-30	5	733-750 m.	7
% 11-20	7		
% 0-10	9		
Bakı (yön)	Puan		
K, KD, G, GB	3		
GD, KB	5		
D, B	7		

Şekil 4'te kampüs alanının topoğrafya yapısını şekillendiren alt bileşenlere (eğim, bakı ve yükselti) dair bulgular ortaya konmuştur.



(a)

(b)



(c)

(d)

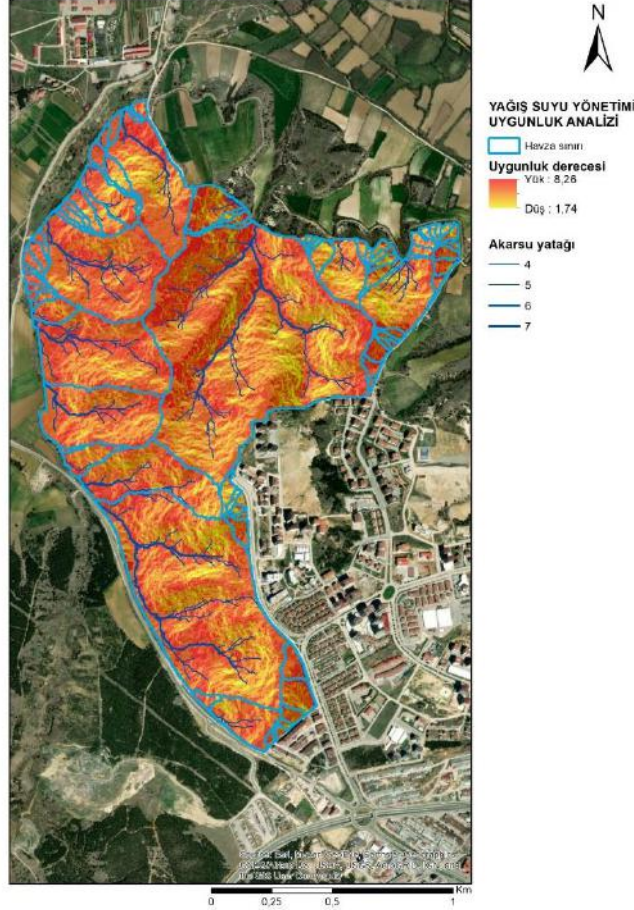
Şekil 4. (a) Kastamonu Kuzeykent Mahallesi içerisinde yer alan Kuzeykent Kampüs alanı gelişimine devam etmektedir. (b) Kampüste eğim oranı 40% a ulaşan alanlar, topoğrafyayı hareketlendirmekte ve alt havzalara bölmektedir. (c) Engebeli arazi farklı bakıya sahip alanlar meydana getirmektedir. (d) Arazideki en düşük rakım değeri ile en yüksek rakım arasında yaklaşık olarak 100 metre kot farkı bulunmaktadır. (Figure 4. (a) The Kuzeykent Campus, located in Kastamonu Kuzeykent Neighborhood, continues to develop. (b) Areas with a slope rate of 40% on the campus activate the topography and divide it into sub-basins. (c) The rough terrain creates areas with different aspects. (d) There is an elevation difference of approximately 100 meters between the lowest and highest altitude values.)

Su yönetimini etkileyeceği düşünülen kriterlere değerler atandıktan sonra AHP yardımıyla kriterler karşılaştırılmış ve ağırlık oranları ortaya konarak tutarlılık indeksi hesaplanmıştır (Tablo 3). Tutarlılık indeksi 0,033 olarak hesaplandığından ve bu değer 0,1'den düşük olduğundan kriterlerin ağırlık oranlarının tutarlı ve kullanılabilir olduğunda kanaat getirilmiştir (Aksu vd., 2017; Aksu ve Küçük, 2020).

AHP yöntemiyle hesaplanan ağırlık oranları uygulanarak kriterler karşılaştırılmış ve kampüs arazisinin su yönetim potansiyeli bakımından uygunluğu ortaya konmuştur (Şekil 5).

Tablo 3. AHP'ye göre hesaplanan ağırlık oranları (Table 3. Weight ratios calculated according to AHP)

Kriter	Ağırlık Oranı (%)
Eğim	63
Baki	26
Yükselti	1

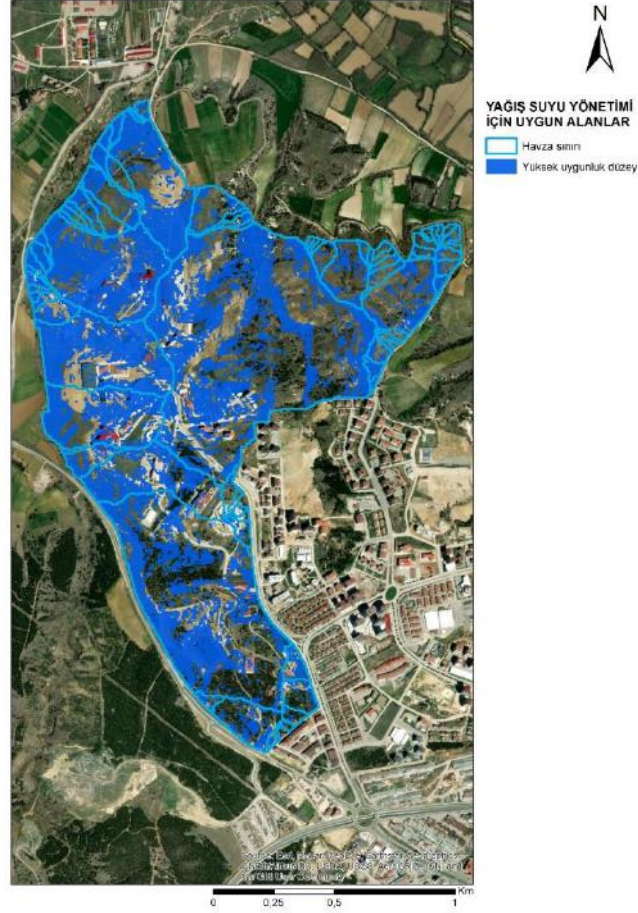


Şekil 5. Yağış suyu yönetim potansiyelinin uygunluğu haritası. (Figure 5. Map of suitability of stormwater management potential.)

Şekil 5'de kampüs alanı içerisinde yer alan alt havzalar ve doğal topoğrafyanın yönlendirmesiyle meydana gelen potansiyel akarsu güzergahları belirtilmiştir. Özellikle erozyona açık olan yüksek eğim dereceli alanlarda, yağış suyu akış yönleri de göz önünde bulundurularak bu alt havzalar ölçeğinde yağış suyu yönetimi ve planlamasına öncelik verilmesi önem kazanmaktadır.

Yapılan havza ve uygunluk analizlerinin neticesinde kampüs alanında yağış suyu yönetimi için en uygun olan alanlar belirlenmiştir (Şekil 6).

Gerçekleştirilen bu uygunluk analizlerinin, üst kademede yönlendirici stratejik kararlar olarak veri sağlayabileceği ve alt kademe fiziki planların gerçekleştirilmesi aşamasında, araştırma konusuna bağlı olarak hidrojeolojik yapı, toprak yapısı, flora-fauna gibi bileşenlerle birlikte analizler arasında yer alabileceği düşünülmüştür.



Şekil 6. Yağış suyu yönetimi açısından yüksek uygunluk değerine (Şekil 5'de 7'den büyük değere ulaşan alanlar) sahip olan alanlar. (Figure 6. Areas with high suitability for storm water management (areas that reach a value greater than 7 in Figure 5).)

Küresel iklim değişimleri kentleşme yoğunluğuna bağlı olarak kent ekosistemlerindeki mikro iklimsel koşulların da değişmesine sebep olmaktadır (Forman, 2014).

İklim değişimi; anlık hava olaylarında ekstremlerin ve anomalilerin artması, hava-su-toprak kaynaklarının kirlenmesi, verimliliğin azalması ve hatta tükenmesi, biyo-çeşitliliğin azalması, nitelikli gıdaya erişimin zorlaşması gibi kritik sinyallerle kendini göstermektedir.

Dünya ölçeğinde gerçekleştirilen yüzey sıcaklık değerlerinin 1981-2010 yılları arasındaki ortalamasıyla 2020 yılı değerleri arasındaki kıyaslamaya göre Türkiye, 1-3 °C arasında yüzey sıcaklığında artışın görüldüğü bölgede yer almaktadır (URL-4). Yağış ortalamalarına göre yine küresel ölçekte yapılan değerlendirmeye göre Türkiye'deki ortalama yağış miktarı %10-20 oranında gerileme göstermiştir (UN-Water, 2020).

Günümüzde küresel ölçekte su tüketimi hızla artmaktadır. Buna karşılık 4 milyardan fazla insan güvenli temiz su kaynaklarına ulaşamamaktadır. Miktar ve kalite bakımından bozulmaya uğrayan su kaynaklarının yer aldığı bölgelerde ise nüfus hızla artmaktadır. 2030 yılı için oluşturulan senaryoya göre dünya nüfusunun yaklaşık yarısının yüksek derecede su problemlerinin görüleceği bölgelerde yaşayacağı öngörülmektedir. 1996 ve 2005 yılları arasındaki suya bağlı felaketler, 1950-1980 yılları arasındaki ortalamalarla karşılaştırıldığında yakın on yıllık dönemde iki kat daha fazla felaket yaşandığı ve bu afetlerin beş kat daha çok hasara sebep

olduğu ortaya konmuştur. Gelecekte bu eğilimin daha da artacağı düşünülmektedir (WWAP, 2019).

Küresel iklim değişikliği ve yanlış kullanımlar göz önünde bulundurularak oluşturulan gelecek senaryoları, Türkiye'yi su fakiri olma yönünde ilerleyen ülkeler arasına dahil etmektedir (Berke et al., 2014).

Kullanılabilir su kaynakları ile ilgili bu trendler göz önünde bulundurulduğunda özellikle kendi doğal-kültürel bileşenleri arasında dinamikleri olan kampüs alanlarında, en önemli döngülerden biri olan su döngüsünün ekosistem algısı içerisinde ele alınma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır.

Gezegendeki tüm yaşamı koruyan ve sürdüren başta su, karbon ve azot gibi maddeler karmaşık ilişkilerle biyosfer, atmosfer ve jeosferde döngüler içerisinde hareket eder. Hayati öneme sahip olan bu döngüler insan müdahalesinin fazla olduğu yerlerde sekteye uğrayabilmektedir.

Doğal bir sistemde yağış, havza boyunca bitkiler ve toprak tarafından durdurulur, emilir ve süzülür. Bu infiltrasyon, yeraltı suyu ve toprak nem seviyelerini makul düzeyde sabit tutar ve yüzeysel akışların hızını keser. Toprak ve bitki örtüsü bir sünger gibi çalışarak suyu tutar ve drene eder, akışları toplar ve azaltır. Bitki örtüsü türü, toprak tipi, topoğrafya ve arazi kullanım şekli, doğal hidrolojik döngüyü önemli ölçüde etkiler ve bunun sonucunda akış sıklığı, hacmi ve süresinde değişiklikler meydana gelir (Aksu ve Gezer, 2021).

Yağış suyu, yer altında kanallardan veya borular aracılığıyla, yeryüzünde ise yaya-araç yolu, patika ve çatı gibi sert zeminlerden akan sudur. Bitki örtüsü, çıplak toprak alanlara kıyasla infiltrasyon kapasitesini altmış kata kadar artırabilmektedir. Buna karşılık geçirimsiz yüzeyler (yollar, kaldırımlar, otoparklar, çatılar vb.) suyun infiltre olmasına izin vermez ve bu nedenle yüzey akışının sıklığını ve hacmini artırır. Geçirimsiz yüzeyi oluşturan malzemeye ve geçirgenlik oranına bağlı olarak yüzeysel akış tetiklenir ve yağış suları kullanılmadan akıp gider (Heke ve Pöneke, 2021). Ekosistemi olumsuz yönde etkileyen bu durum maddi kayıpların yaşanmasına da neden olur.

Özellikle kent ortamlarında nitelik ve işlev bakımından sürdürülebilir bir kurguyla tasarlanmış olan sulak alanlar, hitap ettikleri kitleye ve çevreye çok yönlü olarak fayda sağlarlar (Austin ve Yu, 2016). Kentsel tasarım düşüncelerinin sürdürülebilir yağış suyu yönetimine göre kurgulanması, özellikle kentsel peyzajlarda geleneksel sistemlerin eksiklerini tamamlayıcı nitelik taşımaktadır (Hoyer vd., 2011). Entegre su döngüsü; sürdürülebilir kentsel peyzaj planlama ve tasarımı açısından önem taşımakta, su hasadı, yüzeysel akışı azaltma, su taşkınlarının ve atık suların yönetimi konularına odaklanmaktadır (Morgan vd., 2013).

Dünya çapında sürdürülebilir yağış suyu yönetimi için geliştirilmiş çeşitli sistemler [Low Impact Development-LID (Düşük Etki Geliştirme), Blue Green Infrastructure-BGI (Mavi Yeşil Altyapı), Sustainable Urban Drainage Systems-SUDS (Sürdürülebilir Kentsel Drenaj Sistemleri), Best Management Practices-BMP (En İyi Yönetim Uygulamaları), Decentralised Rainwater/Stormwater Management-DRWM (Merkezi Olmayan Yağış Suyu Yönetimi), Integrated Urban Resource Water Management- IURWM (Entegre Kentsel Kaynak Suyu Yönetimi), Sponge City (Sünger Şehir), Water Sensitive Urban Design-WSUD (Suya Duyarlı Kentsel Tasarım-SDKT) vb.] bulunmaktadır (Hoyer vd., 2011; Wouters vd., 2016; Che ve Zhang, 2019; Heke ve Pöneke, 2021).

Bunlardan SDKT, özellikle yüzeysel akışın hacminin ve hızının azaltılmasına ve deşarj noktalarındaki su kalitesinin yükseltilmesine odaklanmaktadır. Bu maksatla bitki örtüsüne, toprağa ve doğal süreçlere uyum sağlayan tasarımlar üretmeye; doğal döngülerle mühendislik konusu olan altyapı sistemlerini sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda birleştirmeye çalışır. SDKT hem su miktarına hem de kalitesine önem verir, doğal sistemlerin süreçlerinden yararlanır ve bunları kentsel ortamlara uyarlayacak çözümler üretir. Doğal bileşenlerle yapıyı çevreyi bütünleştirir. SDKT'nin diğer hedefleri, yerel türleri destekleyerek biyo-çeşitliliği artırma, drenaj sistemlerini düzenleme, yağış suyunun kalitesini artırma, karbon emisyonunu düşürme ve estetik unsurları artırma olarak sayılabilir. Geleneksel sitemlerdeki yağış sularının bir an önce deşarj edilmesi önceliğinin aksine; SDKT yaklaşımında yağış suları deşarj edilmeden önce, durdurma, infiltre etme, evapotranspirasyonu teşvik etme, hasat etme, daha uygun noktalara transfer etme gibi süreçlere tabi tutularak bir potansiyel olarak değerlendirilir. Bu nedenle SDKT, sürdürülebilir su yönetimi, kentsel peyzaj planlama ve tasarım süreçlerinin kesişiminde yer alan önemli bir araçtır (Hoban ve Wong, 2006; ACT, 2017; Heke ve Pöneke, 2021).

Miktar ve kalite bakımından suyun yönetimi hem insan hem de ekosistem sağlığı açısından sürdürülebilir kalkınmanın en önemli bileşenlerindedir. Yeşil bir altyapı ağı, nitelikli tasarım ve

planlamalarla birleştirildiğinde, kompakt, yüksek kaliteli ve konforlu yaşama alanları meydana getirmek mümkün olabilmektedir (Austin, 2014; Tunçay, 2016). Yapılan araştırmada Kastamonu Üniversitesi Kuzeykent Yerleşkesi bu bütüncül algıyla değerlendirilmiş ve özellikle yağış suyu yönetimi konusunda öneriler getirilerek zaman zaman afete dönüşen bu doğal potansiyelin kampüs ekosisteminin bir parçası haline getirilmesi hedeflenmiştir.

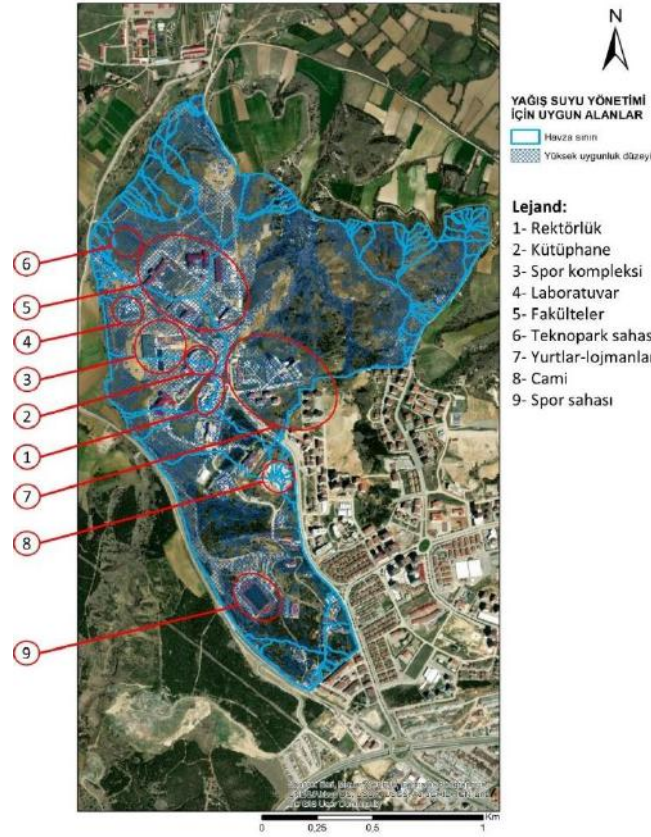
Yerleşke içerisinde yapıların, yolların ve sert zeminlerin konumlandırılması sırasında gerçekleştirilen kazı-dolgu faaliyetleri, arazinin doğal topoğrafyasını değiştirerek yapay bir hale dönüşmesine sebep olmuştur. Birçok alanda oluşan ve eğitim derecesi yüksek olan şevler, erozyona açık hale gelmiştir. Özellikle vejetasyonla kaplı olmayan şevler, toprak yapısının killi olmasının da etkisiyle, peyzaj onarım ve planlama çalışmalarında öncelik verilmesi gereken yapılar teşkil etmiştir. Yağış suyu yönetimi için en uygun olan alanlar, kampüs yapıları ile çakıştırılarak yorumlanmıştır (Şekil 7).

Kampüsün kuzeyindeki gelişim sahası içerisinde yer alan fakülte yapıları (no.5), teknopark (no.6) ve laboratuvar binası (no.4), yağış suyu yönetimi için ağırlıklı olarak uygun olan alan içerisinde yer almaktadır. Oysaki güncel koşullarda yapılar su baskınlarıyla mücadele halindedir. Bu durum, su hasadı için gerekli olan tedbirlerin bir an önce alınması gerektiğini göstermektedir.

Rektörlük binası (no.1), kütüphane (no.2) ve spor kompleksi (no.3), yer aldıkları yamacın eğim yönü göz önünde bulundurulduğunda, çevrelerindeki arazilerde mutlak surette su akışını frenleyen ve hatta hasat eden sistemlerin kullanılmasını gerektirmektedir. Bu tedbir alınmadığı takdirde; en üst kotta yer alan caminin yerleşim alanından (no.8) bir alt kottaki rektörlük (no.1); rektörlük çevresinde toplanan yağış sularından bir alt kotta yer alan kütüphane (no.2); kütüphane çevresinde biriken yüzeysel akış sularından alt kotta yer alan spor kompleksi (no.3) ve nihayet spor kompleksi etrafında biriken sulardan, en alt kottaki laboratuvar (no.4) zincirleme şekilde olumsuz etkilenmektedir. Bu akış arazide yer alan şev alanlarında toprak erozyonuna ve yapılarda su baskınlarına sebep olmaktadır.

Yurt yapılarının yer aldığı alan (no.7) ise kampüsün doğusunda, yapı çevrelerinde meydana gelen şevlerden kaynaklı yüzeysel akış hızındaki artışı kontrol altında tutabilecek alan olması açısından önem taşımaktadır. Kampüsün güney girişinin yer aldığı alan yüksek kotta yer alıp (Şekil 4d) kuzeydoğuya doğru alçalarak devam etmektedir. Bu bölgeden toplanarak alt kotta doğru akan yağış sularını doğu istikametinde kontrol altına alabilecek sistemler, yurt yapılarının çevresine entegre edilebilir. Yağış suyu yönetimi açısından uygun alanlar bu bölgede de tespit edilmiştir.

Kampüsün güney kısmındaki yapılanma daha eski tarihlere dayandığı için bu bölgede nitelikli bir ağaç örtüsünün geliştiği görülmektedir. Gelişim süreci devam etmekte olan kuzey bölgesi ile gelişim sürecini nispeten tamamlamış olan bu güney bölgesi karşılaştırıldığında, nitelikli bir ağaç dokusunun yağış suyu yönetimi konusunda ne kadar önemli ve etkili olduğu görülmektedir. Zira bu bölgede yağış sularının yüzeysel akışa geçmesi ağaç dokusu tarafından geciktirildiği için yıkıcı etki azalmıştır. Bu bölgede su hasadı için en uygun olan alan, açık spor sahası (no.9) ve çevresi olarak tespit edilmiştir. Bu bölgede açık spor alanlarına entegre edilebilecek drenaj ve su hasadı sistemleri kullanılarak yüksek kapasitede kullanım suyu toplanabilir.



Şekil 7. Kampüs yapıları ile yağış suyu yönetimi açısından uygun olan alanların ilişkisi. (Figure 7. The relationship between campus structures and areas suitable for stormwater management.)

4. Sonuç

Yağış suyu yönetimi yaklaşımı, “Kastamonu Üniversitesi Kuzeykent Kampüsünün” sürdürülebilirlik ilkeleri doğrultusunda değerlendirilmesinde önemli bir altlık teşkil etmiştir. Şekil 7, kampüste yer alan yapıların ve bu yapılara ait donatıların yağış suyu potansiyeli ile birlikte değerlendirilebilmesini sağlamıştır. Bu doğrultuda araştırmanın vardığı sonuçlar sürdürülebilir planlama ilkelerine yönelik temel başlıklar altında özetlenebilir.

4.1. Biyolojik Çeşitlilik

Torlak vd. (2010)'nin Türkiye'nin endemik bitki türlerine yönelik araştırmalarına göre Türkiye’de tespit edilen yaklaşık 3500 endemik bitki taksonunun 255 tanesi Kastamonu’da bulunmaktadır. Dünya Koruma Birliği (IUCN) kriterlerine göre bunlardan 3 tanesi çok tehlikede (CR), 22 tanesi tehlikede (EN) ve 15 tanesi de zarar görebilir (VU) kategoride tanımlanmıştır. “Önemli Bitki Alanı” olarak Tanımlanan “Batı Küre Dağları” (Yurdakul ve Özhatay, 2005) ve “İlgaz Dağları” (Avcı ve Özhatay, 2005) Kastamonu sınırları içerisinde yer almaktadır. Bu iki alanda Küresel ölçekte tehlike altında 2 takson, Avrupa ölçeğinde tehlike altında 65 takson ve ulusal ölçekte nadir 18 takson tanımlanmıştır. Bu türler arasında endemik olanlar da vardır. Taksonları tehdit eden unsurlar arasında; turizm ve rekreasyona yönelik faaliyetlerin ve bu faaliyetlere yönelik yapılaşmaların plansız olması, orman yangınları, doğal çalı ve mera habitatlarının tarım arazisine dönüştürülmesi, yabancı orkideler gibi doğal türlerin gıda-ilaç-giyim gibi sektörlerde kullanılmak üzere kontrolsüz toplanması, özellikle Alpin kuşağa dahil olan alanlarda aşırı otlatma yapılması, yol yapımı ve taş-maden ocağı faaliyetleri sayılmaktadır.

Komşu illerle birlikte Kastamonu İli sınırlarına dahil olan “Küre Dağları” (Lise, 2006) ve “İlgaz Dağları” (Erciyas ve Menteş, 2006) Önemli Doğa Alanı olarak tanımlanmaktadır.

Buna karşılık gezegenimiz üzerindeki insan yaşamının temelini oluşturan biyoçeşitliliğin yine insan eliyle benzeri görülmemiş bir hızla yok edildiği görülmektedir (IPBES, 2019). 2020 küresel Yaşayan Gezegen Endeksi, izlenen memeli, kuş, çift yaşamlı, sürüngen ve balık popülasyonlarında 1970’ten 2016’ya ortalama %68’lik bir azalma görüldüğünü ortaya koymuştur. Türlerin popülasyon eğilimleri, genel ekosistem sağlığının bir ölçüsü olduğu için önemlidir. Biyoçeşitliliği, diğer bir deyişle tüm canlıların çeşitliliğini ölçmek karmaşık bir işlemdir ve yaşam ağındaki tüm değişiklikleri yakalayabilen tek bir ölçüt yoktur. Bununla birlikte, göstergelerin büyük çoğunluğu son yıllarda net düşüşler göstermektedir (WWF, 2020).

Özellikle kentsel peyzajlarda yeşil alanların adım taşı teşkil etme, rekreasyona hizmet etme, ekolojik ağları destekleme gibi çok önemli işlevleri söz konusudur (Aksu ve Gezer, 2021). Bu nedenle bitkilendirme tasarımında tespit edilen öncelikli türler ve yaşama ortamlarına bağlı olarak, bölgesel ölçekte bir yeşil alan sistemi değerlendirmesine öncelik vermek gerekir (Kırca ve Sevinç, 2020; Aksu, 2021a; Oğurlu ve Suri, 2021).

Kendini idame ettiren, yöre şartları ve iklimle uyumlu, asgari düzeyde bakım ve sulama isteyen bitkilerin tercih edilmesi, ekosistemi ve biyolojik çeşitliliği desteklemektedir. Bitki türü tercihinde göz önünde bulundurulması gereken bir diğer önemli özellik de bitkilerin başka canlılar için habitat, barınak ve besin kaynağı teşkil etme potansiyelidir. Tüm bu özellikler göz önünde bulundurulurken tür tercihlerinin yapılması, kampüsün biyolojik çeşitliliğinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır. Bitki türü

tercihlerine dikkat edilmesinin yanı sıra farklı tür kompozisyonları oluşturularak ekosistem ve habitat çeşitliliğinin desteklenmesi de önem taşımaktadır. Tek tip habitat kurgusu yerine açıklıklara ihtiyaç duyan türler için daha kurakçıl; suya bağlı türler için su içi ve su kenarı; odunsu türlere bağlı öncelikleri olan türler için ağaçlardan ve çalı topluluklarından oluşan habitatlar kurgulanarak habitat çeşitliliğinin de artırılması gerekmektedir (Aksu, 2021c). Kampüsün içinde yer aldığı Kastamonu Merkez İlçesi, habitat çeşitliliğine ilham verebilecek çok sayıda göstergeye sahiptir. Yakın çevrede yapılmış ve yapılacak olan flora ve fauna envanterleriyle bu göstergelere erişmek ve kampüsün bitkilendirme tasarımı süreçlerine dahil etmek mümkün olmaktadır.

Aynı zamanda “Ormanlık ve Tabiat Turizmi İhtisaslaşma Üniversitesi” olan Kastamonu Üniversitesi, kampüsteki ağaçlandırma çalışmalarını hassasiyetle sürdürmektedir. Kampüs alanının güney kısmı daha eski bir yerleşime sahip olduğu için ağaçlandırma çalışmaları da daha eski tarihte başlatılmış olup nitelikli bir dokunun gelişmiş olduğu görülmektedir. Gelişimine devam eden kuzeydeki alanlar için ise Rektörlüğün bir komisyon kurarak ivme kazandırdığı ağaçlandırma çalışmaları, yoğun bir tempoda devam etmektedir. Bu anlamda Orman Genel Müdürlüğü ile imzalanan protokol, fidan ve işgücü temininde önemli katkılar sağlamaktadır. Kampüsün gerek estetik gerekse ekolojik bütünlüğü için ağaçlandırmanın ne kadar önemli olduğunun bilinciyle çalışmalar konuyla ilgili uzman akademisyenlerin kontrolünde sürdürülmektedir.

4.2. Mavi-Yeşil Sistemler

Kampüste halihazırda gerçekleştirilen bitkilendirme çalışmaları sırasında karşılaşılan en önemli problemlerden birisi sulama suyu teminidir. Bu açıdan bakıldığında makaleye konu edilen yağış suyu potansiyeli ile ilgili analizler, gelişim sürecine devam eden kampüs alanı için de önemli bir altlık teşkil edecek niteliktedir. Yağış suyunun yönetimine ve hasadına katkı sağlayan önemli bileşenlerden birisi nitelikli bitki dokusunun varlığı ve bu dokunun tüm kampüs alanına nüfuz edebilmesidir. Bitkiler biyo-çeşitliliğin geliştirilmesi konusunda sağladıkları katkıların yanı sıra hava, toprak ve su kalitesinin iyileştirilmesinde de çok önemli roller üstlenirler. Bu nedenle mavi ve yeşil sistemlerin bir bütün olarak ele alınması ve geliştirilmesi gerekmektedir.

Brears (2018), mavi-yeşil altyapının birden fazla ekonomik, çevresel ve sosyal fayda sağladığını ifade etmektedir.

Mavi-Yeşil altyapı sistemleri, peyzajdaki su döngülerinin düzenlenmesine, yağış sularının etkin bir şekilde yönetilmesine ve su kalitesinin iyileştirilmesine odaklanır. Temel amaç doğal döngülerin ve süreçlerin takip edilerek kullanım suyunun yönetilmesidir. Bu maksatla planlı doğal ve yarı doğal sistemler kurgulanır. Bu yaklaşım ekosistem döngülerinde meydana gelen aksaklıkların ve bozulmaların bütüncül olarak bertaraf edilmesini sağlamaktadır. Bütüncül yaklaşımı sayesinde suya duyarlı kentsel tasarım prensibi, ekosisteme entegre olmuş yapısıyla kampüs tasarımında da benimsenebilecek bir yapı sergilemektedir.

Kampüs alanı kapsamında gerçekleştirilen analizlerle yağış suyu yönetimi için elde edilen uygun alanlar (Şekil 7), mavi sistemlerin kurgusu için öncelik verilmesi gereken alanlardır. Bu alanlar, kampüs için kullanım suyunun hasadını sağlayacak rezervuar alanlarının tasarlanması için en uygun alanlardır. Kampüsteki rekreasyon alanı ihtiyaçları da göz önünde bulundurularak bu rezervuar alanlarının aynı zamanda biyolojik çeşitliliği ve su kalitesini de destekleyecek nitelikte kıyı

habitlatlarıyla ve fiziki -biyolojik filtreleme katmanlarıyla birlikte düşünülerek çok fonksiyonlu olarak tasarlanması gerekmektedir.

Yüzeysel akışın kontrol edilmesini sağlayacak yağmur bahçesi gibi çözümlere de özellikle ulaşım aksları boyunca uygun olan alanlarda ve yapılaşmaya bağlı olarak oluşan şevlerin üst ve alt kotlarında yer verilmesi uygun olacaktır. Bu tasarımlar da yine bir yandan yüzeysel akışı kontrol altında tutarken diğer yandan hem trafiği düzenleyecek hem yolların gürültü, toz emisyon gibi zararlarını indirgeyebilecek hem de estetik unsurlar barındıracak şekilde çok yönlü olarak gerçekleştirilebilir.

4.3. Sürdürülebilir Yapı Malzemesi Kullanımı

Kentsel peyzajlar yüksek düzeyde çatı yüzeyleriyle ve zemin döşeme malzemeleriyle kaplıdır. Özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu şehirlerde, yapısal yüzeyler bitki örtüsüne kıyasla daha çok alan kaplamaktadır ve kullanılan yapı malzemelerinin çoğu geçirimsiz, koyu renkli ve ısıyı kolayca absorbe edecek niteliktedir. Yeşil dokunun azlığı, evapotranspirasyon yoluyla yüzeylerin soğuması etkisini de indirmektedir. Bu nedenle kentlerde ağırlıklı olarak kullanılan geçirimsiz geleneksel malzemeler, ısı adası etkisini ve yüzeysel akışı tetiklemektedir (Gartland, 2008).

Yapay yüzeylerin geçirgenlik, renk ve doku gibi özellikleri, kentsel ısı adası etkisinin boyutuna doğrudan etki etmektedir (U.S. EPA, 2012). Bununla birlikte yapı çevrenin düzenlenişine ve yapıların kat yüksekliğine bağlı olarak meydana gelen yapay topografya oluşumları da rüzgâr-gölge kanyonu gibi ekstrem mikro iklimsel koşullar meydana getirebilmekte, yapay yüzey yoğunluğunun artması, sıcaklık değerlerindeki değişimi tetiklediği için su rejimi üzerinde de olumsuz etkilere neden olmaktadır (Çepel, 1994; Aksu vd., 2017; Aksu ve Küçük, 2020; Aksu, 2021a; Aksu, 2021b; Aksu, 2021c).

İnsana ve doğaya saygılı olmak, canlıların yaşam alanlarına zarar vermemek, sürdürülebilir ve ekolojik mimarinin temel ilkesini oluşturur (Gezer ve Aksu, 2021a). Yapısal malzemelerin çevre üzerindeki bir diğer olumsuz etkisi de üretim, kullanım ve bertaraf etme süreçlerinde tükettikleri enerji ve doğal kaynaklarla ilgilidir. Oysaki yapısal malzemelerin yaşam döngüleri boyunca, çevresel değerlere zarar vermemesi ve doğal döngüleri bozmaması esas alınmalıdır. Dolayısıyla malzemenin kullandığı enerji, çevreyi kirletip kirletmemesi, insan sağlığına etkisi, yaşam döngüsü, atık miktarı, geri dönüşüm, yeniden kullanım başta olmak üzere çok yönlü ve bütüncül bir algıyla ele alınıp değerlendirilmesi gerekmektedir (Gezer, 2020).

Radyasyon, ısı, sıcaklık, su, nem, hava akımları gibi atmosferik koşullar ve bu etkilerin bileşenleri, kent ekosisteminde “mikro iklimsel” özellikleri belirleyen başlıca unsurlar olup kullanılan malzemelerin nitelikleri de bu açıdan önem kazanmaktadır. Kullanılan malzemelerin su geçirimsizliğine sahip olması, yüzeysel akışın kontrol edilmesini ve bu sayede kent ekosistemi içerisinde su rejiminin düzenlenmesini destekler. Ayrıca atmosferdeki nemi yakalayabilen, filtreleyen, kirleticilerinden arındırabilen malzemeler; hava neminin dengelenmesine ve su kirliliğinin engellenmesine destek olmaktadır. Taş, kerpiç, ahşap gibi geleneksel malzemeler ekolojik mimariye hizmet ederken, bazı akıllı malzemeler, sıcaklık, ışık, elektriksel alan gibi tetikleyicilerin etkisiyle yüzeylerine yapışan kirletici partiküllerle tepkimeye girerek ve bu zararlı bileşenleri parçalayarak bünyesine hapsedmesi ve bu özellikleri ile hava kalitesinin artırılmasında etkili olmasıyla da sürdürülebilir mimaride yer almaktadır. Bileşimlerine göre antibakteriyel ve kendini temizleyebilme özellikleri de

gösterebilen bu malzemeler, yapı yoğunluğunun fazla olduğu bölgelerde sağlık sorunlarının azaltılmasına dahi yardımcı olur. Kentsel peyzajlarda çatı, cephe ve zemin yüzeylerinde sürdürülebilir, akıllı yeni nesil yeşil sistemlerin tercih edilmesi ile yeşil sistem içerisinde kopan ilişkilerin yeniden kurulması mümkün olabilmekte ve böylelikle biyolojik çeşitlilik ve tür hareketliliği de teşvik edilmektedir (Gezer ve Aksu, 2021b).

4.4. Paydaş Katılımı ve Çevre Farkındalığı

Kampüsler, doğal bileşenleri kadar sosyal ve kültürel bileşenleriyle de ön plana çıkan kültürel peyzajlardır. Bu nedenle sürdürülebilirlik esaslarına göre planlama yapılırken mutlaka paydaşların da dahil edilmesi gerekmektedir. Planlama, yönetim, onarım, tasarım ve uygulama aşamalarının her birinde iç ve dış paydaşlarla dirsek temasında bulunulması ve süreçlere dahil edilmesi, üniversitenin temsil ettiği tüm fonksiyonların işlevsel hale getirilebilmesi için şarttır. Üniversitenin kent kimliğini temsil edebilmesi için ilgili kamu ve özel sektör temsilcileriyle ve STKlarla bütünleşmesi; ar-ge ve eğitim-öğretim faaliyetlerine ev sahipliği yapabilmesi için idari, akademik ve hizmet sektörü temsilcileriyle ve öğrencileriyle; yörenin kültürel ve geleneksel değerlerine sahip çıkabilmesi ve yöresel faaliyetlere öncülük edebilmesi için de halkla iç içe geçmesi gerekmektedir. Paydaşların ortak bir bilinçle işbirliği yapabilmesi ve sürdürülebilirlik esaslarının benimsenebilmesi için ise her türlü temilde çevre farkındalığına vurgu yapılması önem taşımaktadır.

Halk katılımı, birey ile çevre arasında köprüler kurar ve planlama sürecine hem teorik hem de özgün bileşenlerin dahil edilmesini sağlar ve sürdürülebilir tasarımın bütüncül bir yapı kazanması ancak çevre farkındalığı ve halk katılımına önem verilmesi ile mümkün olabilir (Buchecker, 1999; Luz, 2000).

Sürdürülebilir peyzaj planlama sürecine paydaş katılımının dahil edilebilmesi için tüm ilgili paydaşlara bir araya gelip çıktıkları ve uygulama stratejilerini tartışabilecekleri ve hatta uygulamalara dönüştürebileceği ortamların sunulması gerekir. Çünkü paydaşların içinde yaşadıkları, kullandıkları, yönettikleri veya şekillenmesinde söz sahibi oldukları yaşama ortamları, onların barındırdığı doğal ve kültürel zenginlikler ve bunların geliştirilmesi konularında söz sahibi olması, aidiyet duygusunu besler ve kullanıcının çevreyi sahiplenmesine katkı sağlar (Aksu, 2015; Oğurlu ve Sözen, 2017).

Sürdürülebilir kampüs alanları, sahip olduğu uygulamalarla yöre halkına örnek teşkil etmeli ve bu yapıyla içinde yer aldığı kentin kalkınma hedeflerinin gerçekleştirilmesinde lokomotif görevi üstlenmelidir.

Kent ölçeğinde büyük alanları kaplayan kampüs yapılanmaları da ekosistem algısıyla ele alındığında iklim değişikliği, sürdürülebilir kalkınma stratejilerini olumlu ya da olumsuz etkileyebilecek önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu sorunun üstesinden gelebilmek üzere, doğal sistemlerle birlikte çalışan ve herkesin ihtiyacını göz önünde bulunduran yeni yaklaşımlara ihtiyaç duyulmaktadır.

Kampüs alanı planlamasında özellikle mekânsal planlama ve tasarıma yönelik stratejiler, kamu politikaları ve temel ilkeler, iklim değişikliği çerçevesinde tekrar gözden geçirilerek sağlıklı, iklimi bir potansiyel olarak kullanabilen, akıllı ve esnek çözüm yaklaşımlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

Kampüs alanlarının, içerisinde yer aldıkları kültürel peyzajın önemli bir temsilcisi olduğu da göz önünde bulundurulduğunda, bu kültürel yapıyı destekleyecek şekilde yöresel geleneksel

üretimleri yaşatacak geleneksel meyve ağaçlarının, baharatların, şifalı aromatik bitkilerin de mutlak surette tasarımlara dahil edilmesi gerekmektedir.

Özetlenecek olursa, kampüs tasarımında yer alan her bileşenin biyobütünlük bir ekosistem algısıyla ele alınması ve ekolojik döngünün bir parçası haline getirilmesi gerekmektedir.

5. Teşekkür

Kastamonu Üniversitesi'nin sürdürülebilirlik esasları çerçevesinde bütüncül bir algıyla gelişmesi için ilgili paydaşlara fırsatlar sunarak derinlemesine çalışmaların önünü açan ve desteğini esirgemeyen üniversite yönetimine teşekkür ederim.

Kaynakça

- Aksu, G.A., (2014). Bütüncül (Holistik) Peyzaj Planlama Yaklaşımı. İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 13-26 ISSN: 1305-7820.
- Aksu, G.A., (2015). "Osmaneli Doğal Kaynak ve Değerlerinden Nasıl Yararlanmalı" Ulusal Disiplinler arası, Paydaş Katımlı Çalıştay Raporu, Osmaneli Necla Hanım Konağı, Bilecik.
- Aksu, G.A., Musaoğlu, N., Uzun, A., (2017). "An auxiliary tool for landscape evaluation Ecological risk analysis based on analytic hierarchy process," Fresenius Environmental Bulletin, vol. 26, no. 1, pp. 84-92.
- Aksu, G.A. (2020). "Kentsel Peyzaj Planlama ve Sürdürülebilirlik." Kitap: Kentsel Peyzaj Planlama ve Sürdürülebilirlik. Ed.: Aksu, G.A. ve Suri, L., Cinius Yayınları. ISBN 978-625-7113-49-6
- Aksu, G.A. ve Küçük, N., (2020). "Evaluation of urban topography-biotope-population density relations for Istanbul-Beşiktaş urban landscape using AHP." Environment, Development and Sustainability, 22:733-758 <https://doi.org/10.1007/s10668-018-0217-9>
- Aksu, G.A., (2021a). Kentsel Peyzajlarda Yol Kenarı Yeşil Alanların, Kent Ekosistemi Çerçevesinde Değerlendirilmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi Sayı 25, ss.736-748.
- Aksu, G.A., (2021b). Kent Topoğrafyasına Bağlı Mikro-iklimsel Değişimler. Ölçü, TMMOB. Nisan
- Aksu, G.A., (2021c). Sürdürülebilir Kırsal Kalkınma Uygulaması Örneği: Yukarı Avusturya, Ottenschlag Köyü ve Mooswiesen Biyolojik Göleti Peyzaj Planlama Projesi Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 27), 1061 1072
- Aksu, G.A. ve Gezer, H., (2021). Sürdürülebilir Kampüs Tasarımı. Kitap Bölümü: Peyzaj Araştırmaları-I Ed.: Demirel, Ö. ve Düzgüneş, E., Livre de Lyon ISBN: 978-2-38236-175-7
- Austin, G., (2014). Green Infrastructure for Landscape Planning: Integrating Human and Natural Systems. Abington, Oxon: Routledge ISBN: 978-1-317-93175-1
- Austin, G. ve Yu, K., (2016). Constructed Wetlands and Sustainable Development. Abington, Oxon: Routledge ISBN: 978-1-138-90899-4
- Avcı, M. ve Özhatay, N., (2005). "İlgaz Dağları." Kitap: Türkiye'nin 122 Önemli Bitki Alanı. Ed.: Özhatay, N., Byfield, A., Atay, S., S: 103-105, WWF Türkiye, İstanbul. ISBN: 975-92433-7-7
- Benyus, J.M., (2009). Biomimicry Innovation Inspired by Nature. HarperCollins e-books.
- Berke, M.Ö., Dıvrak, B.B., Sarısoy, G.D., (2014). Konya'da Suyun Bugünü Raporu. WWF Türkiye.

- Brears, R.C., (2018). Blue and Green Cities. The Role of Blue-Green Infrastructure in Managing Urban Water Resources. Palgrave Macmillan, ISBN: 978-1-137-59257-6 published by Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO).
- Buecher, M., (1999). Die Landschaft als Lebensraum der Bewohner — Nachhaltige Landschaftsentwicklung durch Bedürfniserfüllung, Partizipation und Identifikation. Inauguraldissertation der Philosophisch naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Bern.
- Cebel, H., Akgül, S., Doğan, O., Elbaşı, F., (2013). Türkiye Büyük Toprak Gruplarının Erozyona Duyarlılık “K” Faktörleri. Toprak-Su Dergisi, Cilt 2 Sayı 1 (30-45).
- Che, W. ve Zhang, W., (2019). Urban Stormwater Management and Sponge City Concept in China. In: Urban Water Management for Future Cities. Technical and Institutional Aspects from Chinese and German Perspective. Ed.: Köster, S., Reese, M., Zuo, J., Future City Volume: 12, ISSN: 1876-0899, Springer Nature Switzerland ISBN: 978-3-030-01487-2
- Coşkun, S., (2021). Küre Dağlarının Kastamonu iklimi üzerindeki etkileri. Türk Coğrafya Dergisi, (77), 37-52. <https://doi.org/10.17211/tcd.833701>
- Çepel, N., (1994). Peyzaj Ekolojisi Ders Kitabı. İstanbul Üniversitesi Yayınları Üniversite Yayın No: 3868, Fakülte Yayın No: 429 Orman Fakültesi, İstanbul ISBN: 975-404-371-X
- Erciyas, K. ve Menteş, İ., (2006). “İlgaz Dağları.” Kitap: Türkiye’nin Önemli Doğa Alanları, Ed.: Eken, G.; Bozdoğan, M.; İsfendiyaroğlu, S.; Kılıç, D.T.; Lise, Y., Cilt 2 S:170-173, Doğa Derneği, Ankara.
- Forman, R. T. T., (2014). Urban Ecology: Science of Cities. Cambridge University Press, UK., ISBN: 978-0-521-18824-1 (PB).
- Gezer, H. 2020. “Ekolojik Malzeme.” Kitap: Kentsel Peyzaj Planlama ve Sürdürülebilirlik. Ed.: Aksu, G.A. ve Suri, L., Cinius Yayınları. ISBN 978-625-7113-49-6
- Gezer, H. ve Aksu, G.A., (2021a). Assessment of Textile Architecture from a Sustainability Perspective. Kitap: Architectural Sciences and Technology
- Gezer, H. ve Aksu, G.A., (2021b). Yeni Nesil Malzemelerin Kent Ekosistemi Kapsamında Değerlendirilmesi. Kitap: Mimarlık Bilimleri ve Teknolojisi Ed.: Dal, M., pp: 147-180. Livre de Lyon, Lyon France. ISBN: 978-2-38236-093-4
- Gartland, L., (2008). Heat Islands: Understanding and Mitigating Heat in Urban Areas. Earthscan, UK. ISBN-13: 978-1-84407-250-7.
- Hagan, S., (2015). Ecological Urbanism: The Nature of the City. Routledge, ABD. ISBN: 978-0-415-50668-7
- Harker, P. T. ve Vargas, L. G., (1987). The theory of ratio scale estimation: Saaty’s analytic hierarchy process.
- Heke, M. ve Pöneke, K., (2021). Water Sensitive Urban Design. A Guide for WSUD Stormwater Management in Wellington. Wellington City Council. <https://wellington.govt.nz/environment-and-sustainability/water/stormwater/water-sensitive-urban-design-guide>
- Hoban, A. ve Wong, T.H.F., (2006). WSUD resilience to Climate Change. 1st International Hydropolis Conference, Perth WA
- Hoyer, J., Dickhaut, W., Kronawitter, L., Weber, B., (2011). Water Sensitive Urban Design Principles and Inspiration for Sustainable Stormwater Management in the City of the Future. jovis Verlag GmbH, Berlin. ISBN:978-3-86859-106-4
- IPBES, (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. IPBES secretariat, Bonn, Germany.
- Karasalihoglu, M., (2018). Kastamonu Tarihçesi ve Antikçaları. Kitap Bölümü: 81 İlde Kültür ve Şehir, Kastamonu. Kastamonu Valiliği, ss: 35-50, Kastamonu.
- Kayapınar Kaya, S., Dal, M., Aşkın, A., (2019). Türkiye’deki devlet ve vakıf üniversite kampüslerinin sürdürülebilir-ekolojik parametreleri açısından karşılaştırılması. BAUN Fen Bil. Enst. Dergisi, 21(1), 106-125. DOI:10.25092/baunfbed.532420
- Kırca, S. ve Sevinç, Ş., (2020). Kentlerde Etkin Doğa Koruma İçin Yol Kenarlarındaki Çim Alanlar Üzerine Bir Değerlendirme. PAUD- Peyzaj Uygulamaları ve Araştırmaları Dergisi, Sayı:2, Kış, 2020, s. 51 – 60
- Lise., Y., (2006). Küre Dağları. Kitap Bölümü: Türkiye’nin Önemli Doğa Alanları, Ed.: Eken, G.; Bozdoğan, M.; İsfendiyaroğlu, S.; Kılıç, D.T.; Lise, Y., Cilt 2 S:166-169, Doğa Derneği, Ankara.
- Luz, F., (2000). Participatory landscape ecology – A basis for acceptance and implementation. Landscape and Urban Planning, 50, 157-166.
- Mcharg, I.L. (1992). Design with nature. Wiley. ISBN: 0-471-55797-8.
- Morgan, C., Bevington, C., Levin, D., Robinson, P., Davis, P., Abbott, J., Simkins, P., (2013). Water Sensitive Urban Design in the UK – Ideas for built environment practitioners. Publication C723 ©CIRIA London ISBN: 978-0-86017-726-5
- Naveh, Z. (2001). “Ten major premises for a holistic conception of multifunctional landscapes.” Landscape and Urban Planning, 57, S:269–284.
- Oğurlu, İ. ve Sözgen, Ö.T., (2017). “Paydaş Gözüyle Osmaneli: Doğal Potansiyelimizi Nasıl Değerlendirebiliriz.” Kitap: Gelişim Sürecinde Osmaneli, Ed.: Akpınar, A., Aksu, G.A., S:367-387, Osmaneli Belediyesi Yayınları, Yayın No:1, ISBN: 978-605-83045-0-5.
- Oğurlu, İ. ve Suri, L., (2021). Kentsel Planlamanın Yaban Hayatı ile İlişkilendirilmesi ve Değerlendirilmesi, Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (31), 906-915.
- Saaty, T. L. ve Vargas, L. G. (2012). The possibility of group choice: pairwise comparisons and merging functions. Social Choice and Welfare, 38(3), 481–496.
- Şahin, Ş., (2003). Eko-Söylemin Mekan Planlama ve Tasarıma Yansımaları. TMMOB Peyzaj Mimarları Odası Peyzaj Mimarlığı Dergisi, 2003/2, 55-59, Ankara.
- Torlak, H., Vural, M., Aytaç, Z., (2010). Türkiye’nin Endemik Bitkileri. (Endemic Plants of Turkey) Kültür ve Turizm Bakanlığı, Döner Sermaye İşletmesi Merkez Müdürlüğü, Ankara. ISBN: 978-975-17-3502-7
- Tunçay, H.E., (2016). Su Varlığı ve Kentsel Tasarım. Peyzaj Mimarları Odası, Kentsel Tasarım Sempozyumu, Ankara/TÜRKİYE, Vol. 1, No. 1, 7 Kasım 2016, s. 139-147, ISSN: 978-605-01-0762-3
- Tunçay, H.E., (2021). Kentsel Alanlarda Yağmur Suyu Hasadı. Dünya Su Günü: Şehirlerde Yağmur Suyu Kullanım Stratejileri, 18.03.2021, İTÜ.
- UNESCO, UN-Water, (2020). United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change, Paris, UNESCO
- URL-1: HET Peyzaj. <https://hetpeyzaj.com/tr/itu-green-campus-project/ SET:06.01.2022>

- URL-2: T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, Kastamonu İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü (T.C. Ministry of Culture and Tourism, Kastamonu Provincial Directorate of Culture and Tourism), <https://kastamonu.ktb.gov.tr/Eklenti/50409,kastamonu-tanitim-kitapcigi-sonpdf.pdf?0> SET:15.01.2022
- URL-3: Meteoroloji Genel Müdürlüğü, İllere ait istatistikler, Kastamonu. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m=KASTAMONU> SET:24.01.2022
- URL-4: European State of the Climate, (2020). <https://climate.copernicus.eu/esoc/2020> SET:24.01.2022
- U.S. Environmental Protection Agency-EPA, (2012). “Cool Pavements.” In: Reducing Urban Heat Islands: Compendium of Strategies. Draft. <https://www.epa.gov/heat-islands/heat-island-compendium>.
- Wouters P., Dreiseitl H., Wanschura B., Wörlén M., Moldaschl M., Wescoat J., Noiva K., (2016). Blue-green infrastructures as tools for the management of urban development and the effects of climate change. Leivable city lab. <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:Q5x12x1HLJ8J:download.ramboll-environ.com/environcorp/Blue%2520green%2520infrastructures.pdf+&cd=1&hl=tr&ct=clnk&gl=tr> SET:05.07.2021
- WWAP (World Water Assessment Programme), (2019). The United Nations World Water Development Report 2019: Leaving No One Behind. Paris, UNESCO. en.unesco.org/themes/water-security/wwap/wwdr/2019.
- WWF, (2020). Yaşayan Gezegen Raporu 2020 –Biyolojik Çeşitlilik Kaybını Tersine Çevirmek. Almond, R.E.A., Grooten M. ve Petersen, T. (Eds). WWF, Gland, İsviçre.
- Yeang, K., (2006). Ekotasarım, Ekolojik Tasarım Rehberi (Ecodesign: A Manual for Ecological Design) YEM Yayın-193, İstanbul. ISBN: 978-9944-757-64-5
- Yurdakul, E. ve Özhatay, N., (2005). “Batı Küre Dağları.” Kitap: Türkiye’nin 122 Önemli Bitki Alanı. Ed.: Özhatay, N, Byfield, A., Atay, S., S: 100-102, WWF Türkiye, İstanbul. ISBN: 975-92433-7-7



Ticari Olarak Satışa Sunulan Farklı Hazır Çorbalardaki Glioksal ve Metilglioksal Bileşiklerinin HPLC ile Araştırılması

Jale Çatak^{1*}, Sema Şule Arın²

^{1*}İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2718-0967), jalecatak@gmail.com

²İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3991-2926), semasulearin@hotmail.com

(İlk Geliş Tarihi 10 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 25 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1035279)

ATIF/REFERENCE: Çatak, J. & Arın, S.Ş. (2022). Ticari Olarak Satışa Sunulan Farklı Hazır Çorbalardaki Glioksal ve Metilglioksal Bileşiklerinin HPLC ile Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 47-53.

Öz

Günümüzde, işlenmiş gıdaların tüketimi hızla artmaktadır. Toplumun beslenme şeklindeki bu farklılık ile beraber, AGE'lere maruz kalma durumu da artmaktadır. Bu araştırmanın amacı, işlenmiş gıdalar içerisinde yer alan ve sıklıkla tüketilen hazır toz çorbalardaki GO ve MGO içeriklerinin ölçülmesi ve karşılaştırılmasıdır. Araştırmada, 30 farklı hazır toz çorba örneği İstanbul'daki çeşitli marketlerden alınmıştır. Örneklerdeki GO ve MGO içerikleri HPLC ile belirlenmiştir. Hazır çorbaların GO miktarları 83,7 – 346,8 µg/100 g aralığında tespit edilirken, MGO miktarları 49,8 – 607 µg/100 g aralığında bulunmuştur. En yüksek GO miktarı kremalı domates çorbasında (346,8 µg/100 g), en düşük GO miktarı ise kremalı tavuk çorbasında (83,7 µg/100 g) belirlenmiştir. Diğer taraftan, en yüksek MGO değeri mercimek çorbasında (607 µg/100 g), en düşük MGO değeri şehriyeli tavuk çorbasında (49,8 µg/100 g) belirlenmiştir. İncelenen hazır çorbaların AGE içeriklerinin, ürünlerin içerisine eklenen yağ, tuz ve şeker gibi bileşenlere bağlı olarak değişebildiği gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: AGE, Glioksal, Metilglioksal, Hazır çorba.

Investigation of the Glyoxal and Methylglyoxal Compounds in Different Commercially Available Instant Soups by HPLC

Abstract

Glyoxal (GO) and methylglyoxal (MGO) compounds are precursors of advanced glycation end products (AGEs). Today, processed foods' consumption has considerably increased. Changes in eating habits also increase exposure to AGEs. This study aimed to measure and compare the content of AGEs in powder soups consumed frequently among processed foods. In the research, 30 different instant powder soup were obtained from different marketplaces in Istanbul. The contents of GO and MGO in the soups were determined by HPLC. The GO amounts of the instant soups were detected between 83.7–346.8 µg/100 g, while MGO amounts were between 49.8–607 µg/100 g. The highest GO amount was in creamy tomato soup (346.8 µg/100g), while the lowest GO amount was in creamy chicken soup (83.7 µg/100 g). On the other hand, the highest MGO value was in lentil soup (607 µg/100 g), while the lowest MGO value was detected in chicken soup with noodles (49.8 µg/100 g). It has been observed that the AGE contents of the examined instant soups can vary depending on the constituents such as oil, salt, and sugar added to the products.

Keywords: AGE, Glyoxal, Methylglyoxal, Instant soup.

* Sorumlu Yazar: jalecatak@gmail.com

1. Giriş

Son yıllarda tüm dünyada hazır toz çorbalar; taşıma ve saklama koşullarının kolaylığı ve konserve halinde bulunan çorbalar ile kıyaslandığında hacminin düşük olması sebebiyle, sık tercih edilen alternatif gıdalardan olmuştur. Hazır toz çorbalar, üzerine yeterli miktarda su ilave edildikten sonra, kısa bir süre içerisinde kaynatma işlemiyle yenilebilir duruma getirilen pratik gıdalardır. Hazır karışım çorbaları; hububat ve bunlardan elde edilen unlar, nişasta, bakliyat ve bakliyat unları, kurutulmuş sebzeler, yoğurt, kurutulmuş süt ürünleri, maya özütü, kurutulmuş et, tavuk eti veya et ürünleri, tuz, baharat ve bitkisel yağ gibi malzemelerin farklı şekillerde birbirleriyle karışımı sonucunda elde edilerek tüketiminin seçimine sunulan kurutulmuş gıdalardır (Karapınar ve Gönül, 1989).

Gliksal (GO) ve metilgliksal (MGO) bileşikleri, ileri glikasyon son ürünlerinin (AGEs) öncülleridir. AGE'ler, proteinlerin, yağların ve nükleik asitlerin non-enzimatik glikasyonu sonucunda endojen olarak meydana gelen heterojen yapıli bileşiklerdir (Yılmaz ve Karabudak, 2016). AGE'ler, endojen şekilde üretildiği gibi sigara ve besinler yolu ile ekzojen olarak da vücuda alınmaktadır. Ekzojen AGE'ler, besinlerin içeriğinden (protein, yağ ve karbonhidrat) ve bu içeriklerin miktarından da etkilenebilmektedir. AGE'lerin oluşumunda önemli olan bir diğer etmen ise besinlerin maruz kaldığı ısıli işlemler olarak bilinmektedir (Sharma vd., 2015).

AGE oluşumu endojen olarak, insan metabolizmasının doğal bir parçasıdır. AGE oluşum reaksiyonu glikasyonun, Schiff bazı üretmek için indirgen şekerlerin, proteinlerin ve nükleik asitlerin amino gruplarına bağlanmasıyla başlamaktadır. Bu Schiff bazı, kararsız Amadori ürünlerini yeniden oluşturarak daha kararlı Amadori ürünlerine dönüştürür. Reaksiyon sonunda oluşan bu ürünler, GO, MGO ve 3-deoksiglukozon gibi geri dönüşümü olmayan ve oldukça reaktif karbonil bileşiklerine dönüşür (Luevano-Contreras ve Chapman-Novakofski, 2010).

Besinlerin içeriği, hazırlık basamağı ve ısıli işlem (pişirme) aşamaları, pH ve nem gibi birden fazla etmen doğrudan ya da dolaylı bir biçimde AGE'lerin oluşumuna sebep olmaktadır. Protein ve yağ miktarı açısından yüksek içeriğe sahip gıdalar, karbonhidrat miktarı fazla olan gıdalara oranla daha fazla miktarlarda AGE içermektedir. Besinlerle birlikte insan vücuduna alınan diyetel AGE'ler (dAGEs) büyük oranda Maillard reaksiyonu sonucunda oluşmaktadır. Maillard reaksiyonu oluşumunu ve hız düzeyini etkileyen faktörler, AGE'lerin üretilmesini ve vücuda alım oranını değiştirmektedir (Yaman, 2021).

AGE'lerin vücutta birikmesi ile, yaşlanma, diyabetik komplikasyon, insülin direnci, kardiyovasküler hastalık, Alzheimer, hipertansiyon, Parkinson hastalığı, böbrek hastalığı, artrit, nefropati, multipl skleroz ve böbrek yetmezliği gibi bazı kronik hastalıklar ortaya çıkabilmektedir. Dolaşımda aşırı miktarda bulunan AGE, hücre yüzeyine tutunarak ve proteinlerle çapraz bağlanarak, enflamasyon ve oksidatif strese sebep olur. AGE'lerin diyetle alınımının serum AGE düzeyleri ile bağlantılı bağlantılı olduğuna dair güçlü kanıtlar bulunmaktadır (Schleicher ve Friess, 2007). Giderek farklılaşan yaşam koşullarında, işlenmiş gıdaların tüketimi de hızla artmaktadır. Buna bağlı olarak, besinler ile alınan şeker ve yağ miktarlarında da artış görülmektedir. Beslenme alışkanlıklarındaki bu tür değişimler beraberinde insan vücudunun AGE'lere olan maruziyetini de arttırmaktadır (Poulsen, vd., 2013). Bu

çalışmanın amacı, ticari olarak satışa sunulan hazır toz çorba ürünlerindeki gliksal ve metilgliksal miktarlarının yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) ile belirlenmesi ve değerlendirilmesidir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Kimyasallar

Gliksal, metilgliksal, 4-nitro-1,2-fenilendiamin, asetonitril, metanol ve sodyum asetat Sigma-Aldrich'ten (St. Louis, MO, ABD) temin edilmiştir.

2.2. Örneklem

Bu araştırmada, 30 farklı çeşit hazır toz çorba ürünü İstanbul'daki farklı marketlerden satın alınmıştır.

2.3. Gliksal ve Metilgliksal Ekstraksiyonu ve Türevlendirmesi

Öncelikle, tüm örnekler homojenize edildi ve 2 g çorba örneği tartılarak 50 ml'lik plastik falkon tüpüne konuldu. Devamında, üzerine 25 mL metanol ilave edildikten sonra 1 dakika vortekslenerek, 8000 rpm'de 5 dakika boyunca santrifüj edildi. Numuneler santrifüj edildikten sonra süpernatantdan 0,5 mL, 10 mL'lik cam tüp içine alındı ve bu numunenin üzerine pH: 3 fosfat tampon ilave edildi. Bu işlem sonrasında, türevlendirme işleminin gerçekleşmesi için üzerine 0,5 mL 4-nitro-1,2- fenilendiamin çözeltisinden eklendi. Numuneler, 70 °C'de 20 dakika boyunca inkube edildi. Son olarak, numuneler 0,45 µm'lik selüloz asetat filtreden geçirildikten sonra HPLC cihazına verildi (Yaman, 2021; Cengiz vd. 2020; Çatak, 2020).

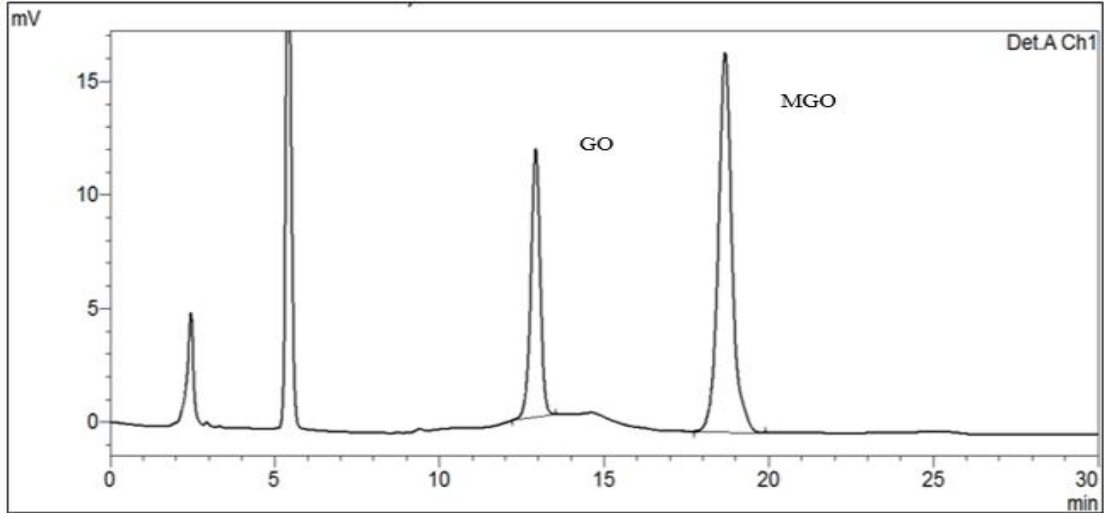
2.4. Gliksal ve Metilgliksal'ın HPLC ile Belirlenmesi

Gliksal ve metilgliksalın belirlenmesinde, Shimadzu SPD-20A UV/VIS dedektörü ve Shimadzu LC 20AT pompanın (Shimadzu Corporation, Kyoto, Japonya) oluşturduğu HPLC sistemi kullanılmıştır. Mobil faz, Metanol:Su:Asetonitril (42:56:2 v/v/v)'den oluşmaktadır. Gliksal ve metilgliksal Inersil ODS-3 kolon ile ayrıldı. Dedektörün dalga boyu 255 nm olarak ayarlanırken, akış hızı 1 ml/dk'ya, kolon fırın sıcaklığı ise 30°C'ye ayarlandı.

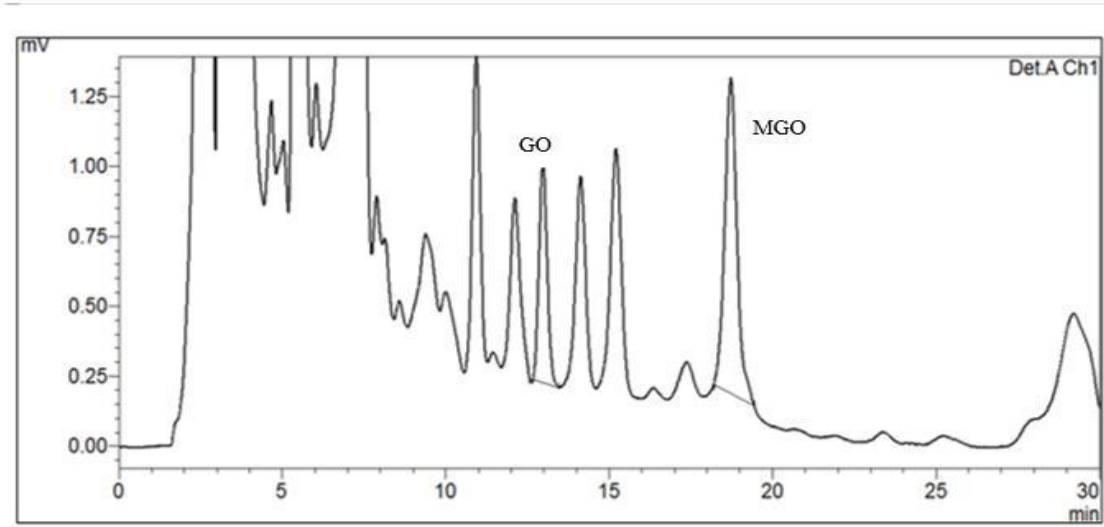
3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Gliksal ve Metilgliksal'ın standart ve örneğe ait HPLC kromatogramları Şekil 1. ve Şekil 2.'de sunulmuştur. Hazır çorba örneklerinin içerisinde bulunan AGE öncüllerinden olan GO ve MGO miktarları HPLC yöntemiyle tespit edilerek sonuçlar Tablo 1'de sunulmuştur. Yapılan analizler sonucunda, örneklerin GO miktarları 83,7 – 346,8 µg/100 g aralığında değişmektedir.

En yüksek GO değeri 12. numune olan kremalı domates çorbasında (346,8 µg/100 g) tespit edilirken, en düşük GO miktarı ise 2. numune olan kremalı tavuk çorbasında (83,7 µg/100 g) ölçülmüştür. MGO miktarları ise 49,8 – 607 µg/100 g aralığındadır. MGO miktarları karşılaştırıldığında ise en yüksek değer 16. numune olan mercimek çorbasında (607 µg/100 g) belirlenirken, en düşük MGO değeri 7. numune olan şehriyeli tavuk çorbasında (49,8 µg/100 g) belirlenmiştir.



Şekil 1. GO ve MGO standart HPLC kromatogramı (Figure 1. HPLC chromatogram of GO and MGO standards)



Şekil 2. GO ve MGO örnek HPLC kromatogram (Figure 2. HPLC chromatogram of GO and MGO in sample)

Gliksal ve metilgliksal toplam değerlerine bakıldığında en yüksek değer 12. numune olan kremalı domates çorbasında (919,9 µg/100 g), en düşük değer ise 2. numune olan kremalı tavuk çorbasında (149,5 µg/100 g) görülmüştür. Örneklerin toplam AGE içerikleri Şekil 3’de gösterilmiştir.

Hazır çorbalar, kurutulmuş et ve sebzeler, baharatlar, un, makarna, süt tozu vb. bileşenlerin karışımından yapılan işlenmiş gıdalardandır. Bu tür yiyecekler pratiktir, hazırlaması kolaydır ve günümüz yaşam tarzına uygundur. Bazı hazır çorbalar ambalaj türlerinin çeşitliliğine göre, sıvı veya macun formunda da bulunabilmektedir. Tüketmek için su ile karıştırılırlar. Mikrodalgada veya fırında ısıtılabilirler. Bu faktörlere ek olarak, kuru gıda sektörü, özellikle çorbalar, çeşitlendirilmiş tatların çekiciliği nedeniyle tüketici sayısını artırmaktadır (Martins vd., 2013; Louzada vd., 2015).

Hazırlanan çorba karışımlarının toz haline getirilebilmesi için, üretim aşamasında ısıya maruz bırakılarak kurutulması gerekmektedir. Çorbaların içerisine eklenen kurutulmuş sebzeler de mevcuttur. Çalışmamızda, kremalı domates çorbası en yüksek AGE değerine sahiptir ve içeriğinde kurutulmuş öğütülmüş domatesler bulunmaktadır. Paketli çorba ürünlerine gıda işleme

aşamasında eklenen yumurta, hardal, soya sosu, badem, fındık, antep fıstığı ve susam gibi yağ ve protein miktarı açısından oldukça yüksek maddelerin eklenmesi de AGE miktarlarını artırmaktadır. Çorba karışımları hazırlanırken içerisine eklenen aroma karışımlarının ve yağlı karışımların, hazır çorbaların AGE miktarlarını etkilediği düşünülmektedir. Tablo 1’de görüldüğü gibi en yüksek yağ içeriğine sahip olan çorba, 5,5 g ile 11. numune olan ezogelin çorbasıdır. En düşük yağ içeriğine sahip çorba ise 0,4 g ile 20. numune olan şehriyeli tavuk çorbasıdır. En yüksek GO, MGO ve toplam AGE miktarına sahip olan 12. numune olan kremalı domates çorbasının yağ miktarı ise 3,3 g’dır. Hazır çorbaların besin içeriklerinin protein ve karbonhidratlar açısından farklılıklar içermesi, eklenen aromatik maddeler ve kurutulup toz haline getirilmeleri sırasında farklı işlemlerden ve sıcaklıklardan geçmelerinin, bu ürünlerdeki GO ve MGO oluşumunu etkilediği düşünülmüştür. Ayrıca, çorbalara katılan tuz ve şeker oranları da sonuçları etkilemektedir.

Hazır çorbalarındaki toplam AGE miktarları karşılaştırıldığında, 12. örnek kremalı domates çorbasının 919,9 µg/100 g ile en yüksek, 2. örnek kremalı tavuk çorbasının ise 149,5 µg/100 g ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir.

Tablo 1. Hazır çorbalarda ölçülen GO ve MGO miktarları ve beyan edilen yağ miktarları (Table 1. Measured GO and MGO amounts in instant soups and declared fat amounts)

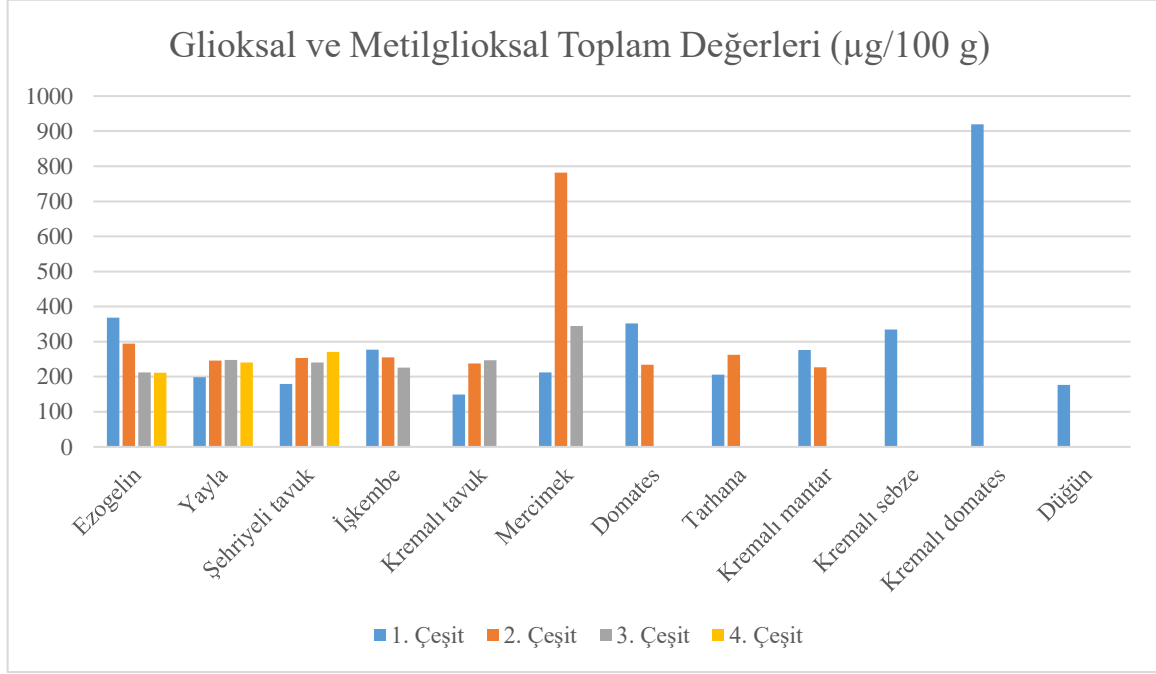
Hazır çorba örneği	GO (µg/100 g)	MGO (µg/100 g)	Beyan edilen yağ miktarları (g/100 g)
1. İşkembe	103,7±3,7	173,4±6,1	3,77
2. Kremalı Tavuk	83,7±2,9	65,8±2,3	4,57
3. Domates	155,5±5,5	196,3±6,9	1,76
4. Ezogelin	195,3±6,9	173,4±6,1	1,65
5. Yayla	136,5±4,8	61,8±2,2	2,79
6. Mercimek	140,5±5,0	71,8±2,5	2,11
7. Şehriyeli tavuk	129,6±4,6	49,8±1,8	1,23
8. Tarhana	140,5±5,0	65,8±2,3	2,09
9. Dügün	86,7±3,1	89,7±3,2	1,6
10. Kremalı Sebze	174,4±6,1	160,5±5,7	2,3
11. Ezogelin	189,4±6,7	104,7±3,7	5,5
12. Kremalı Domates	346,8±12,2	573,1±20,2	3,3
13. Şehriyeli Tavuk	180,4±6,4	72,8±2,6	1,6
14. Tarhana	143,5±5,1	118,6±4,2	1
15. Yayla	136,5±4,8	109,6±3,9	4,4
16. Mercimek	174,4±6,1	607,0±21,4	2,7
17. Kremalı Mantar	165,4±5,8	110,6±3,9	2,3
18. Ezogelin	146,5±5,2	68,8±2,4	3,25
19. İşkembe	137,5±4,8	117,6±4,1	2
20. Şehriyeli Tavuk	158,5±5,6	81,7±2,9	0,4
21. Kremalı Tavuk	155,5±5,5	82,7±2,9	2
22. Mercimek	116,6±4,1	228,2±8,0	2,8
23. Yayla	124,6±4,4	123,6±4,4	1,5
24. Şehriyeli Tavuk	189,4±6,7	81,7±2,9	1,2
25. Domates	132,6±4,7	101,7±3,6	1
26. İşkembe	150,5±5,3	75,7±2,7	1
27. Kremalı Tavuk	158,5±5,6	88,7±3,1	1,4
28. Yayla	130,6±4,6	109,6±3,9	1,2
29. Ezogelin	132,6±4,7	78,7±2,8	1,2
30. Kremalı Mantar	138,5±4,9	88,7±3,1	1,3

Şeker ve tuz miktarları açısından, ürün paketleri üzerinde beyan edilen miktarlar incelendiğinde, toplam AGE miktarı en yüksek bulunan 12. örnek kremalı domates çorbasının şeker miktarı 18,5 g, tuz miktarı 10,1 g'dır. Diğer taraftan, toplam AGE miktarı en düşük olan 2. örnek kremalı tavuk çorbası için

beyan edilen şeker miktarı 2,77 g, tuz miktarı ise 8,88 g'dır. Özellikle şeker miktarı açısından örnekler arasında ciddi fark bulunmaktadır. Sonuçlarımız, ürün içeriğindeki şeker miktarı arttıkça, AGE oluşumunun da önemli derecede arttığını desteklemektedir (Çatak vd., 2022). Mariutti ve Bragagnolo (2017), yaptıkları çalışmalarında, gıdalara tuz eklenmesi ile birlikte lipid oksidasyonunun meydana gelebileceğini bildirmiştir. Tuz ilavesi, antioksidan enzimlerin aktivitesini

azaltarak, lipid oksidasyonunu ve antioksidan enzimlerin inhibisyonunu arttırmaktadır (Mariutti ve Bragagnolo, 2017). Kraker ve cipsler üzerinde yapılan bir çalışmada, GO ve MGO seviyeleri belirlenip karşılaştırıldığında, krakerlerin cipslerden daha fazla miktarda GO ve MGO içerdiği görülmüştür. Etiket bilgilerine göre krakerlerin tuz içeriğinin cipslere göre daha

yüksek olduğu görülmüştür. Krakerlerdeki yüksek tuz içeriğinin, artan GO ve MGO miktarının sebebi olabileceği kanısına varılmıştır. Ek olarak, bu sonuçların, yağın çeşidine, pişirme sıcaklığına ve diğer bileşenlere bağlı olabileceği de bildirilmiştir (Cengiz vd., 2020).



Şekil 3. Hazır toz çorba örneklerinin GO ve MGO toplam değerleri (Figure 3. Total GO and MGO values of instant soup samples)

Yapılan çalışmalar, fruktoz miktarı artışının, Maillard reaksiyonu gerçekleşen işlenmiş gıdalardaki MGO veya AGE'ler ile korelasyon içinde olduğunu göstermektedir. Mısır şurubu içeren yüksek fruktozlu alkolsüz içeceklerde Maillard reaksiyonu sonucu yüksek miktarda MGO ve Amadori ürünleri oluşmaktadır (Tan vd., 2010).

İşlenmiş gıdalarda oluşan AGE'lerin miktarı ve çeşitliliği, öncülleri, reaksiyon süresi, işlem türü ve sıcaklığı, pH ve nem içeriği gibi faktörlerle ilişkilidir (Vlassara ve Uribarri, 2004). Genel olarak, besinlerin sahip olduğu yağ içeriği ve yüksek pişirme sıcaklığı AGE öncüllerinin oluşumunu arttırmaktadır (Sharma vd., 2015). Yapılan çalışmalarda, farklı pişirme yöntemleri uygulanan besinlerdeki karboksimetil-lisin (CML) ve MGO miktarları arasında önemli bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Besinlere uygulanan pişirme sıcaklığının artırılması CML miktarının da 200 kat artmasına sebep olmaktadır. CML seviyesi, diyetle bulunan besinlerdeki AGE miktarını belirlemek için kullanılmaktadır (Uribarri vd., 2010).

Gıdalardaki yağ ve protein miktarlarının artması ile doğru orantılı olarak CML miktarı da artış göstermektedir. Örnek olarak tereyağı, zeytinyağı, kurabiye ve bisküvi gibi yüksek yağ içeriğine sahip gıda ürünleri yüksek seviyelerde CML içermektedir. Besinlerin içerdiği yağ oranı ve MGO seviyesi arasında da önemli bir ilişki bulunmaktadır. Yapılan bir çalışmada, yağ oranı yüksek olgunlaştırılmış peynirlerin, daha az yağ içeriğine sahip mozzarella ve çedar gibi peynirlere göre daha yüksek seviyelerde AGE içerdiği gözlemlenmiştir. Bunun yanı sıra, su içeriği yüksek olan süt ve yoğurt gibi besinler AGE içeriği bakımından fakirdir. Tam yağlı süt ve yoğurtlarda da durum aynı şekildedir (Uribarri, vd., 2010). Pişirmede uygulanan

ısı işlemler besinlerdeki AGE üretimine katkı sağlar, buna rağmen peynir gibi pişirilmemiş besinlerde de AGE miktarı yüksek olabilmektedir. Bunun nedeninin, pastörizasyon işlemi ve peynirlerde uygulanan bekletme süresi (örneğin küflendirme veya yıllandırma) sırasında meydana gelen AGE oluşumundan kaynaklı olduğu düşünülmektedir (Ahmed vd., 2005).

Tereyağı, mayonez, krem peynir ve margarin gibi yağ miktarı yüksek olan sürülebilir besinler, yüksek miktarda dAGE içeriğine sahiptir. Pişirmede kullanılan pişirme yağının çeşidi, farklı miktarlarda dAGE oluşumuna sebep olmaktadır (O'Brien vd., 1989). En yüksek AGE seviyeleri; AGE oluşumunu hızlandıran tereyağı, yağ, peynir, yumurta ve kuruyemiş gibi gıda katkı maddelerinin işleme aşamasında gıdalara eklenmesi sebebiyle cips, kraker ve kurabiye gibi kuru ısıda işlenmiş besinlerde tespit edilmiştir (Story vd., 1996).

AGE'ler hayvansal kaynaklı çığ gıdalarda doğal olarak bulunmakta ve pişirme işlemi AGE oluşum miktarını arttırmaktadır. Özellikle ızgara, kızartma ve kavurma gibi pişirme yöntemleri AGE oluşumunu etkilemektedir (Vlassara ve Uribarri, 2004). Besinlere uygulanan ısı işleminin yüksek sıcaklıklara ulaşması ve uygulanan işlemdeki nem miktarının azalmasıyla AGE miktarı artış gösterir (Goldberg vd., 2004). Besinlerdeki AGE miktarları karşılaştırıldığında yüksek ateşte pişirmenin (ızgara ve kızartma) AGE seviyesini arttırdığı, düşük ateşte, kısa süreli ve bol suyla pişirmenin ise AGE miktarını düşürdüğü tespit edilmiştir (Huebschmann vd., 2006). Kuru ısıda pişirilen hayvansal kaynaklı besinlerin AGE miktarlarının önemli oranlarda artış gösterdiği de gözlemlenmiştir (Ahmed vd., 2005).

AGE miktarının en yüksek olduğu besin grubunun yağ grubu olduğu bildirilmiştir. Et grubundaki AGE miktarı yağ grubuna göre daha düşüktür, buna rağmen yağ grubuna göre et grubu tüketimi daha fazla olduğu için AGE alım miktarının önemli bir kısmını et grubu oluşturmaktadır (Goldberg vd., 2004). Kırmızı et ile beyaz et kıyaslandığında kırmızı etin beyaz ete oranla daha yüksek miktarda AGE içerdiği bildirilmiştir. Balık eti ise diğer et çeşitlerine göre çok daha az miktarda AGE içermektedir. Yumurta ve kuru baklagiller ise bu grup içerisinde en düşük AGE içeriğine sahip olan besinlerdir.

Pişirme yöntemlerinin farklılığına göre de besinlerin içeriğindeki AGE miktarları değişebilmektedir. Örneğin, haşlama kırmızı et kızarmış tavuk etine kıyasla daha az miktarda AGE içermektedir (Uribarri vd., 2010). Tavuk etine uygulanan ısı işlemlerden kızartma ve kavurma, haşlanma ve buğulama işlemine göre 4 kat daha fazla AGE içermektedir (Goldberg vd., 2004). Yağlı etler yağsız etlere göre daha yüksek oranda AGE içerirken, yağsız etler ve derisiz tavuk eti yüksek kuru ısıya maruz kaldığında çok yüksek miktarda AGE oluşumu olduğu gözlemlenmektedir (Chen ve Smith, 2014).

Et ve yağ grubuna kıyasla, karbonhidrat grubunda AGE miktarı daha düşüktür. Bunun nedeni, bu besinlerdeki su içeriği, yüksek antioksidan kapasitesi ve vitamin seviyesinin fazla olmasıdır. En yüksek AGE seviyesi kuru ısı işlem gören cips, kraker ve kurabiye gibi besinlerde bulunmaktadır. Bu besinlerdeki AGE miktarının yüksek olmasının nedeni içerisine tereyağı, peynir ve fıstık gibi malzemelerin eklenmesi ile açıklanmaktadır (Uribarri vd., 2010).

Sebze ve meyveler düşük miktarlarda AGE içeriğine sahiptir. Bunun sebebi, az miktarda yağ ve protein bulunması, bunun yanında yüksek miktarda su içermeleridir. Aynı zamanda sebze ve meyveler antioksidanlarca çok zengindir. Antioksidanların besinlerde bulunan AGE içeriğini düşürdüğü tahmin edilmektedir. Sebze ve meyvelerin dondurulması, konserve edilmesi veya sularının sıkımı AGE içeriklerini etkilememektedir. Meyvelerin kurutulması ise AGE miktarını arttırmaktadır. Ancak hayvansal kaynaklı besinlerle karşılaştırıldığı zaman kuru meyvelerin AGE içerikleri oldukça düşüktür (Uribarri, vd., 2010).

Son yıllarda değişen yaşam şartları, sağlıksız beslenme ve hareketsiz yaşam koşullarının önemli derecede artmasına yol açmıştır. Bu durum ekzojen AGE alımının artmasıyla birlikte AGE oluşum miktarını da arttırmıştır (Vlassara, vd., 2017). Günümüzde ekzojen kaynaklı AGE oluşumunu ve alımını azaltmak için farklı yöntemler uygulanmaktadır. Yüksek nem oranı, kısaltılmış pişirme süresi, düşük derecelerde pişirme sıcaklıkları ya da limon suyu, sirke gibi asit içeriği yüksek bileşenlerin tüketimi ile gıdalardaki AGE oluşumunun düşürülebileceği bilinmektedir. Yaygın olarak yağların, yağ oranı yüksek kırmızı etlerin, işlenmiş gıdaların ve atıştırmalıkların tüketiminin azaltıldığı; sebze, meyve, tam tahıl, kuru baklagiller, yağsız et ve balık gibi gıdaların tüketiminin artırıldığı bir besin düzeninin oluşturulması yalnızca AGE alımını azaltmakla kalmayıp, bu sayede bireyleri olası hastalık risklerine karşı korumaktadır (Yılmaz ve Karabudak, 2016).

AGE inhibitörleri sentetik bileşikler ve doğal ürünler olarak temel iki gruba ayrılmaktadırlar. AGE inhibitörlerinin amacı inhibe edici mekanizmaları ile proteinlere şeker bağlanmasının engellenmesi, glikooksidasyon aşamasında oluşan reaktif dikarboniller, serbest radikaller ve azot türleri gibi birçok ara ürünün tutulması veya atılması yoluyla, glikooksidasyon ve

oksidatif stresin azaltılması ve oluşan AGE çapraz bağlanmalarını yıkmaktır (Verzolloni vd., 2011). Bazı besinlerin sahip olduğu antioksidanlar AGE inhibitörü özelliği göstererek AGE oluşumunu önleyebilmektedir. Antioksidanlar oksidasyonu engelleyici maddelerdir. Limon ve sirke antioksidan açısından zengin besinlerdir. Sulu ısıda pişirilen etlerin (güveç ve yahni) tüketimiyle AGE artışının yaklaşık %50 oranında azaldığı gözlemlenmiştir (Uribarri vd., 2010). Yeşil çay özüünde yüksek oranda bulunan tanen (flavonoid) maddesinin AGE oluşumunu inhibe edebileceği tespit edilmiştir (Babu vd., 2007).

AGE açısından zengin yiyecekleri sıklıkla tüketen bireylerin, daha az tüketenlere göre sağlık açısından riski daha yüksek olacaktır. AGE'lerle ilgili sağlık sorunları, AGE'den kısıtlı diyet ile azaltılabilir. Bu sebeple diyetinde yüksek AGE alımını azaltmak için AGE içeriği zengin gıdaların tüketiminin azaltılması önerilmektedir (Çatak, 2020).

Evde yapılan çorbalarda tuz miktarı istenilen ölçülerde ayarlanabiliyorken, hazır çorbalarda bu oranı dengeleyebilmek mümkün olmamaktadır. Tüketilen hazır çorbayla beraber vücuttaki sodyum miktarı da artabilmektedir. Sodyum miktarının yükselmesi, kan basıncını arttırdığı gibi, kalp atım ritmini de etkileyebilmektedir. Bu durum, özellikle hipertansiyonu olan hastalar için risk oluşturabilir. Hazır çorbaların sık tüketilmesi, insan metabolizmasında ve bağırsak florasında bozulmalara yol açabileceği gibi, kalp/damar hastalıkları, kanser ve metabolik sendrom gibi çeşitli hastalıklara zemin hazırlayabilir. Ayrıca, dışarıdan hazır paketli olarak satın alınan çorbalarda, evde taze besinlerle hazırlanıp tüketilen çorbalara kadar posa ve besin ögesi içermemektedir.

Çorba tüketiminin insan beslenmesinde oldukça önemli bir yer vardır. Çorbalarda her zaman iyi bir öğün başlangıcı olmuştur ya da başlı başına kendisi bir öğündür. Hem AGE içeriği bakımından, hem de sağlık ve doğallık açısından ev yapımı çorbalarda tercih edilmelidir. Çorbaların içerisine eklenen çeşitli baharatlar metabolizmayı düzenleyerek vücut direncini artırır. Besin değeri açısından yüksek ve sağlıklı bir çorba elde edebilmek için mevsim sebzeleri çorbalara eklenmelidir. Posa değerini artırmak ve bitkisel protein içeriğini zenginleştirmek için kurubaklagilleri, tam tahıl ürünlerini çorbalara eklemek iyi bir seçenek olabilir. Tüm bunlarla birlikte, çorbalarda kullanılan yağ çeşidi de oldukça önemlidir. Hayvansal yağlar, doymuş yağ kaynakları olduğu için, bunların yerine bitkisel yağların tercih edilmesi sağlık açısından daha yararlı olacaktır.

4. Sonuç

Hızlı, pratik ve ekonomik olduğu için tercih edilen hazır çorbaların tüketimi son yıllarda büyük oranda artış göstermektedir. Literatürde, paketli hazır gıdalardaki AGE miktarına ilişkin sınırlı veri bulunmaktadır. Çalışmamızda, ticari olarak satışa sunulan ve günümüzde sıkça tüketilmekte olan, içerikleri birbirinden farklı (karbonhidrat, protein, yağ, tuz, şeker vb.) 30 adet hazır toz çorba karışımı incelenmiştir. İncelenen örneklerin AGE içeriklerinin, ürünlerin içerisine eklenen yağ, tuz ve şeker gibi maddelere bağlı olarak değiştiği gözlemlenmiştir. İşkembe, kremalı tavuk, domates, ezogelin, yayla, mercimek, şehriyeli tavuk, tarhana, düğün, kremalı sebze, kremalı domates, kremalı mantar çorbası gibi 30 farklı hazır toz çorbalardan, en yüksek AGE miktarına sahip olan ürünün kremalı domates çorbası olduğu tespit edilmiştir. Yapılan karşılaştırmalara göre bunun sebebinin, eklenen şeker ve tuz miktarıyla bağlantılı olduğu kanısına varılmıştır. Çorba

tüketiminde, AGE potansiyelleri nedeniyle ticari olarak satışa sunulan hazır çorbalar yerine, ev yapımı çorbaların tercih edilmesi önerilmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi ARGE laboratuvarlarında tamamlanmıştır. Desteklerinden dolayı İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Ahmed, N., Mirshekar-Syahkal, B., Kennish, L., Karachalias, N., Babaei-Jadidi, R., & Thornalley, P. J. (2005). Assay of advanced glycation endproducts in selected beverages and food by liquid chromatography with tandem mass spectrometric detection. *Molecular nutrition & food research*, 49(7), 691-699.
- Babu, P. V. A., Sabitha, K. E., Srinivasan, P., & Shyamaladevi, C. S. (2007). Green tea attenuates diabetes induced Maillard-type fluorescence and collagen cross-linking in the heart of streptozotocin diabetic rats. *Pharmacological research*, 55(5), 433-440.
- Cengiz, S., Kişimiroğlu, C., Cebi, N., Catak, J., & Yaman, M. (2020). Determination of the most potent precursors of advanced glycation end products (AGEs) in chips, crackers, and breakfast cereals by high performance liquid chromatography (HPLC) using precolumn derivatization with 4-nitro-1, 2-phenylenediamine. *Microchemical Journal*, 158, 105170.
- Chen, G., & Smith, J. S. (2014). Determination of advanced glycation endproducts in cooked meat. *Food Chemistry*, 13(3): 190-195.
- Çatak, J. (2020). Quantitative Analyses of Glyoxal and Methylglyoxal Compounds in French Fry Samples by HPLC Using 4-Nitro-1, 2-Phenylenediamine as A Derivatizing Reagent. *International Journal of Innovative Research and Reviews*, 4(1), 20-24.
- Catak, J., Yaman, M., Ugur, H., Yildirim Servi, E., Mizrak, Ö. (2022). Investigation of the advanced glycation end products precursors in dried fruits and nuts by HPLC using pre-column derivatization. *Journal of Food and Nutrition Research*, 61, 1-8.
- Goldberg, T., Cai, W., Peppas, M., Dardaine, V., Baliga, B. S., Uribarri, J., & Vlassara, H. (2004). Advanced glycoxidation end products in commonly consumed foods. *Journal of the American Dietetic Association*, 104(8), 1287-1291.
- Huebschmann, A. G., Regensteiner, J. G., Vlassara, H., & Reusch, J. E. (2006). Diabetes and advanced glycoxidation end products. *Diabetes care*, 29(6), 1420-1432.
- Karapınar, M. ve Ş.E. Gönül. (1989). Microbiological Quality of Dry Soups Obtained Retail Markets. *Ege Üniv. Mühendislik Fak. Gıda Mühendisliği* 7(2): 47-54.
- Louzada, M. L. D. C., Martins, A. P. B., Canella, D. S., Baraldi, L. G., Levy, R. B., Claro, R. M., ... & Monteiro, C. A. (2015). Ultra-processed foods and the nutritional dietary profile in Brazil. *Revista de Saúde Pública*, 49.
- Luevano-Contreras, C., & Novakofski, K. (2010). Dietary advanced glycation end products and aging, *Nutrients*, 2(1): 1247-1265.
- Mariutti, L. R., & Bragagnolo, N. (2017). Influence of salt on lipid oxidation in meat and seafood products: A review. *Food Research International*, 94, 90-100.
- Martins, A. P. B., Levy, R. B., Claro, R. M., Moubarac, J. C., & Monteiro, C. A. (2013). Increased contribution of ultra-processed food products in the Brazilian diet (1987-2009). *Revista de saude publica*, 47, 656-665.
- O'Brien, J., Morrissey, P. A., & Ames, J. M. (1989). Nutritional and toxicological aspects of the Maillard browning reaction in foods. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 28(3), 211-248.
- Poulsen, M. W., Hedegaard, R. V., Andersen, J. M., de Courten, B., Bügel, S., Nielsen, J., ... & Dragsted, L. O. (2013). Advanced glycation endproducts in food and their effects on health. *Food and Chemical Toxicology*, 60, 10-37.
- Schleicher, E., & Friess, U. (2007). Oxidative stress, AGE, and atherosclerosis. *Kidney International*, 72, S17-S26.4.
- Sharma, C., Kaur, A., Thind, S. S., Singh, B., & Raina, S. (2015). Advanced glycation End-products (AGEs): an emerging concern for processed food industries. *Journal of food science and technology*, 52(12), 7561-7576.
- Story, M., Hayes, M., & Kalina, B. (1996). Availability of foods in high schools: is there cause for concern?. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 96(2), 123.
- Tan, A. L., Sourris, K. C., Harcourt, B. E., Thallas-Bonke, V., Penfold, S., Andrikopoulos, S., ... & Coughlan, M. T. (2010). Disparate effects on renal and oxidative parameters following RAGE deletion, AGE accumulation inhibition, or dietary AGE control in experimental diabetic nephropathy. *American Journal of Physiology-Renal Physiology*, 298(3), F763-F770.
- Uribarri, J., Woodruff, S., Goodman, S., Cai, W., Chen, X., Pyzik, R., ... & Vlassara, H. (2010). Advanced glycation end products in foods and a practical guide to their reduction in the diet. *Journal of the American Dietetic Association*, 110(6), 911-916.
- Verzelloni, E., Pellacani, C., Tagliazucchi, D., Tagliaferri, S., Calani, L., Costa, L. G., ... & Del Rio, D. (2011). Antiglycative and neuroprotective activity of colon-derived polyphenol catabolites. *Molecular Nutrition & Food Research*, 55(S1), S35-S43.
- Vlassara, H., & Uribarri, J. (2004). Glycoxidation and diabetic complications: modern lessons and a warning?. *Reviews in Endocrine and Metabolic Disorders*, 5(3), 181-188.
- Vlassara, H., Woodruff, S., ve Striker, G. E. (2017). *A.G.E LESS DIET*, New York: Squareone Publishers.
- Yaman, M. (2021). İleri Glikasyon Son Ürünlerinin (AGEs) Öncüllerinin in Vitro Biyoerişilebilirliklerinin Bazı Gıdalarda Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 598-60.
- Yılmaz, B., & Karabudak, E. (2016). Besinlerdeki İleri Glikasyon Son Ürünleri ve Azaltma Yöntemleri. *Beslenme ve Diyet Dergisi*, 44(3), 280.



Microstructural and Mechanical Properties of AA7075 Al Alloys Produced via Mechanical Alloying Process

Kemal Doğan^{1*}, Mustafa Acarer², Yasin R. Eker³, Emin Salur⁴

^{1*} Harran University Research Center for Science and Technology, Osmanbey Campus, Şanlıurfa, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9770-8069), kdogan@harran.edu.tr

² Selçuk University, Faculty of Technology, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2876-4881),

macarer@selcuk.edu.tr

³ Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7395-4364),

yeker@erbakan.edu.tr

⁴ Selçuk University, Faculty of Technology, Department of Metallurgical and Materials Engineering, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-0984-3496),

esalur@selcuk.edu.tr

(First received 24 December 2021 and in final form 22 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1041205)

ATIF/REFERENCE: Doğan, K., Acarer, M., Eker, Y. R. & Salur, E. (2022). Microstructural and Mechanical Properties of AA7075 Al Alloys Produced via Mechanical Alloying Process. *European Journal of Science and Technology*, (35), 54-61.

Abstract

In this study, it is aimed to produce AA7075 materials by mechanical alloying and sintering methods. Besides, the main purpose of this study is to investigate the effect of different ball milling times on the powder and sintered samples. The milled powders and sintered samples were thoroughly investigated by different characterization techniques. Initially, AA7075 alloy powders were milled by planetary high-energy ball milling device with different milling times. While the initial particle size of commercial grade AA7075 powders were calculated 46 µm, the average particle size of the 8 hours milled powders measured as 22 µm. The effect of different milling times (i.e., 0.5, 1, 2, 4 and 8 hours) on the morphological properties of AA7075 milled powders were investigated by scanning electron microscopy (SEM) and particle size analyses. In addition, X-ray powder diffractometry (XRD) was performed to observe the differences in the crystallographic properties of the milled powders. After the powder preparation and characterization stages, in order to determine the effect of the different phases of milling process on the mechanical properties of the produced AA 7075 samples, these milled powders were consolidated via cold press followed by sintering process. According to experimental outcomes, it was observed that when the milling time reached the final stage (8 hours), the relative density of bulk AA7075 decreased by 7%, in contrast the hardness increased by 130% as compared to pure AA7075 sample fabricated by same producing history.

Keywords: AA7075, Ball Milling, Microstructure, Mechanical Properties.

Mekanik Alaşım Yöntemi ile Üretilen AA7075 Al Alaşımlarının Mikroyapısal ve Mekanik Özellikleri

Öz

Bu çalışmada, mekanik alaşım ve sinterleme yöntemleri ile AA7075 malzemelerinin üretilmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, bu çalışmanın temel amacı, farklı bilyeli öğütme sürelerinin toz ve sinterlenmiş numuneler üzerindeki etkisini araştırmaktır. Öğütülmüş tozlar ve sinterlenmiş numuneler, farklı karakterizasyon teknikleri ile kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Başlangıçta, hazır olarak temin edilen AA7075 alaşım tozu, farklı öğütme sürelerinde gezegensel yüksek enerjili bilyeli öğütme cihazı ile öğütülmüştür. Ticari kalite AA7075 tozların başlangıç partikül boyutu 46 µm olarak hesaplanırken, 8 saatlik öğütülmüş tozların ortalama partikül boyutu 22 µm olarak ölçülmüştür. Öğütülmüş AA7075 alaşım tozların morfolojik özellikleri üzerindeki farklı öğütme sürelerinin (yani 0,5, 1, 2, 4 ve 8 saat) etkisi, taramalı elektron mikroskobu (SEM) analizi ve partikül boyut analizleri ile araştırılmıştır. Ek olarak, öğütülmüş tozların kristalografik özelliklerindeki farklılıkları gözlemek için X-ışını toz kırınımı (XRD) yapılmıştır. Toz hazırlama ve karakterizasyon aşamalarından sonra, üretilen AA7075 numunelerinin mekanik özelliklerine öğütme işleminin farklı aşamalarının etkisini belirlemek amacıyla, öğütülen bu tozlar soğuk pres ve ardından sinterleme işlemi ile konsolide edilmiştir. Deneysel sonuçlara göre, öğütme süresi son aşamaya (8 saat) ulaştığında, sinterlenmiş AA7075'in bağıl yoğunluğunun %7 azaldığı, buna karşın aynı üretim geçmişi ile üretilen saf AA7075 numunesine göre sertliğin %130 arttığı gözlemlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: AA7075, Bilyeli Öğütme, Mikroyapı, Mekanik Özellikler.

* Corresponding Author: kdogan@harran.edu.tr

1. Introduction

Today, technological developments have gained momentum due to improvement in new materials with different superior properties (Aslan et al., 2021; Şavklıyıldız & Demir, 2021). The importance of metal-based materials with desired properties plays a vital role in various industrial applications (Güneş et al., 2021; Usca et al., 2021). In this context, different metals and its alloys have received remarkable attention by diverse researchers (Usca, et al., 2021). Among wide range of alloys, aluminum-based alloys are extensively preferred in various industrial area such as aircraft, maritime, automobile, and aviation due to their low specific gravity and high specific strength, excellent thermal conductivity, easy machining, and their low costs (Salur et al., 2021). There are several types of Al alloys classified by their alloying elements. One of the most important types of Al alloys is 7xxx series. The 7xxx alloy system is aluminum alloys with the main alloying element Zn and the most commonly used minor alloying elements Mg and Cu (Salur et al., 2021). These Al alloys are generally used for aerospace and transportation applications due to their high strength and heat treatable properties. The strengths of these alloys, which are used in aircraft body and wing construction in the aviation industry, are increased by aging (precipitate hardening) heat treatments. Among the 7XXX series aluminum alloys, the AA7075 alloy stands out as it has the highest strength (Şavklıyıldız, 2021). Powder metallurgy process is widely used in the production of Al alloys. Materials with desired properties that cannot be obtained with conventional metalworking processes can be produced by PM method (Salur et al., 2019). Moreover, the PM method is characterized by great flexibility in material selection and design. The PM route is currently widely used to produce high strength and/or creep resistant Al alloys with properties beyond conventional metallurgical levels. The best sample for such applications results from a powder with a fine and supersaturated microstructure or a dense dispersion of fine reinforcing particles that resist coarsening and dissolution (Salur et al., 2021). Such microstructures are generally obtained by rapid solidification, mechanical milling, and mechanical alloying. Rapid solidification processing (RSP) increases solubility and reduces grain size. Further microstructural improvement can be achieved by mechanical alloying/ball milling of rapidly solidifying powder (Zebarjad & Sajjadi, 2006). At the same time, mechanical alloying can increase solid solubility compared to RSP. There are two different terms that refer to the processing of powder particles in high-energy ball mills (Basariya et al., 2014). Mechanical alloying is used for processes in which different powder mixtures are milled together. The aim is to obtain a homogeneous alloy through material transfer (Tekin et al., 2021). The method used for milling pre-alloyed powders where material transfer is not the primary goal is called mechanical milling. Mechanical milling is a widely used PM method developed to produce dispersion-enhanced alloys as a result of particle refining of powders and homogeneous dispersion of fine second phase particles (Salur et al., 2021).

Various studies (Abu-Oqail et al., 2019; Nazik et al., 2016; Shkodich et al., 2014; Varol & Ozsahin, 2019; Xu et al., 2017) have been conducted previously to investigate the effect of ball milling process on the structural evolution of different metals and its alloys. While different properties of Al alloys were investigated thoroughly in the context of the powder metallurgy route, the effect of ball milling method on the overall properties of AA7075 Al alloys seem to have received only cursory attention in the open

literature. However, it is well known that the production route provides significant changes in the end product properties. Hence, the main purpose of this study is to examine the influence of the different ball milling times on the microstructural and mechanical characteristics of AA7075 alloys produced by cold pressing within the framework process-properties correlation.

2. Material and Method

In this study, commercial aluminum alloy (AA7075) powders were used for bulk material production. The initial AA7075 powders were supplied by Nanografi, Co. Ltd. Company, Ankara. The average particle sizes of commercially available AA7075 powders measured as 38 μm . The chemical composition of the as-received AA 7075 powders was given in Table 1. Figure 1 shows the SEM images of as-received AA7075 powders (SEM EVO LS10). AA7075 powders were milled by a RETSCH-PM 200 high energy planetary ball milling device for 0.5, 1, 2, 4 and 8 hours, respectively, at 400 rpm under the air atmosphere. The ball-to-powder (BPR) ratio was chosen as 10:1 and 10 mm diameter tungsten carbide (WC) balls were used for milling process. A wt. 2% methanol was used as process control agent (PCA). To avoid overheating and cold welding, the powders were milled for 10 minutes and rested for 5 minutes during all milling periods. The changes in the morphologies of the milled powders were analyzed using by scanning electron microscope (SEM, EVO LS10) instrument. The average particle size (APS) of the milled powders was calculated with the particle size analyzer (Mastersizer 2000). A Rigaku ZSX Primus-II XRD model X-ray diffractometer was used to determine the changes in the crystallographical structures of the milled powders. After the milled powders characterization, the densification of these powders was accomplished by cold pressing followed by sintering process. The cold pressing process was applied at a pressure of 450 MPa. After compaction of milled AA7075 powders at different milling times were sintered for 2 hours at 520 $^{\circ}\text{C}$ under argon atmosphere in a Protherm tube furnace. During sintering process, the heating rate was settled as 10 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$, and the process was finished by 5 $^{\circ}\text{C}/\text{min}$ cooling rate to ambient temperature. The sintering steps was shown in Figure 2. The sintering parameters were selected by literature review (Mobasherpour et al., 2013), our previous investigations (Doğan et al., 2022) and prior knowledge assessment. The Brinell-hardness of sintered bulk samples were measured by a "Digirock-Lc-Rbov" tester under 62.5 kg load with a using 2.5 mm diameter ball. To calculate the theoretical density of the sample, rule of mixtures was employed, and experimental density values of the sintered sample were determined via the "Precisa XB 220A" precise scale. To supply high preciseness and reproducibility in the measured data, three samples were produced by same preparing history. Plus, at least five measurements were made on each different set and the arithmetic average of measured values was reported with their standard deviation values to produce accurate statistical sample. The microstructural changes of the samples were monitored using same SEM instrument.

Table 1. Chemical composition of as-received AA7075 powders

Elements	Zn	Mg	Cu	Fe	Si	Mn	Al
wt. (%)	4.8	2.9	1.8	0.22	0.15	0.05	~90

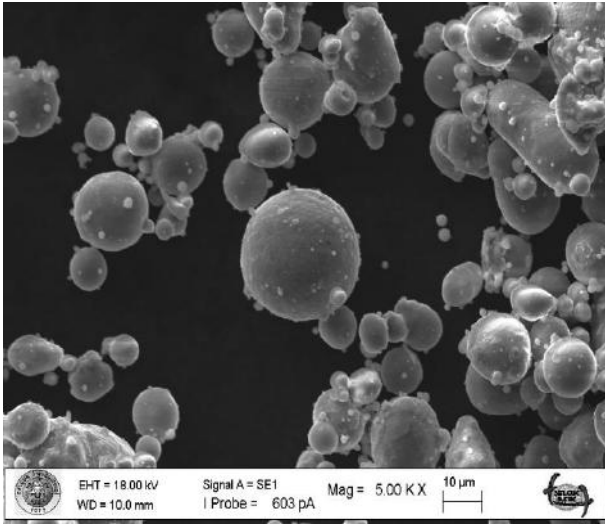


Figure 1. SEM images of as-received AA7075 powders

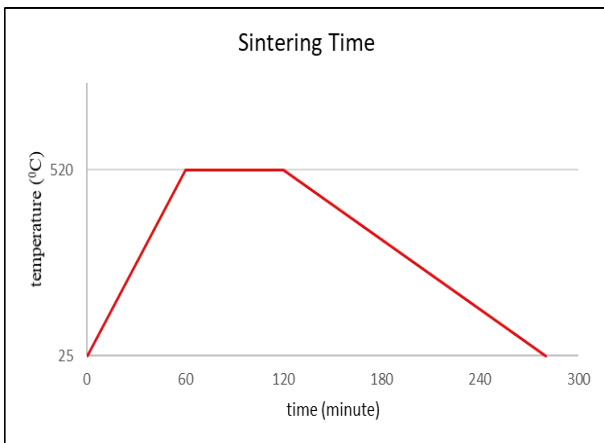


Figure 2. Schematic graph of sintering procedure

3. Results and Discussion

3.1. Powder Characterization

Figure 3 illustrates the SEM images showing morphology of the milled powders for different milling times. In addition, Figure 4 shows the average particle size of the as-received and milled AA7075 powders. Initial AA7075 powders have spherical morphology and about 46 μm in particle size (See Figure 4), as earlier described in Figure 1. In the early stage of the milling (0.5 h), the average particle size (APS) of the powders was decreased to 38 μm due to highly effective PCA. As the milling time increased up to 1 hour, the APS was strikingly increased because of flattened or flake-like pieces, as seen in both Figure 3 and Figure 4. The APS of these powders was measured as 58 μm (See Figure 4). Further milling process up to 8 hours, the flattened AA 7075 powder (Figure 3c and 3d), which was mostly flake in shape and about 60 μm in size, became fractured substantially with decreased due to the severe plastic deformation mechanism triggered by impact forces of powder-ball-jar. In the final stage of milling process (8 hours), the APS value calculated as 22 μm , which is achieved the minimum level of APS, as seen in Figure 4. As described in both Figure 3 and Figure 4, the highest aspect ratio, meaning the ratio between a greatest and smallest dimension of particle sizes, was achieved at 1 hour of milling. The main reason for this situation is the ductile Al powders remaining between the balls is exposed to a micro-rolling effect due to dominant plastic deformation and PCA effect (Suryanarayana, 2001). However, the effect of PCA was gradually faded out in milling system and it resulted in powders subjected to severe fracture mechanism and resultant reduction in particle size. As a consequence, at the end of the milling, there was more than 50% reduction in particle size compared to the initial form (see Figure 4) and randomly fragmented irregular particles were formed as shown in Figure 3

Figure 5a shows the X-ray diffraction curves of the as-received and milled AA7075 powders. The main reflections of the as-received powders were also observed in milled powders. A closer examination at main X-ray curve of the AA7075 powders (Figure 5b), it was observed peak shift towards to high angle as the milling time extended. One reason that of this situation can be originated from stress accumulation on the main lattice structure induced by well-known ball milling effect due to severe plastic deformation under the rigid and tiny balls and their shear forces (Doğan et al., 2022). Such an accumulation on the lattice resulted in increased lattice strain and dislocation density and resultant increment in powder hardness. On the other hand, this observation could be resulted from various parameters such as compositional fluctuations, structural impurities, distribution of reinforcements, stacking faults, and other metallurgical defects (Biçer et al., 2020).

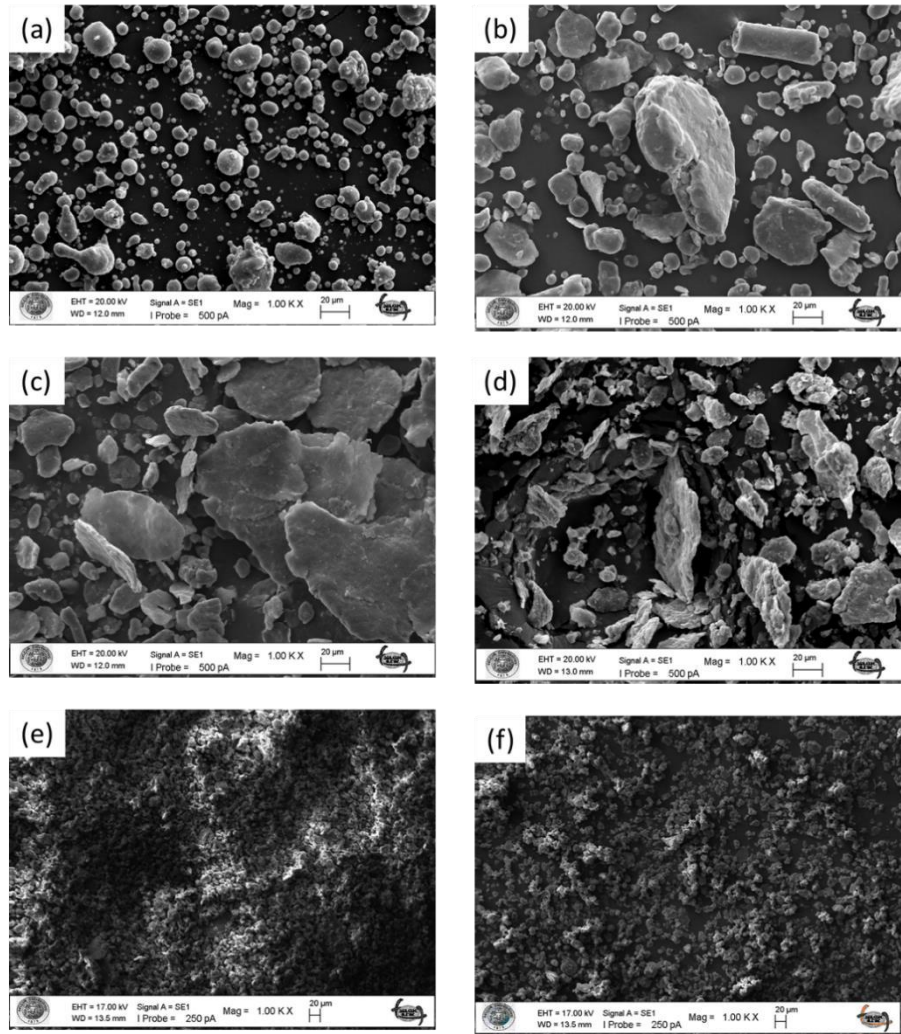


Figure 3. SEM images of the (a) as-received, (b) 0.5h, (c) 1h, (d) 2h, (e) 4h and (f) 8h milled AA7075 powders

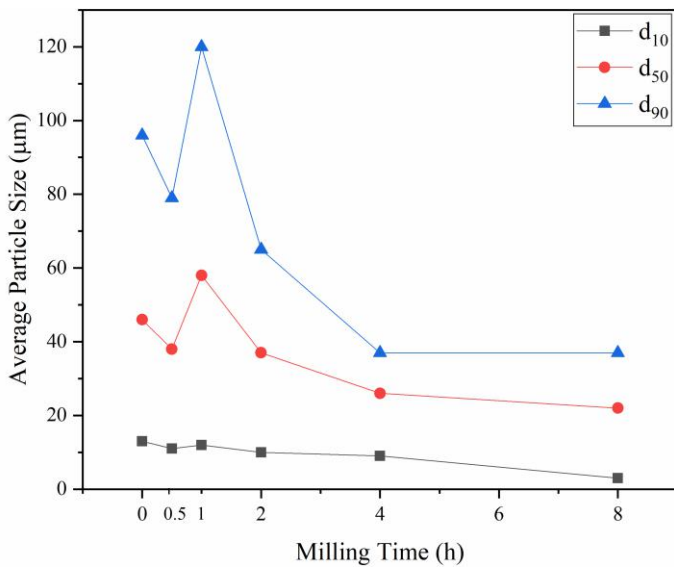
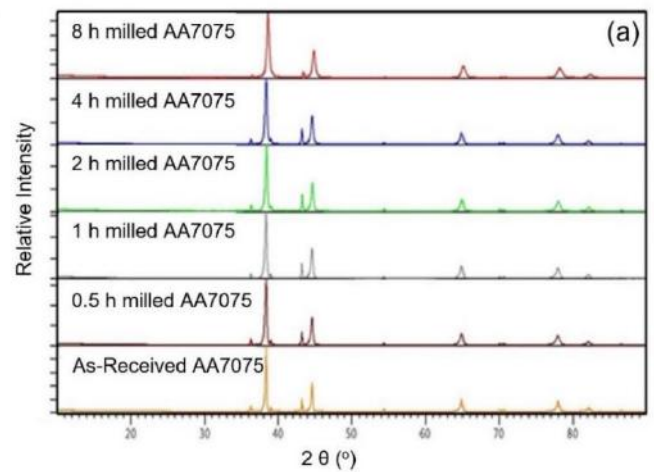


Figure 4. The variation on the average particle size as a function of ball milling time



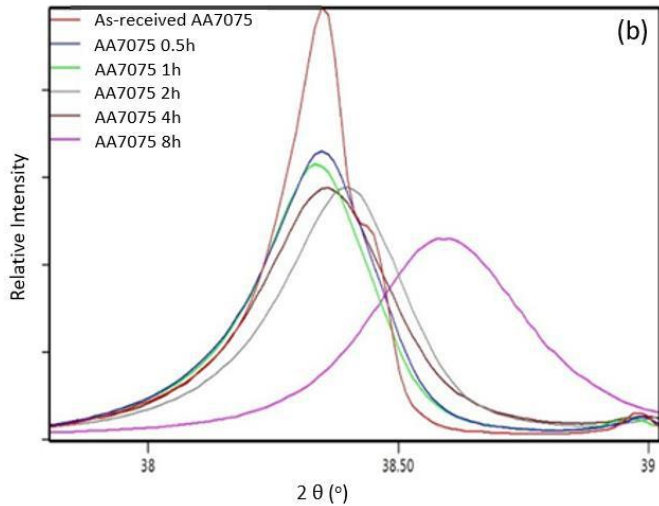


Figure 5. (a) X-ray diffraction curves of as-received and milled AA7075 powders with different milling time and (b) A closer examination on the main reflection peak showing peak shift

3.2. Bulk Material Characterization

Initial particle size, its distribution and particle morphology of each powder directly or indirectly influence the final microstructure of sintered specimens. In this regard, detailed powder characterization is highly vital point to determine the performance of final product. Figure 6 shows the SEM images of consolidated AA7075 Al alloys at different milling times. Considering Figure 3 and Figure 6, it was observed that there is no discernible grain growth in any samples due to sintering process. Figure 6a illustrates the SEM image of sintered as-received AA7075 alloy with a spherical shape with an average grain size of $\sim 45 \mu\text{m}$. After 0.5 hour of milling, some of the spherical grains transformed into the flattened grains, with the greater part remains in spherical shape (see Figure 6b). Spherical shapes were almost completely turned into flake-like grains along with irregular fractured smaller particles, after 1 hour of milling (See Figure 6c). Similar observations were also reported by some authors who conducting study on the ball milling of different Al-based alloys (Chen et al., 2015; Xu et al., 2017).

Figure 7 shows the experimental density of the sintered samples. As seen in density results, the best packing property was attained at 1 hour of milling stage due to beneficial combination of desired particle size ranges and morphologies, as earlier described in Figure 6c. This phenomenon led to satisfying structural integrity in the material system, and the density of the sample was reached to its maximum level. As the milling time increase up to 8 hours, it was observed that the flake-like grains turned into randomly fractured irregular shapes due to the initially milled particles and repetitive impact of the powder-ball-jar, as presented in Figure 6c-f. Naturally, the average grain size systematically decreased, which shows good agreement with the results of the powder SEM analysis (see Figure 3 and 4).

As illustrated in Figure 8, the Brinell hardness of sintered AA7075 Al alloy increased with prolonging milling time. The sample produced with 8 hours milled powders exhibited 2 times harder than the pure AA7075 sample produced by as-received powders. Severe plastic deformation mechanism on the powder particles can be one issue in that the ball milled powders show improved hardness than traditional deformation mechanisms. These powders subject to the work hardening effect due to increased milling time, which leads to an increased powder hardness. Such an increment in hardness of the particles can be originated from different factors. Increased lattice strain due to increased dislocation density during milling operation is the main factor (Yoo et al., 2013). Besides, decreased grain size is another crucial parameter for enhanced hardness according to the Hall-Patch equation, which defines the correlation between the hardness or strength of polycrystalline materials and the grain size. The existence of the intense dislocation density in the structure accelerates the finer grain formation and it supplies grain refinement with different sub-grains throughout the microstructure (Kang et al., 2018). The different arrangement of neighboring sub-grains and the high lattice distortion at the locality of grain boundaries hinder dislocation movement in the certain shear plane and accompanying hardening the samples. In this regard, aforementioned concurrent parameters are beneficial for increasing hardness of the samples.

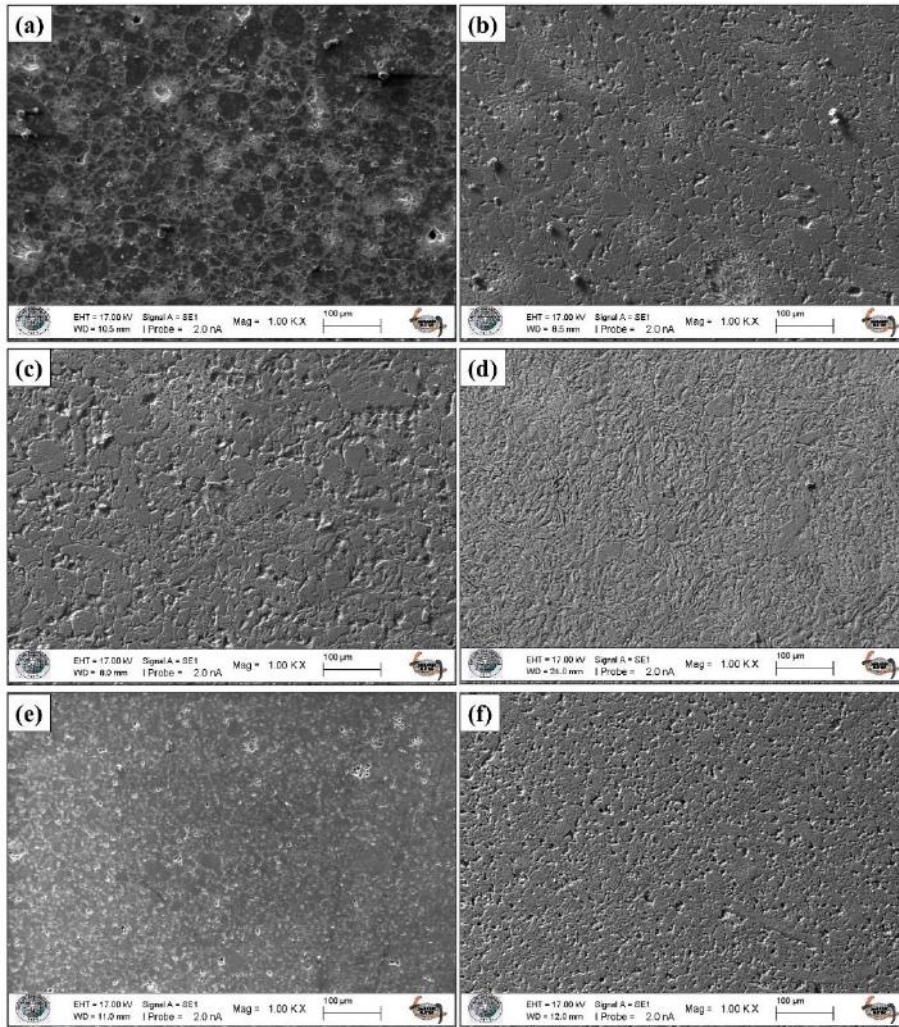


Figure 6. SEM images of sintered samples produced from (a) as-received, (b) 0.5h, (c) 1h, (d) 2h, (e) 4h, and (f) 8h milled powders

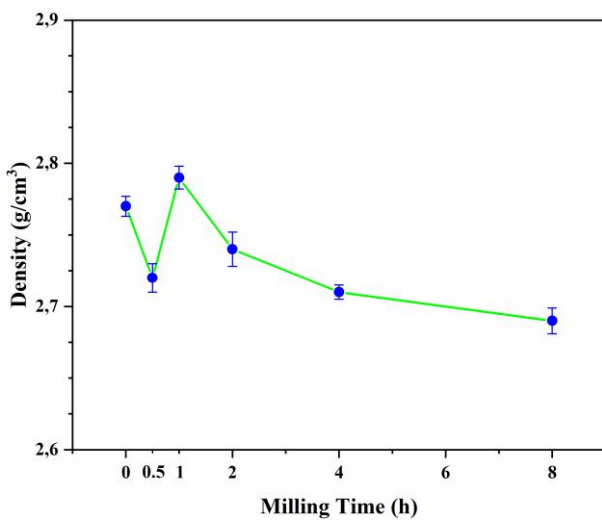


Figure 7. The changes in experimental density of sintered AA7075 Al alloy with different milling times

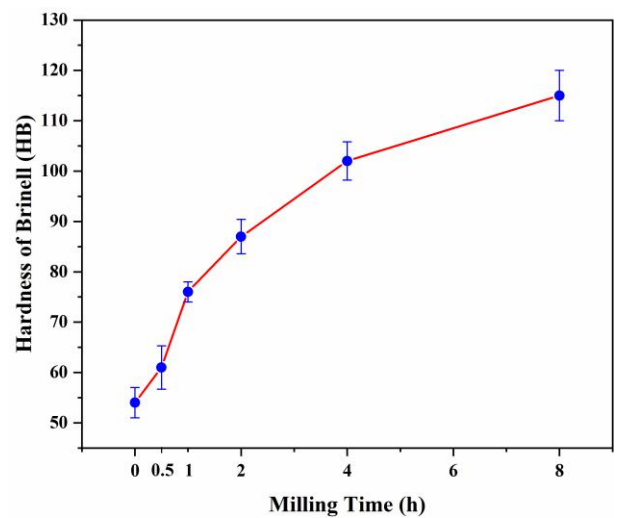


Figure 8. The Brinell hardness of the sintered AA7075 Al alloy with respect to different milling times

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the influence of different ball milling times (i.e., 0.5, 1, 2, 4, and 8 hours) on the microstructural, crystallographical, and mechanical properties of the AA7075 Al alloy system were experimentally examined within the framework of plastic deformation mechanism and via ball milling

process. Firstly, the effect of ball milling time on the microstructural evolution and crystallographic characteristics of the milled powders was extensively characterized by particle size analysis, SEM and XRD analyses. After the powder characterization, the microstructure and mechanical properties of the sintered bulk samples was analyzed by SEM, density and hardness results. The experimental results of this study can be listed as follows:

1. The average particle size of the AA7075 powders decreased with increasing milling time. While the average particle size of the as-received AA7075 form was calculated as 46 μm , the average particle size of the 8 hours milled powders measured as 22 μm . Such a decrease in particle size resulted from dominant fracture mechanism, and severe powder-ball-jar collisions. Besides, the morphologies of the powders exhibited differences due to randomly fractured pieces. As the milling time increased, the initial spherical shape of powders turned into irregular shapes.

2. After 8 hours of ball-milling time, the corresponding XRD data revealed a decrement in peak intensity with discernible peak broadening. This was mainly attributed to the hindrance of the dislocation mobility throughout the structure.

3. The composite produced by 1 hours milled powders showed enhanced structural integrity with higher density (2.77 gr/cm^3) owing to the particles' optimum packing and sintering ability. The density of this specimen was improved compared to others.

4. A significant increment in Brinell hardness from 54 to 115 HB (~ 130 %) was obtained in the in the final stage of milling. The achieved ~ 130 % increase in hardness was ascribed to decreased particle size, increased lattice strain and dislocation density, which were triggered by gradually activated plastic deformation mechanism under the high impact of tiny and rigid balls with prolonging milling time.

5. Acknowledge

The authors gratefully acknowledge the financial support provided by the Scientific Research Projects Coordination Unit (SRPCU) of Selçuk University for the project (Contract # 20211036). This paper is derived from Kemal DOĞAN's Ph.D. thesis. A small portion of initial experimental results was presented in International Conference on Engineering Technologies, ICENTE'21.

References

Abu-Oqail, A., Wagih, A., Fathy, A., Elkady, O., & Kabeel, A. (2019). Effect of high energy ball milling on strengthening of Cu-ZrO₂ nanocomposites. *Ceramics International*, 45(5), 5866-5875.

Aslan, A., Salur, E., Düzcükoğlu, H., Şahin, Ö. S., & Ekrem, M. (2021). The effects of harsh aging environments on the properties of neat and MWCNT reinforced epoxy resins. *Construction and Building Materials*, 272, 121929.

Basariya, M. R., Srivastava, V., & Mukhopadhyay, N. (2014). Microstructural characteristics and mechanical properties of carbon nanotube reinforced aluminum alloy composites produced by ball milling. *Materials & Design*, 64, 542-549.

Biçer, H., Akdoğan, E. K., Şavklıyıldız, İ., Haines, C., Zhong, Z., & Tsakalagos, T. (2020). Thermal expansion of nano-boron carbide under constant DC electric field: An in situ energy

dispersive X-ray diffraction study using a synchrotron probe. *Journal of Materials Research*, 35(1), 90-97.

Chen, B., Li, S., Imai, H., Jia, L., Umeda, J., Takahashi, M., & Kondoh, K. (2015). Carbon nanotube induced microstructural characteristics in powder metallurgy Al matrix composites and their effects on mechanical and conductive properties. *Journal of Alloys and Compounds*, 651, 608-615.

Doğan, K., Özgün, M. İ., Sübütaş, H., Salur, E., Eker, Y., Kuntoğlu, M., Acarer, M. (2022). Dispersion mechanism-induced variations in microstructural and mechanical behavior of CNT-reinforced aluminum nanocomposites. *Archives of Civil and Mechanical Engineering*, 22(1), 1-17.

Güneş, A., Salur, E., Aslan, A., Kuntoğlu, M., Giasin, K., Pimenov, D. Y., Şahin, Ö. S. (2021). Towards analysis and optimization for contact zone temperature changes and specific wear rate of metal matrix composite materials produced from recycled waste. *Materials*, 14(18), 5145.

Mobasherpour, I., Tofigh, A., & Ebrahimi, M. (2013). Effect of nano-size Al₂O₃ reinforcement on the mechanical behavior of synthesis 7075 aluminum alloy composites by mechanical alloying. *Materials chemistry and physics*, 138(2-3), 535-541.

Nazik, C., Tarakcioglu, N., Ozkaya, S., Erdemir, F., & Canakci, A. (2016). Determination of effect of B₄C content on density and tensile strength of AA7075/B₄C composite produced via powder technology. *International Journal of Materials, Mechanics and Manufacturing*, 4(4), 251-261.

Salur, E., Acarer, M., & Nazik, C. (2021). Mekanik Alaşım Suresinin Toz Metalurjisi ile Üretilen AA7075 Matrisli Nanokompozit Malzemelerinin Sertliklerine Etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(3), 2218-2231.

Salur, E., Acarer, M., & Şavklıyıldız, İ. (2021). Improving mechanical properties of nano-sized TiC particle reinforced AA7075 Al alloy composites produced by ball milling and hot pressing. *Materials Today Communications*, 27, 102202.

Salur, E., Aslan, A., Kuntoglu, M., Gunes, A., & Sahin, O. S. (2019). Experimental study and analysis of machinability characteristics of metal matrix composites during drilling. *Composites Part B: Engineering*, 166, 401-413.

Salur, E., Aslan, A., Kuntoğlu, M., & Acarer, M. (2021). Effect of ball milling time on the structural characteristics and mechanical properties of nano-sized Y₂O₃ particle reinforced aluminum matrix composites produced by powder metallurgy route. *Advanced Powder Technology*, 32(10), 3826-3844.

Salur, E., Nazik, C., Acarer, M., Şavklıyıldız, İ., & Akdoğan, E. K. (2021). Ultrahigh hardness in Y₂O₃ dispersed ferrous multicomponent nanocomposites. *Materials Today Communications*, 28, 102637.

Shkodich, N., Rogachev, A., Vadchenko, S., Moskovskikh, D., Sachkova, N., Rouvimov, S., & Mukasyan, A. (2014). Bulk Cu-Cr nanocomposites by high-energy ball milling and spark plasma sintering. *Journal of alloys and compounds*, 617, 39-46.

Suryanarayana, C. (2001). Mechanical alloying and milling. *Progress in materials science*, 46(1-2), 1-184.

Şavklıyıldız, İ. (2021). In-Situ Strain Measurement on Al7075 Plate by Using High Energy Synchrotron Light Source. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(23), 435-439.

Şavklıyıldız, İ., & Demir, A. (2021). Flash Sintering Effect on PMN-PT Ceramics. *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 8(2), 793-799.

Tekin, M., Polat, G., Kalay, Y. E., & Kotan, H. (2021). Grain size stabilization of oxide dispersion strengthened CoCrFeNi-

- Y₂O₃ high entropy alloys synthesized by mechanical alloying. *Journal of Alloys and Compounds*, 887, 161363.
- Usca, Ü. A., Uzun, M., Kuntoğlu, M., Sap, E., & Gupta, M. K. (2021). Investigations on tool wear, surface roughness, cutting temperature, and chip formation in machining of Cu-B-CrC composites. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 116(9), 3011-3025.
- Usca, Ü. A., Uzun, M., Kuntoğlu, M., Şap, S., Giasin, K., & Pimenov, D. Y. (2021). Tribological aspects, optimization and analysis of Cu-B-CrC composites fabricated by powder metallurgy. *Materials*, 14(15), 4217.
- Varol, T., & Ozsahin, S. (2019). Artificial neural network analysis of the effect of matrix size and milling time on the properties of flake Al-Cu-Mg alloy particles synthesized by ball milling. *Particulate Science and Technology*, 37(3), 381-390.
- Xu, R., Tan, Z., Xiong, D., Fan, G., Guo, Q., Zhang, J., . . . Zhang, D. (2017). Balanced strength and ductility in CNT/Al composites achieved by flake powder metallurgy via shift-speed ball milling. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, 96, 57-66.
- Zebarjad, S. M., & Sajjadi, S. (2006). Microstructure evaluation of Al-Al₂O₃ composite produced by mechanical alloying method. *Materials & design*, 27(8), 684-688.



Analysis of the Uncertainty Effect in Power System Losses: Uncertainties of Renewable Energy and Load

İbrahim Çağrı Barutçu^{1*}, Ali Erduman²

^{1*} Hakkari University, Çölemerik V.H.S., Department of Electricity and Energy, Hakkari, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6164-2048),
ibrahimcagribarutcu@hakkari.edu.tr

² Sakarya University of Applied Sciences, Hendek V.H.S., Department of Electricity and Energy, Sakarya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-4116-3159),
alierduman@subu.edu.tr

(First received 30 December 2021 and in final form 18 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1051410)

ATIF/REFERENCE: Barutçu, İ. Ç. & Erduman, A. (2022). Analysis of the Uncertainty Effect in Power System Losses: Uncertainties of Renewable Energy and Load. *European Journal of Science and Technology*, (35), 62-71.

Abstract

The energy loss minimization problem is increasingly gaining prominence as a result of widespread integration of renewable energy sources into the power systems. Thus, the optimal planning of power system is required to handle the technical issues due to the uncertainties in load demands and the intermittent characteristics in photovoltaic (PV) and wind turbine (WT) systems. In this paper, the impacts of various uncertainty scenarios have been considered while mitigating the total energy losses in the power network, where PV and WT systems are installed. Particle Swarm Optimization (PSO) algorithm has been implemented to determine the optimal values of control variables while taking into account the power system technical constraints. The influences of different uncertainty scenarios have been considered while alleviating total energy losses in the implementation of planning.

Keywords: Energy Loss Minimization, Power System Planning, Uncertainty, Renewable Energy Sources.

Güç Sistemi Kayıplarında Belirsizlik Etkisinin Analizi: Yenilenebilir Enerji ve Yük Belirsizlikleri

Öz

Yenilenebilir enerji kaynaklarının güç sistemlerine yaygın şekilde entegre edilmesi sonucunda enerji kaybı minimizasyonu problemi giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Bu nedenle, fotovoltaik (PV) ve rüzgar türbini (WT) sistemlerindeki kesikli karakteristikler ve yük taleplerindeki belirsizlikler nedeniyle teknik sorunları ele almak için güç sisteminin optimal planlanması gerekmektedir. Bu makalede, PV ve WT sistemlerinin kurulu olduğu güç şebekesindeki toplam enerji kayıplarının azaltılmasında çeşitli belirsizlik senaryolarının etkileri dikkate alınmıştır. Güç sistemi teknik kısıtları dikkate alınarak kontrol değişkenlerinin optimal değerlerinin belirlenmesi için Parçacık Sürü Optimizasyonu (PSO) algoritması uygulanmıştır. Planlamanın uygulanmasında toplam enerji kayıpları azaltılırken farklı belirsizlik senaryolarının etkileri dikkate alınmıştır.

Anahtar Kelimeler: Enerji Kaybı Minimizasyonu, Güç Sistemi Planlaması, Belirsizlik, Yenilenebilir Enerji Kaynakları.

* Corresponding Author: ibrahimcagribarutcu@hakkari.edu.tr

1. Introduction

Distributed generation (DG) integration into the power system yields optimal results when central generation units are insufficient for the demands far away from the source. DG has gained great importance with the increasing load demand in power systems. DG units, which have small capacity, are integrated in the proximity of load demands. Minimizing power network losses, improving voltage profile, enhancing system reliability, stability can be acquired by optimal integration of DGs [1 – 3].

However, the renewable DG resources and load demands in the power systems have uncertainties in practical operating conditions. In the planning investigations, the importance is emphasized on the uncertainties of electricity demands, solar irradiance and wind speed because of the growing penetrations of PV and WT units in the power systems. From the uncertainty standpoint, the examinations on the suitable planning of renewable integrated power systems are inevitable for analyzing these active power networks properly. In that manner, the density functions with probabilistic features are utilized to model the input variables such as load, solar irradiance and wind speed uncertainties. The research studies related with the power system planning consist of these variabilities. With the consideration of renewable installation, the power system technical problems are expected to maintain their prominence. By the integration of PV and WT units, the planning on power quality is needed to be performed by power system owners. The energy loss minimization while considering the security problems in the renewables installed active power systems has an important role in the optimization planning with uncertainties. This optimization problem is suitably planned so that the power can be transmitted to the consumption demand of power system in a reliable and efficient way.

In the literature, the uncertainties related with the load demand, photovoltaic distributed generation (PV), and wind turbine distributed generation (WT) are handled as presented in Table 1.

Table 1. Uncertainty modelling in the literature

Literature	Load	Solar Irradiance	Wind Speed
[4]	Normal Distribution	-	-
[5]	Normal Distribution	-	-
[6]	Triangular Fuzzy Number	-	-
[7]	Gaussian Distribution	-	Weibull Distribution
[8]	Normal Distribution	-	Weibull Distribution
[9]	Gaussian Distribution	-	Weibull Distribution
[10]	Normal Distribution	Beta Distribution	Weibull Distribution
[11]	Normal Distribution	Beta Distribution	Weibull Distribution
[12]	Normal Distribution	Beta Distribution	Weibull Distribution
[13]	Normal Distribution	Lognormal Distribution	Weibull Distribution
[14]	Normal Distribution	Beta Distribution	Weibull Distribution
[15]	Bivariate Normal Distribution (active and reactive load variables)	Beta Distribution	Weibull Distribution
[16]	Normal Distribution	Beta Distribution	Weibull Distribution

As seen in Table 1, the uncertainties of load, solar irradiance and wind speed are modelled in various ways. The studies can be separated into the three categories in terms of uncertainty modelling. The first category is observed as the papers, where only load uncertainty has been considered [4 – 6]. Load uncertainty has been modelled by using normal distribution in [4, 5] and triangular fuzzy number in [6]. Both load and wind speed uncertainties are taken into account by utilizing normal and Weibull distribution functions as the second category [7 – 9]. In the third category, all of the load, solar irradiance and wind speed uncertainties have been considered [10 – 16]. In this category, normal, beta and Weibull distributions have been implemented for representing the uncertainties in some of the studies [10 – 12, 14, 16]. As a difference, the solar irradiance has been modelled by lognormal distribution in [13] and the load has been represented by bivariate normal distribution in [15].

In the relevant literature, the papers related with the impacts of DG systems on the loss issues can be observed [17 – 21]. In [17], selective particle swarm optimization (SPSO) algorithm has been applied to solve the reconfiguration problem of distribution system with light, normal, and heavy loading conditions while considering power loss mitigation and voltage profile improvement as multi objectives. This problem has also been addressed for radial distribution system considering DG placement by implementing hybrid simulated annealing – modified PSO in [18]. It is worthy to note that optimal

installation of DG systems can present economical savings in terms of costs concerned with these renewable units and power system losses. In that manner, these costs have been taken into account in the objectives for optimal capacity and location of DGs by applying PSO approaches [19 – 21].

In the present study, the influences of different uncertainty scenarios have been taken into account while alleviating the total energy losses in the power system, in which renewable sources are interconnected. In the optimization framework, the technical inequality constraints including bus voltages, line flows, reactive powers of synchronous generators and active power of slack bus generator have been considered while evaluating the optimal control variables such as active powers of generators except for the slack bus, generator bus voltages, transformer tap settings, PV and WT sizes by using PSO. The planning with the consideration of the impacts of different uncertainty scenarios has been implemented by minimizing total energy losses together with the inclusion of technical limits.

2. Methodology

2.1. Input the Grid Network Parameters

In this paper, the 9 bus power network, which is presented in Figure 1, has been handled to implement the study simulations of proposed approach. The power system data can be found in [22].

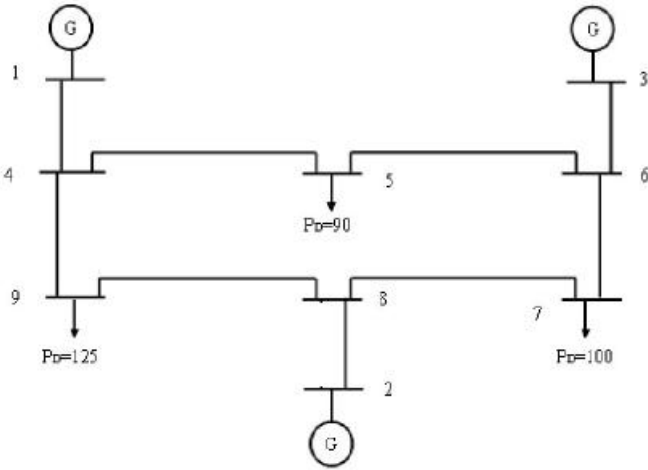


Figure 1. 9 bus power network [22]

2.2. Load, Solar Irradiance and Wind Speed Uncertainties

2.2.1. Load Uncertainty

In this work, the load demand data is produced with the consideration of normal distribution [4, 5, 7 – 16]. The distribution function that shows the uncertainty of load is presented as follows:

$$f(P_{Load,m}) = \left(\frac{1}{\sigma_{L,m}\sqrt{2\pi}} \right) \exp\left(-\frac{(P_{Load,m} - P_{Load,m,avg})^2}{2\sigma_{L,m}^2} \right) \quad (1)$$

where $P_{Load,m,avg}$ is the average of load power at bus m , $P_{Load,m}$ is the load power at bus m , $\sigma_{L,m}$ is the standard deviation of load power at bus m .

2.2.2. Solar Irradiance Uncertainty

In this paper, the solar irradiance data is generated by taking into account beta distribution [10 – 12, 14 – 16]. The function of probability distribution representing beta distribution is given as:

$$f(SR_m) = \begin{cases} \frac{\Gamma(\alpha + \beta)}{\Gamma(\alpha)\Gamma(\beta)} SR_m^{\alpha-1} (1 - SR_m)^{\beta-1} & 0 \leq SR_m \leq 1, \alpha \geq 0, \beta \geq 0 \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

where SR_m is the solar radiation falling on the PV system at bus m of distribution system, α and β are the parameters of beta distribution function. These parameters can be evaluated as:

$$\beta = (1 - \mu) \left(\frac{\mu(1 - \mu)}{\sigma^2} - 1 \right) \quad (3)$$

$$\alpha = \frac{\mu\beta}{1 - \mu} \quad (4)$$

where μ and σ show average and standard deviation values, respectively. Depending upon the solar radiation, the PV active powers can be obtained as in the following:

$$P_{PV,m} = P_{PV,rated} SR_m \quad (5)$$

where $P_{PV,m}$ is the active power of PV at bus m , $P_{PV,rated}$ is the rated active power of PV for the solar radiation of 1000 W/m^2 .

2.2.3. Wind Speed Uncertainty

In this study, the long term data of wind speed is produced by considering Weibull distribution [7 – 16]. The distribution function, which represents wind speed, is presented as:

$$f(v_{WT,m}) = \left(\frac{2v_{WT,m}}{c^2} \right) \exp\left(-\left(\frac{v_{WT,m}}{c} \right)^2 \right) \quad (6)$$

where $v_{WT,m}$ is the speed of wind on the WT at bus m , c is the parameter of distribution function. The WT active power at bus m can be determined as follows:

$$P_{WT,m} = \begin{cases} \left(\frac{v_{cut-in} - v_{WT,m}}{v_{cut-in} - v_{WT-rated}} \right) P_{WT,rated} & v_{cut-in} \leq v_{WT,m} \leq v_{WT-rated} \\ P_{WT,rated} & v_{WT-rated} \leq v_{WT,m} \leq v_{cut-out} \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (7)$$

where $P_{WT,rated}$ is the rated active power of WT, $v_{WT-rated}$ is the rated speed of WT, v_{cut-in} and $v_{cut-out}$ are the cut-in and cut-out speeds of WT, respectively.

Due to the increasing installation of PV and WT systems in the power network, solar irradiance, load consumption and wind speed uncertainties are maintaining their prominence in the planning studies. The accurate analysis of PV and WT units integrated power grids requires the proper active power network planning investigations with the consideration of uncertainties. In this context, the inputs of grid planning studies are composed

of load, solar irradiance and wind speed variabilities that match the distributions with probability characteristics. The uncertainties of these input variables are required to be contained in the power flow planning researches. Therefore, the intermittencies of PV and WT systems and uncertainties of consumption demands are represented by the expressions with probabilistic features.

2.3. Optimization Process

In this paper, Particle Swarm Optimization (PSO) has been implemented to determine the optimal values of control variables comprising of active powers of generators except for the slack bus, generator bus voltages, transformer tap settings, PV and WT capacities by considering the technical constraints such as bus voltages, line flows, reactive powers of synchronous generators and active power of slack bus generator in optimization planning process. The investigations on the grid network optimization planning require the inclusion of both intermittent features of PV and WT systems and uncertainties of electricity consumptions. Under different uncertainty cases, the total energy losses have been minimized taking into account the constraints. Minimizing the energy losses and maintaining the grid network technical constraints within the corresponding limits are the main purposes by considering the uncertainty effects in the planning examination. The objective function is illustrated as in the following:

$$E_{Losses} = \sum_{st=1}^{Nst} \sum_{n=1}^{NLine} P_{Loss,n}^{st} \quad (8)$$

where E_{Losses} is the total power network energy losses, Nst is the total number of states in the uncertainties, $P_{Loss,n}^{st}$ is the loss corresponding to active power on the n^{th} line of power system for the st^{th} state, $NLine$ is the total amount of lines in the power network. The technical state variables, which have been evaluated from the repetitive power flow analysis, have been considered as the constraints in the optimization process. These constraints have been determined from the power flow algorithm implemented for Nst states at every epoch of PSO algorithm. The constraints representing the inequalities are demonstrated as in the following:

$$V_{m,min} \leq V_m^{st} \leq V_{m,max} \quad m = 1, \dots, NBUS \quad st = 1, \dots, Nst \quad (9)$$

$$S_{flow,n}^{st} \leq S_{flow,n,max} \quad n = 1, \dots, NLine \quad st = 1, \dots, Nst \quad (10)$$

$$Q_{gen,m,min} \leq Q_{gen,m}^{st} \leq Q_{gen,m,max} \quad m = 1, \dots, NGEN \quad st = 1, \dots, Nst \quad (11)$$

$$P_{gen,1,min} \leq P_{gen,1}^{st} \leq P_{gen,1,max} \quad st = 1, \dots, Nst \quad (12)$$

where V_m^{st} is the magnitude of voltage at bus m of the power network for st^{th} state, $S_{flow,n}^{st}$ is the apparent power flow on the line n of power system for st^{th} state, $Q_{gen,m}^{st}$ is the reactive power generation of synchronous generator at bus m for st^{th} state, $P_{gen,1}^{st}$ is the active power generation of slack bus generator for st^{th} state, $V_{m,min}$ and $V_{m,max}$, which are 0.9 pu and 1.1 pu, are the lower and upper limits of voltage magnitude at bus m , $S_{flow,n,max}$ is the maximum limit of apparent power flow on line n , $Q_{gen,m,min}$ and $Q_{gen,m,max}$ are the minimum and maximum limits of reactive power generation at bus m , $P_{gen,1,min}$ and

$P_{gen,1,max}$ are the lower and upper limits of active power generation at slack bus, $NBUS$ and $NGEN$ are the total amount of buses and generators, respectively.

The constraints, which represent the equalities, are illustrated as given by:

$$P_{gen,m} - P_{load,m} - \sum_{l=1}^{NBUS} |V_m||V_l||y_{m,l}| \cos(\delta_{m,l} - \theta_m + \theta_l) = 0 \quad (13)$$

$$Q_{gen,m} - Q_{load,m} - \sum_{l=1}^{NBUS} |V_m||V_l||y_{m,l}| \sin(\delta_{m,l} - \theta_m + \theta_l) = 0 \quad (14)$$

where $P_{load,m}$ and $Q_{load,m}$ represent the loads corresponding to active and reactive powers, $|y_{m,l}|$ and $\delta_{m,l}$ show the magnitude and angle values of admittance matrix corresponding to m^{th} row and l^{th} column, θ_m depicts the angle of voltage at bus m , respectively.

In this article, the violations of inequality constraints have been considered to construct the total objective function by using the penalty function methodology.

$$\begin{aligned} f_{total} = & \sum_{st=1}^{Nst} \sum_{n=1}^{NLine} P_{Loss,n}^{st} \\ & + cp_V \sum_{st=1}^{Nst} \sum_{m=1}^{NBUS} |V_m^{st} - V_{m,min/max}| \\ & + cp_{S_{flow}} \sum_{st=1}^{Nst} \sum_{n=1}^{NLine} |S_{flow,n}^{st} - S_{flow,n,max}| \quad (15) \\ & + cp_{Q_{gen}} \sum_{st=1}^{Nst} \sum_{m=1}^{NGEN} |Q_{gen,m}^{st} - Q_{gen,m,min/max}| \\ & + cp_{P_{gen,1}} \sum_{st=1}^{Nst} |P_{gen,1}^{st} - P_{gen,1,min/max}| \end{aligned}$$

where cp_V , $cp_{S_{flow}}$, $cp_{Q_{gen}}$, and $cp_{P_{gen,1}}$ are the coefficients of penalties when voltage magnitudes, apparent power flows, reactive powers of synchronous generators and active power of slack bus generator violate their corresponding limits, respectively. The total power network energy losses are minimized with the consideration of maintaining the inequality constraints as demonstrated in (15). Hence, the objective function gets greater numbers because of the coefficients of penalties when the inequality constraints violate their limits. In this context, the PSO planning process investigates more convenient outcomes while dealing with (15). The control variables, which are the optimal solutions of PSO planning process, are given as in the following:

$$X = \begin{pmatrix} P_{gen,2}, \dots, P_{gen,m}, \dots, P_{gen,NGEN}, \\ V_{gen,1}, \dots, V_{gen,m}, \dots, V_{gen,NGEN}, \\ TR_1, \dots, TR_n, \dots, TR_{NTR}, \\ P_{PV,rated,1}, \dots, P_{PV,rated,m}, \dots, P_{PV,rated,NPV}, \\ P_{WT,rated,1}, \dots, P_{WT,rated,m}, \dots, P_{WT,rated,NWT} \end{pmatrix} \quad (16)$$

where

$$P_{gen,m,min} \leq P_{gen,m} \leq P_{gen,m,max} \quad m = 2, \dots, NGEN \quad (17)$$

$$V_{gen,m,min} \leq V_{gen,m} \leq V_{gen,m,max} \quad m = 1, \dots, NGEN \quad (18)$$

$$TR_{n,min} \leq TR_n \leq TR_{n,max} \quad n = 1, \dots, NTR \quad (19)$$

$$P_{PV,m,min} \leq P_{PV,rated,m} \leq P_{PV,m,max} \quad m = 1, \dots, NPV \quad (20)$$

$$P_{WT,m,min} \leq P_{WT,rated,m} \leq P_{WT,m,max} \quad m = 1, \dots, NWT \quad (21)$$

where $P_{gen,m}$, $V_{gen,m}$, $P_{PV,rated,m}$, and $P_{WT,rated,m}$ are active power of generator at bus m , generator voltage at bus m , active power capacity of PV system at bus m , and active power capacity of WT system at bus m , respectively. $P_{gen,m,min}$, $V_{gen,m,min}$, $TR_{n,min}$, $P_{PV,m,min}$, $P_{WT,m,min}$ represent the minimum limits of generator active powers, generator bus voltages, transformer tap settings, PV system active powers, WT system active power outputs, whereas $P_{gen,m,max}$, $V_{gen,m,max}$, $TR_{n,max}$, $P_{PV,m,max}$, $P_{WT,m,max}$ show the maximum limits of these technical parameters, respectively. NTR , NPV , and NWT are the total amount of transformers, PV and WT systems.

2.4. PSO Implementation

The attitudes of crowds of birds and training of fishes are socially imitated by the perception algorithm, which is PSO [23]. The particle community, which has resemblance to individuals, is utilized while the exploration is being administrated by this approach. The possible outcome is represented by every particle of community for the problem, which is to be handled. The randomly beginning that belongs to the community, which is composed of individuals, is launched and the attitude that corresponds to the particles is socially processed. Accordingly, the orientation that is owned by every individual is basically calibrated to its most suitable position and the finest particle of the community while discovering the global optimization outcome at every iteration in the algorithm. In this paper, PSO algorithm [23] has been applied to solve the constrained energy loss minimization problem. According to this optimization method, the velocities and positions of particles are updated with the consideration of equations (22) and (23), respectively.

$$\gamma_{s+1}^{m,n} = w\gamma_s^{m,n} + c^1rn^1(Pbest_s^{m,n} - \theta_s^{m,n}) + c^2rn^2(Gbest_s^n - \theta_s^{m,n}) \quad (22)$$

$$\theta_{s+1}^{m,n} = \theta_s^{m,n} + \gamma_{s+1}^{m,n} \quad (23)$$

where $\gamma_s^{m,n}$ and $\theta_s^{m,n}$ are the velocity and position corresponding to the n^{th} member of the m^{th} particle for s^{th} iteration, respectively. c^1 and c^2 are the personal and social acceleration coefficients, rn^1 and rn^2 are the random numbers, w is the inertia coefficient, $Pbest_s^{m,n}$ is the best position corresponding the m^{th} particle for s^{th} iteration, $Gbest_s^n$ is the swarm's global best position for s^{th} iteration.

The iteratively variation of inertia coefficient is presented as in the following:

$$w = max_w - \frac{max_w - min_w}{max_s} s \quad (24)$$

where max_w and min_w are the upper and lower limits of inertia coefficient, max_s is the maximum number of iterations. The flowchart of proposed methodology is shown in Figure 2.

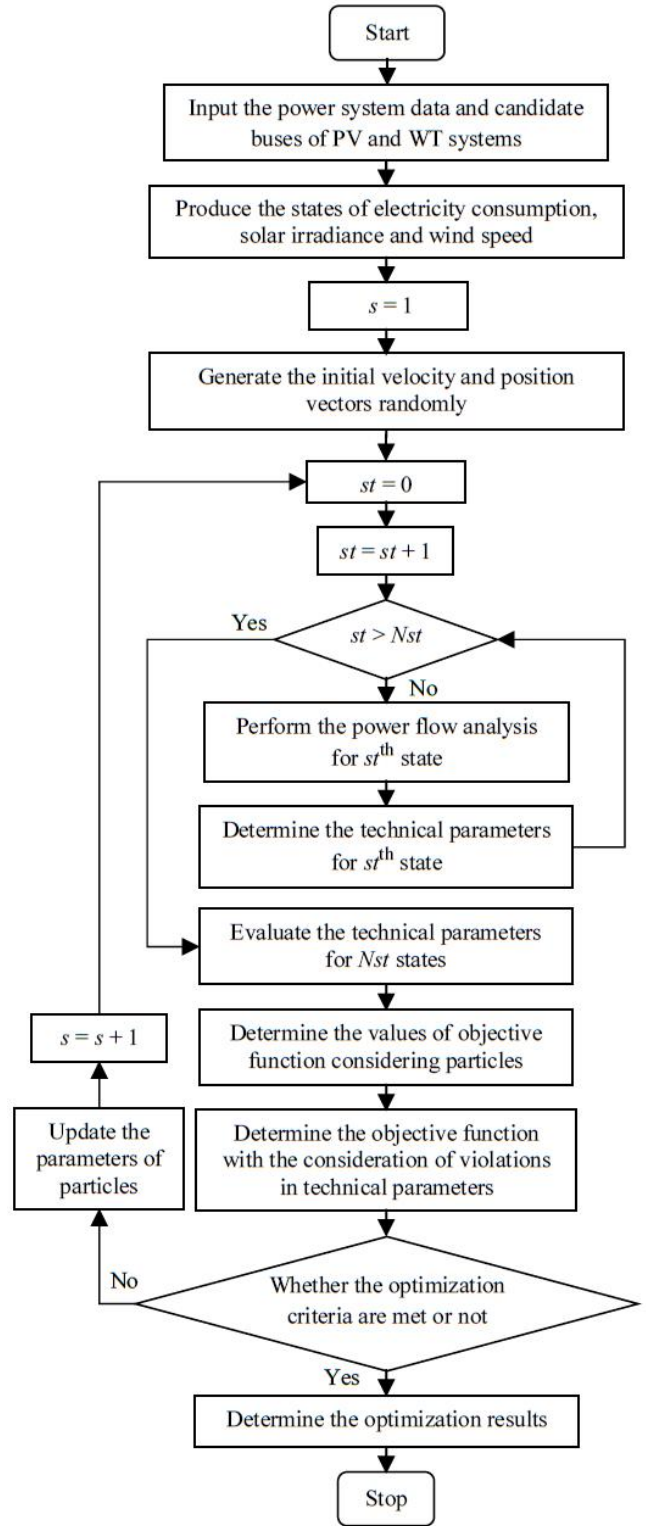


Figure 2. The flowchart of PSO process

From the standpoint of exploration domain, the optimization outcome is globally guaranteed by the vigorous PSO approach [23]. The problems consisting of optimal power flow [24], optimal renewable units capacity [25], energy loss minimization with optimal DG systems planning [26], optimal inverter based DG units penetration levels [27] have been handled by PSO approach, which presents the most convenient optimization results. According to [27], this global evolutionary algorithm has been implemented since the simulation time has no vital prominence in the planning process and the efficiencies of optimization algorithms have no considerable difference. Therefore, PSO approach has been chosen for handling the proposed problem in this article.

The steps of PSO planning process are illustrated as in the following:

- 1) Input the grid network parameters.
- 2) Produce the states of electricity consumption, solar irradiance and wind speed from their density functions.
- 3) Produce the initial velocity vector and individual population randomly.
- 4) Calculate the demand, PV system and WT system active powers for Nst states ($st = 1, \dots, Nst$).
- 5) Perform the repetitive power flow algorithms to obtain the technical parameters for Nst states.
- 6) Determine the values of objective function with the consideration of particles.
- 7) In case the technical parameters violate their corresponding limits, evaluate the objective function considering the inequality constraints.
- 8) Assess whether the criteria of PSO planning process are satisfied or not.
- 9) If the criteria are not met, go to step 3, otherwise go to step 10.
- 10) Print the optimization results.

In this study, the power system data and the candidate bus locations of PV and WT systems have been firstly included as the inputs in the proposed methodology. The states of electricity consumption, solar irradiance and wind speed have been produced by using their respective density functions. Secondly, the PSO framework has been started by producing the initial velocity and position vectors randomly. The repetitive power flow algorithms have been performed to obtain the technical parameters by taking into account the demand, PV system and WT system active powers for Nst states. The objective function has been calculated by considering the violations of technical parameters about their corresponding limits. The penalty function approach has been implemented to evaluate the objective function considering the inequality constraints when the technical parameters violate their limits. The PSO algorithm has been carried out by taking into account the update of particle parameters in an iterative manner, and this optimization process has been completed when the criteria are met. The flowchart of approach performed for testing the optimization results has been given in Figure 3.

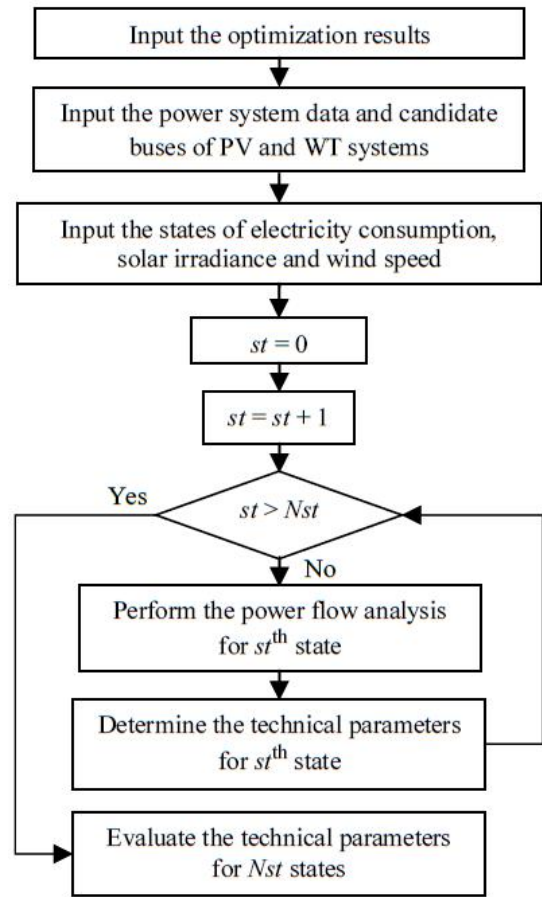


Figure 3. The flowchart of algorithm for testing the optimization results

3. Results and Discussion

In this article, the five different scenarios of load, solar irradiance and wind speed variabilities have been considered for the observation of the effects of these uncertainties on the energy losses on the power network taking into account technical limits in the planning studies. Firstly, the influences of load uncertainty on the power network energy losses have been considered without installing the PV and WT systems at the grid. Secondly, both the intermittent features of PV and WT units and the uncertainties of electricity consumptions have been taken into account for the examination of the impacts on the losses. After that, the additional three scenarios have been constructed by keeping one of the solar irradiance, demand and wind speed as constant and considering the uncertainties of the other two variables. These scenarios have been presented in Table 2.

Table 2. The scenarios considered in this study

Scenarios	Uncertainties			Information
	Load	Solar irradiance	Wind speed	
Scenario 1	1	0	0	Only load uncertainty has been considered.
Scenario 2	1	1	1	Load, solar irradiance and wind speed uncertainties have been simultaneously taken into account.
Scenario 3	1	1	0	Load and solar irradiance uncertainties have been simultaneously taken into account while considering the nominal power of wind turbine
Scenario 4	0	1	1	Solar irradiance and wind speed uncertainties have been simultaneously taken into account while considering original load profile of power network
Scenario 5	1	0	1	Load and wind speed uncertainties have been simultaneously taken into account while keeping solar irradiance constant as 1000 W/m ²

In this paper, the PSO parameters, which are maximum number of iterations, population size, personal and social acceleration coefficients, have been chosen as 100, 30, 2, and 2, respectively. The PC having 2.80 GHz CPU has been used to carry out the simulations of optimization problem, which is the energy loss minimization in the active power system in this article. The nominal capacities of PV and WT units have been considered as 100 MW at their corresponding integrated buses in the power network. The selected candidate buses of 4, 5, 6 are considered for the integration of WT systems and the nodes of 7, 8, 9 are taken into account for the PV systems, respectively. The synchronous generators bus numbers are 1, 2, 3, whereas transformer line numbers are 1, 4, 7 in the power system.

The uncertainty characteristic of electricity demand in the power network has been produced by considering normal probability distribution expression. The production of demand states has been achieved by regarding average values as original active loads of the power network and considering the standard deviation as 10 %. The variability of total active demand of grid network is denoted in Figure 4. The states of solar irradiance falling on PV units have been produced by taking α and β parameters as 7 and 3, respectively. These states are illustrated in Figure 5. The states showing the intermittent features of WT have been determined by considering 4 m/s for v_{cut-in} , 16 m/s for $v_{WT-rated}$, and 25 m/s for $v_{cut-out}$, respectively. These are demonstrated in Figure 6. The intermittent characteristics of renewable units and the variabilities of electricity loads result in the evaluation of power network in terms of proper planning. The various states of electricity consumption, solar irradiance and wind speed have been taken into account and the repetitive power flow analyses have been carried out for these states in the optimization planning process.

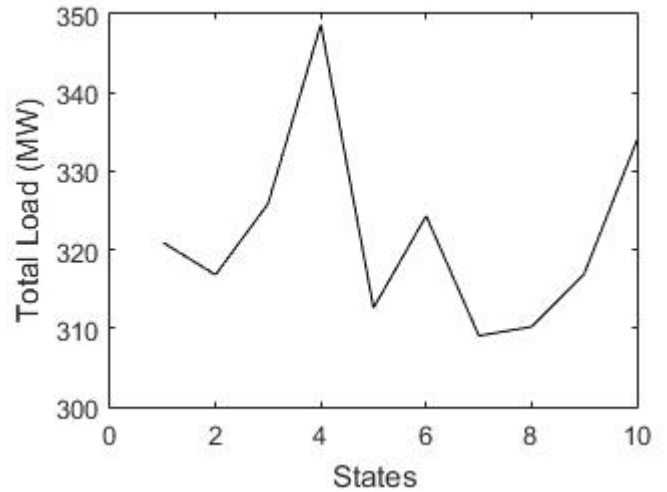


Figure 4. The total load uncertainty in the power network

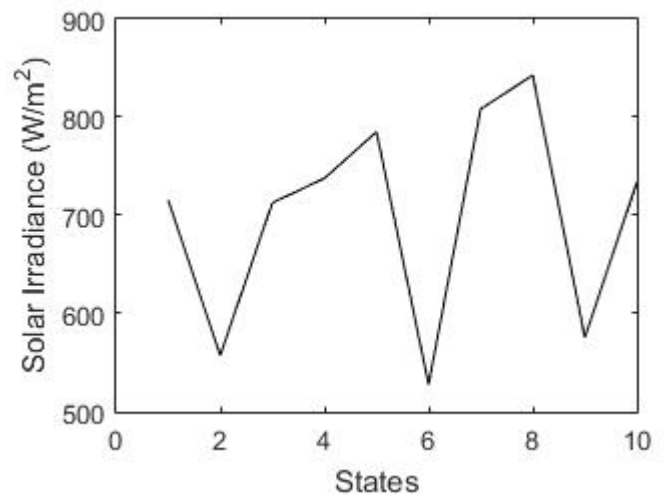


Figure 5. The solar irradiance uncertainty

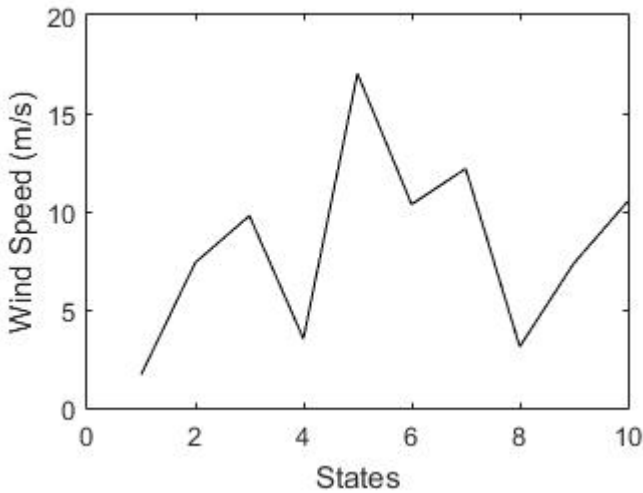


Figure 6. The wind speed uncertainty

The optimization outcomes have been illustrated in Table 3 for various uncertainty scenarios with the consideration of PSO implementation in the planning process. As depicted in Table 3, the optimal installations of PV and WT systems relieve the synchronous generators in terms of supplying power to the grid in scenarios 2, 3, 4, and 5. Thus, the synchronous generators produce the active power of 10 MW, which is their lower generation limit, in scenarios 2, 3, and 5, while one of the generators supply 27.50 MW in scenario 4 in the existence of renewable units. The optimization planning framework allows the connection of full capacities of PV systems at buses 7 and 9 in scenarios 2, 3, 4, and 5. Moreover, the upper limits of WT units have been integrated into bus 5 of the power network in these scenarios except for scenario 3, in which the wind power capacity of 93.28 MW has been installed at this bus location. However, the interconnection of WT systems to bus 6 has not been allowed by the optimization process in the scenarios, where the renewable units exist. In all scenarios, the optimal values of generator bus voltages and transformer tap ratios have been determined so as to maintain the technical parameters within their limits in the planning.

Table 3. The optimization results

Control variables	Scenarios				
	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5
$P_{gen,2}$	90.11	10	10	10	10
$P_{gen,3}$	72.98	10	10	27.50	10
$V_{gen,1}$	1.08	1.10	1.10	1.10	1.10
$V_{gen,2}$	1.09	1.10	0.99	0.98	0.98
$V_{gen,3}$	1.06	0.97	1.04	1.10	1.00
TR_1	0.98	1.00	1.00	1.06	1.00
TR_4	0.97	0.90	0.96	1.10	0.92
TR_7	0.99	0.99	1.09	1.03	1.10
$P_{WT,4}$	-	60.76	0	100	96.80
$P_{WT,5}$	-	100	93.28	100	100
$P_{WT,6}$	-	0	0	0	0
$P_{PV,7}$	-	100	99.99	100	100
$P_{PV,8}$	-	54.13	35.70	30.75	2.74
$P_{PV,9}$	-	100	100	100	100

The objective functions, which are total power network energy losses, have been demonstrated with respect to the iterations in Figure 7. The energy losses have been minimized to 24.57 MWh for scenario 1, 8.41 MWh for scenario 2, 3.85 MWh for scenario 3, 8.38 MWh for scenario 4, and 5.56 MWh for scenario 5, respectively. The total grid losses have been mitigated by 65.77 % in scenario 2, 84.33 % in scenario 3, 65.89 % in scenario 4, and 77.37 % in scenario 5 with respect to the scenario 1, respectively.

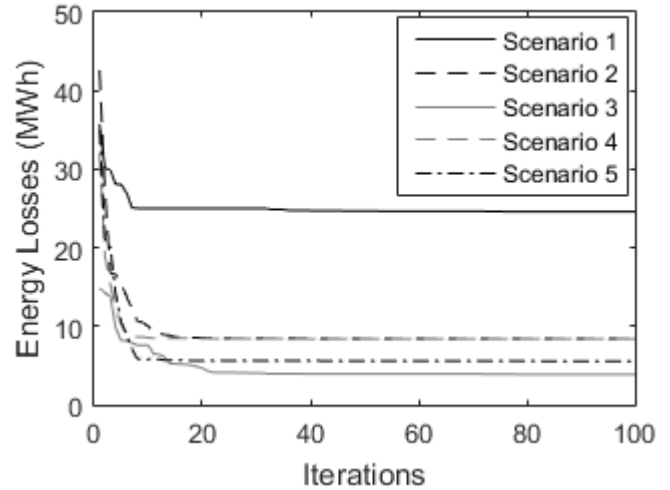


Figure 7. The total energy losses with respect to the iterations

For all scenarios, both the converged optimal values of objective functions and the execution times of the simulations have been presented in Table 4 by implementing PSO algorithm.

Table 4. PSO convergence in all scenarios

Scenarios	Convergence	
	Time (s)	Objective Function (MWh)
Scenario 1	306.57	24.57
Scenario 2	281.88	8.41
Scenario 3	301.13	3.85
Scenario 4	285.29	8.38
Scenario 5	279.40	5.56

The technical parameters have been observed by testing the optimization results for all load, solar irradiance and wind speed states with using the repetitive power flow analysis in scenarios 1 – 5. In testing the optimization outcomes, the states considered in the optimization process have been taken into account in the repetitive power flow algorithm.

After testing the optimization results in scenario 1, active power of slack bus generator, reactive powers of synchronous generators, power system bus voltages, power system line flows have been illustrated in Tables 5 – 8, respectively.

With the aid of proposed approach, the technical parameters have been observed to be within their limits. In all scenarios, the technical limits have been satisfied for the optimal values of control variables for all states.

Table 5. Active power of slack bus generator after testing the optimization results in scenario 1 (MW)

Buses	States									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	160.37	156.02	165.21	188.42	151.65	163.65	148.34	149.39	156.29	173.37

Table 6. Reactive powers of synchronous generators after testing the optimization results in scenario 1 (MVar)

Buses	States									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	18.08	15.79	16.85	21.41	13.33	17.20	16.29	15.31	16.91	16.42
2	-5.05	-5.09	-4.50	-2.65	-4.68	-4.63	-5.91	-5.97	-5.73	-3.40
3	-23.12	-22.80	-21.99	-20.58	-22.23	-22.40	-23.80	-23.23	-22.99	-20.29

Table 7. Bus voltages after testing the optimization results in scenario 1 (pu)

Buses	States									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
2	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
3	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06	1.06
4	1.09	1.10	1.10	1.09	1.10	1.09	1.09	1.10	1.09	1.10
5	1.08	1.08	1.08	1.08	1.09	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
6	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.10	1.09	1.09	1.09
7	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08	1.08
8	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09	1.09
9	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07

Table 8. Line flows after testing the optimization results in scenario 1 (MVA)

Lines	States									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	161.39	156.82	166.07	189.63	152.23	164.55	149.23	150.18	157.21	174.15
2	60.58	62.96	69.67	74.51	63.48	65.53	57.26	65.24	68.13	82.22
3	36.22	33.43	32.70	30.44	29.38	33.21	38.82	37.92	38.87	30.03
4	77.48	77.37	77.10	76.65	77.18	77.24	77.72	77.52	77.44	76.56
5	46.75	50.11	51.60	56.00	55.82	50.68	44.29	45.09	43.87	56.60
6	49.00	56.19	59.64	60.41	64.87	56.11	47.75	54.01	52.25	71.90
7	90.59	90.59	90.53	90.37	90.55	90.55	90.68	90.69	90.66	90.43
8	49.50	43.32	40.80	41.12	36.62	43.60	50.28	44.79	46.42	32.64
9	102.72	96.23	98.38	115.68	91.51	100.94	94.66	87.91	91.62	93.84

4. Conclusions

In this article, the variabilities of electricity demands, solar irradiance and wind speed have been handled in the determination of total losses in PV and WT installed power network with the consideration of the impacts of various uncertainty scenarios. The technical issues may be influenced by the variations in uncertainties in case of integration of these renewable sources into the power system. With the consideration of uncertainties in load consumptions and intermittencies in PV and WT sources, minimizing the total network losses taking into

account power quality is carried out in this study. Therefore, the most considerable improvement has been observed when the uncertainties of solar irradiance and load have been considered by keeping the wind speed as constant. In that manner, it is worthwhile noting that observation of total power system energy losses has a vital importance in terms of maintaining technical issues in the planning with uncertainty consideration. As a result, the electricity loads will be able to consume the power efficiently. The proper planning of total grid energy losses with the technical constraints is expected to be performed in the power network. According to the simulation results, the security

limits of power network are considered to gain importance depending on the interconnection of renewable energy units.

References

- [1] Kiwan, S., Al-Gharibeh, E., & Abu-Lihia, E. (2021). Wind Energy Potential in Jordan: analysis of the first large-scale wind farm and techno-economic assessment of potential farms. *Journal of Solar Energy Engineering*, 143(1), 011007.
- [2] Akdemir, H., Durusu, A., Erduman, A., & Nakir, I. (2018). Effect of energy management of a grid connected photovoltaic/battery/load system on the optimal photovoltaic placement on a national scale: The case of Turkey. *Journal of Solar Energy Engineering*, 140(2), 021009.
- [3] Liu, J., Tang, Z., Zeng, P. P., Li, Y., & Wu, Q. (2022). Distributed adaptive expansion approach for transmission and distribution networks incorporating source-contingency-load uncertainties. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 136, 107711.
- [4] Sanjari, M. J., & Karami, H. (2020). Optimal control strategy of battery-integrated energy system considering load demand uncertainty. *Energy*, 210, 118525.
- [5] Abedi, M. H., Hosseini, H., & Jalilvand, A. (2019). Sub-transmission substation expansion planning considering load center uncertainties of size and location. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 109, 413-422.
- [6] Esmaili, M., Sedighizadeh, M., & Esmaili, M. (2016). Multi-objective optimal reconfiguration and DG (Distributed Generation) power allocation in distribution networks using Big Bang-Big Crunch algorithm considering load uncertainty. *Energy*, 103, 86-99.
- [7] Mehrjerdi, H., & Rakhshani, E. (2019). Correlation of multiple time-scale and uncertainty modelling for renewable energy-load profiles in wind powered system. *Journal of Cleaner Production*, 236, 117644.
- [8] Shargh, S., Mohammadi-Ivatloo, B., Seyedi, H., & Abapour, M. (2016). Probabilistic multi-objective optimal power flow considering correlated wind power and load uncertainties. *Renewable Energy*, 94, 10-21.
- [9] Mohseni-Bonab, S. M., Rabiee, A., & Mohammadi-Ivatloo, B. (2016). Voltage stability constrained multi-objective optimal reactive power dispatch under load and wind power uncertainties: A stochastic approach. *Renewable Energy*, 85, 598-609.
- [10] Huang, S., & Abedinia, O. (2021). Investigation in economic analysis of microgrids based on renewable energy uncertainty and demand response in the electricity market. *Energy*, 225, 120247.
- [11] Zhang, S., Cheng, H., Li, K., Tai, N., Wang, D., & Li, F. (2018). Multi-objective distributed generation planning in distribution network considering correlations among uncertainties. *Applied energy*, 226, 743-755.
- [12] Ebrahimi, J., Abedini, M., Rezaei, M. M., & Nasri, M. (2020). Optimum design of a multi-form energy in the presence of electric vehicle charging station and renewable resources considering uncertainty. *Sustainable Energy, Grids and Networks*, 23, 100375.
- [13] Jithendranath, J., Das, D., & Guerrero, J. M. (2021). Probabilistic optimal power flow in islanded microgrids with load, wind and solar uncertainties including intermittent generation spatial correlation. *Energy*, 222, 119847.
- [14] Nikmehr, N., & Ravadanegh, S. N. (2016). Reliability evaluation of multi-microgrids considering optimal operation of small scale energy zones under load-generation uncertainties. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 78, 80-87.
- [15] Yang, J., & Su, C. (2021). Robust optimization of microgrid based on renewable distributed power generation and load demand uncertainty. *Energy*, 223, 120043.
- [16] Alabi, T. M., Lu, L., & Yang, Z. (2021). Stochastic optimal planning scheme of a zero-carbon multi-energy system (ZC-MES) considering the uncertainties of individual energy demand and renewable resources: an integrated chance-constrained and decomposition algorithm (CC-DA) approach. *Energy*, 121000.
- [17] Salau, A. O., Gebru, Y. W., & Bitew, D. (2020). Optimal network reconfiguration for power loss minimization and voltage profile enhancement in distribution systems. *Heliyon*, 6(6), e04233.
- [18] Ali, M. H., Mehanna, M., & Othman, E. (2020). Optimal Network Reconfiguration Incorporating with Renewable Energy Sources in Radial Distribution Networks. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29(12s), 3114-3133.
- [19] Moussa, S. A. M., & Abdelwahed, A. (2017). DG Allocation Based on Reliability, Losses and Voltage Sag Considerations: an expert system approach. *Renewable Energy and Sustainable Development*, 3(1), 33-38.
- [20] Wang, Y., Luo, H., & Xiao, X. (2021). Joint Optimal Planning of Distributed Generations and Sensitive Users Considering Voltage Sag. *IEEE Transactions on Power Delivery*.
- [21] HassanzadehFard, H., & Jalilian, A. (2021). Optimization of DG units in distribution systems for voltage sag minimization considering various load types. *Iranian Journal of Science and Technology, Transactions of Electrical Engineering*, 45(2), 685-699.
- [22] Nikoukar, J., Haghifam, M. R., & Panahi, A. (2011). Transmission expansion cost allocation based on economic benefit and use of system. *Journal of American Science*, 7(4).
- [23] Hamzaoglu, A., Erduman, A., & Alçi, M. (2021). Reduction of distribution system losses using solar energy cooperativity by home user. *Ain Shams Engineering Journal*, 12(4), 3737-3745.
- [24] Khaled, U., Eltamaly, A. M., & Beroual, A. (2017). Optimal power flow using particle swarm optimization of renewable hybrid distributed generation. *Energies*, 10(7), 1013.
- [25] Sadeghi, D., Naghshbandy, A. H., & Bahramara, S. (2020). Optimal sizing of hybrid renewable energy systems in presence of electric vehicles using multi-objective particle swarm optimization. *Energy*, 209, 118471.
- [26] Nasri, A., Hamedani Golshan, M. E., & Mortaza Saghaian Nejad, S. (2014). Optimal planning of dispatchable and non-dispatchable distributed generation units for minimizing distribution system's energy loss using particle swarm optimization. *International Transactions on Electrical Energy Systems*, 24(4), 504-519.
- [27] Pandi, V. R., Zeineldin, H. H., Xiao, W., & Zobaa, A. F. (2013). Optimal penetration levels for inverter-based distributed generation considering harmonic limits. *Electric Power Systems Research*, 97, 68-75.



***Ribes orientale* Desf. Bitkisi Meyvelerinin Fenolik Kompozisyonu, Toplam Fenolik Madde Miktarı, Antioksidan Kapasiteleri ve Bazı Fizikokimyasal Özellikleri**

Bayram Yurt^{1*}, Lütfi Behçet², Nurullah Demir³, M.Said Yolci⁴

^{1*} Bingöl Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5447-1586), byurt@bingol.edu.tr

² Bingöl Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Bingöl, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-8334-7816), lbehcet@bingol.edu.tr

³ Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksek Okulu, Gıda İşleme Bölümü, Bingöl, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9221-7826), ndemir@bingol.edu.tr

⁴ Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-5304-7342), musayol65@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 31 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 14 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1051780)

ATIF/REFERENCE: Yurt, B. Behçet, L., Demir, N., Yolci, M.S. (2022). *Ribes orientale* Desf. Bitkisi Meyvelerinin Fenolik Kompozisyonu, Toplam Fenolik Madde Miktarı, Antioksidan Kapasiteleri ve Bazı Fizikokimyasal Özellikleri. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (35), 72-75.

Öz

Bu çalışma; Bitlis il sınırları içerisinde yer alan 4058 rakımlı Süphan Dağının 2500 m'lerinden toplanan *Ribes orientale* Desf. bitkisinin meyvelerinin fenolik kompozisyonu, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan kapasiteleri ve bazı fizikokimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu çalışmada *Ribes orientale* türünün meyvelerinin nem miktarı % 71.90 ± 2.49, kuru madde miktarı % 28.10 ± 2.49, su aktivitesi (aw) 0.953 ± 0.001, Suda çözünen kuru madde miktarı (Briks) 7.33 ± 0.51, pH 1.306 ± 0.179, Titrasyon asitliği 4.22 ± 0.94 (g sitrik asit / 100g), Yüzey rengi değerleri L* 60.30 ± 1.53, a* 13.80 ± 1.53, b* 8.07 ± 1.92, C* 16.07 ± 1.85 ve h° 30.06 ± 5.87, Toplam fenolik madde miktarı 16.81 ± 1.17 (mg G.A.E./ 100g kuru ağırlık) ve Antioksidan kapasitelerini gösteren ABTS değerleri 562.42 ± 57.99 (µmol T.E. / 100g kuru ağırlık) ve DPPH değerleri 772.80 ± 63.09 (µmol T.E. / 100g kuru ağırlık), Fenolik bileşikler µg/g olarak; Gallik asit 10.87±10.26, Protocatechuic asit 39.98±6.99, 4-dihydroxy benzoik asit 47.37±4.05, Syringik asit 31.78±6.57, Rutin 127.29±46.92, Quercetin-3-O-glucoside 112.29±13.64, Kaempferol-3-O-glucoside 23.42 ±1.42 ve Quercetin 23.43±1.42 düzeyinde bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Ribes orientale*, Fizikokimyasal özellik, Antioksidan, Fenolik bileşikler

Phenolic Composition, Total Phenolic Content, Antioxidant Capacities and Some Physicochemical Features of *Ribes orientale* Desf. Plant Fruits

Abstract

This study; it was carried out to determine the phenolic composition, total phenolic content, antioxidant capacities and some physicochemical properties of *Ribes orientale* Desf. fruits collected from 2500 meters of Süphan Mountain (4058 m, Bitlis-Turkey). As a result of this study, *Ribes orientales*, analysis mean values were found as the following; moisture content 71.90 % ± 2.49, dry matter 28.10% ± 2.49, water activity (aw) 0.953 ± 0.001, water soluble solids content(Brix) 7.33 ± 0.51, pH 1.306 ± 0.179, titratable acidity 4.22 ± 0.94 (g citric acid / 100g), surface color values L* 60.30 ± 1.53, a* 13.80 ± 1.53, b* 8.07 ± 1.92, C* 16.07 ± 1.85 and h° 30.06 ± 5.87, Total amount of phenolic substance 16.81 ± 1.17 (mg G.A.E./ 100g dry matter), showing antioxidant capacities, ABTS values 562.42 ± 57.99 (µmol T.E. / 100g dry matter) and DPPH values 772.80 ± 63.09 (µmol T.E. / 100g dry matter), Phenolic compounds in µg/g ; Gallic acid 10.87±10.26, Protocatechuic acid 39.98±6.99, 4-dihydroxy benzoic acid 47.37±4.05, Syringic acid 31.78±6.57, Rutin 127.29±46.92, Quercetin-3-O-glucoside 112.29±13.64, Kaempferol-3-O-glucoside 23.42 ±1.42 and Quercetin 23.43±1.42.

Keywords: *Ribes orientale*, Physicochemical properties, Antioxidant, Phenolic compounds

* Sorumlu Yazar: byurt@bingol.edu.tr

1. Giriş

Dünya genelinde tespit edilmiş 620 familya, 1616 cins ve 550000 bitki türünün olduğu (Efe., 2010; Anon., 2021), Ülkemizde ise; 174 familya, 1251 cins ve 12 bini aşkın tür, varyete ve alt tür olduğu bilinmektedir (Güner ve ark., 2012). Grossulariaceae familyası dünya genelinde sadece *Ribes* L. cinsi ile bilinmekte ve 200'den fazla yaprak dökken ve yaprak dökmeyen çalı formundaki taksonları barındırmaktadır (Heywood ark., 2007). Türkiye florasında *Ribes* cinsi 8 tür ile temsil edilmektedir. Halk arasında frenk üzümü olarak bilinen ve tüketimi yaygın olan *Ribes rubrum* L. türünün kültürü yapılmaktadır (Tutin ve ark., 2010; Chamberlian, 1972).

Vücutta meydana gelen serbest radikaller; çeşitli antioksidanlarla zararsız hale getirilmektedir. Fakat bu zararsız hale getirilme olayı yetersiz kaldığı durumlar olabilmektedir. Bu eksiklik; dışarıdan alınan antioksidan maddeler bakımından zengin doğal kaynaklardan sağlanabilmektedir. Antioksidan maddelerce zengin birçok bitkisel kaynağın serbest radikallerin vücuda verdiği zararları azaltmak ve hastalıkları tedavi etmek amacıyla kullanıldığı (Karakaya ve ark., 2001) ve özellikle fenolik maddelerce zengin renk pigmentlerini barındıran bitkilerden yararlanıldığı bilinmektedir (Özgen ve ark., 2009).

Serbest radikaller düşük yoğunlukta olduğunda savunma sisteminde, kanser hücrelerinin inhibisyonunda, hücre içi kalsiyum salınımında ve bazı reaksiyonları aktifleştirme gibi fonksiyonları bulunmaktadır (Karabulut ve Gülay, 2016). Serbest radikallerin canlıda yüksek yoğunlukta bulunması durumunda lipit, protein ve nükleik asitlerde yapısal değişimlere sebep olduğu (Shinde ve ark., 2012), ve bunlara bağlı olarak kalp damar rahatsızlıkları, mide-bağırsak sorunları, solunum ve boşaltım problemleri, kanser ve yaşlanma gibi birçok hastalığın çıkış noktasını oluşturduğu bilinmektedir (Karabulut ve Gülay, 2016). Canlılarda oksidatif stresin sebebi oksidan ve antioksidan dengesinin bozulmasına bağlıdır (Kopani ve ark., 2006).

Vücutta meydana gelen serbest radikaller çeşitli antioksidanlarla zararsız hale getirilmekte ancak yetersiz kaldığı durumlar da olabilmektedir. Bu eksiklik dışarıdan alınan antioksidan maddelerce zengin doğal kaynaklardan sağlanabilmektedir. Antioksidan maddelerce zengin birçok bitkisel kaynağın serbest radikallerin vücuda verdiği zararları azaltmak ve hastalıkları tedavi etmek amacıyla kullanıldığı (Karakaya ve ark., 2001) ve özellikle fenolik maddelerce zengin renk pigmentlerini barındıran bitkilerden yararlanıldığı bilinmektedir (Özgen ve ark., 2009).

Türkiye'de daha çok Kuzeydoğu Anadolu bölgesinde yetişen *Ribes* üyeleri (Türkiye'nin farklı coğrafyalarında bu cins üyelerinden bazılarının tabii yayılışları vardır); frenk üzümü, beктаşi üzümü ve it üzümü olarak adlandırılır (Baytop, 1994). Üzümü meyvelerin halk arasında tüketimi; içerdiği farklı vitaminler, mineraller ve çeşitli fenolik bileşenlerin varlığından kaynaklanmaktadır (Şavikin ve ark., 2014). Üzümü meyvelerin kek, reçel, meyve suyu, dondurma, konserve ve çeşitli fermente ürünler gibi birçok gıda amaçlı tüketimi mevcuttur (Weigend, 2002).

Ribes cinsine ait bitkilerin yaprakları içerdiği fenolik asitler, flavonoidler, antosiyanin lipit ve uçucu yağlarından ötürü antioksidan, antimikrobiyal, antiinflamatuvar, antihipertansiyon gibi rahatsızlıklarda kullanılmaktadır (Tabart ve ark., 2011;

Tabart ve ark., 2012; Sasaki ve ark., 2013; Kılıç ve ark., 2008; Kendir ve ark., 2016; Laserre ve ark 1983).

Ribes anatolica Desf. türü; dikensiz çalı formunda, dioik bir bitkidir. Yaprak tomurcukları küt uçlu, yumurtamsı ve salgı tüylüdür. Mayıs-Haziran aylarında çiçeklenen bükünün sarı veya turuncu-kırmızı renkteki meyveleri Temmuz-Ağustos aylarında olgunlaşır. *R. orientale*; Yunanistan, İran, Filistin ve Kafkasya'nın kayalık alanlarında 1450-2500 metre rakımlarda, Türkiye'de ise Doğu Anadolu bölgesinin kuzey ve güneyinde yayılışa sahiptir (Chamberlian, 1972). *R. orientale* meyveleri ülkemizde terletici ve idrar söktürücü olarak kullanılmaktadır (Baytop, 1999).

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

R. orientale bitkisinin olgun ve doğal meyveleri, Bitlis ili sınırları içerisinde yer alan Süphan Dağının 2500 m'lerindeki volkanik kayalık alanlardan meyvenin olgunlaşma zamanı olan Temmuz ayının ilk haftasında toplanıp Gıda Analizleri laboratuvarında analizleri yapılmıştır. Periyodisite göstermediği için bir sonraki yılın Temmuz ayının ilk haftası tekrar aynı bölgede meyve toplamış ve analizler tekrarlanmıştır.

2.2. Metot

Numunelerin nem ve kuru madde miktarı (Cemeroğlu, 2010), Su aktivitesi tayini (AOAC. 1990), pH analizi (Cemeroğlu, 2010), Suda çözünür kuru madde (Briks)miktarı (Karabulut ve ark. 2018), Renk değerleri (Cemeroğlu, 2010), Toplam fenolik madde (TFM) miktarı (Karabulut ve ark. 2018), DPPH ve ABTS Antioksidan aktivite değerleri (Singleton ve ark., 1999) ve Fenolik madde kompozisyonu (Karabulut ve ark. 2018) belirlenmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

R. orientale bitkisi meyvelerinin antioksidan aktiviteleri, toplam fenolik madde miktarı ve bazı fizikokimyasal özellikleri Tablo 1'de; fenolik madde bileşenleri ise Tablo 2'de verilmiştir.

R. orientale meyvelerinin nem oranı ortalama % 71.90 ve kuru madde miktarı da % 28.10 olarak bulunmuştur. *R. orientale* meyveleri kuru madde bakımından zengindir. Kuru madde oranının yüksek olması kuru madde içerisinde bulunan biyoaktif bileşenlerinde oransal olarak yüksek olabileceğini göstermektedir.

R. orientale meyvelerinin su aktivitesi değeri 0.953 bulunmuştur. Yurt ve ark.(2021) nın *Ribes anatolica* Behcet yabancı meyvelerinde buldukları sonuçlarla benzerlik göstermektedir. Bu değer, bu meyvenin mikrobiyolojik bozulma riskinin yüksek olduğunu göstermektedir.

R. orientale meyvelerinin çözünür kuru madde(briks) değeri ortalama % 7.33 civarındadır. Bu değer Yurt ve ark.(2021) nın *Ribes anatolica* Behcet yabancı meyvelerinde buldukları sonuçlardan daha düşük çıkmıştır. Bu durum *Ribes* türlerinin farklılığından kaynaklanmaktadır.

R. orientale meyvelerinin titrasyon asitliği 4.22 (g / 100 g) ve pH değeri 1.306 seviyesinde bulunmuştur. Asitlikle ilgili bu değerler *R. orientale* meyvelerinin kendine has çok asidik ve ekşi bir tada sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 1. *Ribes orientale* bitkisi meyvelerinin antioksidan aktiviteleri, toplam fenolik madde miktarı ve bazı fizikokimyasal özellikleri (Table 1. Antioxidant activities, total phenolic substance content and some physicochemical properties of *Ribes orientale* fruits)

Nem (%)	71.90 ± 2.49
Su aktivitesi	0.953 ± 0.001
Kuru madde (%)	28.10 ± 2.49
Suda çözünen kuru madde miktarı % (Briks)	7.33 ± 0.51
pH	1.306 ± 0.179
Titrasyon asitliği (g sitrik asit / 100g)	4.22 ± 0.94
Yüzey rengi değerleri	
L*	60.30± 1.53
a*	13.80± 1.53
b*	8.07 ± 1.92
C*	16.07 ± 1.85
h°	30.06 ± 5.87
Toplam fenolik madde miktarı (mg G.A.E./ 100g kuru ağırlık)	16.81 ± 1.17
ABTS antioksidan aktivite (µmol T.E. / 100g kuru ağırlık)	562.42 ± 57.99
DPPH antioksidan aktivite (µmol T.E. / 100g kuru ağırlık)	772.80 ± 63.09

Meyvelerin renkleri görünüm ve olgunlaşma ile ilgili olup *R. orientale* meyvelerinin yüzey renk değerleri kendine özgüdür. *Ribes anatolica* Behçet meyvelerine göre daha kırmızı-sarımsı koyu doymuş renge sahiptir (Yurt ve ark., 2021).

R. orientale meyvelerinin toplam fenolik madde miktarı 16.81 mg G.A.E. / 100g kuru ağırlık olarak belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada *Ribes* türlerinin meyvelerinde toplam fenolik miktarları ise 8.40-20.10 mg G.A.E. / g arasında değiştiği belirtilmektedir (Wu ve ark., 2004). Bu sonuçlar çalışmamızda bulduğumuz değerlerle benzerlik arz etmektedir.

R. orientale bitkisinin doğal meyvelerinin ABTS değeri 562.42 µmol T.E. / 100g kuru ağırlık ve DPPH değeri 772.80 µmol T.E. / 100g kuru ağırlık olarak tespit edilmiştir. *Ribes* türlerinin antioksidan özellikleri daha önce yapılan invitro çalışmalarda belirlenmiştir (Kendir ve Köroğlu, 2015, Tabart ve ark. 2012, Sasaki ve ark. 2013, Cyboran ve ark., 2014, Yurt ve ark., 2021). Yapılan diğer bir çalışmada toplam antioksidan e-ISSN: 2148-2683

kapasitesi *Ribes* meyvelerinin iki çeşidinin yaş ağırlığında 21 µmol TE/g ve 161 µmol TE/g arasında değişmiştir (Wu ve ark., 2004). *Ribes khorasanicum* antioksidan ve biokomponentlerinin incelendiği bir çalışmada bu türün antioksidan kapasitelerini gösteren DPPH değeri kuru maddede 6.42 mg / g olarak bulunmuştur (Yazdı ve ark., 2018). Farklı sonuçlar farklı *Ribes* türleri arasında beklenen bir durumdur.

Tablo 2. *Ribes orientale* bitkisi meyvelerinde tespit edilen fenolik madde miktarları (µg/g) (Table 2. The amount of phenolic substances detected in the fruits of the *Ribes orientale* plant (µg/g)

Gallic acid	10.87± 10.26
Protocatechuic acid	39.98± 6.99
4-dihydroxy benzoic acid	47.37± 4.05
Syringic acid	31.78 ± 6.57
Rutin	127.29 ± 46.92
Quercetin-3-O-glucoside	112.29 ± 13.64
Kaempferol-3-O-glucoside	80.52 ± 68.05
Quercetin	23.43 ± 1.42
Rutin	127.29 ± 46.92

R. orientale meyvelerinin fenolik maddelerinden öne çıkanlar sırasıyla Gallic acid 10.87µg/g, Protocatechuic acid 39.98 µg/g, 4-dihydroxy benzoic acid 47.37 µg/g, Syringic acid 31.78 µg/g, Quercetin-3-O-glucoside 112.29 µg/g, Kaempferol-3-O-glucoside 80.52 µg/g ve Rutin 127,29 µg/g olarak tespit edilmiştir.

Pakistanda yetişen *R. orientale* bitkisinin kökleri üzerinde yapılan bir çalışmada Quercetin miktarı 7.62 µg/g, p-coumaric acid 1.06 µg/g, M-coumaric acid 1.04 µg/g ve Cinnamic acid 15.42 µg/g olarak bulunmuştur (Uttra ve ark., 2019).

4. Sonuç

Sağlıklı beslenmenin büyük önem arz ettiği günümüzde, doğal meyvelere olan ilgi gittikçe artmaktadır. *R. orientale* bitkisinin meyvelerinin biyoaktif bileşenleri üzerinde yapılan bu ve benzeri çalışmalar, *Ribes* türlerinin tanıtımı ve kullanımı üzerine yapılacak çalışmalara katkı sağlayacaktır.

Kaynakça

- Anonymous. (2021). <http://www.theplantlist.org/> Erişim Tarihi: 26/10/2021.
- Baytop, T. (1994) *Türkçe Bitki Adları Sözlüğü*. (Dictionary of Turkish Plant Names). Atatürk Kültür, Dil ve Tarih Yüksek Kurumu, Türk Dil Kurumu Yayınları, Ankara.
- Baytop, T., (1999). *Türkiye'de Bitkiler ile Tedavi, Gecim ve Bugün* (İlaveli ikinci baskı). Nobel Tıp Kitabevleri, İstanbul.
- Cemeroğlu, B. (2010). *Gıda Analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34. 657s.

- Chamberlain, D.F. (1972). Ribes L. in: Davis PH (ed.) *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, vol. 4, pp. 261-263. Edinburgh; Edinburgh University Press.
- Cyboran, S., Bonarska-Kujawa, D., Pruchnik, H., Zylka, R., Oszmianski, J., Kleszczynska, H. (2014). Phenolic content and biological activity of extracts of blackcurrant fruit and leaves. *Food Res. Int.* 65, 47-58.
- Efe R. (2010). *Biocoğrafya*. Marmara Kitap Merkezi Yayıncılık Ltd. Şti. No: 16215. Bursa.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. & Babaç, M. T. (2012). *Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler)*. İstanbul, Türkiye: Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını.
- Heywood, V.H., Brummitt, R.K., Culham, A., Seberg, O. (2007). *Flowering plantfamilies of theworld*. FireflyBooksPress, Ontario, pp. 160.
- Karabulut, H., & Gülay, M. Ş. (2016). Serbest radikaller. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Health Sciences Institute*, 4(1),50-59.
- Karabulut, İ., Bilenler, T., Sislioglu, K., Gökbulut, İ., Özdemir, İ.S., Seyhan, F., Öztürk, K. (2018). Chemical composition of apricots affected by fruit size and drying methods, *Drying Technology*, 36:16, 1937-1948.
- Karakaya S., El, S., Tas, A.A. (2001). Antioxidant activity of some foods containing phenolic compounds. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*; 52: 501-508
- Kendir, G., Koroğlu, A. (2015). In vitro antioxidant effect of the leaf and branch extracts of Ribes L. species in Turkey.. *Int. J. Pharma Sci. Res.* 2, 108.
- Kendir, G., Guvenc, A., Ozkan, S., Ozgen Ozgacar, S., Karaoğlu, T., Gargari, S. (2016). Evaluation of antiviral and antimicrobial activities of Ribes species growing in Turkey. *Journal of Biologically Active Products from Nature* 6 (2), 136-149.
- Kılıç, C.S., Koyuncu, M., Ozek, T., Başer, K.H.C. (2008). Essential oil of the leaves of Ribes nigrum L. from Turkey. *J. Essent. Oil Res.* 20, 512-514.
- Kopáni M, Celec P, Danisovic L, Michalka P, Biró C. (2006). Oxidative stress and electron spin resonance. *Clin Chim Acta*; 364: 61-66.
- Lasserre, B., Kaiser, R., Huu-Chanf, P., Ifansyaf, N., Gleye, J., Moulis, C. (1983). Effects on rats of aqueous extracts of plants used in folk medicine as antihypertensive agents. *Naturwissenschaften* 70, 95-96.
- Özgen, M., Serçe, S., Kaya, K. (2009). Phytochemical and antioxidant properties of anthocyanin-rich Morus Nigra and Morus Rubra fruits. *Scientia horticulturae*,119: 275-279
- Šavikin, K., Zdunić, G., Janković, T., Gođevac, D. Stanojković, T., Pljevljakušić, D. (2014) Berry fruit teas: Phenolic composition and cytotoxic activity. *Food Research International*, 62 (2014) 677–683.
- Sasaki, T., Li, W., Zaike, S., Asada, Y., Li, Q., Ma, F., Zhang, Q., Koike, K., (2013). Antioxidant lignoids from leaves of Ribes nigrum. *Phytochemistry* 95, 333-340.
- Shinde A, Ganu J, Naik P. (2012). Effect of free radicals & Antioxidants on oxidative stress: A review. *J Dental Allied Sciences.* 1(2), 63-66.
- Tabart, J., Kevers, C., Evers, D., Dommès, J. (2011). Ascorbic acid, phenolic acid, flavonoidand carotenoid profiles of selected extracts from Ribes nigrum. *J. Agric. Food Chem.*59 (9), 4763-4770.
- Tabart, J., Franck, T., Kevers, C., Pincemail, J., Sertejn, D., Defraigne, J.-O., Dommès, J. (2012). Antioxidant and anti-inflammatory activities of Ribes nigrum extracts. *Food Chem.* 131, 1116-1122.
- Tutin GT, Heywood vH, Burges NA, More DM, valentine DH, Walters SM ve Webb DA. (2010). *Flora Europaea*, vols. 1-5, Second Edition, Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Uttra, A.M, Shahzad, M. Shabbir, A. , Jahan, S., Bukhari I.A., Assiri, A.M. 2019.*Journal of ethnopharmacology* 237, 92-107
- Weigend, Maximilian; Mohr, Oliver; Motley, Timothy J. (2002). "Phylogeny and classification of the genus Ribes (Grossulariaceae) based on 5S-NTS sequences and morphological and anatomical data". *Botanische Jahrbücher.* 124 (2): 163–182.
- Wu, X., Gu, L. Prior, R.L., Mckay, S. J. (2004). Characterization of Anthocyanins and Proanthocyanidins in Some Cultivars of Ribes, Aronia, and Sambucus and Their Antioxidant Capacity. *Agric. Food Chem.*, 52, 7846–7856.
- Yazdi, M. E.T., Khara, J., Husaindokht, M. R., Sadeghnia, H. R., Bahabadi, S. E.,Amiri, M.S., Darroudi, M. (2018). Biocomponents and Antioxidant Activity of Ribes khorasanicum.. *International Journal of Basic Science in Medicine.* 3:(3), 99-103.
- Yurt, B. Behçet, L., Demir, N., Hayaloğlu, A.A. (2021). Lokal endemik *Ribes anatolica* Behçet (grossulariaceae) meyvelerinin bazı fizikokimyasal özellikleri, toplam fenolik madde miktarı, antioksidan kapasiteleri ve fenolik kompozisyonunun belirlenmesi. *ADYU Mühendislik Bilimleri Dergisi* (8): 277-282.



İki Farklı Yörede Doğal Yayılış Gösteren Aş kekiği (*Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*)'nin Uçucu Bileşenlerinin Belirlenmesi

Ebru Hatice Tıǧlı Kaytanlıođlu¹, Ayşe Gül Sarıkaya^{2*}, Hüseyin Fakir³

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9165-6675), ebrukaytanlioglu@isparta.edu.tr

^{2*}Bursa Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Bursa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-0641-4445), aysegul.sarikaya@btu.edu.tr

³Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6606-8011), huseyinfakir@isparta.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 6 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 23 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1054350)

ATIF/REFERENCE: Kaytanlıođlu Tıǧlı, E. H., Sarıkaya, A. G., Fakir, H. (2021). İki Farklı Yörede Doğal Yayılış Gösteren Aş kekiği (*Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*)'nin Uçucu Bileşenlerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 76-81.

Öz

Bu çalışmada ülkemiz için önemli familyalarından olan Lamiaceae familyasına ait Türkiye'de yaygın olarak 'kekik' olarak bilinen *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*'un uçucu bileşen kompozisyonlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Isparta Karatepe ve Konya Beyşehir mevkiilerinde doğal olarak yayılış gösteren *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis* örneklerinin yaprak ve çiçekleri oda sıcaklığında kurutulmuş, HS-SPME/GC-MS analizi ile uçucu bileşenleri belirlenmiştir. Elde edilen bulgular sonucunda kekik türüne ait toplam Konya Beyşehir mevkiinden toplanan bitki örneklerinde 93 adet ve Isparta Karatepe mevkiinden toplanan bitki örneklerinde ise 51 adet uçucu bileşen olduğu tespit edilmiştir.

Konya Beyşehir mevkiinden toplanan *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*'da ana bileşenler içinde methyl(1-methylethyl)-benzene (%20.77), Karyofillen (%15.76), Timol (%11.56), 1,4-Sikloheksadin (%10.44), Karvakrol (%7.00); Isparta Karatepe mevkiinden toplanan *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*'da ise ana bileşenler içinde 1,4- Sikloheksadin (%36.33), methyl(1-methylethyl)-benzene (%19.86), Karyofillen (%7.08), α -terpinen (%6.37) bileşenleri tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*, Uçucu bileşen, HS-SPME/GC-MS, Karyofillen, Timol, Türkiye

Determination of Volatile Components of Thyme (*Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*) Naturally Distributed in Two Different Regions

Abstract:

In this study, determination of volatile component compositions of *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*, which is called common as "kekik" in Turkey and belonging to Lamiaceae family, was aimed. The leaves and flower samples of *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis* that is distributed in Isparta Karatepe and Konya Beyşehir provinces, were dried at room temperature, and their volatile components were determined by HS-SPME/GC-MS analysis. As result, 92 volatile components were determined from the plant samples collected from Konya Beyşehir region and 51 volatile components in the plant samples collected from Isparta Karatepe region.

The main components of *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis* were found as methyl(1-methylethyl)-benzene (20.77%), Caryophyllene (15.76%), Thymol (11.56%), 1,4-Cyclohexadiene (10.44% and Carvacrol (7.0%) in Konya Beyşehir province and also 1,4-Cyclohexadiene (36.33%), methyl(1-methylethyl)-benzene (19.86%), Caryophyllene (7.08%) and α -terpinene (6.37%) for Isparta Karatepe.

Keyword: *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*, essential oil, HS-SPME/GC-MS, Caryophyllene, Thymol, Turkey.

*Sorumlu Yazar: aysegul.sarikaya@btu.edu.tr

1. Giriş

Son yıllarda tıbbi ve aromatik bitkilere olan ilgi ve kullanımda önemli bir artış olduğu görülmektedir. Tıbbi ve aromatik bitkiler, başta gıda, baharat, ilaç ve tedavi amacıyla yoğun olarak kullanılmaktadır. Tıbbi ve aromatik bitkiler grubunda özellikle uçucu yağ içeriği açısından zengin koku ve tat endüstrileri tarafından; parfüm, gıda katkıları, temizlik ürünleri, kozmetik ve ilaçların tertibinde, aroma-kimyasalların kaynağı olarak ya da doğala özdeş ve yarı sentetik yararlı aroma kimyasallarının sentez başlangıç maddesi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır (Weiss, 1997).

Uçucu bileşenler ikincil metabolitler olup, lipofilik, kokulu ve sıvı maddelerdir (Simões ve Spitzer, 2004). Uçucu bileşenler bitkilerde önemli bir yere sahiptir ve antibakteriyel, antifungal, antiviral ve böcek öldürücü gibi koruma etkisine sahiptir. Farmasötik, gıda, tarımsal, sanitsyonda, kozmetik ve parfüm endüstrisinde kullanılmaktadırlar (Bakkalı vd., 2008). Uçucu bileşenler bakımından yoğun olan Lamiaceae familyasının dünyada 236 cinsi ve 7172 türü vardır (Harley vd., 2004). Türkiye’de halk arasında *Origanum*, *Thymus*, *Satureja*, *Coridothymus* ve *Thymbra* cinslerine ait kekik türleri bilinmektedir (Başer 2001; Sarı ve Oğuz 2002; Temel 2000; Turgut vd. 2008).

Lamiaceae familyasının bir cinsi olan *Thymus*'un 38 türü ve 24’ü Türkiye florasında endemik olmak üzere 64 taksonu bulunmaktadır (Davis, 1982). Ülkemizde *Thymus* cinsine ait türler taş kekiği ya da kekik olarak bilinmektedir (Tümen, vd.,1994; Başer vd., 1991). Hoş kokulu olmasından dolayı aroma verici (baharat ve çesni), aromatik tıbbi bitki ve bitki çayı olarak kullanılmaktadır. Bademcik iltihabı, egzama, üriner sistem hastalıkları, hemoroid gibi hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Tümen vd., 1995; Polat vd., 2007; Topal vd., 2008; Özgen vd., 2011; Nouasri vd., 2015; Yaşar vd., 2016).

Kekik halk arasında iştah açıcı ve sindirim sistemini uyarıcı, sinir sistemi zafiyeti, romatizma ve bağırsak hastalıklarına karşı, kramp-çözücü, boğmaca, öksürük, balgam söktürücü gibi akciğer rahatsızlıkları ve üst solunum yolları iltihabında, mide ve bağırsak hastalıklarında, adet zamanlarındaki krampolu ağrıların tedavisinde, dezenfekte edici, ergenlik sivilceleri iyileştirme, kekik tentürü ile ovmak suretiyle romatizma ağrıları ve sinirsel rahatsızlıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Benli ve Yiğit, 2005). Kekik önemli ihracat ürünlerimizden birisidir. Ülkemiz ticaretinin %70’ini elinde bulundurmaktadır. Kekik içerisinde karvakrol ve timol içeren türler kekik olarak bilinmektedir (Başer 2001; Sarı ve Oğuz 2002; Temel 2000; Turgut vd. 2008).

Çalışmamızda, Isparta Karatepe ve Konya Beyşehir yöresinde doğal yayılış gösteren önemli tıbbi bitkilerden olan, *Thymus longicaulis* C. Presl. subsp. *longicaulis* gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GC-MS) ile kombine edilmiş Tepe Boşluğu Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (HS-SPME) tekniği ile uçucu bileşenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çevre dostu olan Katı faz mikro ekstraksiyon (SPME) tekniği, çözücüsüz bir analiz tekniği olması nedeniyle işlem süresini ve maliyetlerini önemli ölçüde azaltmaktadır (Başer, 2010; Malik vd., 2006; Vas ve Vekey, 2004; Araujo vd., 2007; Dönmez ve Salman, 2017). Bu sebepten dolayı çalışmamızda analiz tekniği olarak tercih edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Araştırma materyalini oluşturan *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis* (Şekil 1) örnekleri vejetasyon döneminde Isparta ve Konya bölgesinden toplanmıştır. Gerçekleştirmiş olduğumuz bu çalışma Isparta Karatepe mevki 1364m yükseklik kuzey bakıdan ve Konya Beyşehir mevki 1212m yükseklik güney bakıdan toplanmıştır. Toplanan bitkiler torbalara konulmuş ve torbalar kodlanarak etiketlenmiş, etiket üzerine toplama zamanı, yeri, rakımı gibi bilgiler kaydedilmiştir. Teşhisleri yapılan bitki örnekleri Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Herbarium’unda muhafaza altına alınmıştır.



Şekil 1. *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*’a ait bir görünüm (Figure 1. A view of *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*)

2.2. Yaprak ve çiçek floral uçucu bileşenlerinin HS-SPME/GC-MS analizi ile belirlenmesi

Çiçek ve yaprakların floral koku bileşenleri gaz kromatografisi/kütle spektrometresi (GC-MS) ile kombine edilmiş Tepe Boşluğu Katı Faz Mikro Ekstraksiyon (HS-SPME) tekniği ile tespit edilmiştir. Katı faz mikro ekstraksiyon (SPME, Supelco, Germany) yöntemi esas alınarak, 10 mL vial içine konulan 2 g çiçek ve yaprak numuneleri 30 dakika kadar 60°C’de tutulmuştur. Daha sonra 75 µm inceliğinde Carbokzen/Polidimetilsilokzan (CAR/PDMS) kaplı fused silica fiber ile tepe boşluğundan uçucu bileşenler absorbe edilmiştir. Hemen arkasından HS-SPME uyumlu GC-MS (Shimadzu 2010 PLUS) cihazının kapiler kolonuna (Restek Rx-5 Sil MS 30 m x 0.25 mm, 0.25 µm) enjekte edilmiştir. Fırın sıcaklığı 40°C’de 2 dakika bekledikten sonra 250°C’ye dakikada 4°C’lik artışla ulaşılacak şekilde programlanmıştır. Enjektör ve dedektör sıcaklıkları 250°C olarak ayarlanmıştır. İyonlaştırma türü olarak EI (70 eV) ve taşıyıcı gaz olarak Helyum (1.61 mL/dakika) kullanılmıştır. Uçucu yağ bileşenlerinin tanımlanmasında Wiley, Nist, Tutor, FFNSC kütüphanesinden yararlanılmıştır. LRI (Linear Retention Indices) değerleri, bir seri C7-C30 doymuş n-alkan standartları (Sigma-Aldrich Chemical Co. USA) yardımıyla hesaplanmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada aş kekiği *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis* örneklerinin uçucu bileşenleri kompozisyonu SPME (katı tabanlı mikro ekstraksiyon yöntemi) analizi ile belirlenmiştir. Belirlenen uçucu bileşenler çizelge halinde verilmiştir (Tablo 1).

Tablo 1. Aş kekiği (*Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*)'nin uçucu bileşen kompozisyonu (Table 1. Volatile component composition of thyme (*Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*))

	Bileşenler	% Konya	% Isparta	Sınıf	Formül
1	2-Heksenal	0,08	0,11	AA	C ₆ H ₁₀ O
2	3- Heksenol	0,01	-	AA	C ₆ H ₁₂
3	3-Heptanon	0,11	-	AA	C ₇ H ₁₄ O
4	Heptanal	0,02	-	AA	C ₇ H ₁₄ O
5	Trisiklen	0,09	0,13	MH	C ₁₆ H ₁₆
6	α-Tujen	3,03	2,73	SH	C ₁₀ H ₁₆
7	α-Pinen	1,44	1,83	MH	C ₁₀ H ₁₆
8	2-Heksen	0,01	-	SH	C ₆ H ₁₂
9	Kamphen	1,79	2,64	MH	C ₁₀ H ₁₆
10	Benzaldehid	0,24	0,06	AAI	C ₇ H ₆ O
11	β- Felandren	0,10	-	MH	C ₁₀ H ₁₆
12	2-β-Pinen	0,41	0,48	MH	C ₁₀ H ₁₆
13	1-Octen-3-one	0,25	-	AAI	C ₈ H ₁₄ O
14	1-Octen-3-ol	0,47	0,31	AAI	C ₈ H ₁₆ O
15	3-Octanon	1,56	0,55	AAI	C ₆ H ₁₆ O
16	β-Mirsen	3,24	3,56	SH	C ₁₀ H ₁₆
17	trans-2-(2-Pentenyl) furan	0,12	-	AAI	C ₃ H ₆ O
18	Pseudolimonen	0,04	-	SH	C ₁₀ H ₁₆
19	l- Felandren	0,51	-	MH	C ₁₀ H ₁₆
20	δ-3-Karen	0,18	-	MH	C ₁₀ H ₁₆
21	1,4-dichloro-benzen	0,02	-	AH	C ₆ H ₄ Cl ₂
22	α-Terpinen	4,22	6,37	MH	C ₁₀ H ₁₆
23	1-methyl-3-(1-methylethyl)-benzen	0,03	-	MH	C ₁₀ H ₁₄
24	methyl(1-methylethyl)-benzen	20,77	19,86	AH	C ₁₀ H ₁₄
25	dl-Limonen	1,36	-	MH	C ₁₀ H ₁₆
26	1,8-Sineol	1,22	1,04	OM	C ₁₀ H ₁₈ O
27	cis-Osimen	0,02	-	MH	C ₁₀ H ₁₆
28	Fenilasetaldehit	0,02	-	AAI	C ₈ H ₈ O
29	1,3,6-Octatrien	0,07	-	AH	C ₈ H ₁₂
30	1,4- Sikloheksadin	10,44	36,33	MH	C ₁₀ H ₁₆
31	trans-Sabinen hidrat	0,64	0,70	OM	C ₁₀ H ₁₈ O
32	Sikloheksen	0,04	-	AH	C ₁₀ H ₁₈ O
33	α-Terpinolen	0,24	0,24	MH	C ₁₀ H ₁₆
34	3-Nonanon	0,09	-	AAI	C ₉ H ₁₈ O
35	1-methyl-4-(1-methylethenyl)- Benzen	0,11	0,05	MH	C ₁₀ H ₁₄
36	Linalol	0,32	-	OM	C ₁₀ H ₁₈ O
37	Nonanal	0,06	0,05	AAI	C ₉ H ₁₈ O
38	p-Mentha-1,5,8-trien	0,01	-	MH	C ₁₀ H ₁₄
39	heptan-2-one, 1,7,7-trimethyl-	0,07	-	OC	C ₁₀ H ₁₆ O
40	3-Tert-Butyl-5-Chloro-2-Hydroxybenzophenone	0,00	-	OC	C ₁₇ H ₁₇ ClO ₂
41	Arbothioic Acid	0,01	-	AAI	CH ₃ (CH ₂) ₂₁
42	1,7,7-trimethyl-heptan-2-ol,	0,16	-	AA	C ₁₂ H ₂₀ O
43	3-Cyclohexen-1-ol, 4-methyl-1-(1-methylethyl)	0,66	0,49	AA	C ₁₀ H ₁₈ O
44	2-methyl- Benzamide	0,12	-	OC	C ₈ H ₉ NO
45	Cis 3 Hexenyl Butyrate	0,20	-	OC	C ₁₀ H ₁₈ O ₂
46	Benzoic acid	0,11	-	AAI	C ₇ H ₆ O ₂
47	4-Terpinenyl asetat	0,11	-	OM	C ₁₂ H ₂₀ O
48	Cis-Dihydrocarvone	0,06	-	OC	C ₁₀ H ₁₆ O
49	Karvon	0,01	-	OC	C ₁₀ H ₁₄ O
50	Decanal	0,01	-	OM	C ₁₀ H ₂₀ O
51	Cis-3-Hexenyl-2-Methyl Butyrate	0,01	-	OC	C ₁₁ H ₂₀ O ₂
52	1-methoxy-4-methyl-2-(1-methylethyl)- Benzene	0,33	-	AH	C ₁₁ H ₁₆ O
53	2,5-sikloheksadin-1,4-dione	5,03	1,59	OC	C ₉ H ₁₀ O ₂
54	4-Methyl-5-Penta-1,3-Dienyl-Dihydro-Furan-2-One	0,01	-	OC	C ₅ H ₆ O ₂
55	Timol	11,56	-	AH	C ₁₀ H ₁₄ O
56	Karvakrol	7,00	-	OC	C ₆ H ₃
57	1-methyl-4-(1-methylethyl)-2,3-Dioxabicyclo	0,01	0,04	OC	C ₁₀ H ₁₆ O ₂
58	sikloheksen	0,04	0,03	OC	C ₆ H ₁₂
59	Butanoic acid, 2-methyl-, heptyl ester	0,01	-	MH	C ₁₂ H ₂₄ O
60	α-Cubeben	0,04	-	OC	C ₁₅ H ₂₄

61	2-methoxy-3-(2-propenyl)- Phenol	0,08	-	AH	C ₁₀ H ₁₂ O ₂
62	α -Ylangen	0,04	-	SH	C ₁₅ H ₂₄
63	β -Bourbonen	0,10	0,11	OC	C ₁₅ H ₂₄
64	Alloaromadendren	0,07	0,02	SH	C ₁₅ H ₂₄
65	Tetradecan	0,02	-	AH	C ₁₄ H ₃₀
66	Karyofillen	15,76	7,08	SH	C ₁₅ H ₂₄
67	α -Gurjunen	0,04	-	SH	C ₁₅ H ₂₄
68	Octahydro-7-methyl-3-methylene-4-(1-methylethyl)-	0,11	0,05	OC	C ₁₅ H ₂₄
69	α -trans-Bergamoten	0,11	-	SH	C ₁₅ H ₂₄
70	Aromadendren	0,35	0,03	SH	C ₁₅ H ₂₄
71	Sativen	0,02	-	OC	C ₁₅ H ₂₄
72	β -Farnesen	0,05	0,05	SH	C ₁₅ H ₂₄
73	α -Humulen	0,56	0,21	SH	C ₁₅ H ₂₄
74	γ -Kadinen	0,48	0,12	SH	C ₁₅ H ₂₄
75	Germakren-D	0,41	1,47	SH	C ₁₅ H ₂₄
76	β -Chamigren	0,02	-	SH	C ₁₅ H ₂₄
77	Leden	0,06	-	SH	C ₁₃ H ₂₄ O
78	Viridifloren	0,32	0,03	SH	C ₁₅ H ₂₄
79	Bicyclogermakren	0,45	0,43	SH	C ₁₅ H ₂₄
80	α -Muurolen	0,10	-	SH	C ₁₅ H ₂₄
81	Pentadecan	0,02	-	AH	C ₁₈ H ₃₈
82	β -bisabolen	1,06	2,63	SH	C ₁₅ H ₂₄
83	δ -Kadinen	0,37	0,08	SH	C ₁₅ H ₂₄
84	β -Sedren	0,02	-	SH	C ₁₅ H ₂₄
85	1,6-dimethyl-4-(1-methylethyl)	0,03	-	SH	C ₁₅ H ₂₈
86	β -Vatirenen	0,01	-	SH	C ₁₅ H ₂₂
87	17-one, 3-ethyl-3-hydroxy-androstan-	0,13	-	OC	C ₂₁ H ₃₄ O ₂
88	3,7-dimethyl-2,6-octadienyl ester	0,04	-	OC	C ₁₆ H ₂₈ O
89	Heksadekan	0,01	-	AH	C ₁₆ H ₃₄
90	Limonen	0,01	-	MH	C ₁₀ H ₁₆
91	α -Sinensal	0,01	-	OC	C ₁₅ H ₂₂ O
92	γ -Terpinen	0,01	-	SH	C ₁₀ H ₁₆
94	Sabinen	-	0,39	SH	C ₁₀ H ₁₆
95	α - Felandren	-	0,76	SH	C ₁₀ H ₁₆
96	Limonen	-	1,49	MH	C ₁₀ H ₁₆
97	Kamphor	-	0,05	OC	C ₁₀ H ₁₆ O
98	P-Mentha-Trans-2,8-Dien-1-Ol	-	0,03	AA	C ₁₀ H ₁₆ O
99	Borneol	-	1,00	AA	C ₁₀ H ₁₈ O
100	α -Terpineol	-	0,05	AA	C ₁₀ H ₁₈ O
101	Cyclohexanone, 2-methyl-5-(1-methylethenyl)-	-	0,02	OC	C ₁₀ H ₁₆ O
102	2-Isopropyl-1-methoxy-4-methylbenzen	-	0,04	SH	C ₁₁ H ₁₆ O
103	Endobornyl Acetate	0,19	0,03	OC	C ₁₂ H ₂₀ O ₂
104	Phenol, 2-methyl-5-(1-methylethyl)-	-	4,42	OC	C ₁₀ H ₁₄ O
105	α -Kopaen	-	0,03	SH	C ₁₅ H ₂₄
106	α -Bergamoten	-	0,05	SH	C ₁₅ H ₂₄
107	β -Sesquifelandren	-	0,06	SH	C ₁₅ H ₂₄
108	cis- α -Bisabolen	-	0,02	SH	C ₁₅ H ₂₄
109	Cembren	-	0,06	OC	C ₂₀ H ₃₂
	Toplam	100,00	100,00		
	Bileşen Sayısı	92	51		
	AA: Aromatik alkol	1,04	1,68		
	AAI: Aromatik aldehit	2,93	0,97		
	AH: Aromatik hidrokarbon	32,92	19,86		
	MH: Monoterpen hidrokarbon	20,97	49,56		
	OM: Oksijenli monoterpen	2,30	1,74		
	OC: Diğer bileşenler	13,20	6,40		
	SH: Seskiterpen hidrokarbon	26,64	19,79		

Çalışmamızda, SPME analizleri sonucunda Konya Beyşehir mevki'nden toplanan *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis* örneklerinde 92 adet uçucu bileşen ve bu bileşenler içinde en yüksek oranlarda methyl(1-methylethyl)-benzene (%20.77), Karyofillen (%15.76), Timol (%11.56), 1,4- Sikloheksadin (%10.44), Karvakrol (%7.00) bileşenleri bulunmuş olup, aromatik hidrokarbonların yüksek oranda olduğu; Isparta Karatepe mevki'nden toplanan kekik örneğinde 51 adet uçucu bileşen ve bu bileşenler içinde en yüksek 1,4-Sikloheksadin (%36.33), methyl(1-methylethyl)-benzene (%19.86), Karyofillen (%7.08), α -terpinen (%6.37) bileşenleri bulunmuş olup, monoterpen hidrokarbonların yüksek oranda olduğu tespit edilmiştir.

Isparta Karatepe mevkiiden elde edilen *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis* örneklerinde 1,4- Sikloheksadin (%36,33), α -terpinen (%6.37); Konya'dan elde edilen aynı türe ait örneklerde 1,4- Sikloheksadin (%10.44), α -terpinene (%4.22) bileşen oranlarından daha yüksek oranlarda belirlenmiştir. Isparta örneğinde methyl(1-methylethyl)-benzene (%19.86), Karyofillene (%7.08) ; Konya'dan elde edilen aynı türe ait örneklerde methyl(1-methylethyl)-benzene (%20,77), Karyofillen (%15,76);bileşenlerinin oranları daha yüksek tespit edilmiştir. Konya'da yapılan çalışmada Timol (%11.56) ve Karvakrol (%7.00) yüksek oranlarda belirlenmiş iken Isparta örneğinde tespit edilememiştir.

Literatürde farklı bölgelerden yapılan diğer araştırmalarda; Başer vd., 1993'te *Thymus longicaulis* C. Presl. subsp. *longicaulis*'ta timol (%52,92), α -terpinil asetat (%82.07) ve geraniol (%68,79), Özderin vd., 2014'te *T. longicaulis* supsp. *longicaulis*'in uçucu yağ analizinde en yüksek değere sahip olanlar sırasıyla timol (% 21.73), karvakrol (%19,67), geraniol (%18,03) olarak tespit edilmiştir. Azaz vd. (2004)'de yapmış oldukları çalışmada *T. longicaulis* subsp. *chaubardii* var. *chaubardii* türünde de timol ana bileşen olarak tespit etmiştir. İrtem 2003'te *Thymus longicaulis* subsp. *chaubardii* var. *chaubardii* örneğinde timol (% 56.60), *Thymus zygoides* var. *lycaonicus* örneğinde timol (% 42.8), *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis* var. *Subisophyllus* örneğinde timol (% 36.9) ve karvakrol (% 60), *Thymus pulvinatus* örneğinde ise ana bileşen olarak borneol (% 27.9) tespit etmiştir. Amiri 2012'de *T. kotschyanus*, *T. eriocalyx* ve *T. daenensis* subsp. *lancifolius* türlerinde ana bileşenleri timol (%16,4-42,6), karvakrol (%7,6-52,3) ve γ -terpinen (%3-11,4) olarak belirlenmiştir. Sağdıç vd., 2009'da yapmış olduğu çalışmada *Thymus argaeus*'ta ana bileşen olarak linalol, α -terpinol, linalil asetat ve timol bileşenlerini belirlemiştir. Delpit vd., 2000'de yapmış olduğu çalışmada *Thymus vulgaris* türünde en etken ileşenler 1,8-sineol, linalol, terpinen-4-ol, α -terpinol, geraniol, timol ve karvakrol olarak tespit etmiştir. Lemrhari vd., 2016'da yapmış olduğu çalışmalarda *T. vulgaris*'de timol (%35.87), karvakrol (%18.62), p-simen (%14.19) ve γ -terpinen (12.86%) *Thymus broussonetii*'de karvon (%46.70), timol (%23.90), γ -terpinen (%5.67), 3-karen % (5.18) ve p-simen (%3.90) bileşenlerini tespit etmiştir.

4. Sonuç

Bu çalışmada *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis* örneklerinin yaprak ve çiçeklerinden elde edilen analiz sonuçlarına göre Konya Beyşehir mevki'nden toplanan *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*'da 92 adet uçucu bileşen ve bu bileşenler içinde en yüksek oranlarda methyl(1-methylethyl)-

benzene (%20.77), Karyofillen (%15.76), Timol(%11.56), 1,4-Sikloheksadine-(%10.44), Karvakrol (%7.00); Isparta Karatepe mevki'nden toplanan bitki örneğinde ise 51 adet uçucu bileşen ve bu bileşenler içinde en yüksek oranlarda 1,4- Sikloheksadin (%36.33), methyl(1-methylethyl)-benzene (%19.86), Karyofillen (%7.08), α -terpinen (%6.37) bileşenleri tanımlanmıştır. *Thymus longicaulis* subsp. *longicaulis*'da Konya Beyşehir mevki'nden toplanan örneklerde, aromatik hidrokarbonların yüksek oranda olduğu, Isparta Karatepe mevki'nden toplanan örneklerde ise monoterpen hidrokarbonların yüksek oranda olduğu bulunmuştur.

Çalışmada elde edilen sonuçları literatürde yapılmış çalışmalar ile karşılaştırdığımızda bitkilerin toplandığı yörelerin farklı olması, bileşenlerin farklılık göstermesinde ve çevre faktörlerinin bileşen oranları üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmanın diğer çalışmalarla farklılık göstermesi ise iklim, bakı, ekolojik ve jeolojik yapı gibi faktörlere bağlı olarak, yetiştirme yerlerinin farklı özelliklere sahip olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Kekik bitkisinin halk arasında sindirim sistemi, sinir sistemi, üst solunum yolları ve cilt hastalıkları gibi birçok rahatsızlığa karşı tedavi amacıyla yaygın kullanımı vardır. Bitkinin sürdürülebilirliği için kültüre alınması ile ilgili çalışmalar yapılmalıdır. Bu çalışma ile kekik bitkisinin içerdiği uçucu bileşenler tespit edilmiş ve ana bileşenler belirlenmiştir. Bu bilgiler ışığında katma değerli ürüne dönüştürülebilmesi için kapsamlı araştırmalara bu çalışmanın altlık olacağı düşünülmektedir.

Açıklama

İlk sıradaki Yazar Ebru Hatice TIĞLI KAYTANLIOĞLU, sürdürülebilir ormancılık ve orman afetleri tematik alanında YÖK 100/2000 doktora bursiyeridir.

Kaynakça

- Araujo, H.C., Lacerda, M.E.G., Lopes, D., Bizzo, H.R., Kaplan, M.A.C., (2007). Studies On The Aroma Of Mate (*Ilex paraquariensis* St.Hil.) Using Headspace SolidPhase Microextraction. *Phytochemical Analysis*, 18: 469- 474.
- Amiri, H. (2012). Essential oils composition and antioxidant properties of three thymus species. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 2012.
- Azaz, D. A., İrtem, H.A., Kürkcüoğlu M. Baser, K.H.C., (2004). Composition and The in Vitro Antimicrobial Activities Of The Essential Oils of Some Thymus Species *Z. Naturforsch.* 59c, 75d.80.
- Bakkali, F., Averbeck, S., Averbeck, D., & Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—a review. *Food and chemical toxicology*, 46(2), 446-475.
- Başer, K., H., (2001). *Her Derde Deva Bir Bitki Kekik*. Bilim ve Teknik. Ankara.
- Baser, K.H.C. and Buchbauer, G. (2010) *Handbook of essential oils: Science, technology and applications*. CRC Press, Boca Raton/London/New York.
- Baser, K. H. C., Özek, T., Kirimer, N., & Tümen, G. (1993). The occurrence of three chemotypes of *Thymus longicaulis* C. Presl. subsp. *longicaulis* in the same population. *Journal of Essential Oil Research*, 5(3), 291-295.
- Başer, K.H.C., Tümen, G., Özek, T., Kürkcüoğlu, M., (1991). "Halk ilacı olarak kullanılan *Thymus sibthorpii* Bentham", 9. Bitkisel İlaç Hammaddeleri Toplantısı, Bildiriler, Eskişehir, (16-19 Mayıs 1991), 389.

- Benli, M., & Yiğit, N. (2005). Ülkemizde yaygın kullanımı olan kekik (*Thymus vulgaris*) bitkisinin antimikrobiyal aktivitesi. *Orlab On-Line Mikrobiyoloji Dergisi*, 3(8), 1-8.
- Davis, PH (1982). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol.7, pp.349. Edinburgh University Press: Edinburgh. 7:349.
- Delpit, B., Lamy, J., Holland, F., Chalchat, JC ve Garry, RP (2000). Sabinen hidrat açısından zengin kekiğin (*Thymus vulgaris*) klonal seçimi. Uçucu yağların verimi ve kimyasal bileşimi. *Esansiyel Yağ Araştırmaları Dergisi*, 12 (3), 387-391.
- Dönmez, İ., E., Salman, H., 2017. Yaban Mersini (*Myrtus communis* L.) Yaprak ve Meyvelerinin Uçucu Bileşenleri. *Turkish Journal of Forestry*, 18(4): 328-332.
- Harley RM, Atkins S, Budantsev AL, Cantino PD, Conn BJ, Grayer R, Harley MM, de Kok R, Krestovskaja T, Morales R, Paton AJ, Ryding O and Upson T (2004). Labiatae, In: Kadereit JW (Ed.). *The families and genera of vascular plants*. Vol.VII, Lamiales. Berlin: Springer. pp.167-282.
- İrtem, H. A. (2003). Balıkesir yöresinde yetişen *Thymus* türlerinin uçucu yağ içerikleri ve antimikrobiyal aktiviteleri (Master's thesis, Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Lemrhari, A., Zouhair, R., El Kahkahi, R., Elidrissi, M., Amchrouk, A., & Elhourri, M. (2016). Chemical composition and differentiation of essential oils of Morocco's different varieties of thyme. *Global Journal of Pure and Applied Chemistry Research*, 4(1), 30-35.
- Malik, A.K., Kaur, V. Verma, N. (2006). A Review on Solid Phase Microextraction-High Performance Liquid Chromatography as a Novel Tool for the Analysis of Toxic Metal Ions. *Talanta*, 68: 842-849.
- Nouasri. A., Dob. T. Toumi. M. Dahmane. D. Krimat. S. Lamari L.and Chelgoume. C. (2015). Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oil of *Thymus lanceolatus* Desf.. an endemic thyme from Algeria. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 18(5):1246-1252. 19.
- Özderin, S., Fakir, H., & Dönmez, İ. E. (2014). Muğla-Ula yöresinde doğal yayılış yapan bazı kekik türlerinin uçucu yağ oranları ve bileşenlerinin belirlenmesi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu, 22-24.
- Özgen. U., Mavi. A. Terzi. Z. Kazaz. C. Aşçi. A. Kaya. Y.and Kaya. H. (2011). Relationship between chemical structure and antioxidant activity of luteolin and its glycosides isolated from *Thymus sipyleus* subsp. *sipyleus* var. *sipyleus*. *Rec. Nat. Prod.* 5(1):12-21.
- Polat. Z.A., Tepe. B. and Vural. A. (2007). In vitro effectiveness of *Thymus sipyleus* subsp. *Sipyleus* var. *sipyleus* on *Acanthamoeba castellanii* and its cytotoxic potential on corneal cells. *Parasitol Res.* 101:1551- 1555.
- Sagdic, O., Ozkan, G., Aksoy, A., & Yetim, H. (2009). Bioactivities of essential oil and extract of *Thymus argaeus*, Turkish endemic wild thyme. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(5), 791-795.
- Sarı, A, O., Oğuz, B. 2000. Kekik. T.C. Tarım Bakanlığı. Ege Tarımsal Arş. Enst. Yayınları. Yayın No:108. İzmir.
- Simões, C. D. O., & Spitzer, V. (2004). Óleos voláteis. *Farmacognosia: da planta ao medicamento*, 5, 467-495.
- Temel, M., (2000). Batı Anadolu Bölgesinde Yayılış Gösteren *Origanum* L. Türleri Üzerinde Biyosistemik Çalışmalar, ESOGÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 219 sayfa.
- Topal. U., Sasaki. M. Goto. M.and Otlés. S. (2008). Chemical compositions and antioxidant properties of essential oils from nine species of Turkish plants obtained by supercritical carbon dioxide extraction and steam distillation. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 59(7-8): 619-634.
- Turgut, K., Karaca, M., Onus, A, N., Çınar, A, Y., Elma-sulu, S, Y., AY, S, T., (2008). Antalya Doğal Florasında Bulunan *Origanum*, *Thymus* ve *Sideritis* Türlerinin Filogenetik ve Fitokimyasal İlişkileri. Tübitak Projesi No: 105 O 507.
- Tümen. G., Koyuncu. M. Kirimer. N. and Baser. K.H.C. (1994). Composition of the essential oil of *Thymus cilicicus* Boiss.& Bal. *Journal of Essential Oil Research* 3(1):97-98.
- Tümen. G., Kirimer. N., Koyuncu. M., and Baser. K.H.C.(1995). Composition of the essential oils of *Thymus* Species growing in Turkey. *Chemistry of Natural Compounds* 31(1):42-47.
- Vas, G., Vekey, K., (2004). Solid-Phase microextraction: apowerful sample preparation tool prior to mass spectrometric analysis. *J.of Mass Spectrometry*, 39:233- 254.
- Weiss, E.A., (1997). Essential Oil Crops. *The Journal of Agricultural Science*, 129 No:121-123
- Yaşar S., Dişli M, Sonkaya Y., (2016). Comparison of volatile components of *Thymus zygoides* Griseb. var. *lycaonicus* (Celak.) Ronniger due to reaping time. *Turkish Journal of Forestry*, 17(2): 94-98.



Inhibition Effect of Different Propolis Extracts against *Fusarium solani* in vitro

Gözdenur Çakar¹, Işıl Saraç Sivrikaya², Ersin Karakaya³, Abdullah Güller^{4*}

¹ Ankara University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Ankara, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2359-1312), gozdenurcakar@gmail.com

² Bingöl University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Bingöl, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5991-2173), isarac@bingol.edu.tr

³ Bingöl University, Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Bingöl, Turkey, (ORCID: 0000-0002-6734-4962), karakayaersin@hotmail.com

^{4*} Bingöl University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Bingöl, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3887-4208), aguller@bingol.edu.tr

(First received 10 January 2022 and in final form 13 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1055865)

ATIF/REFERENCE: Çakar G., Sivrikaya IS., Karakaya E., Güller A. (2022). Inhibition Effect of Different Propolis Extracts against *Fusarium solani* in vitro. European Journal of Science and Technology, (35), 82-88.

Abstract

Propolis is a natural by-product created by honey bees and has been widely tested against various fungal pathogens causing damage to agricultural products. The diluent used in the extraction of propolis causes differences in the total phenolic compounds and antimicrobial properties of propolis. *Fusarium solani* is infectious to many cultivated plants, resulting in significant crop losses. In most plants, it leads to rot, wilt and necrotic spots and eventual plant death.

In this study, the antifungal effect against *F. solani* of propolis collected from Bingöl province of Turkey was evaluated using a total of 9 groups of applications. In order to determine the differences between preparations and the critical dose levels, 3 different preparations (Ethanol, (Dimethyl sulfoxide (DMSO), and pure propolis purified by supercritical fluid extraction method) were applied in 3 different concentrations (100µl, 200µl, and 600µl) in PDA medium.

The statistical results of the study showed that pure extracts of propolis are more effective at increasing doses (around 30 mm for 600 µl) against the mycelial growth of pathogen. Furthermore, ethanol extracts of propolis showed a moderate antifungal effect (around 33 mm for 600 µl), while the DMSO extracts were less effective (around 58 mm for 600 µl). This study is the first report showing the fungicidal activity of pure propolis purified by the SFE method against *F. solani*. The results of this study may shed light on the development of drug-based strategies against various fungal-borne phytopathogens in the future studies.

Keywords: *F. solani*, DMSO, ethanol, pure propolis, Turkey, antifungal activity

Farklı Propolis Ekstraktlarının *Fusarium solani*'ye Karşı Antifungal Etkisi

Öz

Propolis, bal arıları tarafından oluşturulan doğal bir yan üründür ve tarımsal ürünlerde zarara neden olan çeşitli fungal patojenlere karşı yaygın olarak test edilmiştir. Propolisin ekstraksiyonunda kullanılan seyreltici, propolisin toplam fenolik bileşikleri ve antimikrobiyal özelliklerinde farklılıklara neden olur. *Fusarium solani* birçok bitki türü için infeksiyözdür ve önemli ürün kayıplarına neden olur. Çoğu bitkide çürüklük, solgunluk, nekrotik lekeler ve sonunda ölüme yol açar.

Bu çalışmada, Türkiye'nin Bingöl ilinden toplanan propolisin *F. solani*'ye karşı antifungal etkisi toplam 9 uygulama grubu kullanılarak değerlendirilmiştir. Preparatlar ve kritik doz seviyeleri arasındaki farkları belirlemek için, 3 farklı preparasyon (Etanol, (Dimetil sülfoksit (DMSO) ve süperkritik sıvı ekstraksiyon yöntemi ile saflaştırılmış saf propolis) PDA ortamında 3 farklı konsantrasyonda (100µl, 200µl ve 600µl) uygulanmıştır.

Çalışmanın istatistiksel sonuçları, saf propolis ekstraktlarının artan dozlarda (600 µl için yaklaşık 30mm) patojenin misel büyümesine karşı daha etkili olduğunu gösterdi. Ayrıca, propolisin etanol ekstraktları orta düzeyde bir antifungal etki gösterirken (600 µl için yaklaşık 33mm), DMSO ekstraktları ise daha az etkiliydi (600 µl için yaklaşık 58mm). Bu çalışma, *F. solani*'ye karşı SFE yöntemiyle saflaştırılan saf propolisin fungisidal aktivitesini gösteren ilk rapordur. Bu çalışmanın sonuçları, ileride yürütülen çalışmalarda çeşitli fungal kaynaklı fitopatogenlere karşı ilaç temelli stratejilerin geliştirilmesine ışık tutabilir.

Anahtar Kelimeler: *F. solani*, DMSO, etanol, saf propolis, Türkiye, antifungal aktivite

* Sorumlu Yazar: aguller@bingol.edu.tr

1. Introduction

Propolis (bee glue) is a natural sticky substance produced by honey bees (*Apis mellifera*) using resinous material collected from the buds and cracks of mainly poplar, horse chestnut and coniferous trees, beeswax and its salivary and enzymatic secretions (Gardana et al., 2007; Velikova et al., 2000). Propolis is primarily used by honey bees to cover cracks in the hive, to regulate humidity and temperature, to mummify large invading pests, as well as to protect the colony against pathogens such as bacteria, fungi, and viruses. In particular, the microbial defensive property of propolis and its success in preventing the decay and rotting of pests inside the hive has attracted the attention of many researchers in various scientific fields (Rufatto et al., 2017; Drescher et al., 2017). It has been reported that the chemical composition of propolis consists of more than 300 bioactive compounds depending mainly on environmental factors, the geographical areas, the season, and harvesting periods (Reference). The chemical composition of propolis consists of more than 300 bioactive compounds, including phenolic compounds (flavonoids and phenolic acids) and esters, alcohols, aldehydes, ketones, terpenes, coumarins, steroids, amino acids, inorganic substances, vitamins, many fatty acids and enzymes (Dias et al., 2012; Huang et al., 2014; Kustiawan et al., 2017).

The activities of antimicrobial, pharmacological, antioxidant, anti-inflammatory, healing, cytotoxic, and anti-tumoral of propolis were supported by numerous laboratory and clinical analyzes. Most of these bioactive properties are due to flavonoids and phenolic acids, which are phenolic compounds in propolis (Velazquez et al., 2007; Anjum et al., 2019). The ethanol preparation of propolis are widely used for antimicrobial purposes to date, different solvents such as methanol, DMSO (Dimethyl sulfoxide), water, acetone, ethyl acetate, olive oil, chloroform can also be rarely used for extraction purposes. The antifungal activity of propolis have mostly been demonstrated against various fungi types such as yeast and phytopathogen fungus using broth microdilution, agar well diffusion, agar dilution, and disc diffusion methods (Ota et al., 2002; Shehu et al., 2016; Gür et al., 2020). Ethanol extracts of propolis (PEE) were tested against yeast isolated from oncomyiasis disease by Oliveira et al., (2006). Propolis extracts showed the inhibition effect at dose-dependent manner by causing cell death against all yeasts (*Candida parapsilosis*, *C. tropicalis*, *C. albicans*, and *Trichosporon* spp), indicating that antifungal effect of propolis as a byproduct with can be considered another option in yeast treatment. Similarly, the inhibition ability of four honey bee products (honey, propolis, royal jelly, pollen) was evaluated against *Candida* spp. and *Trichosporon* spp. This study revealed that propolis and pollen are particularly successful in the management of fungal strains resistant to fluconazole derived fungicides (Koç et al., 2011). Until now, numerous documents have been reported regarding the antifungal effect of propolis against phytopathogenic fungi causing crop loss. Er (2021) reported that ethanol extracts of propolis (PEE) and water-based propolis (WBP) have high antimicrobial capacity for fungi *F. graminearum*, *Alternaria brassicicola*, *Verticillium dahliae*, and *Pythium ultimum*, with an inhibition rate of about 97%. Furthermore, it has been reported under in vivo conditions that propolis preparations of different concentrations of propolis significantly suppress the severity, rate and development of disease caused by fungi (*Podosphaera fuliginea*, *Botrytis cinerea*, *Rhizoctonia solani*, *Penicillium digitatum*, and *Sclerotium rolfsii*) in agriculturally important crops such as bean,

grapevine, cucumber, and strawberry (La Torre et al., 1990; Özdemir et al., 2010; Guginski-Piva et al., 2015; Abd-El-Kareem et al., 2018). Its antifungal effect has also been confirmed against various fungi under in vitro conditions that reported by Curifuta et al., (2012), Araujo et al., (2016), Meneses et al., (2009), Pazin et al., (2019).

Fusarium spp, a member of the Ascomycota phylum with wide host range, is capable of causing disease in many crops of agricultural importance as well as human tissues. The genomes of most fungi of this genus encode host-specific virulence factors, which interferes with the physiological balance of the host resulting in necrosis and disruption of cell integrity (Porto et al., 2019). *Fusarium solani*, which has the potential to form colonies in soil and plants, is a species complex of more than 26 filamentous fungi in the family Nectriaceae (Summerell et al., 2010). Many methods such as biological control, fungicides, use of aromatic oils and other methods have been tried to minimize the product loss caused by the *Fusarium* genus and other soil-borne pathogens in cultivated crops (Erdoğan et al., 2014; Erdoğan et al., 2016; Koç et al., 2018).

In this present study, we aimed to determine and compare the effects of solutions extracted by Ethanol (70%) and DMSO (1%) of propolis and pure propolis obtained from Bingöl province of Turkey against the destructive fungus *F. solani* in a dose-dependent manner.

2. Material and Method

2.1. Isolation of fungal pathogen and preparation of the inoculum

F. solani, isolated from the infected parts of the common bean plants (*Phaseolus vulgaris* L.) and confirmed by morphological characterization, was selected as the pathogen isolate collected from Bingöl province in 2019 and used for experimental purposes in this study. *F. solani* isolate was kept for incubation at 25 °C for 7 days to cover the PDA surface fully after being planted into PDA medium.

2.2. Preparing Propolis Solutions

Ethanol and DMSO solvents were used to prepare the extracts of propolis collected from Bingöl province beekeepers. For ethanol extracts of propolis (PEE), 100 g of propolis ground by using a blender device was dissolved in 400 ml of 70% ethanol for 15 days, filtered, and stored until use at -20 °C. Pure extracts of propolis (PEP) was obtained by Supercritical fluid extraction (SFE) method using CO₂ solvent (Yamani et al., 2007; Porta, 1999; Pourmortazavi, 2004). Accordingly, 5.8 grams of pure propolis was recovered from 150 grams of raw propolis. Homogenization was achieved by vortexing with 1:1 ratio of ethanol and pure propolis. To obtain the DMSO extracts of propolis (PEDMSO), 1/4 ratio was used for propolis and DMSO (1%), incubated for 15 days at room temperature with occasional inversion, then the mixture was filtered to obtain extract.

2.3. Preparation of solid growth medium for antifungal tests and treatment groups

Potato Dextrose Agar (PDA) and dH₂O, which are common media for fungi, were used for the isolation and growth of fungus isolates. The semi-liquid PDA medium containing 2.39 g of PDA and 60 ml of dH₂O was autoclaved at 121 °C for 15 min and then poured to sterile 100 mm glass petri dishes after cooling to 45 °C. In order to establish the control and treatment groups of propolis, 600 µl, 200 µl, and 100 µl doses of 70%

ethanol only, 1% DMSO only, PEE, PEDMSO, and PEP solutions were added to sterilized PDA media and allowed to solidify (Çakar et al., 2021).

2.4. Determination of the inhibition efficiency of propolis and Statistical analysis

Eight mm diameter mycelial discs taken from PDA medium were cutting out and immediately placed in the center of petri dishes containing PDA media prepared before for all groups. To test the antifungal activity and prevent contamination by other pathogens, petri dishes were tightly covered with parafilm. After the petri dishes were incubated for 7 days at $24 \pm 1^\circ\text{C}$, the colony diameters were calculated by measuring the mycelium lengths in vertical and horizontal directions using ruler. Experimental outputs were recorded (Benjilali et al., 1984). The percentage inhibition rates of propolis preparations were evaluated based on the formula reported by Deans & Svoboda (1990). All antifungal experiments were conducted with 3 replications. Statistical significance of the treated groups mean with that of non-treated groups were evaluated by SPSS 17

package program. The ANOVA analysis was used to identify the differences between the groups in the study followed by Duncan's multiple range tests to separate means. Differences were considered statistically significant if $P < 0.05$. Percent inhibition (PI) of propolis solutions was calculated based on Equation 1.

$$\text{Inhibition (\%)} = \frac{g^c - g^t}{g^c} \times 100$$

Where; g^c , Mycelial colony diameter measured in the control set after the incubation period, ignoring the inoculum disc diameter; g^t , Mycelial colony diameter measured after the incubation period, ignoring the inoculum disc diameter.

3. Results

Here, three different solutions of propolis were tested to determine their antifungal activity against the pathogen *F. solani*. The percentage inhibition rates and inhibition zone measurement of propolis extracts were evaluated statistically using SPSS program (Table 1).

Table 1. Statistical analysis data showing the antifungal activity of different propolis extracts against *F. solani*

No	Treatments	Average fungus diameter (mm)
1	NT (Only fungus)	77±1,155 ^h
2	Only DMSO (100µl)	74,67±2,333 ^{gh}
3	Only DMSO (200µl)	73,67±2,331 ^{gh}
4	Only DMSO (600µl)	72,67±1,453 ^g
5	Only Ethanol (100 µl)	71,67±1,667 ^g
6	Only Ethanol (200 µl)	67±0,577 ^f
7	Only Ethanol (600 µl)	64,67±0,882 ^f
8	PEDMSO (100µl)	59±0,577 ^e
9	PEDMSO (200µl)	59±0,577 ^e
10	PEDMSO (600µl)	58,33±0,882 ^{de}
11	PEE (100µl)	54,67±2,603 ^d
12	PEE % (200µl)	45±1,155 ^c
13	PEE % (600µl)	33,67±0,333 ^{ab}
14	PEP (100µl)	45,67±1,202 ^c
15	PEP (200µl)	37,33±1,453 ^b
16	PEP (600µl)	30,33±1,453 ^a

Control Groups

*a, b, c, d, e, f, g, h; means the difference between the averages with same letters in the same column is no significant, but different letters are significant ($p < 0.05$); PEE: ethanol extracts of propolis; PEDMSO: DMSO extracts of propolis; PEP: Pure extracts of propolis; DMSO, dimethylsulphoxide; NT, no treatment.

As given in Table 1, we found that all solutions of propolis negatively affected fungal growth to some extent, which was supported by statistical analysis. Based on dose increase, most effective antifungal effect was statistically determined in PEP extracts within all treatment groups, followed by PEE and PEDMSO, compared to control treatments. Statistically, no inhibition activity was observed at any dose of solvent treatments. While PEP applications showed a strong inhibition effect (approx. 30 mm for 600 µl), PEDMSO demonstrated

minimal inhibition effect against fungal pathogen *F. solani*, up to approx. 58 mm for 600 µl.

Analyses of percent inhibition zone rates were consistent with statistical results (Table 2). According to the results of the analysis, inhibition percentages were determined as 60.61% for PEP, 33.27% for PEE, and 25.25% for PEDMSO in 600 µl dose. Generally, it was determined that propolis solvents exhibited dose-dependent increased antifungal activity. Although the solvents alone showed slight activity on the fungal diameter, this was considered statistically insignificant.

Table 2. Chart showing the inhibition incidence of different propolis extracts against *F. solani*

Treatment	Inhibition Incidence (%)
Control (Only Fungus)	0
Only DMSO (100µl)	3,02
Only DMSO (200µl)	4,32
Only DMSO (600µl)	6,49
Only Ethanol (100 µl)	6,92
Only Ethanol (200 µl)	12,99
Only Ethanol (600 µl)	16,88
PEDMSO (100µl)	23,38
PEDMSO (200µl)	23,38
PEDMSO (600µl)	25,25
PEE (100µl)	29
PEE % (200µl)	41,56
PEE % (600µl)	33,27
PEP (100µl)	40,69
PEP (200µl)	51,52
PEP (600µl)	60,61

4. Discussion

F. solani is an important plant pathogen and soil saprophyte causing vascular wilt and root rot in many agroecomic crops as well as animal organisms (Kriaa et al., 2015; Pérez-Hernández et al., 2020). To date, many chemical and biological treatment strategies such as fungicide-based applications, soil solarization, and biosolarization have been tried to eradicate this pathogen (Pérez-Hernández et al., 2014). Various preparations were evaluated by Ganesh & Dwivedi (2018) who reported that different doses of Carbendazim (a widely used systemic fungicide), *Trichoderma viride* (biological control agent), and *Thuja occidentalis* extract (a tree from the Pinales order) inhibited the mycelial growth of *F. solani*.

Recently, the antimicrobial properties of propolis have become a popular topic empirically tested against numerous bacterial, fungal and protozoan agents of animal and plant origin. Plus, extensive studies on studies related to pharmaceutical and human health effects have also gained value, mainly due to phenolic compounds such as flavonoids, phenolic acids, derivates of caffeic acids, and other compounds such as terpenoids contained in propolis (Marini et al., 2012; Mavri et al., 2012; Falcão et al., 2014; Pereira et al., 2017; Alenezi et al., 2018).

The antimicrobial effect of PEE has been widely used against a variety of pathogens when compared to other solvents. Ertürk et al., (2011) different solvent extracts of propolis including acetone, ethyl acetate, chloroform, ethanol, methanol, DMSO, and water tested against fifteen microorganisms including fungus *C. albicans* and other bacteria using disk diffusion and Minimal Inhibition Concentration (MIC) method. According to this study, the weak activity of DMSO extracts was determined against some tested organisms, while other extracts showed high antimicrobial effect against all organisms except water extracts. This outputs shows that DMSO is not a effective solvent against some microorganisms, just like its moderate effect against *F. solani* in our study. Ugur & Aslan (2004) reported that PEE exhibited an antimicrobial effect on the

growth of *C. albicans* at increasing doses compared to acetone extracts of propolis. Similarly, Ghasemi et al., (2017) recorded that PEE have a broad spectrum antibacterial activity against Gram-positive and Gram-negative bacteria compared to DMSO solutions. In another study using DMSO as diluent, it was determined that the various fungal pathogens (*Aspergillus fumigatus*, *Microsporium gypseum*, *M. canis*, and *C. albicans*) tested displayed a significant sensitivity in concentration-dependent response to DMSO-derived propolis suspension (Netíkova et al., 2013), harmony with our results indicating the antifungal effect of propolis. The effectiveness of human pathogenic fungi (eight strains) against PEE and pure propolis was evaluated by Buchta et al., (2011). Thanks to the high flavonoid content of propolis, especially PEE had a negative effect especially on *T. mentagrophytes* and *C. albicans*.

Propolis derived preparations were also tried against some phytopathogenic fungi worldwide and nationally *in vitro* and *in vivo*, confirming its antifungal effect. Özyiğit (2020) reported that spore germination and mycelial growth of mold fungi (*A. flavus*, *A. niger*, *A. oryzae*, and *P. digitatum*) are susceptible to PEE at different concentration. *Sclerotinia sclerotiorum*, *Sclerotium rolfsii*, *R. solani*, and *Macrophomina phaseolina* causing wilting, root, and root rot disease in tomatoes are assessed to determine the antifungal activity of PEE using agar dilution method *in vitro* conditions. Mycelial growth of all agents was significantly inhibited compared to control plates (Gül, 2019). This antifungal effect, which is higher in our study, may be due to the fact that the content of propolis varies significantly according to geographical origins or the fungal pathogen used reacts differently to propolis.

Studies revealing an inhibition relationship between propolis and *Fusarium* spp. are poorly studied that was reported for the first time by Kim et al., (2019) using the paper disc approach and resulted in the strong inhibition effect of propolis on a dose-based basis against the fungi studied (*F. solani*, *Rhizoctonia solani*, and *P. ultimum*), which is consistent with the results obtained from that of *F. solani* in our study. In Brazil, the

mycelial growth of *F. proliferatum*, known as a plant and human pathogen, was inhibited by more than 70% by PEE, and this antifungal activity was associated with total flavonoid and antioxidant compounds found in propolis (Gregolin et al., 2019). Likewise, same extract absolutely inhibited the radial growth process of the fungus *F. oxysporum* (Ahmed et al., 2008; Petrucci et al., 2020; Türk, 2017). These antifungal effects, which is higher than our study, may be due to the fact that the content of propolis may vary significantly depending on the geographical origin or that propolis reacts differently to the fungal pathogen used (*F. solani*).

According to Al-Ani et al., (2018), propolis has a moderate antifungal effect, while as reported by Özcan (1999), a concentration of 4% propolis can reduce the growth of *F. oxysporum* f. sp. *melonis* by up to 50%. These literatures associated with *Fusarium* spp are particularly consistent with the results of the PEE used in our study. The antifungal effect exhibited in certain proportions is due to effective compounds such as flavonoids and phenolics in propolis, which are responsible for disrupting cell membrane permeability, resulting in the loss of inorganic anions and cations such as nucleic acids, proteins and phosphate and potassium in their intracellular content, resulting in cell death (Shehu et al., 2016; Farnesi et al., 2009).

The mycelial growth of certain phytopathogenic fungi (*A. flavus*, *B. cinerea*, *A. tubingensis*, *Cladosporium cladosporioides*, *V. dahliae*, *Fulvia fulva* and *P. digitatum*) were suppressed by PEE *in vitro* PDA medium at increasing concentrations, even at low concentrations (Kurt & Şahinler 2003; Ezazi & Davari, 2018). Quiroga et al., (2006) showed that the two compounds in propolis (pinocembrin and galangin) are destructive and cytotoxic as synthetic drugs for some crucial fungi species (Xylophagous fungi, and yeast strains) and phytopathogenic fungi (*A. niger*, *Fusarium* spp., *Macrophomina* spp., *P. notatum*, *Phomopsis* sp., and *Thichoderma* spp.) that cause damage to many crops in the agroecosystem.

The antifungal effect of PEE against *Stemphylium vesicarium*, the causal agent of brown spot disease of pear, was demonstrated by controlling the mycelial growth of the fungus (Loebler et al., 2020). The antifungal effects of Colombian propolis were evaluated *in vitro* by Meneses et al., (2009), the results indicated that two major post-harvest diseases in papaya, avocado and mango, anthracnose and stem-end rot, are susceptible to EPEM (n-hexane/methanol extracts) and dichloromethane solutions of propolis in PDA culture media.

Four different preparations (0.5, 1.0, 2.5 and 5.0%) of the PEE showed an inhibition effect using the agar dilution method against agriculturally important fungi (*A. alternata*, *Fusarium* spp., *Ulocladium* spp., *B. cinerea*, *P. expansum*, and *T. reesei*) (Curifuta et al., 2012). Dumping off, late blight, root and crown rots disease (caused by *Phytophthora infestans*, *P. capsici*, and *P. parasitica*), which has agronomic importance, are extremely destructive for solanaceous and cucurbitous crops. In a study using methanol extracts of Turkish Propolis, it was reported that four different preparations (10, 7, 5, and 3 µg mL⁻¹) completely inhibited or even killed the mycelial growth of all fungi (Yanar et al., 2005).

5. Conclusions and Recommendations

Propolis is a highly popular honey bee product that has been tested against various microorganisms. In this study, we obtained extraction with three different methods and aimed to determine the antifungal effect against *F. Solani*. Based on the

experimental and statistical results of three different concentrations, we determined that pure extracts of propolis (PEE) obtained by SFO method using CO₂ were more effective at dose-dependent manner, followed by the ethanol and the DMSO extract. Our results indicate that solutions of propolis can be used as a plant protection product against the detrimental wilt agent *F. solani* for agricultural crops.

References

- Abd-El-Kareem, F., Saied, N.M. & El-Mohamedy, R.S.R., 2018. Seed treatment with chitosan and ethanol-extracted propolis for suppression bean root rot disease under greenhouse conditions. *J. Mater. Environ. Sci.* 9(8), 2356–2361.
- Ahmed, S.D., Mohanad, A.K. & Zaid, N.H., 2008. Study antifungal activity of ethanol extract propolis against *Fusarium oxysporum* fungi. *J. Res. Diyala. Humanit.* 31, 93–105.
- AL-Ani, I., Zimmermann, S., Reichling, J. & Wink, M., 2018. Antimicrobial activities of european propolis collected from various geographic origins alone and in combination with antibiotics. *Medicines.* 5, 2. doi:10.3390/medicines5010002.
- Alenezi, S., Manal, N.A., Natto, J., De., Koning, H.P., Igoli, J., Watson, D.G., 2018. Chemical Profiling of Papua New Guinea Propolis and Assay its Antiprotozoal Activity. *JAN.* 35.
- Al-Waili, N., Al-Ghamdi, A., Ansari, M., Al-Attal, Y. & Salom, K., 2012 Synergistic effects of honey and propolis toward drug multi-resistant *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* and *Candida albicans* isolates in single and polymicrobial cultures. *Int. J. Med. Sci.* 9(9), 793-780.
- Anjum, S.I., Ullah, A., Khan, K.A., Attaullah, M., Khan, H., Ali, H., Bashir, M.A., Tahir, M., Ansari, M.J., Ghramh, H.A., Adgaba, N. & Dash, C.K., 2019. Composition and functional properties of propolis (bee glue): A review. *Saudi J. Biol. Sci.* 26(7), 1695-1703.
- Araujo, M.J.A.M., Bosco, S.M.G. & Sforcin, J.M., 2016. *Pythium insidiosum*: inhibitory effects of propolis and geopropolis on hyphal growth. *Braz. J. Microbiol.* 47, 863–869.
- Benjlali, B., Tantaoui, E.A., Ayadi, A. & Ihlal, M., 1984. Method to study antimicrobial effects of essential oils: application to the antifungal activity of six Moroccan essences. *J. Food Prot.* 47, 748–752.
- Buchta, V., Černý, J. & Opletalová, V., 2011. In vitro antifungal activity of propolis samples of Czech and Slovak origin. *Cent. Eur. J. Biol.* 6(2), 160-166.
- Curifuta, M., Vidal, J., Sánchez-Venegas, J., Contreras, A., Salazar, L.A. & Alvear, M., 2012. The in vitro antifungal evaluation of a commercial extract of Chilean propolis against six fungi of agricultural importance. *Cien. Inv. Agr.* 39(2), 347–359.
- Çakar, G., Saraç Sivrikaya, I., Karakara, E., Güller, A. 2021. Evaluation of the In Vitro Fungicidal Activity of Summer Savory and Lavender Essential Oils Against *Fusarium solani*. *ISPEC Journal of Agr. Sciences.* 5(4): 795-805.
- Deans, S.G., Sobada, K.P., 1990. Antimicrobial Properties of Marjoram (*Origanum marjorana* L.) Volatile Oil. *Flavour Fragr. J.* 5, 187-190.
- Dias, L.G., Pereira, A.P. & Estevinho, L.M., 2012. Comparative study of different Portuguese samples of propolis: Pollinic, sensorial, physicochemical, microbiological characterization

- and antibacterial activity. *Food. Chem. Toxicol.* 50(12), 4246-4253.
- Drescher, N., Klein, A.M., Neumann, P., Yañez, O. & Leonhardt, S.D., 2017. Inside honeybee hives: impact of natural propolis on the ectoparasitic mite *Varroa destructor* and viruses. *Insects.* 8(1), 5 doi: 10.3390/insects8010015.
- Er, Y., 2021. In vitro and in vivo antimicrobial activity of propolis extracts against various plant pathogens. *J.Plant Dis. Protect.* <https://doi.org/10.1007/s41348-021-00437-y>.
- Erdoğan, O., Çelik, A., Yıldız, Ş., & Kökten, K. 2014. Pamukta fide kök çürüklüğü etmenlerine karşı bazı bitki ekstrakt ve uçucu yağlarının antifungal etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 1(3): 398-404.
- Erdoğan, O., Celik, A., & Zeybek, A. 2016. In Vitro Antifungal Activity of Mint, Thyme, Lavender Extracts and Essential Oils on *Verticillium dahliae* Kleb. *Fresenius Environmental Bulletin*, 25(11), 4856-4862.
- Ertürk, Ö., Yavuz, C. & Sıralı, C., 2011. The Antimicrobial Activity of Propolis from Ordu Province of Turkey. *HARUM.* 28, 11-16. (in Turkish).
- Ezazi, R., & Davari, M., 2018. Antifungal activity of ethanolic extract of propolis (EEP) against some postharvest fungi. *Biological Control of Pests and Plant Diseases.* 1(1), 103-107.
- Falcão, S.I., Vale, N., Cos, P., Games, P., Freire, C., Maes, L. & Vilas-Boas, M., 2014. In Vitro Evaluation of Portuguese Propolis and Floral Sources for Antiprotozoal, Antibacterial and Antifungal Activity. *Phytother. Res. Res.* 28, 437–443.
- Farnesi, A.P., Aquino-Ferreira, R., De Jong, D. & Bastos, J.K., 2009. Effects of stingless bee and honey bee propolis on four species of bacteria. *Genet. Mol. Res.* 8, 635-640.
- Ganesh P., Dwivedi S.K., 2018. Biological and Chemical Management of *Fusarium solani* Causing Wilt in Eggplants. *IJSRR.* 7(4), 1914-1925.
- Gardana, C., Scaglianti, M., Pietta, P. & Simonetti, P., 2007. Analysis of the polyphenolic fraction of propolis from different sources by liquid chromatography–tandem mass spectrometry. *J. Pharm. Biomed. Anal.* 45, 390–399.
- Ghasemi, F.S., Eshraghi, S.S., Andalibi F., Hooshyar, H., Kalantar-Neyestanaki, D., Samadi A. & Fatahi-Bafghi, M., 2017. Anti-Bacterial Effect of Propolis Extract in Oil Against Different Bacteria. *Zahedan J. Res. Med. Sci.* 19(3),7225.
- Gregolin, F.S., Bonaldo, S.M., Sinhorin, A.P. & Banderó, J.L., 2019. The in vitro control of *Fusarium proliferatum* by propolis ethanolic extracts. *Revista de Ciências Agrárias.* 42(2), 456-463.
- Guginski-Piva, C.A., Stantos, I.D. & Junior, A.W., 2015. Propolis for the control of Powdery mildew and the induction of phytoalexins in cucumber. *IDESIA (Chile).* 33(1), 39–47.
- Gül, Y., 2019. Determination of chemical composition of propolis extracts obtained from different regions and antifungal efficiencies against soilborne disease agents of tomato. Master Thesis. University of Mustafa Kemal. Plant Protection Department. Hatay/Turkey. (in Turkish).
- Gür, N., Bayrak, N. & Topdemir, A., 2020. Determination of antimicrobial activity and some biochemical properties of honey and propolis in Turkish markets. *Prog. Nutr.* 22, 3 DOI: 10.23751/pn.v22i3.9166.
- Huang, S., Zhang, C., Wang, K., Li, G. & Hu, F., 2014. Recent advances in the chemical composition of Propolis. *Molecules.* 19, 19610-19632.
- Kim, S.K., Woo, S.O., Han, S.M., Bang, K.W., Kim, S.G., Choi, H.M., Moon, H.J. & Lee, S.W., 2019. Antibacterial and antifungal effects of Korean propolis against ginseng disease. *Int. J. Indust. Entomol.* 39(2), 82-85.
- Koç, A.N., Silici, S., Kasap, F., Hörmet-Öz, H.T., Mavus-Buldu, H. & Ercal, B.D., 2011. Antifungal Activity of the Honeybee Products Against *Candida* spp. and *Trichosporon* spp. *Journal of Medicinal Food.* 14(1-2), 128-134.
- Koç, İ., Yardım, E. N., Çelik, A., Mendes, M., Mirtağoğlu, H., & Namlı, A. (2018). Fındık Kabuklarından Elde Edilmiş Odun Sirkesi'nin In-Vitro Şartlarında Antifungal Etkisinin Belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(2), 296-300.
- Kriaa, M., Hammami, I., Sahnoun, M, Azebou, M.C., Triki, M.A. & Kammoun, R., 2015. Biocontrol of tomato plant diseases caused by *Fusarium solani* using a new isolated *Aspergillus tubingensis* CTM 507 glucoseoxidase. *C. R. Biologies.* 338: 666-677.
- Kurt, Ş. & Şahinler, N., 2003. Antifungal Activity of Propolis Extract Against Certain Phytopathogenic Fungi. *Uludag Bee Journal.* 3(3), 35-37.
- Kustiawan, P.M., Lirdprapamongkol, K., Palaga, T., Puthong, S., Phuwapraisirisan, P., Svasti J. & Chanchao, C., 2017. Molecular mechanism of cardol, isolated from *Trigona incisa* stingless bee propolis, induced apoptosis in the SW620 human colorectal cancer cell line. *BMC Pharmacol. Toxicol.* 18, 32. doi: 10.1186/s40360-017-0139-4.
- La Torre, A., Guccione, M. & Imbroglini, G., 1990. Indaginepreliminare sull'azione di preparati a base di propolinei confronti di *Botrytis cinerea* Pers della fragola. *Apicoltura.* 6, 169–177.
- Loebler, M., Sánchez, C., Muchagato Mauricio, E., Diogo, E., Santos, M., Vasilenko, P., Cruz, A.S., Mendes, B., Gonçalves, M. & Duarte, M.P., 2020. Potential Application of Propolis Extracts to Control the Growth of *Stemphylium vesicarium* in “Rocha” Pear. *Appl. Sci.* 10, 1990. doi:10.3390/app10061990.
- Marcucci, M.C., 1995. Propolis: chemical composition, biological properties and therapeutical activity, *Apidologie.* 26, 83-99.
- Marini, D., Mensch, R., Freiburger, M.B., Dartora, J., Franzener, G., Gracia, R.C. & Stangarlin, J.R., 2012. Efeito antifúngico de extratos alcoólicos de própolis sobre patógenos da videira. *Arquivos do Instituto Biológico.* 79(2), 305-308. <http://dx.doi.org/10.1590/S1808-16572012000200023>.
- Mavri, A., Abramovič, A., Polak, T., Bertonec, T., Jamnik, Smole Možina, S. & Jeršek, L., 2012. Chemical Properties and Antioxidant and Antimicrobial Activities of Slovenian Propolis. *Chem. Biodivers.* 9, 1545–1558.
- Meneses, E.A., Durango, D.L. & García, C.M., 2009. Antifungal Activity Against Postharvest Fungi by Extracts from Colombian Propolis. *Quim Nova.* 32(8), 2011-2017. (in Colombian).
- Netíkova, L., Bogusch, P. & Heneberg, P., 2013. Czech Ethanol-Free Propolis Extract Displays Inhibitory Activity against a Broad Spectrum of Bacterial and Fungal Pathogens. *J. Food Sci.* 78(9). doi: 10.1111/1750-3841.12230.
- Oliveira, A.C.P., Shinobu, C., Suemi Longhini, R., Franco, S.L. & Svidzinsk, T.I.E., 2006. Antifungal activity of propolis extract against yeasts isolated from onychomycosis lesions. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 101(5), 493-497.

- Ota, C., Unterkircher, C., Fantinato, V. & Shimizu, M. T., 2002. Antifungal activity of propolis on different species of *Candida*. *Mycoses*. 44(9-10), 375-378.
- Özcan, M., 1999. Antifungal properties of propolis. *Grasas Aceites*. 50, 395-398.
- Özdemir, A.E., Çandır, E.E., Kaplankıran, M., Soylu, E.M., Fiahinler, N. & Gül, A., 2010. The effects of ethanol dissolved propolis on the storage of grapefruit cv. Star Ruby *Turk J Agric For*. 34,155-162.
- Özyiğit, Ç., 2020. Evaluation of effectiveness of propolis extracts, collected from different regions of Turkey, against mold agents. Master Thesis. University of Gaziosmanpaşa. Plant Protection Department. Tokat/Turkey. (in Turkish).
- Pazin, W.M., Santos, S.N.D., Queiroz, S.C.N., Bagatolli, L.A., Soares, A.E.E., Melo, I.S. & Ito, A.S., 2019. Bioactivity and action mechanism of green propolis against *Pythium aphanidermatum*. *An. Acad. Bras. Ciênc*. 91(2), e20180598.
- Pereira, C.S., Rempel, D., Sinhörin, A.P., Fernandes, H. & Fiorini, I.V.A., 2017. Aplicação de extrato etanólico de própolis em doenças da cultura da soja. *Revista de Ciências Agrárias*. 40(4), 854-862. <http://dx.doi.org/10.19084/RCA17029>.
- Pérez-Hernández, A., Liliana, R., Elena, P., Brett, S., Liew, E.C.Y. & Julio, G.V., 2020. Pathogenic, Morphological, and Phylogenetic Characterization of *Fusarium solani* f. sp. *cucurbitae* Isolates From Cucurbits in Almería Province, Spain. *Plant Dis*. 104. PDIS09191954RE. 10.1094/PDIS-09-19-1954-RE.
- Pérez-Hernández, A., Serrano-Alonso, Y., Aguilar-Pérez, M.I., Gómez-Uroz, R. & Gómez-Vázquez, J., 2014. Damping-Off and Root Rot of Pepper Caused by *Fusarium oxysporum* in Almería Province, Spain. *Plant Dis*. 2014 Aug, 98(8):1159. doi: 10.1094/PDIS-02-14-0212-PDN. PMID: 30708819.
- Petruzzi, L., Corbo, MR., Campaniello, D., Speranza, B., Sinigaglia, M. & Bevilacqua, A., 2020. Antifungal and Antibacterial Effect of Propolis: A Comparative Hit for Food-Borne *Pseudomonas*, *Enterobacteriaceae* and Fungi. *Foods*. 9, 559; doi:10.3390/foods9050559.
- Porta, G.D., Porcedda, S., Marongiu, B. & Reverchon, E., 1999. Isolation of Eucalyptus oil by Supercritical fluid extraction. *Flavour Fragr. J*. 14, 214-218.
- Porto, M.A.F., Ambrósio, M.M.Q., Nascimento, S.R.C., Cruz, B.L.S. & Torres, T.M., 2019. Interaction of *Fusarium solani*, *Macrophomina phaseolina* and *Rhizoctonia solani* as root rot pathogens of *Cucumis melo*. *Summa Phytopathol*. 45(4), 355-360.
- Pourmortazavi, S.M., Baghaee, P. & Mirhosseini, M.A., 2004. Extraction Of Volatile Compounds From *Juniperus communis* L. Leaves With Supercritical Fluid Carbon Dioxide: Comparison With Hydrodistillation. *Flavour Fragr. J*. 19, 417-420.
- Quiroga, E.N., Sampietro, D.A., Soberón, J.R., Sgariglia, M.A. & Vattuon, M.A., 2006. Propolis from the northwest of Argentina as a source of antifungal principles. *J. Appl. Microbiol*. 101, 103-110.
- Rufatto, L.C., Dos Santos, D.A., Marinho, F., Henriques, J.A.P., Ely, M.R. & Moura, S., 2017. Red propolis: chemical composition and pharmacological activity. *Asian Pac. J. Trop. Biomed*. 7(7), 591-598.
- Shehu, A., Ismail, S., Rohin, M.A.K., Harun, A., Aziz, A.A. & Haque, M., 2016. Antifungal Properties of Malaysian tualang honey and stingless bee propolis against *Candida albicans* and *Cryptococcus neoformans*. *J. Appl. Pharm*. 6, 44-50.
- Silici, S., Kutluca, S., 2005. Chemical composition and antibacterial activity of propolis collected by three different races of honeybees in the same region. *J. Ethnopharmacol*. 99(1), 69-73.
- Summerell, B., Laurence, Matthew H., Liew, E.C.Y., Leslie, J.F. 2010. "Biogeography and phylogeography of *Fusarium*: a review". *Fungal Diversity*. 44 (1): 3-13.
- Türk, M.U., 2017. Chemical structures and antifungal properties of propolis produced in Aegean region. Master Thesis. University of Uşak. Zootechnology Department. Uşak/Turkey. (in Turkish).
- Ugur, A., Arslan, T., 2004. An In Vitro Study on Antimicrobial Activity of Propolis from Mugla Province of Turkey. *J. Med. Food*. 7(1), 90-94.
- Velazquez, C., Navarro, M., Acosta, A., Angulo, A., Dominguez, Z., Roble, R., Robles-Zepeda, R., Lugo, E., Goycoolea, F.M., Velazquez, E.F., Astiazaran H. & Hernandez, J., 2007. Antibacterial and free-radical scavenging activities of Sonoran propolis. *J. Appl. Microbiol*. 103, 1747-1756.
- Velikova, M., Bankova, V., Marcucci, M., Tsvetkova, I. & Kujungiev, A., 2000. Chemical Composition and Biological Activity of Propolis from Brazilian Meliponinae. *Z. Naturforsch C*. 55, 785-789. (in Brazilian).
- Yamani, Y., Khajeh, M., Ghasemi, E., Mirza, M. & Javidnia, K., 2007. Comparison Of Essential Oil Compositions Of *Salvia mirzayanii* Obtained By Supercritical Carbondioxide Extraction And Hydrodistillation Methods. *Food Chem*. 108, 341-346.
- Yanar, Y., Yanar, D. & Servet, A., 2005. Antifungal Activity of Turkish Propolis Against *Phytophthora* Species. *Plant Pathol*. 4(1), 118- 124.



Analysis of Price Volatility in BIST 100 Index With Time Series: Comparison of Fbprophet and LSTM Model

Yusuf Aker^{1*}

^{1*} Türkiye Finans Katılım Bankası A.Ş., İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-6058-068X), yusuf_aker@yahoo.com

(First received 2 February 2022 and in final form 30 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1066722)

ATIF/REFERENCE: Aker, Y. (2022). Analysis of Price Volatility in BIST 100 Index With Time Series: Comparison of Fbprophet and LSTM Model. *European Journal of Science and Technology*, (35), 89-93.

Abstract

Making predictions about the future based on past datasets is one of the most important issues in analytical finance. Recently developed deep learning approaches and machine learning models have increased the interest in this field. One of these approaches, time series, is trying to predict the changes in a certain frequency. In this study, LSTM (Long Short-Term Memory) and Fbprophet (Facebook Prophet) methods were used to estimate the data of BIST-100 index. Predicting stock market indices with erratic behavior is a complex task, but with the new algorithms developed, price predictions can become more predictable. The research was carried out on the index data between 2021-01-01 and 2021-12-31, which has high volatility. The evaluation criteria of the models we used are MAE (mean absolute error), MSE (mean square error) and RMSE (root mean square error). As a result of the study, it was determined that the LSTM model was more successful than the Fbprophet model with a low error rates.

Keywords: BIST 100 Index, Machine Learning, Deep Learning, LSTM, Fbprophet.

BİST 100 Endeksindeki Volatilitenin Zaman Serileri İle Analizi: Fbprophet ve LSTM Modeli Karşılaştırması

Öz

Geçmişteki verilere dayanarak gelecek hakkında tahminler yapmak analitik finanstaki en önemli konulardan birisidir. Son dönemde gelişen derin öğrenme yaklaşımları ve makine öğrenmesi modelleri bu alana olan ilgiyi arttırmıştır. Bu yaklaşımlardan birisi olan zaman serileri ile belirli frekanstaki değişimler tahmin edilmeye çalışılmaktadır. Bu çalışmada BIST-100 endeksine ait verileri tahmin edebilmek için LSTM (Long Short-Term Memory) ve Fbprophet (Facebook Prophet) yöntemleri kullanılmıştır. Düzensiz davranışlara sahip borsa endekslerinin tahmin edilmesi karmaşık bir iştir ancak geliştirilen yeni algoritmalar ile fiyat tahminleri daha öngörülebilir hale gelebilmektedir. Araştırma yüksek volatilitelere sahip 2021-01-01 ile 2021-12-31 arasındaki endeks verileri üzerinden gerçekleştirilmiştir. Kullandığımız modellerin değerlendirme kriterleri MAE (ortalama mutlak hata), MSE (ortalama kare hatası) ve RMSE (kök ortalama kare hatası)'dır. Çalışma sonucunda düşük hata oranları ile LSTM modelinin Fbprophet modelinden daha başarılı olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: BİST 100 Endeksi, Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme, LSTM, Fbprophet.

* Corresponding Author: yusuf_aker@yahoo.com

1. Introduction

Stock exchanges are places that bring investors together in the country where they operate, and where trading transactions are carried out in a safe environment. Borsa İstanbul (BIST) is the only institution operating in this field in Turkey. In some periods, fluctuations that occur with very sharp price movements can cause BIST investors to encounter high gains or losses. Therefore, estimating volatility is a critical issue for BIST investors as well. With this study, the direction of the BIST-100 index which is one of the locomotive indexes of BIST, will be tried to be predicted with developing deep learning and machine learning methods. In this study, which will be conducted with time series analysis, it is aimed to accurately predict future values with measurements ordered over time. LSTM and Fbprophet models were used in the analysis.

In the introduction part of the study, the works in the literature are mentioned, and in the second part, information about the data set and the models used is given. In the third part, the results of the research are given, and in the fourth part, the accuracy measurements are given. The study was finished with the conclusion part.

In the literature review, it is seen that the LSTM model is used to predict the future in different fields. Ma et al., [1] used the LSTM model to predict the covid 19 epidemic trend. However, it has been observed that LSTM is used in many different areas such as supply chain management, soil stress behavior modeling, and traffic flow estimation ([1]; [2]; [3]). There are many studies that use the LSTM model to predict cryptocurrencies ([4]; [5]; [6]). Baek and Kim [7] compared SP500 and Korea Composite Stock Price Index 200 and obtained successful results by using two different LSTM models for preventing overfitting and index estimation.

In the Fbprophet model, which is another widely used model in time series analysis, it is seen that studies are carried out on very different subjects such as the future course of covid 19, the prediction of traffic density, the future course of currency movements, the expected tourism activity and the future estimated values of cryptocurrencies ([8]; [9]; [10]; [11]). Durairaj and Mohan [12] tried to predict the future values of the Nifty 50 stock market index with a hybrid model including the Fbprophet model. As a result of the study, the superiority of the hybrid model over models such as ARIMA, LSTM and Chaos+LSTM has been proven.

2. Material and Method

2.1. Data set

In this study, the year 2021, which is the period with the highest volatility, was chosen. The opening, closing, highest and lowest volume values of the BIST-100 index between January 1, 2021 and December 31, 2021 were chosen as primary data. Python programming language was used in the research and the data set was obtained from the yahoo finance platform with the web.Datareader library. The data other than the date and closing values were removed and the study continued with 248 days of observation.

Table 1. BIST 100 Index Data Set Values

	Date	Open	High	Low	Close	Volume
0	2021-01-04	1482.199951	1500.000000	1478.699951	1495.400024	5172334300
1	2021-01-05	1492.199951	1506.900024	1474.800049	1489.599976	6659180300
2	2021-01-06	1501.599976	1509.500000	1497.099976	1505.400024	5330873300
3	2021-01-07	1511.599976	1522.699951	1505.699951	1522.199951	6175892400
4	2021-01-08	1526.500000	1542.800049	1519.800049	1540.599976	5500828100
...
243	2021-12-27	1898.699951	1942.500000	1873.300049	1897.099976	3014802700
244	2021-12-28	1913.300049	1916.199951	1830.900024	1850.500000	2584687100
245	2021-12-29	1847.300049	1901.500000	1828.599976	1895.500000	2570994300
246	2021-12-30	1916.300049	1923.699951	1860.699951	1863.699951	2341048300
247	2021-12-31	1867.699951	1885.199951	1845.599976	1857.699951	1586782500

2.2. Long Short-Term Memort (LSTM)

LSTM, a deep learning algorithm, was developed by Hochreiter and Schmidhuber in 1997 to eliminate the disadvantages of the RNN algorithm [13]. It is this pattern that is similar to RNN networks. However, RNN networks cannot keep information for a long time and may encounter significant information losses at the beginning of the network. The disadvantages of this model, which is also encountered with the gradient disappearance problem in the backpropagation process, can be solved by the LSTM method. The short-term memory problem in LSTM cell structures is solved by gates that regulate and control the information flow [14]. LSTM architecture consists of input, output, forget gates and memory cells. It is a frequently used algorithm in time series, and it has given successful results in chaotic time series, text processing, speech and classification applications [15].

2.3. Facebook Prophet (Fbprophet)

Developed by the Facebook company. It is extremely good at handling long-term volatile trends, non-seasonal data, or incomplete data. This algorithm, which is used to predict time series, can be used with both R and Python programming languages. It provides intuitive parameters that are easy to set. Using time as a regressor, Prophet tries to fit many linear and non-linear functions of time as components. It is an algorithm that is also used in time series problems after parameter changes are made [16].

The Prophet model includes three main components [11]. These are seasonality, holidays and “predict y”. Its mathematical formula can be shown as (1);

$$y(t) = g(t) + s(t) + h(t) + \epsilon_t \tag{1}$$

ϵ_t represents the expected error term. Takes into account unusual changes not covered by the model,

$g(t)$ represents a piecewise linear or logistic growth curve for modeling non-periodic changes in time series,

$s(t)$ represents periodic changes (seasonal, annual, weekly),

$h(t)$ represents the effects of holidays with irregular schedules.

Figure 1. LSTM Data Visualization



3. Results

3.1. Prediction with LSTM

The model was started by training 139x6 matrices. In order to better train the data in the LSTM model, the training data is divided into 50 clusters (Cross-Validation=50). For validation last 2 months were selected. The epoch value of the model is set to 10.

Epoch 1/10	139/139 [=====]	- 4s 16ms/step	- loss: 0.0012
Epoch 2/10	139/139 [=====]	- 2s 16ms/step	- loss: 9.4459e-04
Epoch 3/10	139/139 [=====]	- 2s 16ms/step	- loss: 6.7852e-04
Epoch 4/10	139/139 [=====]	- 2s 17ms/step	- loss: 5.8298e-04
Epoch 5/10	139/139 [=====]	- 3s 20ms/step	- loss: 5.4020e-04
Epoch 6/10	139/139 [=====]	- 3s 24ms/step	- loss: 4.9332e-04
Epoch 7/10	139/139 [=====]	- 2s 17ms/step	- loss: 5.0639e-04
Epoch 8/10	139/139 [=====]	- 2s 16ms/step	- loss: 4.7374e-04
Epoch 9/10	139/139 [=====]	- 2s 16ms/step	- loss: 4.8612e-04
Epoch 10/10	139/139 [=====]	- 2s 16ms/step	- loss: 3.8621e-04

Figure 2. LSTM Epoch Structure

The LSTM model structure is composed of 50 neurons with 4 hidden layers. There is only one output in the output layer. The predicted values of the model are shown in figure 2. It has been observed that the forecast values follow the closing values successfully. The data is divided into 80 percent training and 20 percent testing. The last 60 days are validation part, and although the volatility is high, it is seen that the model has a very successful predictive power.

3.2. Prediction with Fbprophet

In the analysis made with Facebook prophet, the data was divided into two as training and testing. The predictions made with Prophet are very easy to analyze.

In the model, the date (“ds”) and the numerical value (“y”) that we want to predict, that is, the closing prices of the index are used. In the analysis made with the Python program, a model was created with the fit function, and future price predictions were made with the predict function.

4. Performance Measures

The performances of the models were measured with three parameters. Mean Absolute Error (MAE), Mean Square Error (MSE) and Root Mean Square Error (RMSE). Equations of the parameters are shown in 1, 2 and 3;

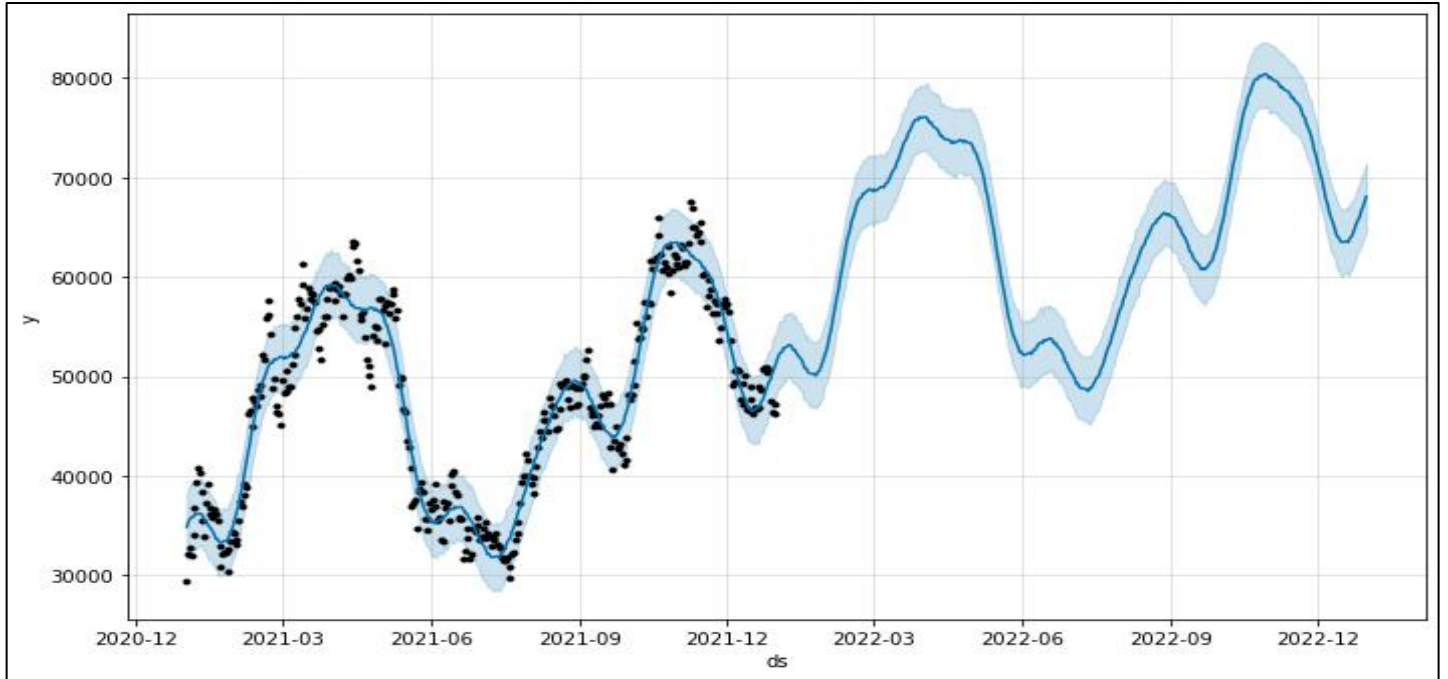
$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |y_i - \hat{y}_i| \quad (1)$$

$$MSE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2 \quad (2)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3)$$

In the equations, the sample set is represented by N , while y_i represents the observed value and \hat{y}_i represents the predicted value. MAE measures the difference between two continuous variables. MAE is the average horizontal distance of the line that best fits the data points. MSE is always positive and shows how close the regression curve is to the set of points. RMSE, on the other hand, can be defined as a quadratic metric that measures the magnitude of the error [17]. The smaller the MAE, MSE and RMSE values, the higher the success of the model [18].

Figure 3. FbProphet Data Visualization



Models/Measures	MAE	MSE	RMSE
Fbprophet	324	155653	395
LSTM	106	15845	126

Table 2. Metric Measurements

As it can be seen in table 2, MAE, MSE and RMSE values are higher than the LSTM algorithm values in the estimations made with the Fbprophet algorithm, so it is seen that the LSTM algorithm gives better results.

5. Conclusions

Estimating the price of a financial asset while making an investment decision and measuring the relationship between risk and expected return has become one of the important problems that today's finance and information sector make joint efforts. Deep neural networks have recently become one of the common methods used in the field of finance. Software and hardware developing with today's technology can make very successful predictions about the unknown by making inferences from the existing data with mathematical and statistical methods. With the help of models, even the most hidden relationships between data structures can be trained with datasets called training. Model algorithms that learn by training can make very successful new inferences and predictions with the test dataset they have never seen before.

Today, making predictions for the future in the field of analytical finance is an extremely important issue for successful investments. Deep learning approaches have started to offer new methods to those who are interested in this subject. Time series, which is one of these approaches, is used to make estimations of changes in a known frequency and period. In this study, LSTM and Fbprophet methods were used to estimate the data of BIST-100 index. Predicting stock market indices with erratic behavior is a complex task, but with the new algorithms developed, price

predictions can become more predictable. The research was carried out on the BIST-100 index data between 2021-01-01 and 2021-12-31, which has high volatility. The evaluation criteria of the models we use are MAE, MSE and RMSE. In the Fbprophet model, MAE, MSE and RMSE ratios were determined as 324, 155653 and 395, respectively, while in the LSTM it was determined as 106, 15845 and 126, respectively. As a result of the study, it was determined that the LSTM model was more successful than the Fbprophet model with low error rate in all three parameters.

In the literature review, although there are many studies showing that the LSTM model is a very useful model in time series problems, it has been observed that less research has been done in this area with the Fbprophet model. Alpay (2020), researching on USD/TRY price prediction, compared the LSTM and Fbprophet method and concluded that the LSTM model is a more successful time series estimator with a lower error rate. Likewise, Mata (2020) in his study on the S&P 500 price index estimation concluded that the LSTM model is more successful than the Fbprophet model. It is seen that the results of both studies support this paper's result. In future studies, it is recommended to add more variables such as inflation, interest and exchange rates, and more variables at the national and international level that can affect price indices in order to achieve higher accuracy and less margin of error.

References

- [1] Ma, R., Zheng, X., Wang, P., Liu, H. and Zhang, C. (2021). The prediction and analysis of COVID-19 epidemic trend by combining LSTM and Markov Method. *Scientific report*, (11), Number 17421.
- [2] Nguyen, H. D., Tran, K. P., Thomassey, S and Hamad, M. (2021). Forecaing and anomaly detection approaches using LSTM and LSTM Autoencoder techniques with the application in supplu chain management. *International Journal of Information Management*. V. 57, n, 102282.

- [3] Lu, H., Ge, Z., Song, Y., Jiang, D., Zhou, T. And Qin, J. (2021). A temporal-aware LSTM enhanced by loss-switch mechanism for traffic flow forecasting. *Neurocomputing*. Volume 427, p:169-178.
- [4] Kwon, D., Kim, J., Heo, J., Kim, C. And Han, Y. (2019). Time Series Classification of Cryptocurrency Price Trend Based on a Recurrent LSTM Neural Network. *Journal of Information Processing System*. 15(3), pp. 694-706. DOI: 10.3745/JIPS.03.0120.
- [5] Aditya P., B., Dvareddy, S., Hegde, S. and Ramya, B., S. (2021). A Time Series Cryptocurrency Price Prediction Using LSTM. *Emerging Research in Computing Information Communication and Applications*. V. 790, pp 653-662.
- [6] Andi, H., K. (2021). An accurate Bitcoin Price Prediction Using Logistic Regression with LSTM Machine Learning Model. *Journal of Soft Computing Paradigm*, 3(3), 205-217. Doi:10.36548/jscp.2021.3.006
- [7] Baek, Y. and Kim, Y. (2018). ModAugNet: A new forecasting framework for stock market index value with an overfitting prevention LSTM module and a prediction LSTM module. *Expert System with Application*. 113(15). Pp 457-480.
- [8] Rana, M., R., Rahman, F., Faysal, J. and Rahman A. (2021). An Effective Prediction on COVID-19 Prevalence for India and Japan using Fbprophet Model. *Asian Journal of Research in Computer Science*. 11(2): 16-28. ISSN: 2581-8260
- [9] Chikkakrishna, N., K., Hardik, C., Deepika, K. and Sparsha, N. (2019). Short-Term Traffic Prediction Using Sarima and FbPROPHET. 2019 IEEE 16th India Council International Conference (INDICON). DOI: 10.1109/INDICON47234.2019.9028937
- [10] Raheem, F. and Iqbal, N. (2021). Forecasting foreign exchange rate: Use of FbProphet. 2021 International Research Conference on Smart Computing and Systems Engineering (SCSE). DOI: 10.1109/SCSE53661.2021.9568284.
- [11] Chafiq, T., Ouadoud, M., Elboukhari, K. (2020). Covid-19 forecasting in Morocco using FBprophet Facebook's Framework in Python. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*. 9(5). Retrieved from: <http://www.warse.org/IJATCSE/static/pdf/file/ijatcse251952020.pdf> <https://doi.org/10.30534/ijatcse/2020/251952020>
- [12] Durairaj, M. and Mohan, K.B.H. (2021). Statistical evaluation and prediction of financial time series using hybrid regression prediction models. *International Journal of Intelligent System and Application in Engineering*. 9(4). ISSN:2147-6799.
- [13] Chakraborty, K., Mehrotra, K., Mohan, C. K., and Ranka, S. (1992). Forecasting the behaviour of multivariate time series using neural networks. *Neural Networks*, 5(6), pp 961-970.
- [14] Tanışman, S., Karcioğlu, A. A., Uğur, A., ve Bulut, H. (2021). Bitcoin fiyatının LSTM ağı ve ARIMA zaman serisi modeli kullanarak tahmini ve karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (32), 514-520.
- [15] Süzen, A. A., (2019). LSTM derin sinir ağları ile üniversite giriş sınavındaki matematik soru sayılarının konulara göre tahmini. *Engineering science*, 14(3): 112-118. Doi:10.12739/NWSA.2019.14.3.1A0436.
- [16] Guleryuz, D. ve Ozden, E. (2020). The prediction of Brent Crude Oil Trend Using LSTM and Facebook Prophet. *European Journal of Science and Technology*, (20), 1-9.
- [17] Hyndman, R. J., & Athanasopoulos, G. (2018). *Forecasting: Principles And Practice*. OTexts.
- [18] Swamidass, P. M. (Ed.). (2000). *Encyclopedia Of Production And Manufacturing Management*. Springer Science & Business Media.
- [19] Alpay, Ö. (2020). LSTM mimarisi kullanarak USD/TRY fiyat tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (Özel sayı), 452-456.
- [20] Mata, A. G. (2000). A comparison between LSTM and Facebook prophet models: a financial forecasting case study. Retrieved from http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/107367/7/agonzalez_mataTFG0120memory.pdf 15.03.2022.



Optimization of Synthesis of Ethyl Acetate by Response Surface Method and Investigation of Reactive Sorption Effect of Hydrogel in Synthesis

Nilufer Hilmioglu^{1*}

^{1*} Kocaeli University, Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Kocaeli, Turkey,

(ORCID: 0000-0002-2627-8890), niluferh@kocaeli.edu.tr

(First received 26 January 2022 and in final form 23 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1061611)

ATIF/REFERENCE: Hilmioglu, N. (2022). Optimization of Synthesis of Ethyl Acetate by Response Surface Method and Investigation of Reactive Sorption Effect of Hydrogel in Synthesis. *European Journal of Science and Technology*, (35), 94-101.

Abstract

In this study, ethyl acetate synthesis is made from ethyl alcohol and acetic acid. Ethyl acetate is used as solvent and alternative fuel additive. The synthesis was optimized by the surface response method. The effects of temperature, catalyst amount and reactant initial molar ratio on acid conversion in the reaction were investigated. Sulfo succinic acid was used as the catalyst. Conversion values were increased with increase in initial molar ratio, increase in catalyst amount, and increase in temperature. In this study, poly vinyl alcohol hydrogels were also prepared for reactive sorption application. Hydrogels were added to the reactor under certain operating conditions and used in the esterification reaction. It was observed that the conversion increased by using hydrogels together with catalyst. Ethyl acetate synthesis was optimized by using the student version of the Design Expert software. 12th version of the Design Expert program was used. Optimization was made with the center composite design method by using response surface method. Quadratic model is proposed by the program. Experimental data and model data were found compatible with each other. Optimum values for conversion are variables that the temperature is 80 °C, the amount of catalyst is 1% and the initial molar ratio is 5. The highest conversion value of 89.35% could be achieved by the optimum values. The study has also shown that the conversion values can be increased by sorping water by using hydrogels. According to Le Chatelier's principle sorption of water shifts the esterification reaction towards the products also.

Keywords: Optimization, Quadratic model, Ethyl acetate.

Yüzey Yanıt Yöntemi İle Etil Asetat Sentezinin Optimizasyonu Ve Sentezde Hidrojelin Reaktif Sorpsiyon Etkisinin İncelenmesi

Öz

Bu çalışmada etil alkol ve asetik asit kullanarak etil asetat sentezi yapılmıştır. Etil asetat çözücü ve yakıt katkısı olarak kullanılmaktadır. Sentez yüzey yanıt yöntemi ile optimize edilmiştir. Sıcaklık, katalizör miktarı ve reaktan başlangıç molar oranının asit dönüşümü üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sulfo süksinik asit katalizör olarak kullanılmıştır. Dönüşüm değerleri başlangıç molar oranındaki artış, katalizör miktarındaki artış ve sıcaklıktaki artış ile artmıştır. Bu çalışmada polivinil alkol hidrojeller de reaktif sorpsiyon uygulaması için hazırlanmıştır. Hidrojeller belli çalışma koşullarında rektöre eklenmiş ve esterleşme reaksiyonunda kullanılmıştır. Katalizör ile birlikte hidrojel kullanımının dönüşümü arttırdığı görülmüştür. Etil asetat sentezi Design Expert program ile optimize edilmiştir. Programın 12. versiyonu kullanılmıştır. Optimizasyon Yüzey Yanıt Yöntemi Merkezi Kompozit Tasarım Metodu ile yapılmıştır. Program tarafından Quadratik model önerilmiştir. Deneysel veriler ile model verilerinin birbirleriyle uyumlu olduğu görülmüştür. Dönüşüm için optimum değişkenler 80°C sıcaklık, % 1 katalizör miktarı, 5 başlangıç molar oranıdır. Optimum değerlerde elde edilecek en yüksek dönüşüm % 89.35 dir. Çalışma ayrıca hidrojel kullanılarak su tutulmasıyla dönüşümün artırılabilirliğini göstermiştir. Le Chatelier's prensibine göre suyun sorplanması esterleşme reaksiyonunu ürünler yönüne kaydırmıştır.

Anahtar Kelimeler: Optimizasyon, Quadratik model, Etil asetat.

* Corresponding Author: niluferh@kocaeli.edu.tr

1. Introduction

When ethanol is blended with gasoline fuel, volatility and phase stability problems occur. Phase separation makes fuel quality bad and corrosion in the engine (Ezis at all, 2018a). Ethanol is an additive for gasoline. Its advantages are increasing of octane number, decreasing of toxic emissions and lower cost. But ethanol absorbs water from environment such as moisture in the storage tanks. This causes phase separation. Adding ethyl acetate to hydrous ethanol increases phase stability and octane number (Ezis at all, 2018b).

Esters are used as solvents, thinners and flavorings in the chemical industry, pharmaceuticals, cosmetics and paint industries generally. An ester is formed as a result of the reaction of carboxylic acid and alcohol by using a catalyst. Water is also formed as a by-product in the reaction. Esterification reactions are equilibrium reactions. In order to progress the reaction towards the product, it is necessary to use excess reactant or to separate the by-product. The use of excess reactant is not economical. The excess reactant increases the ester as well as the water and requires an extra cost for the product separation. It is a more economical to capture the by-product water in the reaction medium. The retain of water would also ease the purification of the ester which is product (Wang at all, 2018; Soltani at all, 2017; Sirsam at all, 2016).

Ethyl acetate is widely used in industry because of a good solvent. Ethyl acetate is selected in many sectors due to its low production cost, non-toxicity and nice smell. Ethyl acetate is synthesized from ethyl alcohol and acetic acid by the esterification reaction. The reaction can be carried out by an acidic catalyst. The variables that affect acid conversion in esterification reactions are temperature, amount of catalyst, and initial molar ratio of reactant (Hasırcı at all, 2018). Sulfo succinic acid is a successful catalyst among acidic catalysts (Hasırcı at all, 2019).

In this study, sulfo succinic acid was used as the catalyst. The reaction was taken place in the batch reactor under reflux. The effects of temperature, amount of catalyst, initial molar ratio of reactant on conversion were investigated. The reaction time is taken as 3 hours. Acid conversion in the esterification reaction was determined by titration method (Yenihan Yüzer at all, 2019a, Yenihan Yüzer, N. 2019b).

In this study, hydrogels were also prepared using poly vinyl alcohol polymer. The prepared hydrogels were added to the reactor under operating conditions that were decided and used in the esterification reaction to see reactive effect.

Hydrogels are hydrophilic polymeric structures that can sorp water and retain very high water inside. The solubility of the polymer in liquid phase is prevented by cross-linking. The cross-linked polymer swells as a result of water sorption without dissolving. (Aurand at all, 2013). Polyvinyl alcohol is a hydrophilic polymer that has good mechanical strength.. (Fu X. at all, 2017; Mok at all, 2020).

The aim of the study is to examine the effects of the factors that are temperature, catalyst amount, reactant initial molar ratio in ethyl acetate synthesis on the conversion values by the response surface method and to find the optimum reaction conditions.

Response surface method (RSM) is a statistical method. The modelling is done by analyzing the response of any process to independent variables called factors. The responses to the

variables are estimated by the model equation obtained by RSM. The responses are predicted without making experiment also. Thus, time and cost are decreased by optimization (Yüksel, 2018). The relationship between independent variables is determined for getting optimum process conditions by RSM (Turki at all, 2021). Optimizations with RSM using Design Expert program are applied in the different specific areas (Mortas at all, 2020, Bekdeşer 2019, Çolak at all, 2018). There are two types of RSM, known as Central Composite Design (CDD) and Box Behnken Design (BBD). RSM uses least square method for fitting model to experimental data (Manojkumar at all, 2020).

RSM determines accuracy of experimental data. The responses to factors are estimated with accuracy at the limits of the determined variables (Hilmioğlu at all, 2021).

In this study, the effects of factors on the response were investigated using the central composite design (CCD) method. The variables that are temperature, catalyst amount, reactant initial molar ratio were selected as factors. The response is also the conversion value obtained at the end of the reaction.

2. Material and Method

2.1. Material

PVA polymer; (Mw~125.000), acetic acid, ethyl alcohol, sulfo succinic acid, glutaraldehyt (%50 wt. in H₂O) were taken from Sigma-Aldrich.

2.2. Method

2.2.1. Preparation of PVA Hydrogel

The polymeric solution was prepared using poly(vinyl alcohol) polymer solid and water. 5% PVA solution was prepared at a constant temperature of 90°C under reflux. The polymer solution was cross-linked with glutaraldehyde. Hydrogel beads were formed by dripping the PVA solution into the mixture consist of methanol and NaOH. pH was adjusted by washing with water then, the hydrogels were filtered and dried.

2.2.2. Synthesis Reaction

For the application of RSM in ethyl acetate synthesis, ethyl alcohol/ acetic acid initial molar ratios were 1:1, 3:1, 5:1; temperature were 60, 70, 80 °C, the amounts of sulfosuccinic acid catalyst (by weight, based on acid) were 0.1-0.55-1 %. The reaction was carried out in the batch reactor under reflux during 3 hours.

In order to see the hydrogel's reactive effect, the process variables were selected as follows .The catalyst amount was 1%, the initial molar ratio was 6:1, the temperature was 75°C, and the experiments were done for 3 hours by adding 0.1 g, 0.3 g, 0.5 g hydrogel to the reactor.

2.2.3. Sorption Test

The water sorption capacity of the prepared hydrogels was determined by sorption tests. Firstly hydrogel was weighted for determining dry weight. The hydrogel was put in water for a time then dried gently and weighed to determine wet weight. The swelling degree was calculated using the dry hydrogel weight and the wet hydrogel weight. Degree of swelling (DS) was estimated by Equation 1.

$$DS (\%) = \frac{\text{wet weight} - \text{dry weight}}{\text{dry weight}} \times 100 \quad (1)$$

2.2.4. Titration method

The acid is titrated by using basic KOH solution and the acid conversion is calculated. Initially, (t=0) small amount of reaction mixture (0.1 ml) is titrated by KOH solution (0.1 M) with using phenolphthalein indicator. Thus, the initial acid concentration value is found by titration. Titration is repeated for every hour by taking samples from the reaction mixture.

The conversion values are calculated by Equation 2 (Yenihan Yüzer, N. 2019 b)

$$\text{Conversion (\%)} = \frac{\text{initial moles of acid} - \text{moles of acid at anytime}}{\text{initial moles of acid}} \times 100 \quad (2)$$

3. Results and Discussion

3.1. Reaction and Sorption Results

In order to examine the effect of variables on conversion reactant (ethyl alcohol/ acetic acid) initial molar ratio were selected as 1:1, 3.5:1, 5:1; temperature was selected as 75 °C; the amount of catalyst sulfosuccinic acid (by weight of acid) was selected as 0.1%. The reaction was carried out in a batch reactor for 3 hours. The results obtained were given in Figure 1.

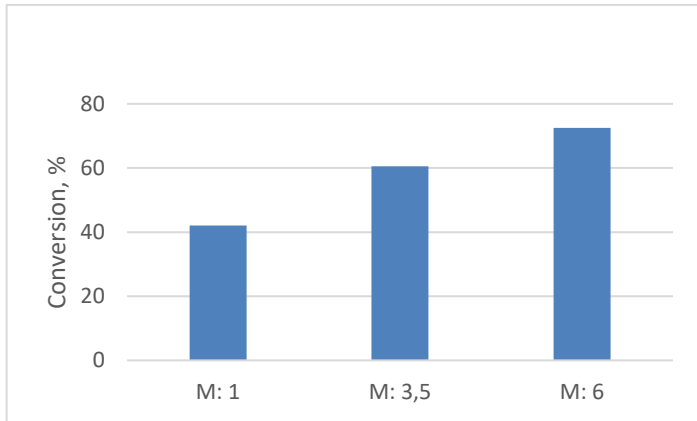


Figure 1 Molar ratio effect on conversion (Time: 3 h, Catalyst: %0,1, T: 75°C) (Molar oranın dönüşüm üzerindeki etkisi)

To examine the effect of the catalyst amount on the conversion, the reaction was carried out for 3 hours in the batch reactor with catalyst amounts of 0.1%, 0.55%, 1%, reactant initial molar ratio of 6 and temperature of 75°C. Obtained results were given in Figure 2.

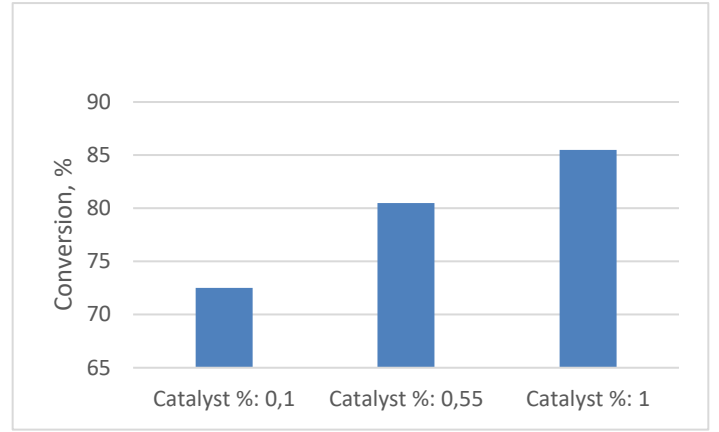


Figure 2 Catalyst amount effect on conversion (Time: 3 h, M: 6, T: 75°C) (Katalizör miktarının dönüşüm üzerindeki etkisi)

It was observed that the increase in the reactant initial molar ratio and the amount of catalyst increased the conversion also.

In order to see the contribution of hydrogel spheres in the ethyl acetate synthesis reaction, 0.1 g, 0.3 g, 0.5 g hydrogel were added and the reaction was carried out for 3 hours in the batch reactor with a catalyst amount of 1%, a reactant initial molar ratio of 6 and a temperature of 75°C. Results obtained were given in Figure 3.

When the amount of hydrogel was higher, the conversion increased.

In order to compare the conversion obtained by using only catalyst and the conversion obtained by using catalyst together with hydrogel, 0.5 g hydrogel was added to the reactor and the reaction was carried out for 3 hours where the catalyst amount was 1%, the initial molar ratio was 6, and the temperature was 75°C. The results were given in Figure 4.

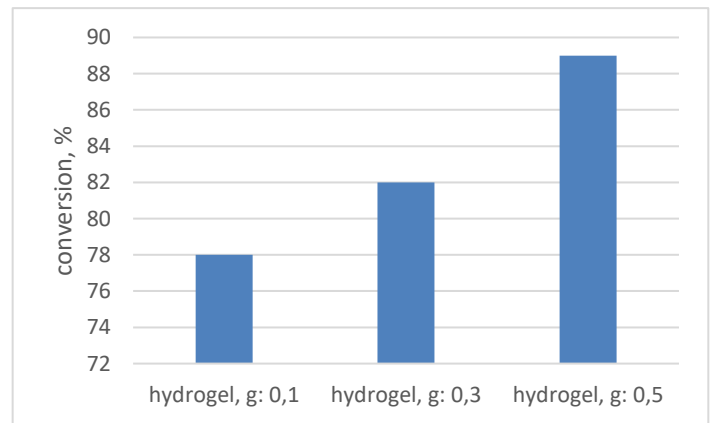


Figure 3 Hydrogel amount effect on conversion (Time: 3 h, M: 6, Catalyst: % 1, T: 75°C) (Hidrojel miktarının dönüşüm üzerindeki etkisi)

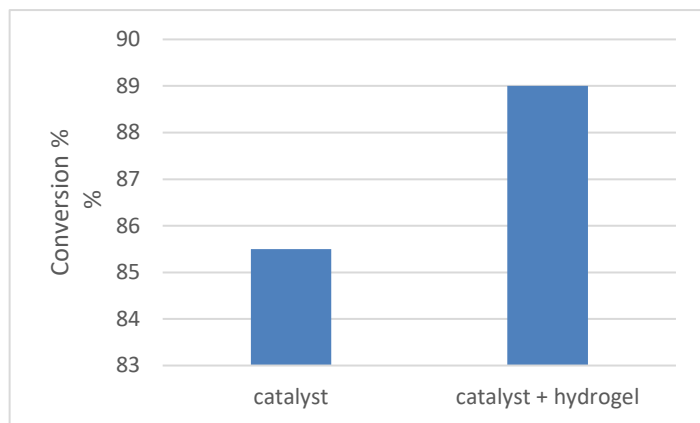


Figure 4 Catalyst together with hydrogel effect on conversion (Time: 3 h, M: 6, Catalyst: %1, Hydrogel: 0,5 g, T: 75°C) (Katalizör ve hidrojelün dönüşümün üzerindeki etkisi)

It was observed that the hydrogel additive had a positive effect on the conversion value.

The water retaining capacities of the hydrogels used were determined by sorption tests and were given in Figure 5.

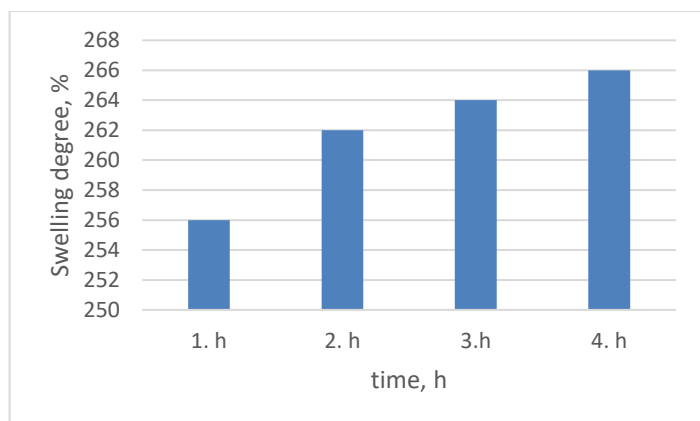


Figure 5 Sorption values of water by hydrogel (Hidrojelün su sorplama değerleri)

It has been calculated that the PVA hydrogel globules prepared can absorb water at a rate of 266%. This value showed that the prepared PVA hydrogels could be used in the esterification reactions due to their high hydrophilicity (Hilmioğlu et al., 2020).

The reason of the increase in the conversion by means of the hydrogel is that the hydrogel retains the by-product water and shifts the reaction towards the products. The swelling degree values expressing the water holding capacity of the hydrogels determined by the sorption tests are quite high.

It is concluded that due to the hydrophilicity, hydrogel spheres keep the by-product water in the structure and this situation allows the reaction to shift forward direction according to the Le Chatelier principle.

3.2. Statistical Modelling Results

3.2.1. Factors and Responses

60°C, 70°C, 80°C as temperature values; 0.1%, 0.55%, 1% as catalyst amount values; 1, 3, 5 as reactant initial molar ratio values were selected, ethyl acetate synthesis was performed for these variables and acetic acid conversion was calculated.

A (temperature), B (catalyst amount), C (initial molar ratio) were selected as variables. The conversion value was response to A, B, C factors. The program that uses CCD method suggested 19 experiments for factor values selected.

3.2.2. Fit Summary

Fit summary data for all models were given in Table 1 and for the Quadratic model suggested in Table 2.

In Table 1, the low standard deviation, high R^2 values and low press value were examined, it was seen that the data were analyzed by the best Quadratic model in the program.

In Table 2, the difference between the predicted regression coefficient R^2 (0.8980) and the adjusted regression coefficient R^2 (0.9652) is less than 0.2. This indicates the suitability of the model. The fact that the regression coefficient R^2 value is close to 1 also indicates that the model is fit. For the model to be meaningful, an adequate precision value that represents the signal to noise ratio must be greater than 4. Because the model used has adequate precision 33.2001, it can be said that the model is compatible with the data.

3.2.3. Response Equation

The Quadratic model equation of RSM and CCD for the conversion value (%) was found as shown below. Conversion values as responses were estimated by the program at the values determined of the A (temperature), B (catalyst amount), C (initial molar ratio) as factors.

$$\text{Conversion (\%)} = 67,23 + 8,03*A + 9*B + 9,77*C - 0,0250*AB + 0,5*AC - 2,45*BC - 1,08*A^2 + 2,07*B^2 - 3,68*C^2$$

According to this equation, the conversion primarily depends on the variables A (temperature), B (catalyst amount, C (initial molar ratio). The most influential factor in the response is C factor.

The response equation is an equation that calculates the conversion value for variables called factors. It calculates conversion values as response for any untested variable values such as different temperatures, different initial reactant molar ratios, different catalyst amounts as factors.

3.2.4. Anova Analysis

ANOVA analysis was given in Table 3 for the quadratic model of central composite method.

The F value of the Quadratic model is 56.48, that shows the importance of this model. The higher the F value, the higher the accuracy of the model.

It is known that terms with a p value less than 0.0500 are important. In this case, it can be said that A, B, C, BC, C^2 are important model terms.

$A < 0.05$ indicates that the model predictions are in the 95% confidence interval according to the statistical significance level of the model.

The fact that the p value is less than 0.05, the adequate precision value is greater than 4, and the difference between the adjusted regression coefficient and the predicted regression coefficient is less than 0.2 indicate the suitability of the Quadratic model.

The value that has highest F value in the ANOVA table belongs to the variable with the greatest effect on the response. The F-value, p-value, and SS-value indicate the importance of the model. As the SS increases, the importance of that variable also increases. Table 3 is showed that, it is seen that the most important factor in the response is the reactant initial molar ratio of factor C.

Tablo 1 Fit summaries of models (Modeller İçin Uygunluk Verileri)

Source	Standart deviation	R ²	Sequential value	p	R ² Adjusted	R ² Predicted	Press value	
Linear	3.19	0.9405	<0.0001		0.9285	0.8976	262.36	
2FI	2.92	0.9600	0.1752		0.9400	0.8992	258.23	
Quadratic	2.23	0.9826	0.0488		0.9652	0.8980	261.33	suggested
Cubic	2.22	0.9904	0.4801		0.9654			

Tablo 2 Fit Summary of Quadratic Model (Quadratic Model İçin Uygunluk Verileri)

Standart deviation	2.23	R ²	0.9826
Mean	65.81	Adjusted R ²	0.9652
C.V. %	3.38	Predicted R ²	0.8980
		Adequate precision	33.2001

Tablo 3 ANOVA Analysis of Variance (ANOVA Varyans Analizi)

Source	Sum of Squares, SS	Degree of medium, df	Mean square	F value	P value	
Model	2517.32	9	279.70	56.48	<0.0001	important
A	644.81	1	644.81	130.20	<0.0001	
B	810.00	1	810.00	163.56	<0.0001	
C	954.53	1	954.53	192.75	<0.0001	
AB	0.0050	1	0.0050	0.0010	0.9753	
AC	2.00	1	2.00	0.4039	0.5409	
BC	48.02	1	48.02	9.70	0.0124	
A ²	3.20	1	3.20	0.6471	0.4419	
B ²	11.67	1	11.67	2.36	0.1591	
C ²	37.06	1	37.06	7.48	0.0230	
Residual	44.57	9	4.95			
Lack of fit	44.57	5	8.91			
Pure error	0.0000	4	0.0000			
Cor total	2561.89	18				

3.2.5. Diagnostic Graphics

The graphs in the Figure 6-9 are diagnostics graphs.

The experimental data were compared with the data estimated by the model in Figure 6.

As seen in Figure 6, the values estimated by the Quadratic model are very close to the experimental real values. This situation shows that the model equation is compatible and can be used safely.

The comparison of the model estimated conversion values with the residual values is shown in Figure 7.

In the chart in Figure 7, it is desired that the data be within the red lines. Only one data (data of experiment 15) is outside the red lines. This experiment can be repeated. The distribution of other data is very appropriate.

Comparison of the residaul values with the number of experiments is given in Figure 8.

Examination of Figure 8 shows that the data has a normal distribution in the form of a zig zag within the red borders. This is a normal situation. Since the data that belongs to the experiment 15 deviates from the distribution, this deviation can be eliminated by repeating this experiment.

The comparison of the number of run with the Cook's distance is given in Figure 9.

When the Cook's distance graph in Figure 9 is examined, it is seen that all data are below the value of 1, this indicates that the data have the expected Cook's distance distribution.

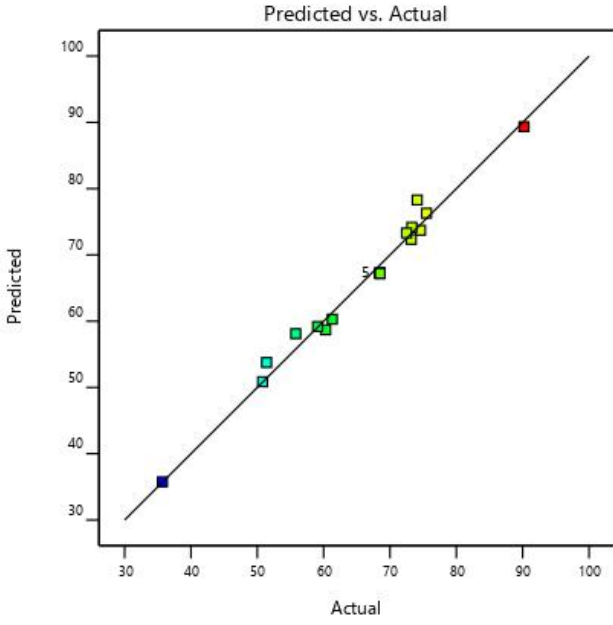


Figure 6 Predicted Conversion Values versus Actual Conversion Values (Model Tahmini Dönüşüm Değerleri ile Gerçek Dönüşüm Değerleri Karşılaştırılması)

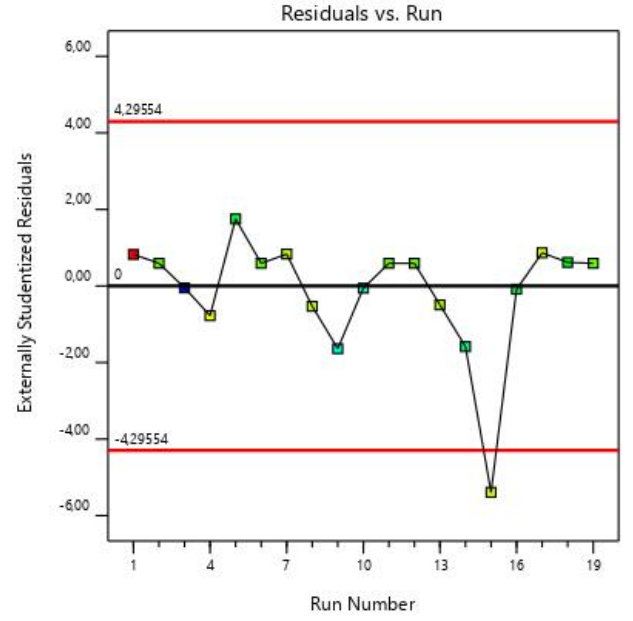


Figure 8 Run Number versus Residuals (Deney Sayısı ile Fark Değerleri Karşılaştırılması)

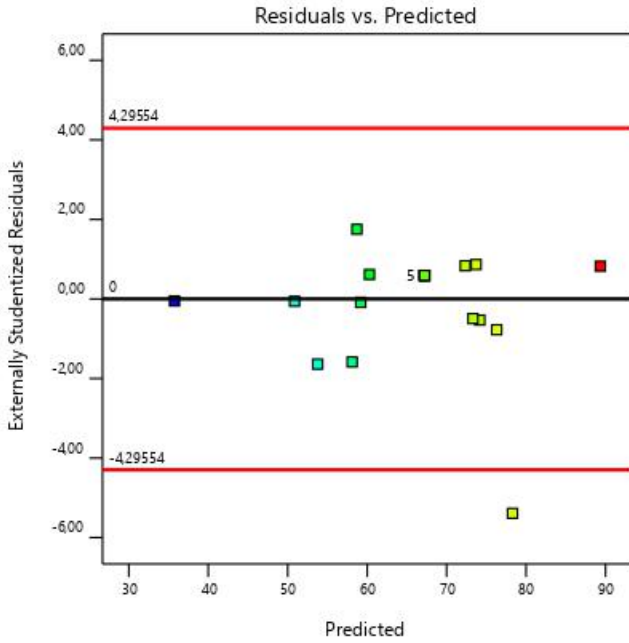


Figure 7 Predicted Conversion Values versus Residuals (Model Tahmini Dönüşüm Değerleri ile Fark Değerleri Karşılaştırılması)

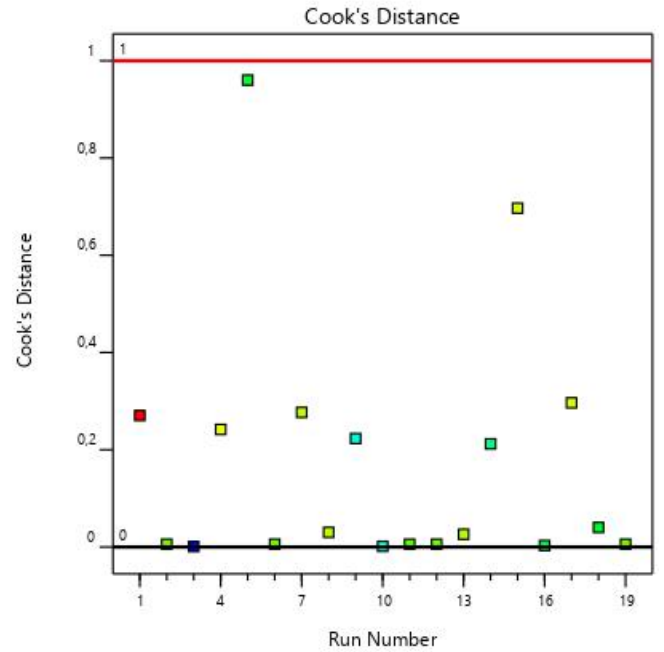


Figure 9 Run Number versus Cook's Distance (Deney Sayısı ile Cook's Mesafesi Karşılaştırılması)

3.2.6. Three Dimensional Interaction Graphics

The graphs in the Figure 10-12 are three dimensional interaction graphs.

The relationship between conversion and temperature, amount of catalyst is seen in Figure 10.

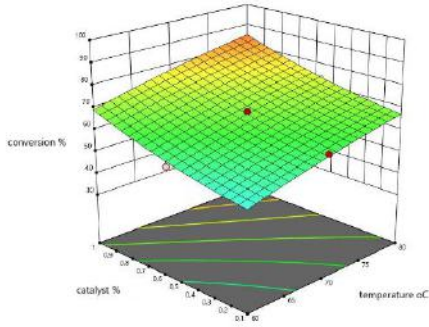


Figure 10 Three dimensional surface plots for effect of temperature and catalyst amount on conversion (Sıcaklık ve Katalizör Miktarı Dönüşüm İlişkisi Üç Boyutlu Grafiği)

When the three dimensional graph is examined in Figure 10, it is seen that the conversion increases with the temperature and the amount of catalyst.

The relationship between conversion and temperature, initial molar ratio is seen in Figure 11.

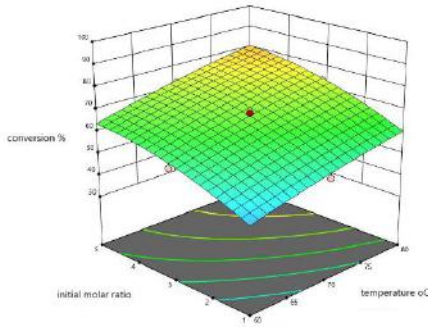


Figure 11 Three dimensional surface plots for effect of temperature and initial molar ratio on conversion (Sıcaklık ve Molar Oran Miktarı Dönüşüm İlişkisi Üç Boyutlu Grafiği)

The three-dimensional relationship between temperature, initial molar ratio and conversion is examined in Figure 11, it is seen that the conversion increases also with the increase in initial molar ratio and temperature.

The relationship between conversion and initial molar ratio, the amount of catalyst is seen in Figure 12.

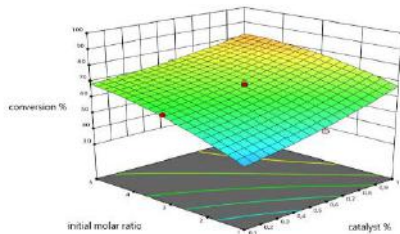


Figure 12 Three dimensional surface plots for effect of initial molar ratio and catalyst amount on conversion (Başlangıç Molar Oranı ve Katalizör Miktarı Dönüşüm İlişkisi Üç Boyutlu Grafiği)

Figure 12 is stated that the increase in the molar ratio and catalyst amount is the reason for the increase in the conversion values.

3.2.7. Optimum Values

At the end of the optimization that is made with the central composite design method in the program, the optimum operating conditions are given as 80 °C for the temperature, 1% for the catalyst amount and 5 for the initial molar ratio. The highest conversion value reached under these conditions is 89.35%. This value is the highest response value that can be obtained within 100 experiments given by the program. The desirability number for all data was seen as 1.

3.2.8. Importances of Factors

The limit values of the factors and their importance level on the response are given in Table 4.

Tablo 4 Limit Values of Factors and Importance of Factors on Response (Faktörlerin Limit Değerleri ve Yanıt Üzerinde Faktörlerin Önem Tablosu)

Factor name	Lower limit	Upper limit	Importance
A: Temperature °C	60	80	3
B: Catalyst amount %	0.1	1	3
C: Molar ratio	1	5	3
Response: Conversion %	35.7	90.2	3

In the program, both the effects of the temperature, the amount of catalyst, the initial molar ratio factors on the conversion and the importance levels of these factors on the response can also be determined as given in Table 4.

The effect of a factor on the response is defined as 1: little, 3: moderate, 5: much.

The importance levels were indicated that the effects of the factors on the response were moderate level.

4. Conclusion

It has been understood that as a result of the design made with the central composite design method by using the Design Expert program, the Quadratic model data are compatible with the actual data. Optimum conditions are 80 °C for temperature, 1% for catalyst amount and 5 for initial molar ratio. The highest conversion value at optimum conditions will be 89.35%. It has been understood that the factor that has the greatest effect on the response is the initial reactant molar ratio of the C factor. This is an known and expected result. One way to increase conversion in reversible reactions such as the esterification reaction is to use an excess of reactant. According to Le Chatelier's principle, the usage of excess reactant shifts the esterification reaction forward. The other way to increase the conversion in reversible reactions such as the esterification reaction is the withdrawal of water, the by-product formed. According to Le Chatelier's principle the withdrawal of water shifts the esterification reaction forward also. In this study, it has also been seen that the conversion values can be increased by sorping water with hydrogels. As the hydrogels capture water, the reaction shifts towards the product and the amount of ester increases. This technique is a much more economical way than using excess reactants for producing ester. No additional separation method may be required to separate the by-product water.

References

- Aurand E. R., Lampe K. J., Kimberly B. Bjugstad K. B. (2013). Defining and Designing Polymers and Hydrogels for Neural Tissue Engineering. *Journal of Neuroscience Research*, 72 (3),199-213.
- Bekdeşer, B. (2019). Modelling and Optimizing Microwave-Assisted Extraction of Antioxidants From Burdock (Arctium Lappa) Using Responce Surface Methodology. *European Journal of Science and Technology*, 17, 655-662.
- Çolak M., Boyacı A., İ. (2018). A Fuzzy Logic Based Green Performance Evaluation Model for Automotive Industry . *European Journal of Science and Technology*, 13, 39-44.
- Ezis, M. A., Ibrahim, V., Barakat, Y. (2018a). Effect of ethyl acetate addition on phase stability, octane number and volatility criteria of ethanol-gasoline blends. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27 (4), 567-572.
- Ezis, M. A., Awad, N., Ibrahim, V., Barakat, Y. (2018b). Influence of ethyl acetate addition on phase stability and fuel characteristics of hydrous ethanol-gasoline blends. *Egyptian Journal of Petroleum*, 27 (4), 1333-1336.
- Fu X., Zhan Y., Meng Y., Li Y., Liao C., Lu Z. (2017). Graphene oxide/poly(vinyl alcohol) hydrogels with good tensile properties and reusable adsorption properties. *Plastics, Rubber and Composites*, 46,(2), 53–59.
- Hasırcı, G., Hilmioğlu, N. (2018). Preparation and Usage of PVA/PAMPS Catalytic Membrane for Ester Production. *7 th National Catalysis Congress*, 17-18. Denizli, Turkey.
- Hasırcı, G., İlgen, O., Hilmioğlu, N. (2019). Synthesis Of Solketal By Economic Catalyst Sulfo Succinic Acid. *2nd International Conference on Life and Engineering Sciences*, 113-117. İstanbul, Turkey.
- Hilmioğlu, N., Yılmaz, O, Ertürk, M. C. (2021). Optimization Of Ethyl Acetate Production By Responce Surface Method, *Term Paper*, Kocaeli Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü.
- Hilmioğlu, N., Yenihan Yüzer, N., Hasırcı, G. (2020). Investigation Of The Effect Of Poly (Vinyl Alcohol) Hydrogel Particles On The Esterifications Reaction. *International Marmara Sciences Congress (Spring)*, 488-493. Kocaeli, Turkey.
- Mok C. F., Ching C. Y., Muhamad F., Osman N. A. A., Hai N. D., Hassan C. R. C. (2020). Adsorption of Dyes Using Poly(vinyl alcohol) (PVA) and PVA-Based Polymer Composite Adsorbents: A Review. *Journal of Polymers and the Environment*, 28, 775–793.
- Mortas, M., Awad, N. (2020). Optimization of Extraction Parameters by Response Surface Methodology in Handling Tea Extract From Fibrous Tea Waste. *European Journal of Science and Technology*, 20, 672-684.
- Narasimhan, M., Muthukumaran, C., Sharmila, G. (2020). A comprehensive review on the application of response surface methodology for optimization of biodiesel production using different oil sources. *Journal of King Saud University - Engineering Science*, Article in press, Available online 29 September 2020. <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.09.012>
- Sirsam R., Hansora D., Usmani G. A. (2016). A Mini-Review on Solid Acid Catalysts for Esterification Reactions. *Journal of The Institution of Engineers (India): Series E*, 97 (2),167–181.
- Soltani S., Rashid U. Al-Resayes S. I., Nehdi I. A. (2017). Recent progress in synthesis and surface functionalization of mesoporous acidic heterogeneous catalysts for esterification of free fatty acid feedstocks: A review. *Energy Conversion and Management*, 141, 183-205.
- Turki, N., Boujelben, N., Bakari, Z., Bouzud, J. (2021). Use of Response Surface Methodology for Optimization of Nickel Adsorption in an Aqueous Solution by Clay. *American Journal of Environmental Sciences*, 2021, 17 (5) 92-100. DOI: 10.3844/ajessp.2021.92.100
- Wang Y., Wang X., Xie Y., Zhang K.(2018). Functional nanomaterials through esterification of cellulose: a review of chemistry and application. *Cellulose*, 25, 3703–3731.
- Yenihan Yüzer, N. , Hilmioğlu, N. (2019a). Diethyl Maleate Synthesis With Hydrophilic Membrane Additive In The Batch Reactor. *International Marmara Science Sciences Congress (Spring)* , 1800-1806. Kocaeli, Turkey.
- Yenihan Yüzer, N. (2019b). Membran Reaktörde İzopropil Asetat Üretimini İncelenmesi, *Yüksek Lisans Tezi*, 40-42, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Yüksel A. A. (2018), Utilization of Response Surface Methodology in Optimization of Extraction of Plant Materials. *Statistical Approaches With Emphasis on Design of Experiments Applied to Chemical Processes*. 2018, 157-169. DOI: 10.5772/intechopen.73690.



Uluslararası Stratejik Pazarlama Kararları ve Lojistik 4.0 Bağlamında Lojistik Maliyetler ile Karlılık İlişkisi

Yunus Ceran¹, Metehan Ortakarpuz^{2*}, H. Enes Erkoçak³

¹ Selçuk Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Konya, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3526-974X), yunusceran@selcuk.edu.tr

^{2*} Selçuk Üniversitesi, Beyşehir A.A. İşletme Fakültesi, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Bölümü, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1674-4245), mortakarpuz@selcuk.edu.tr

³ Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı Doktora Öğrencisi, Konya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-7648-2793), erkocakenes@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 15 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 22 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1058377)

ATIF/REFERENCE: Ceran, Y., Ortakarpuz, M., Erkoçak, H. E. (2021). Uluslararası Stratejik Pazarlama Kararları ve Lojistik 4.0 Bağlamında Lojistik Maliyetler ile Karlılık İlişkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 102-110.

Öz

Uluslararası pazarlamada rekabet avantajı elde etmenin bir yolu olarak, lojistik maliyetlerin, doğru tanımlanması ve yönetilmesi, uluslararası stratejik pazarlama kararları ve Lojistik 4.0 dönüşümü açısından büyük bir önem arz etmektedir. Söz konusu maliyetler, muhasebe kayıt sisteminde "pazarlama, satış ve dağıtım giderleri" olarak kayıt altına alınan pazarlama maliyetleri sınıfı içerisinde ciddi bir büyüklük teşkil etmektedir. Lojistik maliyetlerdeki artışların ve azalışların, işletmelerin finansal performansını, nakit akışlarını, karlılıklarını ve dolayısı ile piyasa değerlerini ne ölçüde etkilediğini iyi tespit etmek gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, uluslararası stratejik pazarlama kararlarında ve Lojistik 4.0 uygulamalarında lojistik maliyetleri tanımlamak ve lojistik maliyetlerin işletmelerin karlılıklarına olan etkisini analitik olarak ölçmektir. Çalışmada, uluslararası stratejik pazarlama kararları bağlamında lojistik maliyetler ortaya konulmuş, literatürde yer alan çalışmalar incelenmiş ve lojistik maliyetlerin karlılığa etkisini ölçmek amacıyla ekonometrik ve istatistiksel bir analiz uygulanarak, oluşturulmuş model, panel veri analizi ile çözümlenmiştir. Ampirik sonuçlar, işletmelere ait karlılık oranlarından "Net Kar Marjı" ve "Hisse Başına Kar" değişkenleri ile "Lojistik Maliyetleri" arasında negatif ve istatistiksel olarak güçlü bir ilişki olduğunu göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Uluslararası Stratejik Pazarlama Kararları, Lojistik 4.0, Lojistik Maliyet, İşletme Karlılığı, Panel Veri Analizi

The Relationship Between Logistics Costs and Profitability in the Context of International Strategic Marketing Decisions and Logistics 4.0

Abstract

As a way to gain competitive advantage in international marketing, the correct definition and management of logistics costs is of great importance in terms of international strategic marketing decisions and Logistics 4.0 transformation. These costs constitute a serious size within the marketing costs class, which is recorded as "marketing, selling and distribution expenses" in the accounting record system. It is necessary to determine to what extent the increases and decreases in logistics costs affect the financial performance, cash flows, profitability and therefore market values of the enterprises.

The aim of this study is to define logistics costs in international strategic marketing decisions and Logistics 4.0 applications, and also to analytically measure the effect of logistics costs on the profitability of businesses. In the study, logistics costs were defined in the context of international strategic marketing decisions, studies in the literature were examined, and the created model was analyzed with panel data analysis by applying an econometric and statistical analysis in order to measure the effect of logistics costs on profitability. The empirical results showed that there is a negative and statistically strong relationship between the variables of "Net Profit Margin" and "Earnings Per Share" profitability ratios enterprises and "Logistics Costs".

Keywords: International Strategic Marketing Decisions, Logistics 4.0, Logistics Cost, Business Profitability, Panel Data Analysis

* Sorumlu Yazar: mortakarpuz@selcuk.edu.tr

1. Giriş

İçinde bulunduğumuz bilgi çağı, teknolojik gelişmeler ve küreselleşme, işletmelerin sadece buldukları yerel pazarlarda değil dünyadaki çok farklı ülke veya bölgede rahatlıkla faaliyet gösterebilmelerini kolaylaştırmıştır. Günümüzde işletmeler, farklı pazarlardan hammadde, yarı mamul gibi girdi tedariki yapıp, çok uluslu olarak planlayabilme imkanlarının olduğu üretim merkezlerinde işleme ve montaj faaliyetlerini sürdürerek, nihai ürünlerini çeşitli dağıtım kanalları ve dijital pazarlama unsurlarıyla çeşitli pazarlara sunabilmekte ve satış sonrası süreçleri yürütebilmektedir. Böyle bir ortamda, farklı ve yenilikçi iş modelleri, maliyet düşürücü stratejiler, müşteri ve süreç odaklılık, teknoloji ve dijital dönüşüme yönelik iyileştirmeler gibi stratejik pazarlama kararları öne çıkmaktadır. Bununla beraber küresel rekabet ortamı uluslararası pazarlama bakışı açısından söz konusu kararları uluslararası olarak değerlendirmeyi gerektirmektedir.

Günümüzde küreselleşmenin etkisiyle uluslararası sınırların ortadan kalktığı dünya pazarlarında tedarik, üretim ve dağıtımda yeni iletişim ve bilişim teknolojilerinin kullanımı sonucunda ortaya çıkan Endüstri 4.0 kavramı ile birlikte dijitalleşme, e-dönüşüm ve e-ticaret, lojistik sektörünü uluslararası pazarlama alanında daha da önemli konuma getirmiştir. Lojistikte, büyük veri (big data), nesnelerin interneti, bulut bilişim, artırılmış gerçeklik, 3D yazıcılar, yapay zeka, otonom robotlar, simülasyonlar, yatay ve dikey birleşmeler, siber güvenlik, akıllı/karanlık fabrikalar ve eklemeli üretim gibi teknolojilerle birlikte sürücüsüz araçlar, elektronik veri değişimi, uygulama programlama ara yüzleri, makine öğrenmesi, blok zincir (blockchain) teknolojileri, botlar/robotlar ve giyilebilir teknolojiler gibi bilişim teknolojilerden yararlanılması lojistik sektörünü Lojistik 4.0'a dönüştürmüştür.

Uluslararası pazarlama, birden fazla ülkede müşterilerin ve tüketicilerin talep ve ihtiyaçlarını tespit etmeye ve karşılamaya yönelik uluslararası faaliyetler bütünü olarak tanımlanmaktadır. İşletmeler ulusal ve uluslararası pazarlama faaliyetleri dahilinde, müşterilere ulaşma, ihtiyaçları belirleme, yeni ürün tasarlama, ürün ve hizmet kalitesi geliştirme ve sürekli iyileştirme, tutundurma, stoklama, taşıma, fiyatlandırma, finansman sağlama, reklam, elektronik tanıtım vb. gibi birçok işi yürütürken çeşitli fedakârlıklara katlanmaktadır. Bu fedakârlıkların parasal ifadesi pazarlama maliyetleridir. Söz konusu faaliyetler uluslararası pazarlama kapsamında daha büyük maliyetlere katlanmayı gerektirmektedir. Muhasebe kayıt sistemi çerçevesinde ulusal ve uluslararası ayrımı olmaksızın pazarlama maliyetleri yerine, "Dağıtım Maliyetleri", Satış Maliyetleri" veya hepsini kapsayan ve Tekdüzen Hesap Planında yer alan adıyla "Pazarlama, Satış ve Dağıtım Giderleri" kavramlarının kullanıldığı görülmektedir (Ceran, 2009: 129).

İşletmeler tarafından alınan uluslararası stratejik pazarlama kararlarında başarılı olabilmek, yüksek kaliteli ve düşük maliyetli bir şekilde nitelikli mal ve hizmet üretmek, pazarlamak ve müşterilere gerekli lojistik hizmetleri etkili ve hızlı bir şekilde sağlamak bunları yürütürken de teknolojiyi yeterince kullanmak ile mümkün hale gelebilmektedir. Uluslararası rekabette avantaj elde etmek için, pazarlama konusu olan ürünü, doğru zamanda, doğru yere, en hızlı ve verimli şekilde ulaştırmada Lojistik 4.0 anlayışını ön plana çıkarmaktadır. Lojistik faaliyetlerin nitelik ve niceliğine yapılacak yatırımlar ve Lojistik 4.0'a yönelik dönüşüm işletmelere maliyet olarak yansımaktadır. Bununla

birlikte Lojistik 4.0 uygulamaları ile elde edilecek maliyet avantajları da olacaktır. Bu konular işletmeler tarafından fayda maliyet analizi ve önem derecelendirmesi yapılarak değerlendirilmeye alınmaktadır.

Diğer yandan işletme faaliyetleri paralelinde oluşan lojistik maliyetler, pazarlama, satış ve dağıtım giderleri olarak kayıt altına alınan pazarlama maliyetleri sınıfı içerisinde önemli bir büyüklük teşkil etmektedir. Bu maliyetlerdeki plansız artışlar ise, işletmelerin finansal performansını, nakit akışlarını, karlılıklarını ve dolayısı ile piyasa değerlerini de negatif yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle uluslararası pazarlamada önemli bir unsur olarak dikkate alınan lojistik maliyetlerin doğru tanımlanması ve yönetilmesi uluslararası stratejik pazarlama kararları Lojistik 4.0 dönüşümü açısından büyük bir önem arz etmektedir.

Bu çalışmanın amacı, uluslararası stratejik pazarlama kararlarında ve Lojistik 4.0 uygulamalarında lojistik maliyetleri tanımlamak ve lojistik maliyetlerin işletmelerin karlılıklarına olan etkisini analitik olarak ölçmektir. Bu kapsamda çalışmada, uluslararası stratejik pazarlama kararlarına yönelik bilgilerin, Lojistik 4.0 kavramının ve lojistik maliyetlerin tanımlandığı bölümlere yer verilmiş, lojistik maliyetler üzerine literatürde bulunan çalışmalar incelenmiş ve söz konusu maliyetlerin karlılığa etkisini ölçmek amacıyla ekonometrik-istatistiksel bir analiz gerçekleştirilmiştir. Analizde lojistik alanını temsilen Borsa İstanbul'a kayıtlı ulaştırma, haberleşme ve depolama sektöründe işlem gören işletmelerin 2013-2019 yılları finansal performans verileriyle panel veri analizi yöntemi uygulanarak oluşturulmuş model çözümlenmiştir.

2. Uluslararası Stratejik Pazarlama Kararları

İşletmelerin çevreyle olan uyumunu sağlayan en önemli faaliyet pazarlamadır. Bu nedenle pazarlama stratejilerinden, dolayısıyla da stratejik pazarlama ve stratejik pazarlama yönetiminden, alınacak stratejik pazarlama kararlarından söz etmek gerekmektedir. Pazarlama stratejisi, bir veya birden fazla hedef pazarın seçimi, tanımlanması ve bu hedef pazarlarla karşılıklı tatmin yaratabilecek pazarlama karmasının geliştirilmesi ve sürdürülmesi faaliyetlerinden oluşmaktadır. Pazarlama stratejisi, mevcut ya da potansiyel ürünlerin müşterilerin gereksinimleriyle karşılaştırılması, ürünler konusunda müşterilerin bilgilendirilmesi, satışın sağlanması için doğru zamanda, doğru yerde ürünlere sahip olma ve fiyatlandırma ile ilgilidir. Ürünlerin gençler, yaşlılar, kadınlar, çalışan kadınlar gibi hangi kesimleri hedef alacağını belirlenmesi pazarlama yönetimi açısından verilmesi gereken önemli bir karardır. Bu karar doğrultusunda pazarlama stratejisi oluşturulacak ve bu kesimlere uygun hedefler doğrultusunda harekete geçilecektir. Hedef kitle ile hedeflerin belirlenmesinden sonra, işletme pazara sunduğu ürünlerin kapsadığı temel üstünlükleri, hedef kitlenin bilmesi için konumlandırmaktadır. Konumlandırma, işletmenin pazara sürdüğü ürünlerin avantaj ve farklılıklarını müşterilerin zihnine sokma çabasıdır. Kesimlere ayırma, hedef belirleme ve konumlandırma, pazarlama yönetiminin stratejik pazarlama ayağını oluşturmaktadır. Bu aşamada yapılan çalışmalar pazarlamanın stratejik olarak planlanmasını içermektedir (Ceran, 2009: 21).

Stratejik pazarlama, bir işletmenin, müşterilerine sürekli olarak rakiplerinden daha iyi değer sağlamak için hem mevcut

ve hem de potansiyel güçlü taraflarından yararlanarak kendisini rakiplerinden etkin bir şekilde farklılaştırma yoludur. Daha doğrusu stratejik pazarlama, bir işletmenin müşterilerine daha iyi hizmet ve değer sunmak için güçlü yönlerine odaklanarak kendisini rakiplerinden farklılaştırmasıdır. Stratejik pazarlama, işletmenin sürekliliğini ve amaçlarını gerçekleştirebilmesi için devamlı değişen pazar ortamında işletmenin hazır bulunan kaynak ve yetenek donanımının incelenerek işletme misyon ve vizyonunun belirlenmesi, istenen pazarlama hedeflerine ulaşmasını sağlayacak stratejik seçeneklerin oluşturulması ve pazarlama programlarının planlanması, denetlenmesi sürecini ifade etmektedir (Aydın, 2021:55) Stratejik pazarlamanın amacı, tüketicilerin bakış açısıyla bir işletmenin rekabet ortamında olumlu yönde farklılaşmasından en iyi şekilde yararlanmadır.

Stratejik pazarlama kararları, işletmenin geleceğini yakından ilgilendiren yeni ürün kararları, yeni ürün stratejileri, stratejik ürün, stratejik ürün fiyatlandırma kararları, stratejik fiyat, pazar payının artırılmasına yönelik fiyatlama stratejileri (maliyetin çok altında bir fiyatla pazara girmek, önceden belirlenen bir kar oranına ulaşmaya kadar fiyatı sabit tutmak ve kar oranını sabit tutarak maliyetler düştükçe fiyatı da düşürmek), tutundurma kararları, dağıtım kararları ve satış geliştirme kararlarından oluşmaktadır (Ceran, 2009: 57).

Küreselleşmenin yoğun etkisi işletmeleri, sadece yerel pazarlarda faaliyette bulunan ve rekabet eden bir konumdan çıkarıp, uluslararası bir vizyon ile pazarlama stratejilerini oluşturarak küresel pazarlarda faaliyet gösteren, rekabet eden çok boyutlu bakış açısına sahip işletme karakterine bürünmesine yöneltmektedir. Bu doğrultuda işletmeler için artık daha fazla ve kapsamlı bilgi kullanımıyla, farklılıkların değerlendirildiği uluslararası stratejik pazarlama yönetiminden bahsetmek gerekmektedir. Sadece yerel ölçekte değerlendirilmesi imkansız hale gelmiş günümüz rekabet ortamında, işletmelerin hem yerel hem yabancı oyuncularla rekabet edebilme ve dış pazarlarda etkin pazarlama faaliyetleri yürütebilme yeteneklerine sahip olması beklenmektedir. Dolayısıyla uluslararası stratejik pazarlama kararları kavramını, uluslararası pazarlama bakış açısıyla, pazarlama karması unsurlarının çok fonksiyonlu olarak dikkate alındığı, kapsamlı bilgi analizi ile karmaşıklık ve çeşitliliği çözümlenmeyi öngören kararlar bütünü olarak tanımlamak mümkündür.

3. Lojistik 4.0

Geleneksel tedarik zincirleri genelde doğru zamanlama ve doğru bilgi eksikliğinden muzdariptir. Bu nedenle genellikle talepteki ani değişimler, kaynak eksikliği ve mücbir sebep halleriyle baş etmeleri zordur. Hal böyleyken dijital teknolojilerdeki ilerlemeler, müşteri odaklı, bireyselleştirilmiş ve daha hassas bir tedarik zinciri oluşumuna yol açmıştır. Endüstri 4.0'daki gelişmeler tedarik zinciri ve lojistikte önemli adımların önünü açmıştır. Bilgi ve iletişim teknolojisindeki son gelişmeler, imalat endüstrisi üzerinde dijitalleşme ve otomatikleştirme yönündeki artan eğilim ile birleştiğinde, CPS (Siber-Fiziksel Sistemler) ve IoT (Nesnelerin İnterneti) gibi Lojistik 4.0 teknolojileri aracılığıyla geleneksel tedarik zincirlerinin ve lojistiğin zorluklarının üstesinden gelme fırsatını yaratmıştır (Strandhagen vd., 2017: 362).

Lojistik 4.0, Tedarik Zinciri 4.0, Pazarlama 4.0, Dağıtım 4.0, Depolama 4.0, Envanter Yönetimi 4.0, Sipariş Yönetimi 4.0 vb. terimler ile birlikte Endüstri 4.0 evriminin destekleyici bir oluşuma verilen isimdir. Lojistik alanının Endüstri 4.0'ın

gelişimine ve gereksinimlerine katkısını temsil etmektedir. Lojistik 4.0, pazar gereksinimlerinin işlenmesi ve üretim planlamasından akıllı ürünlerin son kullanıcılara teslimine kadar Endüstri 4.0 süreçlerini destekleyen bir alandır (Radivojevic, 2019: 286). Endüstri 4.0'daki gibi önsüz zekâ ile özerk olarak çalışabilen otomasyon sistemlerini içeren akıllı lojistik uygulamalarıdır. Lojistik 4.0, çok daha fazla esnek, piyasa değişikliklerine uyumlu, maliyetlerin azaltan ve müşteri ihtiyaçlarının en fazla ve hızlı bir şekilde karşılandığı ileri bir lojistik sistemi olarak tanımlanmaktadır (Şekelli ve Bakan, 2018: 19).

Lojistik 4.0, sürdürülebilirlik, verimlilik, müşterilere yanıt verme ve daha iyi izlenebilirlik gibi lojistiğin farklı yönlerinde iyileştirmeyi kolaylaştırmakla kalmaz, aynı zamanda işletmelerin temel unsurlarını da etkiler. Diğer bir deyişle, şirketlerin faaliyet gösterdiği iş modellerini önemli ölçüde değiştirme fırsatları sunmaktadır. Lojistik 4.0, veri toplama ve işleme, destek sistemleri, ağ oluşturma ve entegrasyon, ademi merkezîyetçilik ve hizmet yönelimi, kendi kendine organizasyon ve özerklik olmak üzere işletmeler genelinde geçerli olan beş işlevsel alanı içeren daha geniş bir Endüstri 4.0 anlamındadır. Bu işlevsel alanlar, şirketler arası işbirliğini kolaylaştıran değer ağları aracılığıyla yatay entegrasyon mekanizmaları, ürün yaşam döngüsü boyunca entegre paydaş ağları, ürünler ve ekipman yaratan uçtan uca entegrasyon ile desteklenir (Strandhagen vd., 2017: 362-363).

Horenberg (2017) ile Szymańska vd. (2017) çalışmalarında göre lojistikte süreç verimliliğine ve Lojistik 4.0'ın avantajlarına dikkat çekmişlerdir. Buna göre Lojistik 4.0 verimliliği arttırmaya çaba sarf ederken, insan kaynaklarında tasarruf, fonksiyonlar arası bilgi entegrasyonu ve koordinasyonda standardizasyon, ileri teknoloji kullanımı avantajları sağlamaktadır. Barreto vd. (2017)'ye göre etkin ve güçlü bir lojistik 4.0, kaynak planlama, depo yönetimi, taşımacılık yönetimi, akıllı taşımacılık ve bilgi güvenliği sistemleri gibi teknolojilere yönelik olup bu teknolojilerden yararlanmaktadır (Karagöz ve Doyduk, 2020: 43).

Lojistik 4.0 genel anlamda lojistik faaliyetlerinde maliyet azalışlarına neden olmak suretiyle rekabet avantajı sağlarken, sistem kurulumunda yatırım maliyetlerine katlanılmasını gerektirmektedir. Diğer yandan endüstri 4.0 teknolojilerinin de henüz çok yaygınlaşmaması bu alanda da yüksek yatırım maliyetlerine sebep olmaktadır. Bu durum, lojistik 4.0 uygulamalarına dönüşümün yavaş gerçekleştiğini ve işletme performansına ciddi anlamda katkı sağlayacak rekabet avantajı için zamana yayılan politikalar izlenmekte olduğunu açıklamaktadır.

4. Lojistik Maliyetler

Lojistik, geçmişte ikinci derecede önemli bir işletme fonksiyonu olarak görülürken, günümüzde artık işletmelerin temel fonksiyonlarından biri olarak kabul görmektedir. Lojistik fonksiyonu, hammaddelerin (ilk madde ve malzeme), mamullerin, yarı mamullerin, ürünlerin (mal ve hizmet) fiziki akışını ve bunlarla ilgili bilgi akışını kapsamaktadır. Lojistik kararların alınmasında da maliyet bilgileri oldukça önemli olması ve işletmelerde lojistik maliyetlerin toplam maliyetler içindeki payının giderek artması, bu maliyetlerle ilgili bilgi gereksiniminin karşılanması ve bu bilgilerin bir sistem içinden sağlanması çabalarını artırmıştır (Ceran, 2012: 103). Lojistik kavramı, talep edilen ürünlerin, doğru müşteri ve alıcılara, doğru

yer ve zamanda en düşük maliyetle sağlanması olarak tanımlanmaktadır (Ceran, 2009: 319). Günümüzde taşıma hizmetleri ile lojistik kavramı, genellikle eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Ancak, lojistik hizmetler, taşıma hizmetlerinden çok daha geniş bir alanı ifade etmektedir. Lojistik hizmetler, hammadde, malzeme, ara malları ve bu ürünlerle ilgili diğer hizmetlerin sağlanmasını, stoklanmasını, işletme içindeki hareketlerini ve üretilen ürünlerin alıcı ve müşteri topluluğu olan tüketicilere ulaştırılmaları ile bu ürünlerin farklı nedenlerle geri dönmeleri için sağlanacak tüm faaliyetleri ifade etmektedir. İşletmelerde lojistik yönetimi, hammadde kaynakları ile başlayan ve üretimi tamamlanmış olan ürünlerin tüketicilere devredilmesine kadar olan tüm malzeme ve ürün hareketlerinin yönetilmesi ve planlanmasını kapsamaktadır (Ceran, 2009: 128). Lojistik faaliyetler, taşıma, depolama, müşteri hizmetleri, talep tahmini ve planlama, elleçleme ve paketleme, envanter/stok yönetimi, bilgi yönetimi ve sipariş süreci, satın alma ve tedarik, tersine lojistik, gümrükleme, antrepo ve sigortalama vb. olarak sınıflanmaktadır (Acer, 2021: 2977).

İşletmelerde, ürünlerin üretilmesi, depolanması ve bu ürünlerin taşınması işlemlerinin koordineli bir şekilde gerçekleştirilmesi ve bu işlemlerin maliyetlerinin en düşük seviyeye çekilmesi olarak tanımlanan lojistik kavramı, aynı zamanda, lojistik maliyet tanımlarını da içermektedir (Ceran ve Alagöz, 2007: 157). Lojistik maliyetler, taşıma/nakliye/navlun, elleçleme, depolama/antrepo ve diğer maliyetler yanında katma değerli hizmetlerin/servislerin sağlanmasını da içerir. Lojistik maliyetler içerisinde en büyük pay tüm sektörlerde taşıma/nakliye faaliyetine aittir (Hofmann ve Lampe, 2011: 4). Tedarikçiden mal veya malzemenin tedarik edilmesinden mamul üretiminin tamamlanıp müşterilere teslim edilmesine kadar olan aşamada ortaya çıkan lojistik maliyetler (Deran, 2012: 125), lojistik süreç içinde gerçekleştirilen, taşımacılık, depolama, stok yönetimi, yükleme ve boşaltma, sipariş işleme, ambalajlama, satın alma ve bilgi yönetimi faaliyetleri için katlanılan tüm fedakarlıklar olarak ifade edilmektedir. Lojistik maliyetler, finansal muhasebe tarafından çeşitli giderlerin düzenlenmesi ve ayarlanması sonucu kaydedilerek izlenen giderlerden ve değer yaratma safhasında fonksiyonel oluşuma göre ayrılmakta ve değer yaratma süreci içerisinde ortaya çıkmaktadır. Lojistik maliyetler, Direkt (Dolaysız) Lojistik Maliyetler ile Endirekt (Dolaylı) Lojistik Maliyetler ve Değişken Lojistik Maliyetler ile Sabit Lojistik Maliyetler olarak da sınıflandırılmaktadır. Bu maliyetlerden bazılarını aşağıda olduğu gibi açıklamak olanaklıdır (Gudehus, 2012: 143-145; Siepermann, 2003: 879-880; Ceran ve Alagöz, 2007: 141-144; Ceran ve Adıyaman, 2021: 20):

Taşıma Maliyetleri: Taşıma maliyetleri, lojistik maliyetler içerisinde en büyük paya sahiptir. Ürün veya hizmetlerin işletmeye girişinden, çıkışına ve müşteriye ulaşıncaya kadar gerçekleşen, taşınan ürünün özelliği, ağırlığı, hacmi, tehlikeli ürün olup olmaması, taşınacağı mesafe, istiflenebilme, taşıma yöntemi, mali yükümlülükler gibi değişkenlere bağlı olarak ortaya çıkan maliyetlerdir.

Depolama Maliyetleri: Depolamaya konu olan hammadde ve malzeme, yarı ürün ve ürünlerin depolanması ile ortaya çıkan maliyetlerdir. Bu maliyetler; depolama için katlanılacak olan kira, işçilik, amortisman, aydınlatma, ısıtma-soğutma, havalandırma, enerji gibi sabit ve değişken maliyet unsurlarından meydana gelmektedir.

Sipariş Süreci Maliyetleri: Siparişlerin alınması, hazırlanması, fatura edilmesi ve siparişle alakalı tüm bilgilerin ilgili yerlere iletilmesi gibi maliyet unsurlarından oluşmaktadır. Yapılan çalışmalarda işletmelerin toplam lojistik maliyetlerinin yaklaşık % 7 lik kısmını bu sınıftaki maliyetlerin oluşturduğu düşünülmektedir.

Müşteri Hizmetleri Maliyetleri: Bu maliyetler, müşterilere sunulan siparişleri gerçekleştirme, iade edilen mallar, ürünle ilgili servis ve yedek parça desteği gibi hizmetlerin oluşturduğu maliyetlerdir.

Ambalajlama Maliyetleri: Ambalajlama maliyetlerinin, işletmelerin toplam lojistik maliyetleri içerisindeki ağırlığının % 5' ten az olduğu belirtilmektedir. Sipariş edilen ürün miktarındaki artış, birim miktardaki ambalajlama maliyetlerini düşürmektedir.

Stok Bulundurma Maliyetleri: Stok bulundurma maliyetleri, istatistiki bilgiler sunmakta olup, işletmelerin lojistik maliyetleri içerisinde en yüksek paya sahip olan maliyetlerinden birisidir. Stoktaki ürünlerin kontrol edilmesi, yenilenmesi, eskiyen veya miadı geçen ürünlerin imha edilmesi gibi faaliyetlerden meydana gelen, aşırı stok bulundurma maliyeti ve stok bulundurmama veya az stok bulundurmanın fırsat maliyetlerini de içeren maliyet unsurlarıdır.

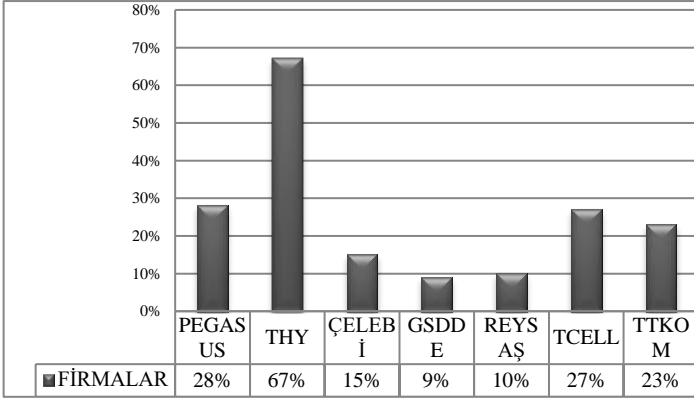
Yönetim Maliyetleri: Yönetim maliyetleri, işletmelerin lojistik maliyetlerinin yaklaşık % 13 ünü oluşturmaktadır. İşletmelerin kullandığı bilgi teknolojilerinin maliyetleri ve lojistik bölümlerindeki yöneticilerin aldığı maaşlar gibi genel yönetim giderlerinin oluşturduğu maliyetlerdir.

Lojistik 4.0 Uygulamalarına Yönelik Maliyetler: Endüstri 4.0 uygulamaları ile birlikte üretimde direkt işçilik giderlerinin azalması hedeflenmekte ve değişken üretim giderleri sabit giderlere dönüştürülmektedir. Sistemde, insan gücü gibi maliyetlerin yerine otomasyona dönüşen süreçlerde makine, robot, cihaz, bilgisayar vb. sistem donanımlarının bakım onarım maliyetleri ön plana çıkmaktadır. Lojistik 4.0 da söz konusu donanım ve sistem bileşenlerinin yatırım ve bakım onarımına yönelik sabit maliyetleri ele alınmaktadır. Bunun yanı sıra sistemin işleyişinde yeni tanımlanan veri operatörlüğü, analistlik, yazılım uzmanlığı gibi görevleri üstlenecek beyaz yaka personellerin maliyetleri de oluşacaktır.

Lojistik faaliyetler sonucu ortaya çıkan taşıma, depolama, paketleme, sipariş işleme, müşteri (servis) hizmetleri, ambalajlama, stok bulundurma ve yönetim maliyetleri gibi lojistik maliyetlerin, lojistik süreçlerin akışı içinde yüksek tutarda olduğu uygulamada işletmeler tarafından genellikle tam olarak bilinmemektedir (Laffert, 2000: 27, Ceran, 2012: 113, Ceran ve Adıyaman, 2021: 25).

Günümüzde kullanılan ve her geçen gün daha da gelişen teknoloji, işletmeler arasındaki rekabeti iyice artırmaktadır. Bu rekabet ortamında, işletmelerin, müşteri memnuniyet düzeyini artırarak rekabet avantajı sağlayabilmek ve yüksek müşteri potansiyeline ulaşabilmek için lojistik faaliyetlerine daha fazla yatırım yapmaları gerekmektedir. Ancak, lojistik faaliyetlere yapılacak yatırımlar, işletmelerin lojistik maliyetlerinin toplam işletme maliyetleri içerisindeki payının önemli ölçüde artmasına neden olmaktadır.

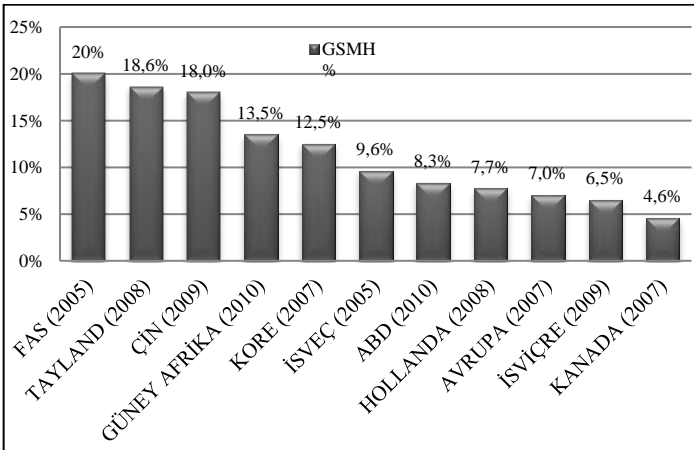
Bir fikir oluşturması açısından bu çalışmanın veri setinde kullanılan 7 adet şirketin lojistik maliyetlerinin, toplam işletme maliyetleri içerisindeki payı şekil 1 de gösterilmiştir.



Kaynak: Kamuoyu Aydınlatma Platformu. [Lojistik maliyetlerin toplam işletme maliyetleri içerisindeki payı; Şirketlere ait 7 yıllık, 3' er aylık dönemler itibariyle, toplam 28 dönem de KAP ta yayınlanan gelir tablolarında yer alan, Pazarlama Giderlerinin, Toplam Giderler (Genel Yönetim Giderleri, Finansman Giderleri, Yatırım Faaliyetlerinden Giderler, Esas Faaliyetlerden Diğer Giderler, Dönem Vergi Giderleri vb.) içerisindeki payı alınarak hesaplanmıştır]

Şekil 1. Lojistik Maliyetlerin Toplam İşletme Maliyetleri İçerisindeki Payı

Dünya Bankası tarafından yapılan bir araştırmaya göre; gelişmiş olan ülkelerde, lojistik maliyetler, GSMH'nın % 10'unu oluştururken, gelişmemiş olan ülkelerde ise bu oran GSMH'nın %30 unu oluşturmaktadır (Karacan, Kaya 2011: 115). Rodrigues, Bowersox ve Calantone tarafından 2005 yılında yapılan bir çalışmaya göre ise, 2002 yılı itibariyle dünya genelindeki toplam lojistik harcamalar 6.732 Trilyon dolar olarak hesaplanmış ve bu rakam 2002 yılında Dünya'da toplam GSMH'nın yaklaşık % 13'üne denk gelmektedir. Lojistik maliyetler, bölgesel olarak farklı gelişmişlik seviyesindeki ülkelerde farklılıklar göstermekte olup, gelişmiş olan ülkeler de, gelişmekte olan ülkelere göre daha düşük seviyelerde bulunmaktadır. Dünya genelinde farklı zamanlarda ve farklı bölgelerde yapılan akademik çalışmalar sonucu hesaplanan lojistik maliyetlerin GSMH içerisindeki oranları şekil 2 de gösterilmiştir.



Kaynak: Rantasila ve Ojala 2012, International Transport Forum

Şekil 2. Bazı Ülkelerin Lojistik Maliyetlerinin GSMH İçerisindeki Payı

Lojistik maliyetler, sadece işletmelerdeki lojistik bölümlerinin maliyetleri olarak düşünülmemelidir. Çünkü lojistik maliyetler, işletmelerin tüm alanlarında, yani tedarik, yönetim, üretim, satış, pazarlama ve dağıtım gibi tüm faaliyetlerinde ortaya çıkmaktadır (Ceran ve Alagöz, 2007: 158). Bu nedenle işletmeler lojistik maliyetlerini tek bir başlık veya

sınıf altında toparlayarak yönetemezler. Lojistik unsurlarının yer aldığı tüm işletme fonksiyonları için ayrı ayrı değerlendirmelere ihtiyaç duyarlar. Bununla birlikte işletmelerin faaliyetlerini sürdürdükleri sürece lojistik maliyetlerden kurtulmaları mümkün olmayacaktır. Ancak, lojistik maliyetlerin etkin yönetimi ile bu maliyetlerin optimum seviyelerde tutulması mümkün olabilir.

5. Metodoloji

Uluslararası stratejik pazarlama kararlarında ve Lojistik 4.0 uygulamalarında lojistik maliyetlerin ne ölçüde değerlendirileceği, bu maliyetlerin işletmenin karlılığına olan etkisini analiz etmekle mümkün olacaktır. Çalışmanın amacı doğrultusunda lojistik maliyetler ile işletme karlılığı değişkenlerinin kullanıldığı ekonometrik ve istatistiksel bir analiz yöntemi ve yöntemin uygulandığı bir model kullanılmıştır. Lojistik maliyetlerin işletmenin birçok fonksiyonunda ortaya çıkabileceği ve net bir ayırım yapılarak kayıt altına alınmasının ve ayrıca toplu verilere ulaşılmasının güçlüğü nedeniyle, çalışmanın ana temasına da uyumlu olarak pazarlama fonksiyonuna ait maliyetlerin dikkate alınması düşünülmüştür. Literatürde yer alan değerlendirmelerde genel olarak lojistik maliyetler, fiziksel dağıtım ile ilgili olduğu için muhasebeleştirilmede 7/A seçeneğine göre 760 Pazarlama, Satış ve Dağıtım Giderleri hesabında izlenmiştir (Ceran ve Alagöz, 2007: 153; Ceran, 2009: 337). Bu nedenle çalışmada bağımlı değişken olarak kullanılan lojistik maliyetler için seçilen işletmelere ait gelir tablolarından elde edilen Pazarlama Giderleri hesabı kullanılmıştır. Ancak, gelir tablolarında Pazarlama Giderleri hesabı içerisinde ayrı ayrı lojistik maliyetlerle ilgili gider hesapları (taşıma gideri, depolama gideri vs.) yer almadığı için Pazarlama Gideri hesabı, bir bütün olarak çalışmanın ekonometrik analizinde bağımlı değişken olan şirketlere ait lojistik maliyetler olarak kullanılmıştır. Mecburi olarak yapılan bu değerlendirme çalışmanın bir kısıtı olarak kabul edilebilir.

Diğer yandan analizde ihtiyaç duyulan şirket verileri için, zaman serisini de dikkate alarak ulaşabilmek amacıyla BİST-Borsa İstanbul'a kayıtlı işletmeler üzerine yoğunlaşmıştır. Genel faaliyetlerinin lojistik alanında olması nedeniyle ve pazarlama satış ve dağıtım hesabında genel olarak lojistik maliyetlerinin bulunacağı öngörüsüyle veri seti bölümünde açıklanan, verilerine düzenli bir şekilde ulaşılmış olan işletmeler değerlendirilmeye alınmıştır.

5.1. Literatür

Kıymetli Şen (2014) yaptığı çalışmada, lojistik faaliyetleri maliyetlemede kullanılan yöntemleri ele alınmıştır. Araştırma sonucunda lojistik maliyetlerdeki artışın, işletmelerin finansal performansını, nakit akışlarını, karlılığını ve dolayısı ile hisse senetlerinin değerini negatif yönde etkilediği sonucuna ulaşmıştır.

Karacan ve Kaya (2011) tarafından yapılan çalışmada, Türkiye'de ki işletmeler ele alınarak lojistik faaliyetlerde maliyetleme konusu üzerinde durulmuştur. Yapılan anket çalışması sonucuna göre; lojistik maliyetlerin bir birim mala etkisi %7 ile %13 arasında değiştiği sonucuna ulaşılmıştır.

Çatı ve arkadaşları (2015) çalışmalarında, Düzce ili imalat sanayi sektöründe faaliyet gösteren KOBİ yöneticileri üzerinde dış kaynak kullanımının işletmelerin finansal performanslarına etkisini incelemişlerdir. Araştırmada, KOBİ yöneticilerinin

eğitim durumları ve tecrübelerine dayanılarak dış kaynak kullanımına bakış açıları değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda ise, dış kaynak kullanımının ulaştırma, taşımacılık ve lojistik alanında pazar payı büyüklüğüne etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Gümüş (2009) çalışmasında, işletmelerde lojistik faaliyetlerin, rekabet stratejileri ile şirket karı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Araştırmada, işletmelerin lojistik faaliyetlerinde en düşük maliyetlerle en yüksek seviyede hizmet verebilmek için lojistik faaliyetlerin bir bütün olarak ele alınması gerektiği üzerinde durulmuş olup işletmelerin üretim safhalarında rakiplerine kıyasla üstünlük sağlayabilmeleri için lojistik faaliyetlerinde bütünlük ve etkili bir yönetim anlayışı olması gerektiği önerilmiştir.

Ceran ve Alagöz (2007) çalışmalarında, işletmelerde lojistik maliyetler ve lojistik maliyet muhasebesi konularını ele almışlardır. Çalışmalarında Türkiye'nin lojistik sektörünün her yıl % 10 gibi bir oranda büyüdüğü ve coğrafik konum avantajıyla uluslararası bir lojistik üssü konumunda bulunduğu için, işletmelerde lojistik maliyetlerin düşürülmesi gerektiği görüşü savunulmuştur.

Bayraktutan ve Özbilgin (2015) çalışmalarında, işletmelerde lojistik maliyetler ile girdi, çıktı, sonuç, verimlilik ve hizmet kalitesi göstergelerinden elde edilen performans ölçütleri arasındaki ilişkiler üzerinde durulmuş olup; işletmelerin, rekabet avantajı sağlayabilmeleri için, stratejik bir yaklaşımla lojistik performans ölçümlerine odaklanmaları gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Tokay ve arkadaşları (2010) tarafından yapılan çalışmada, işletmelerde, lojistik maliyetler ve unsurları ele alınarak, lojistik maliyetlerin, toplam işletme maliyetleri içerisindeki artan önemi, işletmelerin finansal performanslarına etkisi ve lojistik maliyet yönetiminde takip edilecek stratejiler üzerinde durulmuştur. Çalışmada, lojistik maliyetlerin kontrol ve yönetiminde izlenebilecek muhasebe içi ve muhasebe dışı yöntemler açıklanmıştır.

Demir ve arkadaşları (2012) çalışmalarında, işletmelerde, lojistik faaliyetlerin İMKB de işlem gören işletmelerin finansal performanslarına etkisi ölçülmüştür. Araştırmada, imalat sanayinde faaliyet gösteren işletmelerin lojistik faaliyetlerinde dış kaynak tercih edenlerin oranı %80 olduğu, dış kaynak kullanmayanların oranı ise %20 olduğu görülmüştür. Bu nedenle 3. parti lojistik hizmeti veren işletmelerin, Türkiye'de tam olarak faaliyetlerini yapamadığı veya imalat sektöründeki işletmelerin, lojistik faaliyetlerinin maliyetini etkin kullanamadıklarında, işletme performansına etkisi doğru analiz edilememiştir

Weiyi ve Luming (2009) yaptıkları çalışmada, işletmelerin lojistik maliyetlerini, belirgin olan ve belirgin olmayan lojistik maliyetler olarak ayırmışlardır. Çalışmada belirgin olan lojistik maliyetlerin; tedarik, taşıma, dağıtım, sipariş, iletişim, paketleme, ambalajlama ve stok maliyetlerinden oluştuğu; belirgin olmayan lojistik maliyetlerin ise, stok bulundurma (vade farkı, fırsat maliyeti, hasar maliyeti) ve ekstra lojistik maliyetlerden (koordinasyon, insan kaynakları maliyeti) oluştuğu ifade edilmektedir.

Yardımcıoğlu ve arkadaşları (2012) tarafından yapılan çalışmada, işletmelerin lojistik yönetimlerinde taşıma sistemleri ve maliyetleme yaklaşımları üzerinde durulmuş olup; lojistik faaliyetlerin gerçekleştirilmesi için iyi bir planlamanın gerekli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

5.2. Yöntem

Ekonomik bir ilişkinin belirlenmesinde model kapsamındaki diğer değişkenlerle ilişkili olabilen ve gözlenemeyen bireysel özel etkileri kontrol etme isteğini yansıtan panel veri analizleri, 1980'li yıllardan itibaren artan bir ilgi görmektedir (Hausman ve Taylor, 1981: 1377). Ekonometrik çalışmalarda genel olarak, zaman serisi analizi ve yatay kesit veri analizi yöntemleri kullanılmaktadır. Zaman serileri ile ilgili incelenen çalışmalarda zaman boyutu üzerinde durulmakta, yani analizdeki değişkenlerin bir zaman aralığındaki değerleri dikkate alınmakta iken, yatay kesit çalışmalarda ise tek bir zaman noktasındaki farklı değişkenler karşılaştırılmaktadır. Zaman serileri ve yatay kesit verilerinin bir arada kullanıldığı analizler ise "Panel Veri Analizi" olarak adlandırılmaktadır. Başka bir ifadeyle panel veriler, zaman serisi ve yatay kesit verilerini bir araya getirerek, farklı zaman aralıklarında aynı birimlere ilişkin veri setlerinden oluşmaktadır (Wooldridge, 2009: 452).

Yatay kesit veriler, birden çok birim için yalnız tek bir zaman diliminde bilgi verirken, zaman serileri ise, yalnız bir birimin dönemleri ile ilgili bilgi vermektedir. Yatay kesit ve zaman serileri birleştirilerek ise; hem dönemler hem de birimler hakkında bilgi edinmek için panel veri analizi kullanılmaktadır (Tatoğlu 2013:5).

Araştırma da kullanılacak veri seti, zaman serisi ve yatay kesit serilerine ait verileri birlikte içerdiğinden, çalışmada ekonometrik analiz olarak panel veri analizi yöntemi kullanılmıştır. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ekonometrik ilişkilerin analizinde kullanılan temel panel veri regresyon modeli basit bir biçimde aşağıdaki gibi gösterilmektedir (Greene, 2002: 285).

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{it} + \epsilon_{it}$$

Yukarıdaki formülde i alt simgesi, hane halkı, şirket, ülke gibi yatay kesit serilerini ifade ederken, t alt simgesi ise, zaman serisi boyutunu ifade etmektedir. Denklemden y_{it} modeldeki bağımlı değişkenleri, X_{it} bağımsız değişkenleri, ϵ_{it} hata terimini ve α_i sabit kesişim katsayısını göstermektedir.

Panel veri modelinin tahmininde sabit etkiler (FEM) ve rassal etkiler (REM) olmak üzere iki yaklaşım vardır. Analizde hangi modelin kullanılacağına, yapılacak olan Hausman testi yardımıyla karar verilmektedir. Panel veri analizi kullanılan çalışmalarda genelde sabit etkiler modeli daha çok tercih edilmektedir. Bu modelin sıklıkla kullanılmasında, arzu edilen istatistiksel özellikleri barındırması etkilidir. Fakat rassal etkiler modelinin sabit etkiler modeline kıyasla daha etkin sonuçlar verdiği durumda rassal etkiler modelinin kullanılmasında daha uygun olacaktır. Literatürde her iki model arasındaki seçim k serbestlik dereceli ki-kare dağılımına uygun Hausman testi ile yapılmaktadır (Baltagi, 2013). Hausman test istatistiğine ait hipotezler ise aşağıdaki gibidir:

$H_0: E(\epsilon_{it} | X_{it}) = 0$ kesit verisi ve zaman serisi etkileri rastsaldır, korelasyon yoktur.

$H_1: E(\epsilon_{it} | X_{it}) \neq 0$ kesit verisi ve zaman serisi etkileri sabittir, korelasyon vardır.

Hausman testinde sıfır hipotezinin (H_0) kabul edilmesi, analizde rassal etkiler modelinin kullanılacağı anlamına gelmektedir.

5.3. Araştırmanın Modeli

Panel veri analizinde kullanılan model ve modelde kullanılan bağımsız değişkenlerin belirlenmesinde literatürden yararlanılmıştır. Literatürdeki çalışmalar ışığında şirketlerin lojistik maliyetleri ile karlılık oranları arasındaki ekonometrik ilişkiyi belirleyebilmek için oluşturulan model şu şekildedir:

$$PG_{it} = \alpha_0 + \beta_1 HBK_{it} + \beta_2 NKM_{it} + \beta_3 ROA_{it} + \beta_4 ROE_{it} + \mu_{it} + \epsilon_{it}$$

Model de bağımlı değişken olan şirketlerin lojistik maliyetleri olarak Pazarlama Gideri (PG) kullanılmıştır. Bağımlı değişken olarak kullanılan 7 adet Lojistik Şirketine ait PG'lerinin hesaplanabilmesi için gerekli veriler Kamuoyu Aydınlatma Platformu (KAP) sitesinde yer alan şirketlere ait finansal tablolardan elde edilmiştir. Araştırmada kullanılan, şirketlere ait karlılık oranları olan, bağımsız değişkenler ise aşağıda açıklanmaktadır.

Modelde kullanılan bağımsız değişkenlerden biri Hisse Başına Kar (HBK) dir. HBK verileri, KAP ta yer alan şirketlere ait finansal tablolardan elde edilmiştir.

Bağımsız değişkenlerden bir diğeri Net Kar Marjı (NKM) dir. NKM verileri, KAP ta yer alan şirketlere ait finansal tablolardan elde edilerek oran analizi ile hesaplanmıştır.

$$Net\ Kar\ Marjı = Net\ Kar / Satışlar$$

Modelde kullanılan bağımsız değişkenlerden bir başkası Aktif Karlılığı (ROA) dir. ROA verileri, KAP ta yer alan şirketlere ait finansal tablolardan elde edilerek oran analizi ile hesaplanmıştır.

$$Aktif\ Karlılık\ Oranı = Net\ Kar / Toplam\ Aktif$$

Modelde kullanılan bağımsız değişkenlerden bir diğeri ise, Özsermaye Karlılığı (ROE) dir. ROE verileri, KAP ta yer alan şirketlere ait finansal tablolardan elde edilerek oran analizi ile hesaplanmıştır.

$$Özsermaye\ Karlılığı = Net\ Kar / Özsermaye$$

Model de kullanılan bağımlı ve bağımsız değişkenlerin tümünün % değişim değerleri alınarak, analize dahil edilmiştir.

5.4. Veri Seti

Araştırma 2013-2019 arasındaki 7 yıllık süreyi kapsamaktadır. Araştırmaya konu olan şirketler 7 yıllık süre zarfında 3' er aylık çeyrek dönemler itibarıyla 28 dönemde verileri yayınlanan ve Borsa İstanbul' a kayıtlı Ulaştırma Depolama ve Haberleşme sektöründe faaliyet gösteren 7 adet lojistik şirkettendir (Çelebi Hava Servisi A.Ş., GSD Denizcilik Gayrimenkul İnşaat Sanayi ve Ticaret A.Ş., Pegasus Hava Taşımacılığı A.Ş., Reysaş Taşımacılık ve Lojistik Ticaret A.Ş., Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş., Türk Hava Yolları A.O., ve Türk Telekomünikasyon A.Ş.) oluşmaktadır.

Çalışmada kullanılan veriler bağımlı ve bağımsız veriler olmak üzere iki gruptur. Bağımlı değişken olarak çalışmada yer alan 7 şirketin lojistik maliyetleri olan ve bu şirketlerin gelir tablolarından elde edilen Pazarlama Giderleri (PG) hesabı kullanılmıştır. Bağımsız değişkenler ise şirketlere ait finansal tablolardan elde edilen, şirketlerin karlılık etkinliklerini ölçmek için; Hisse Başına Kar (HBK), Aktif Karlılığı (ROA), Özsermaye Karlılığı (ROE) ve Net Kar Marjı (NKM) değişkenlerinden oluşmaktadır.

6. Bulgular

Çalışmada dört farklı finansal oran bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Ancak; uygulanan ekonometrik analizle, Aktif Karlılık Oranı (ROA) ile diğer bağımsız değişkenler arasında yüksek korelasyon ilişkisi tespit edilmiştir. Bu sebeple oluşan çoklu bağlantı sorununu ortadan kaldırmak için, ROA modelden çıkarılmıştır. Modelin çalışması sonucunda ortaya çıkan sonuçlar sırasıyla, tanımlayıcı istatistiklerin yorumlanması, değişkenler arası ilişkilerin yorumlanması ve model uygulamasına ait ana regresyon sonuçları olmak üzere üç ayrı başlıkta değerlendirilmiştir.

6.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Modeldeki değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Tablo 1' de verilmektedir.

Tablo 1: Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Değişkenler	Gözlem Sayısı	Ortalama	Standart Sapma	Minimum Değer	Maximum Değer
PG	189	-20367.48	47291.61	-236476.4	-1
HBK	189	-.5740571	-.7489533	-2.03	3.9597
NKM	189	-1.017916	.2673145	-1.914191	.4619647
ROE	189	-.943999	.3811998	-2.899149	2.997814

Tablo 1'de özetlenen tanımlayıcı istatistik sonuçlarına göre, en yüksek standart sapmaya sahip olan değişkenin bağımlı değişken olan Pazarlama Gideri (PG), en düşük standart sapmanın elde edildiği değişkenin ise Hisse Başına Kar (HBK) olduğu görülmektedir. Ortalamanın en yüksek olduğu değişken Hisse Başına Kar (HBK), en düşük değişken ise Pazarlama Gideri (PG)' dir. Minimum değer en yüksek olduğu değişken Net Kar Marjı (NKM), maksimum değer en yüksek olduğu değişken ise Hisse Başına Kar (HBK) olduğu tespit edilmiştir.

6.2. Değişkenler Arasındaki İlişkilerin Yorumlanması

Modeldeki bağımlı değişkeni açıklayan değişkenler arasındaki korelasyon matrisi Tablo 2' de gösterilmiştir.

Tablo 2. Değişkenler Arasındaki İlişki

	PG	HBK	NKM	ROE
PG	1.000			
HBK	-0.3138	1.000		
NKM	-0.1018	0.1996	1.000	
ROE	-0.0637	0.0708	0.1978	1.000

Tablo 2 incelendiğinde model de bağımlı değişken olan Pazarlama Gideri (PG) ile Hisse Başına Kar (HBK) arasında negatif (-0,3138) yönlü, Pazarlama Gideri (PG) ile Net Kar Marjı (NKM) arasında negatif (-0,1018) yönlü ve Pazarlama Gideri (PG) ile Özsermaye Karlılığı (ROE) arasında ise, yine negatif (-0,0637) bir ilişki tespit edilmiştir.

6.3. Model Uygulamasına Ait Ana Regresyon Sonuçları

2013-2019 yılları arasında Borsa İstanbul' a kayıtlı Ulaştırma Depolama ve Haberleşme sektöründe faaliyet gösteren 7 adet lojistik şirketine ait lojistik maliyetlerinin şirketlerin karlılığı üzerindeki etkilerine ilişkin oluşturulan modelin panel veri analizi ile test edilmesinden elde edilen sonuçlar Tablo 3' te gösterilmiştir.

Tablo 3: Panel Veri Sonuçları

DEĞİŞKENLER VE SONUÇ Bağımlı değişken (PG)	MODEL Rassal Etkiler Modeli (REM)
PG	-43130.24 (0,030)
HBK	-13502.29*** (0.000)
NKM	-14747.46* (0.10)
ROE	11406.2 (0,213)
Grup Sayısı	7
Gözlem Sayısı	189
Wald χ^2 (Prob)	20.04
F Testi	9.88
F Testi Olasılık (Prob)	0.0001
Hausman Olasılık (Prob)	0.10
*, ** ve *** sırasıyla %10, %5 ve %1 seviyesinde istatistiksel anlamlılığı ifade etmektedir. Parantez içindeki değerler p- anlamlılık değerleridir.	

Çalışmada kullanılan modelin analizinde değişken grupları ve zaman dönemleri arasında istatistiksel bilgiler elde etmek için yapılan Hausman testi sonucunda H0 hipotezi kabul edildiği için Rassal Etkiler Modeli (The Random Effects Model, REM) kullanılmıştır.

Ekonometrik modelin çalışmasıyla birlikte bağımlı değişkeni açıklayan model için aşağıdaki denklem elde edilmiştir.

$$PG_{it} = -43130.2 - 13502.2 HBK - 14747.4 NKM + 11406.2 ROE$$

Elde edilen panel veri modelinin analizinde, çalışmanın veri setini oluşturan Borsa İstanbul'a kayıtlı Ulaştırma, Depolama ve Haberleşme sektöründe faaliyet gösteren 7 adet lojistik şirketinin şirket karlılığı kriterlerinden olan Hisse Başına Kar (HBK) ile Lojistik Maliyeti (PG) arasında istatistiksel olarak % 1 düzeyinde anlamlı ve negatif bir ilişki, Net Kar Marjı (NKM) ile Lojistik Maliyeti (PG) arasında da yine benzer şekilde istatistiksel olarak % 10 düzeyinde anlamlı ve negatif bir ilişki tespit edilmiştir.

Çalışmada kullanılan bağımsız değişkenlerden lojistik şirketlere ait, Aktif Karlılığı (ROA) ve Özsermaye Karlılığı (ROE) ile Lojistik Maliyetler (PG) arasında ise anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.

Bulgular, beklentiler ve literatürde elde edilen sonuçlar ile aynı yönde olup; şirketlerin, lojistik maliyetlerindeki artışın, finansal performanslarını, nakit akışlarını, hisse senedi değerlerini negatif yönde etkilediği, dolayısıyla işletme karlılığını düşürdüğü sonucuna ulaşılmıştır.

7. Sonuç ve Öneriler

Günümüzde ülke ekonomilerinin, dünyada diğer ekonomilerle entegrasyonunu ifade eden ekonomik globalleşme, ülkeler arası mal, sermaye ve hizmet akışlarını hızlandırarak, işletmelerin dünyada tek bir pazarda bütünleşmesine ve ülkelerin birbirleriyle daha yoğun ticari ilişkiler içerisine girmelerine zemin hazırlamıştır. İşletmeler, globalleşmenin de etkisiyle her geçen gün daha zorlu ticari rekabet ortamlarında faaliyetlerini sürdürmek durumundadırlar. Bu durum, hammadde ve malzemenin tedarik edilmesinden, ürünlerin müşterilere ulaştırılmasına kadar olan, planlama, üretim, depolama, dağıtım, sipariş, ambalajlama, elleçleme ve müşteri hizmetleri gibi pek çok faaliyetleri içeren lojistik kavramının önemini her geçen gün artırmaktadır. İşletmeler küresel rekabet ortamında ayakta kalabilmek için lojistik faaliyetlere yatırım yapmakta, bu faaliyetleri işletme menfaatine yönelik olarak yönetebilmek için iş modelleri geliştirmektedir. Uluslararası stratejik pazarlama kararlarında lojistik faaliyetlerin, Endüstri 4.0 evrimiyle gelişen Lojistik 4.0 uygulamalarına geçişin ve beraberinde yüklenen maliyetlerin iyi analiz edilmesine ihtiyaç duyulmakta, finansal performansı, nakit akışları, karlılığı ve dolayısı ile şirket değerini ne yönde etkileyeceği bilinmek durumundadır. Sonuç olarak işletmeler, lojistik faaliyetlerin etkinliğine ve bu faaliyetler karşılığında azalacak ve üstlenilecek maliyetlerin yoğunluğuna ve planlamasına önem vermelidir.

Literatürde lojistik maliyetler ile şirket karlılığı arasındaki ilişkileri konu alan çalışmalar genellikle maliyet muhasebesi çerçevesinde ele alınmıştır. Ancak bu çalışmada, araştırmaya konu olan şirketlere ait karlılık oranları ile lojistik hizmetlerine ait katlanılan maliyetler arasındaki ilişki, ekonometrik ve istatistiksel yöntem kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmanın amacına yönelik olarak BIST'e kayıtlı ve lojistik alanını temsil eden şirketlerin 7 yıl 28 dönemden oluşan verilerinden hareketle lojistik maliyetleri ile şirket karlılıkları arasındaki ilişki panel veri analiz yöntemi kullanılarak test edilerek, ölçülmüştür. Uygulanan modelde, şirketlere ait karlılık oranlarından Net Kar Marjı ve Hisse Başına Kar değişkenleri ile Lojistik Maliyetleri arasında negatif ve istatistiksel olarak güçlü bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Çalışmada elde edilen ekonometrik bulgular, beklenti ve literatür sonuçları ile aynı yönlü olup, şirketlere ait lojistik maliyetlerdeki artışların, şirket karlılığını düşürdüğü görülmüştür.

Bu çalışma, belirtilen kısıtların en aza indirgenmesi, konunun özüne yönelik daha geniş bir veri seti ile çalışılması halinde daha somut değerlendirmelerin yapılabileceği yeni çalışmalara yol gösterici niteliktedir. Çalışmanın, ele aldığı konunun temelini oluşturan kavramların açıklamalarını net bir şekilde ortaya koyması açısından nitel, kullanmış olduğu model ile ekonometrik ve istatistiksel analiz uygulamasıyla nicel değerlendirmeleri bir araya getiren özgün bir eser olduğu ve literatüre katkı yapacağı düşünülmektedir.

Kaynakça

- Acer A. (2021). Lojistik Faaliyetlerde Antrepoların Etkinliğinin Veri Zarflama Analizi ile Belirlenmesi, *İşletme Araştırmaları Dergisi Journal Of Business Research-Turk*, 2021, 13(4), 2976-2989.
- Aydın Z. (2021). Stratejik Pazarlama Muhasebesi ve Bir Örnek Uygulama, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal

- Bilimler Enstitüsü, *Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi*, Aydın.
- Baltagi B. H. (2013). *Econometric Analysis of Panel Data (5 edition)*. Chichester, West Sussex: Wiley.
- Bayraktutan Y. ve Özbilgin M. (2015). Lojistik Maliyetler ve Lojistik Performans Ölçütleri. *Maliye Araştırmaları Dergisi*, Yıl:1, Cilt:1, Sayı:2
- Ceran Y.(2009). *Maliyet Bilgilerine Dayalı Stratejik Pazarlama Kararları İçin Stratejik Pazarlama Muhasebesi*, Tablet Yayınları, Konya.
- Ceran Y. ve Alagöz A. (2007). Lojistik Maliyet Yönetimi: Lojistik Maliyetler ve Lojistik Maliyet Muhasebesi, *ÇOMÜ Biğa İİBF-Yönetim Bilimleri Dergisi*, Cilt:5, Sayı:2, Ankara, 137-156.
- Ceran Y. (2012). *Lojistik Maliyetlere İlişkin Maliyet Bilgi Sisteminin Kurulması*, Lojistik Maliyetleri ve Raporlama-I, Editörler: Semih Hüseyin Tokay ve Ergün Kaya, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2549. Açık öğretim Fakültesi Yayını No: 1519, Eskişehir, 100-122.
- Ceran Y. ve Adıyaman G. (2021). *Uluslararası Ticarete Lojistik Riskleri ve Maliyetleri*, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Perspektifinde Riskler ve Risk Yönetimi, 1. Baskı, Ed: Metehan Ortakarpuz, Nobel yayınevi, Ankara, 1-42.
- Çatı K., Çömlekçi İ. ve Zengin E. (2015). 'Dış Kaynak Kullanımının İşletme Finansal Performansına Etkisi: Düzce İli İmdat Sanayisinde Kobi Yöneticileri Üzerinde Bir Araştırma. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 17 (28): 56-67
- Demir M., Tuncay M. ve Kısakürek M. (2012). Lojistik Faaliyetlerin İşletmelerin Finansal Performanslarına Etkisi: İMKB Üretim Sektöründe Bir Araştırma. *I. Uluslararası Muhasebe ve Finans Sempozyumu*. Gaziantep.
- Deran A.(2012). *Lojistik Maliyetlerin Belirlenmesi ve Faaliyet Tabanlı Maliyetleme ile Hesaplanması*, Lojistik Maliyetleri ve Raporlama-I, Editörler: Semih Hüseyin Tokay ve Ergün Kaya, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2549. Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 1519, Eskişehir, 124-146
- Gudehus T. (2012). *Logistikkosten Und Leistungs-kostenrechnung*, Logistik 1. VDI- Buch. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. 137-167.
- Greene W.H. (2002). *Econometric Analysis., 5th Edition* Prentice Hall, Upper Saddle River, New York.
- Gümüş Y. (2009). Lojistik Faaliyetlerin Rekabet Stratejileri ve İşletme Karı İle Olan İlişkisi, *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, 41, 97-113.
- Hausman J. A. ve Taylor, W. E. (1981). Panel Data and Unobservable Individual Effects, *Econometrica*, Vol: 49, No: 6, 1377-1398.
- Hofmann, E.ve Lampe K. (2011). Logistikkosten, Logistik & Fördertechnik, Nr. 7/8, 3. August 2011, www.logistikmarkt.ch/de/katalogbestellung, 1-5
- Karacan S. ve Kaya M. (2011). Lojistik Faaliyetlerde Maliyetleme. *Umuttepe Yayınları*, Kocaeli.
- Karagöz B. ve Doyduk, H. B. Bumin (2017). Lojistik 4.0 Uygulamaları ve Lojistik Firmalarının Bakış Açısı, *İnsan&İnsan*, 7, 23, s: 37-51.
- Kıymetli Ş. İ. (2014). Lojistik Faaliyetlerin Yönetimi ve Maliyetleme Yaklaşımları. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*. Cilt 4, Sayı 1, ss.83-106.
- Laffert J. (2000). *Informations- Und Materialflüsse in Internationalen Logistiksystemen Der Volkswagen AG.*, Kassel University Press GmbH.
- Radivojević G., ve Milosavljević L. (2019). The Concept Of Logistics 4.0, *4. Logistics International Conference*, Belgrade, Serbia, 23-25 May, s: 283-297.
- Rantasila ve Ojala (2012). *Measurement of National – Level Logistics Costs and Performance*, International Transport Forum Discussions Papers from OECD Publishing, (4)
- Rodrigues A.M, Bowersox D.J. and Calantone R.J. (2005). Estimation of Global and National Logistics Expenditures: 2002 Data Update, *Journal of Business Logistics*, 26(2), pp. 1-15.
- Siepermann C. (2003). *Logistikkosten*, Wisu-Das Wirtschaftsstudium, Heft:7. Lange Verlag GmbH & Co. Kg. Duesseldorf. 879-881.
- Strandhagen J.O., Vallandingham, L.R., Fracapane, G. (2017). *Logistics 4.0 and Emerging Sustainable Business Models*. Adv. Manuf. 5, s: 359–369.
- Şekmeli Z. H. ve Bakan, İ. (2018). Endüstri 4.0'ın Etkisiyle Lojistik 4.0, *Journal of Life Economics*, 5,2, s: 17-36.
- Tatoğlu F. Y. (2013). *İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı (2nd ed.)*. İstanbul: Beta Basım.
- Tokay S. H., Deran A. ve Arslan S. (2011). Lojistik Maliyet Yönetiminde İzlenebilecek Stratejiler ve Muhasebe Eğitiminden Beklentiler. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. Sayı: 29.
- Weiyi F. ve Luming, Y. (2009). The Discussion of Target Cost Method in Logistics Cost Management, *ISECS International Colloquium on Computing, Communication, Control, and Management*, 537-540.
- Woolridge J.M. (2009). *Introductory Econometrics A Modern Approach. 4. Ed*. USA: South-Western Cengage Learning.
- Yardımcıoğlu M., Kocamaz H. ve Özer Ö.(2012). Lojistik Yönetiminde Taşıma Sistemleri ve Maliyetleme Yöntemleri. *II. Bölgesel Sorunlar ve Türkiye Sempozyumu*. 1-2 Ekim.



Orman İçi Mera Bitki Örtüsünde Botanik Kompozisyonun Yükseltiye Göre Değişimi

Adnan Bilgili^{1*}

^{1*}Doğu Anadolu Ormanlık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Erzurum, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2151-3521), agfor25@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 25 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 12 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1062364)

ATIF/REFERENCE: Bilgili, A. (2022). Orman İçi Mera Bitki Örtüsünde Botanik Kompozisyonun Yükseltiye Göre Değişimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 111-115.

Öz

Orman ekosistemi içerisinde kalan mera alanları hem yaban hayatı için hemde geçimini hayvancılık faaliyetlerinden sağlayan yöre halkı için büyük önem arz etmektedir. Gerek çiftlik hayvanları gerekse yaban hayvanlarının beslenmesinde rol alan bitkilerin, botanik kompozisyona katılım oranlarının belirlenmesi otun niteliği ve arazi kullanım durumlarındaki değişiklikler hakkında bilgi vermesi bakımından faydalı olacaktır. Bu amaçla çalışma 2017 yılında Erzurum ili Oltu ilçesi Köroğlu ve Uzunoluk mevkiinde bulunan orman içi meralardaki botanik kompozisyonun yükseltiye göre değişimini tespit etmek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Bu bağlamda orman içi mera alanlarından 4 farklı yükselti aralığından [1600-1750 m (Y1), 1750-1900 m (Y2), 1900-2050 m (Y3) ve 2050-2200 m (Y4)] 4 tekerrürlü olmak üzere quadrat ile ot örnekleri alınarak, ağırlık esasına göre botanik kompozisyonları belirlenmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre, ortalama olarak botanik kompozisyonun %26,68'i baklagil, %56,67'si buğdaygil ve %16,65'i ise diğer familya bitkilerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Yükselti grupları içerisinde en yüksek buğdaygil oranı (%75,28) ve en düşük baklagil oranı (%12,47) Y4 yükselti aralığında belirlenmiştir. İlk üç yükselti grubunda baklagil oranları (30,43 – 34,72 – 29,10), Y4 yükselti grubuna göre (%12,47) daha fazla gerçekleşmiştir. Çalışma alanı büyük bir yüzölçüme sahip olup, botanik kompozisyon için alınan ot örneklerinin değerlendirilmesi sonucu, örnekleme yapıldığı yerlerin heterojen bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bu bakımdan yapılacak olan çalışmalarda araştırma alanlarının nispeten küçük ve homojen yapıda olması ve örnekleme sayılarının artırılması, çalışma alanları hakkında daha fazla bilgiye sahip olabilmemiz bakımından önemli olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Mera, Orman, Yükselti, Botanik kompozisyon

Changing of Botanical Composition in Forest Gap Rangeland Vegetation According to Altitude

Abstract

Rangeland areas within the forest ecosystem are of great importance both for the wildlife and for the local people who make their living from livestock husbandry activities. Determining the participation rates of plants that play a role in the nutrition of both livestock and wild animals in the botanical composition will be useful in terms of giving information about the quality of forage and changes in land use situations. For this purpose, the study was carried out in 2017 in order to determine the change of botanical composition in forest gap rangelands in Erzurum province Oltu district Köroğlu and Uzunoluk localities according to altitude. In this context, botanical compositions were determined on the basis of weight by taking grass samples with quadrats as with four replications from four different elevations ranges [1600-1750 m (Y1), 1750-1900 m (Y2), 1900-2050 m (Y3) and 2050-2200 m (Y4)] in forest gap rangelands areas. According to the results of the study, on average, 26.68% of the botanical composition consisted of legumes, 56.67% of grasses and 16.65% of other family plants. Among the altitude ranges, the highest percentage of grasses (75.28%) and the lowest ratio of legumes (12.47%) were determined in the altitude range of Y4. Legumes rates (30.43 - 34.72 - 29.10) in the first three altitude ranges were higher than the Y4 altitude range (12.47%). The study area has a large area, and as a result of the evaluation of the grass samples taken for the botanical composition, it has been seen that the sampling places have a heterogeneous structure. In this respect, it is thought that the research areas being relatively small and homogeneous in the studies to be carried out and increasing the number of samples may be important in terms of obtaining more information about the study areas.

Keywords: Rangeland, Forest, Altitude, Botanical composition

*Sorumlu Yazar: agfor25@gmail.com

1. Giriş

Doğal mera alanları gibi orman ekosistemi içerisindeki meralar da hem çiftlik hayvanlarının hem de yaban hayvanlarının beslenme ve barınma gibi ihtiyaçlarını karşılaması (Salmon et al., 2012) aynı zamanda da orman köylerindeki hayvanlara kaba yem sağlaması (Alan & Ekiz, 2001) bakımından oldukça önemlidir.

Yüksek rakımlarda yer alan orman içi ve orman kenarı meralar, erken ilkbahar ve sonbahar sonu otlatmaya daha az maruz kaldıklarından dolayı hayvanlar için alternatif yem kaynağıdır (Bilgili & Koç, 2020). Büyüme mevsiminin sonraki bölümünde orman kenarı alanlar hayvanlara yeterli protein ve mineral alımı sağlamak için değerli bir yer olabilir (Yoshihara & Sato, 2013).

Hayvan otlatma, orman-mera ekosisteminin kültürel mirasının önemli bir parçası olup, ormanlar çiftlik hayvanları tarafından uzun yıllardır otlatılmaktadırlar (Varga et al., 2020). Ancak doğal meralardan farklı olarak, orman içi meralarda sürekli otlatma yapmanın veya hayvan yetiştiriciliğini sadece ormana bağlamanın doğru olmayacağı gözönünde tutulmalıdır (Uluocak, 1977).

Yükselti, iklim değişkenlerini ve topografyayı değiştirerek abiyotik çevreyi etkileyen en önemli faktör olarak kabul edilmiştir (Roukos et al., 2017). Yükselti değişiklikleri toprağın fizik-kimyasal özellikleri üzerinde önemli etkiye sahip olup (Saeed et al., 2014), tür kompozisyonunu (Gallardo-Cruz et al., 2009) ve biomas üretimini etkileyebilir (Bhandari & Zhang, 2019). Orman içi meralar orman yetişme ortamının ekolojik-klimatik gelişim ortamı içerisinde yer almaktadır (Yazıcı ve Babalık, 2011). Orman boşlukları, boşluk boyutuna ve çevreleyen orman türlerine bağlı olarak farklı mikro iklim koşullarına sahiptir (Özcan & Gökbülak, 2015).

Farklı yükseltiye sahip orman açıklıklarındaki alanlarda hayvan beslemesi açısından botanik kompozisyona katılan bitkilerin oranlarını belirleyerek otun niteliği ve bu alanlardaki toprakların genel özellikleri hakkında bilgi sahibi olmak önemlidir. Bu çalışma ile farklı yükseltilerdeki orman içi açıklıklarda hayvanların beslenmesinde önemli yeri olan mera bitkilerinin familya bazında botanik kompozisyona katılım oranları, bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi ve bu alanların arazi kullanım durumları hakkında bilgiler elde etmek amaçlanmıştır.

2. Materyal and Metod

2.1. Materyal

Çalışma Erzurum ili Oltu ilçesinde 40°36'47.23"K - 41°57'50.42"D ile 40°38'37.29"K - 41°56'11.22"D koordinatları arasında orman ekosistemi içinde kalan orman içi açıklıklarda 1600 m-1750 m (Y1), 1750 m-1900 m (Y2), 1900 m-2050 m (Y3), 2050 m-2200 m (Y4) olmak üzere 4 farklı yükselti aralığında gerçekleştirilmiştir.

Oltu ilçesinde karasal iklim ile Karadeniz iklimi arasında bir geçiş iklimi hakimdir. İlçede yıllık ortalama sıcaklık 2017 yılında 10,8°C, uzun yıllar ortalamasına göre ise sıcaklık 9,8°C olarak gerçekleşmiştir. Uzun yıllar ortalamasına göre yağış miktarı 390,5 mm olurken, 2017 yılı ortalama yağış miktarı 291,4 mm olarak belirlenmiştir. Yıllık ortalama nisbi nemi

%47,9 olup, uzun yıllar ortalaması ise %59,8 olarak kaydedilmiştir.



Şekil 1: Araştırma alanı

Figure 1: Study area

Araştırma alanına ait bazı toprak özellikleri

Araştırma alanının da içinde bulunduğu, Akdağ, Köroğlu ve Dutlu dağlarının temelinde bazik ve ultrabazik malzeme bulunmakta ve bunun üzerine de flişler gelmektedir. Flişlerin üst seviyelerinde ise sırasıyla; kum taşı, mil taşı, çakıl taşı, kumlu-milli kireçtaşı tabakaları sıralanmaktadır. Kahverengi orman topraklarında, yükseklik artışına bağlı olarak artan yağışla beraber toprakta bulunan kireç yıkanmakta ve toprak asit reaksiyon göstermekle birlikte, Oltu havzasının 2000-2200 m yüksekliklerinde, yapısında kireç olan fliş depolarının bulunduğu alanlarda toprakta sekonder kireçlenme olayı da görülmektedir (Tetik, 1986).

Araştırma alanının genel bitkisel özellikleri

Araştırma alanının bulunduğu alanlarda yüksek rakımlara adapte olmuş, soğuğa dayanıklı türler bulunmaktadır. Bu alanlarda genellikle Avrupa-Sibiryaya florasına ait bitki türleri yaygın olup, bu türlere İran-Turan otsu türleride karışmaktadır (Tetik, 1986). Ayrıca birçok çalı türü, yer yer meşe (*Quercus sp.*), titrek kavak (*Populus tremula*), kayacık (*Ostrya carpinifolia*) gibi odunsu türler bulunmakta olup, 2000 m ve üzerinde ise yörenin asli türü olan sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) ormanları yayılış göstermektedir.

2.2. Metod

Herbir yükselti aralığından botanik kompozisyon için 0,25 m²'lik quadratla 4 tekerrürlü olarak ot örnekleri alınmıştır. Alınan ot örnekleri 0,001 gr'lık hassas terazide tartılarak ağırlık esasına göre botanik kompozisyon yöntemine göre Gökkuş vd. (2009)'nin belirttikleri gibi baklagil, buğdaygil ve diğer familya bitkileri olmak üzere tasnif edilerek, her familyaya ait değer, toplam değere oranlanarak familya gruplarının botanik kompozisyona katılma oranları (%) belirlenmiştir.

Her yükselti aralığından 0-30 cm derinlikten bozulmuş toprak örneği alınarak analizleri yapılmıştır. Alınan toprak örneklerinin analizleri Soil Survey Laboratory Staff (2009)'a göre yapılmıştır.

Botanik kompozisyon verilerinde normallik ve homojenlik testleri yapılarak, varyans analizi (One Way Anova) ile istatistik değerlendirmesi yapılmıştır. Anlamli çıkan değerler arasında Tukey post-hoc testi ile karşılaştırma yapılmıştır. Ayrıca familyalar bazında botanik kompozisyonda Pearson's r korelasyon ilişkilerine bakılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Toprak Özellikleri

Araştırma alanında toprak tekstürleri Y1 ve Y3' de kumlu killi balçık, Y2'de kumlu balçık ve Y4'de ise killi balçık olarak belirlenmiştir. Kum oranı en yüksek (%78,10) ve toz oranı en düşük (%6,60) değerler Y3 deneme alanında belirlenmiştir. Kum oranı en düşük (%35,13), kil (%36,37) ve toz oranı (%28,50) en yüksek değerler Y4 deneme alanında belirlenmiştir. Araştırma alanlarının toprak pH'ları hafif alkali karakterli olarak belirlenmiştir. Aynı zamanda toprak tuzluluğu hakkında fikir veren EC (elektriksel iletkenlik) değerleri 0,02-0,10 mmhos/cm aralığında gerçekleşmiştir. Buna göre alanda tuzluluk probleminin olmadığı sonucuna varılmıştır. Toprakların organik madde içeriklerinin Y1 ve Y2'de sırasıyla %1,08 – 0,78 aralığında, Y3-Y4'de sırasıyla %3,90 – 3,44 aralığında değişim gösterdiği tespit edilmiştir.

Çomaklı et al. (2021) yaptıkları çalışmada benzer rakımlı orman ekosistemindeki meralarda, toprak özellikleri bakımından benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Deneme alanları arasında toprak pH ve EC bakımından benzer özellikler görülürken, yükseltisi daha fazla olan deneme alanlarında toprak organik madde içeriği daha fazla olduğu görülmektedir. Nitekim (Dai &

Huang, 2006), toprak organik madde ile yükseklik arasında pozitif bir ilişki bulmuşlardır. Bilgin ve Özalp (2016) benzer yükseltilere sahip mera alanlarında yaptıkları çalışmada, toprak pH' sı ile yükselti arasında anlamlı bir fark bulunmadığını, organik madde miktarının ise yükselti artışıyla birlikte arttığını belirlemişlerdir.

Çalışma alanında daha yüksek rakımlardaki (Y3-Y4) toprakların organik madde içeriklerinin diğer rakımdaki (Y1-Y2) toprakların organik madde içeriklerinden daha fazla olması, yükselti arttıkça düşük sıcaklık ve artan nemden dolayı (Griffiths et al., 2009), daha yüksek rakımlarda mikrobiyal topluluğun daha düşük verimliliği nedeniyle (De Feudis et al., 2017) ve organik ayrışma oranlarındaki azalmadan kaynaklanabilir (De Feudis et al., 2017; Griffiths et al., 2009). Ayrıca en yüksek toprak organik maddesinin Y3 yükselti deneme alanında olması, bu yükseltide otlatmanın diğer yükselti kademelerine göre daha fazla yapılmış olabileceği fikrini verebilir. Otlatma alanlarında hayvan dışkısı ve idrarından dolayı topraktaki organik madde de artabilmektedir. Nitekim otlayan hayvanlara ait dışkı ve idrarın organik bileşenleri toprakta organik madde rezervleri oluşturabilir (Hubbard et al., 2004).

Tablo 1: Deneme alanına ait toprak analiz sonuçları

Table 1: Soil analysis results of the experimental area

	Kum (%)	Kil (%)	Toz (%)	Toprak Türü	pH	ECx10 ⁻³ (mmhos/cm)	Organik Madde (%)
Y1	51,77	22,25	25,98	Kumlu killi balçık	7,50	0,10	1,08
Y2	66,50	11,55	21,95	Kumlu balçık	7,95	0,03	0,78
Y3	78,10	15,30	6,60	Kumlu killi balçık	7,40	0,02	3,90
Y4	35,13	36,37	28,50	Killi balçık	7,12	0,05	3,44

3.2. Botanik Kompozisyon

Yükselti kademelerine göre, en yüksek buğdaygil oranı (%75,28) en üst yükselti deneme alanında (Y4), en düşük buğdaygil oranı (%38,22) ise Y2'de kaydedilmiştir. En yüksek baklagil oranı (%34,72) Y2'de gerçekleşirken, en düşük baklagil oranı (%12,47) Y4 deneme alanında gerçekleşmiştir. En yüksek diğer familya bitki oranı (%27,06) Y2'de gerçekleşirken, en düşük diğer familya bitki oranı (%10,10) ile Y3 deneme alanında elde edilmiştir.

Botanik kompozisyon bakımından farklı yükseltelerde buğdaygil oranları (p = 0,044) arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar olurken, baklagil oranları (p = 0,217) ve diğer familya bitkilerinde (p = 0,207) yükselti bakımından anlamlı bir fark bulunmamıştır.

Yükselti ile botanik kompozisyon arasında anlamlı bir korelasyon gerçekleşmemiştir. Çalışma sonuçlarımıza benzer şekilde Bhandari & Zhang (2019) farklı yükseltelerde bitki tür zenginliği arasında önemli bir fark bulamamışlardır. Buğdaygil ve baklagil bitkileri arasında (r: -0,904, p < 0,001) negatif korelasyon ortaya çıkmıştır. Nitekim üç farklı yükselti kademesinde yapılan bir çalışmada benzer şekilde baklagil ve buğdaygiller arasında negatif korelasyon olduğu belirlenmiştir (Bilgin & Özalp, 2016). Baklagillerin otlamaya karşı daha az

dirençli olmaları, buna karşın hayvanlar tarafından daha fazla tercih edilmeleri (Çomaklı et al., 2021) ve orman içi meralarda otlatmanın geç başlamasından dolayı uzun boylu bitkilerin mera bitki örtüsünde olması arzulan kısa boylu bitkileri ışığa rekabet yönünden baskı altına alması (Bilgili & Koç, 2020), bu negatif korelasyonu desteklemektedir.

Çomaklı et al. (2021) orman içi ve kenarında bu çalışmaya benzer baklagil oranları tespit etmiş olup, otlatma artışına bağlı olarak baklagillerin oranında azalma olduğunu, bu durumda ham protein içeriği yüksek olan baklagilleri hayvanların daha fazla tercih etmelerinden dolayı, baklagillerin otlamaya karşı daha az dirençli olduklarından kaynaklandığını belirtmişlerdir. Ayrıca, koyun ve keçilerin öncelikli olarak genellikle baklagilleri tercih etmesi nedeniyle, koyun ve keçi otlatılan meralarda baklagil türlerinin oranları çok az olup (Bilgin & Özyiğit, 2005), en üst yükselti deneme alanında (Y4) baklagillerin az olması bu alanda sığır otlatmasının yanında koyun ve keçi otlatması da yapılmış olabilir.

Tablo 2: Farklı yükseltilerdeki deneme alanlarına ait botanik kompozisyon oranları

Table 2: Botanical composition ratios of experimental areas at different altitudes

	Yükselti (m)	Baklagil (%)	Buğdaygil (%)	Diğer Familya Bitkileri (%)
Y1	1600 m-1750 m	30.43 ± 9.90	52.40 ± 8.27 a	17.18 ± 4.53
Y2	1750 m-1900 m	34.72 ± 10.48	38.22 ± 8.23 b	27.06 ± 5.95
Y3	1900 m-2050 m	29.10 ± 18.20	60.80 ± 17.44 a	10.10 ± 3.01
Y4	2050 m-2200 m	12.47 ± 2.29	75.28 ± 4.49 a	12.25 ± 2.92
	Ortalama	26.68	56.67	16.65

Mean ± Standart Error. Farklı harfle işaretlenmiş olan ortalamalar arasındaki fark, %5’de ($p < 0,05$) önemlidir.

Botanik kompozisyon bakımından çalışma alanının genelinde buğdaygillerin baskın olduğu görülmektedir. Nitekim Babalık ve Matrasulov (2020) yaptıkları çalışmada benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Buğdaygil bitkilerinin otlamaya karşı dayanıklı olması çalışma alanının genelinde buğdaygil oranlarının yüksek olmasına sebep olmuş olabilir. Ayrıca orman alanları açık mera alanlarına göre daha korunaklı olduklarından (Bilgili & Koç, 2020), özellikle yüksek rakımlı orman içi mera alanlarında otlama baskısının daha az olmasından kaynaklanmış olabilir. Yine bu durumun yüksek rakımlı alanlarda nemin daha fazla olmasından (Griffiths et al., 2009) ve topraktaki organik madde artışının buğdaygiller üzerinde olumlu etkisinden (Bilgin & Özalp, 2016) kaynaklanmış olabilir.

Çalışma alanının genelinde diğer familya bitki oranının az olduğu, bu durum orman alanlarının otlama bakımından kontrol altında olmasından (Bilgili & Koç, 2020) kaynaklanabilir. Y2 yükselti aralığı deneme alanında diğer familya bitkilerinin diğer üç alana göre fazla olması, otlamanın bu alanda diğer alanlara göre nisbeten daha fazla olduğu düşünülebilir. Nitekim otlanan alanlarda diğer familya bitkilerinin botanik kompozisyondaki oranının daha yüksek çıktığı, bunun merada otlatılan hayvanların buğdaygil ve baklagilleri daha fazla tercih etmesinden dolayı kaynaklanabilir (Karan & Başbağ, 2017).

4. Sonuç

Çalışmanın sonuçlarına göre, ortalama olarak botanik kompozisyonun %26,68’i baklagil, %56,67’si buğdaygil ve %16,65’i ise diğer familya bitkilerinden oluştuğu tespit edilmiştir. Yükselti grupları içerisinde en yüksek buğdaygil oranı (%75,28) ve en düşük baklagil oranı (%12,47) 2050-2200 m yükselti aralığında belirlenmiştir. İlk üç yükselti grubunda baklagil oranları (30,43 – 34,72 – 29,10), 2050-2200 m yükselti grubuna göre (%12,47) daha fazla gerçekleşmiştir. Ayrıca en üst iki yükselti aralığında toprak organik maddesinin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Deneme alanlarında botanik kompozisyonun farklılık göstermesi, yükselti farklılıklarına bağlı olarak iklimsel değişiklikler ve toprak karakteristiklerinin farklılığından kaynaklanmış olabilir. Çalışma alanı büyük bir yüzölçüme sahip olup, botanik kompozisyon için alınan ot örneklerinin değerlendirilmesi sonucu örnekleme yapıldığı yerlerin heterojen bir yapıya sahip olduğu görülmüştür. Bu bakımdan yapılacak olan çalışmalarda araştırma alanlarının nispeten küçük ve homojen yapıda olması ve örnekleme sayılarının artırılması, çalışma alanları hakkında daha fazla

bilgiye sahip olabilmemiz bakımından önemli olabileceği düşünülmektedir.

Kaynakça

- Alan, M., & Ekiz, H. (2001). Bala-Küredağı Orman içi Merasında Bir Vejetasyon Etüdü. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(4), 62–69. https://doi.org/10.1501/tarimbil_0000000688
- Babalık, A.A. & Matrasulov, F. (2020). Antalya Çukuryayla Merasının Vejetasyon Özellikleri ve Otlama Kapasitesinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 327-333.
- Bhandari, J., & Zhang, Y. (2019). Effect of altitude and soil properties on biomass and plant richness in the grasslands of Tibet, China, and Manang District, Nepal. *Ecosphere*, 10(11). <https://doi.org/10.1002/ecs2.2915>
- Bilgin, M., & Özyiğit, Y. (2005). Korkuteli ve Elmalı’da bulunan bazı doğal meraların vejetasyon durumlarının belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2), 261–266.
- Bilgili, A., & Koç, A. (2020). Sarıçamış Orman İçi Mera Bitki Örtülerinin Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. *Atatürk Univ. Journal of Agricultural Faculty*, 51(1), 88–96. <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.608971>
- Bilgin, F., & Özalp, M. (2016). Investigating the effects of elevation changes on vegetation structure and soil properties for the pasturelands above forest line. *Artvin Coruh University Journal of Forestry Faculty*, 17(2), 135–147. <https://doi.org/10.17474/acuofd.20913>
- Çomaklı, E., Güllap, M. K., Çomaklı, T., & Bilgili, A. (2021). The comparison of botanical composition and the condition and health class of different rangeland sites in forest ecosystem. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(3), 349–355. <https://doi.org/10.3906/tar-2011-95>
- Dai, W., & Huang, Y. (2006). Relation of soil organic matter concentration to climate and altitude in zonal soils of China. *CATENA*, 65(1), 87–94. <https://doi.org/10.1016/J.CATENA.2005.10.006>
- De Feudis, M., Cardelli, V., Massaccesi, L., Lagomarsino, A., Fornasier, F., Westphalen, D. J., Cocco, S., Corti, G., & Agnelli, A. (2017). Influence of Altitude on Biochemical Properties of European Beech (*Fagus sylvatica* L.) Forest Soils. *Forests* 2017, Vol. 8, Page 213, 8(6), 213. <https://doi.org/10.3390/F8060213>
- Gallardo-Cruz, J. A., Pérez-García, E. A., & Meave, J. A. (2009). β -Diversity and vegetation structure as influenced by slope

- aspect and altitude in a seasonally dry tropical landscape. *Landscape Ecology* 2009 24:4, 24(4), 473–482. <https://doi.org/10.1007/S10980-009-9332-1>
- Gökkuş, A., Koç, A., & Çomaklı, B. (2009). Çayır-Mera Uygulama Klavuzu Geliştirilmiş 3. Baskı), Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:142, Erzurum, 147s.
- Griffiths, R. P., Madritch, M. D., & Swanson, A. K. (2009). The effects of topography on forest soil characteristics in the Oregon Cascade Mountains (USA): Implications for the effects of climate change on soil properties. *Undefined*, 257(1), 1–7. <https://doi.org/10.1016/J.FORECO.2008.08.010>
- Hubbard, R. K., Newton, G. L., & Hill, G. M. (2004). Water quality and the grazing animal. *Journal of Animal Science*, 82(suppl_13), E255–E263. https://doi.org/10.2527/2004.8213_SUPPLE255X
- Karan, H., & Başbağ, M. (2017). Elazığ İli Merkez İlçesi Hal Köyü'nde Korunan ve Otlatılan Alanların Botanik Kompozisyon Bakımından Karşılaştırılması Comparison with Regard to Grazed and Non-Grazed Areas Botanical Composition in Hal Village of Elazig Province. *Fırat Üniv. Müh. Bil. Dergisi Science and Eng. J of Fırat Univ*, 29(2), 259–264.
- Özcan, M., & Gökbülak, F. (2015). Effect of size and surrounding forest vegetation on chemical properties of soil in forest gaps. *IForest - Biogeosciences and Forestry*, 8(1), 67. <https://doi.org/10.3832/IFOR0940-007>
- Roukos, C., Koutsoukis, C., Akrida-Demertzi, K., Karatassiou, M., Demertzis, G. P., & Kandrelis, S. (2017). The effect of altitudinal zone on soil properties, species composition and forage production in subalpine grassland in northwest Greece. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15, 609–626. https://doi.org/10.15666/aeer/1501_609626
- Saeed, S., Younus, M., Barozai, K., Ahmad, A., & Shah, S. H. (2014). Impact of Altitude on Soil Physical and Chemical Properties in Sra Ghurgai (Takatu mountain range) Quetta, Balochistan. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(3), 730–735. <http://www.ijser.org>
- Salmon, O., Reid, C., & McAvoy, D. (2012). Forest Grazing : Managing Your Land for Trees , Forage, and Livestock. *Rural/Conservation Forestry*, May, 8.
- Soil Survey Staff. (2009). Soil Survey Field and Laboratory Methods Manual. *Soil Survey Investigations Report No. 51, Version 1.0. R. Burt (ed.). U.S. Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service.*
- Tetik, M. (1986). Kuzeydoğu Anadolu'daki Saf Sarıçam (*Pinus sylvestris L.*) Ormanlarının Ekolojik Şartları. *Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 177*, Ankara.
- Uluocak, N. (1977). Doğal Meralar ve Orman Meraları. Gıda-Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Ziraat İşletmeleri Genel Müdürlüğü, *Çayır Mera ve Yem Bitkileri Semineri, 20-27 Haziran 1977, Erzurum*. 1-19.
- Varga, A., Demeter, L., Ulicsni, V., Öllerer, K., Biró, M., Babai, D., & Molnár, Z. (2020). Prohibited, but still present: local and traditional knowledge about the practice and impact of forest grazing by domestic livestock in Hungary. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 16(1), 1-12.
- Yazıcı, N., Babalık, A.A. (2011). Orman Meraları, Sorunları ve Çözüm Önerileri. Orman ve Av Dergisi, Yıl: 2011, Sayı: 3 (Mayıs-Haziran), Sayfa: 33-38, Ankara.
- Yoshihara, Y., & Sato, S. (2013). Seasonal change and distribution of grass nutritive values and minerals in an open pasture surrounded by forest. *Agroforestry Systems* 2013 87:4, 87(4), 901–907. <https://doi.org/10.1007/S10457-013-9606-0>



A Note on the Stability Analysis of Nonlinear Fractional Difference Equations: Comparative Approach

Halis Can Koyuncuoğlu^{1*}, Nezihe Turhan Turan²

^{1*} İzmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Engineering Sciences, İzmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8880-1552), haliscan.koyuncuoglu@ikcu.edu.tr

² İzmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Engineering Sciences, İzmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9012-4386), nezihe.turhan.turan@ikcu.edu.tr

(First received 26 January 2022 and in final form 3 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1063439)

ATIF/REFERENCE: Koyuncuoğlu, H.C., Turhan Turan, N. (2022). A Note on the Stability Analysis of Nonlinear Fractional Difference Equations: Comparative Approach. *European Journal of Science and Technology*, (35), 116-122.

Abstract

In this study, we focus on nonlinear forward fractional difference equations with order $\nu \in (0,1]$ and construct stability analysis regarding h -stability and Mittag-Leffler stability notions. The main results of the paper are obtained by equiparating the equation in the spotlight with an auxiliary fractional difference equation. The outcomes of the manuscript provide an alternative approach to the ongoing theory of discrete fractional equations since the method used in the main results deviates from the fundamental tools of stability theory, namely fixed point theory and Liapunov's direct method.

Keywords: h -stability, Mittag-Leffler stability, Forward fractional difference equation, Perturbed equation.

Doğrusal Olmayan Kesirli Fark Denklemlerinin Kararlılık Analizi Üzerine Bir Not: Karşılaştırmalı Yaklaşım

Öz

Bu çalışmada $\nu \in (0,1]$ mertebesinde doğrusal olmayan kesirli fark denklemleri üzerinde durulmuş olup, h -kararlılık ve Mittag-Leffler kararlılığı kavramları kullanılarak bir kararlılık analizi yapılmıştır. Makalenin temel sonuçları odaklanılan kesirli fark denkleminin yardımcı bir kesirli fark denklemi ile karşılaştırılması ve kıyaslanması ile elde edilmiştir. Bu çalışmanın çıktıları literatürde kesirli denklemlerin kararlılık analizinde genellikle kullanılan sabit nokta teorisi ve Liapunov teorisi gibi araçların dışında bir yol kullanılarak elde edildiği için halen gelişmekte olan ayrık kesirli denklemlerin teorisine farklı bir bakış açısı sunarak katkı sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: h -Kararlılık, Mittag-Leffler kararlılık, Kesirli fark denklemi, Pertürbe denklem.

*Corresponding Author: haliscan.koyuncuoglu@ikcu.edu.tr

1. Introduction

Noninteger-order equations, namely fractional equations, have become a vogue research area in the last two decades due to their potential application in theoretical and applied sciences. The popularity of the subject has directed researchers from a wide range of disciplines to construct fractional analogs of real-life models, and this eventuates excellent applications of fractional equations. By a quick literature review, one may easily find out the utilization of fractional equations in neural networks, signal processing, mechanics, biology, medicine, finance, and economics.

The qualitative theory of fractional equations is a fruitful and developing research area for mathematicians, and undoubtedly these types of equations are appreciably studied on continuous and discrete-time domains. Consequentially, the theories for fractional differential and difference equations have been enhanced correspondingly. As it is well known, one of the landmark branches of qualitative theory of differential and difference equations is the stability theory, and naturally, stability analysis of fractional equations on continuous and discrete-time domains is extensively studied. We refer to readers (Baleanu, Wu, Bai, & Chen, 2017; Choi, Kang, & Koo, 2014; Choi & Koo, 2011; Kang & Koo, 2019) as the remarkable studies for stability analysis of fractional differential equations, and also we indicate the inspiring papers (Chen, 2011; Chen & Liu, 2012; Wyrwas & Mozyrska, 2015) for the stability analysis of discrete fractional equations. In the present work, we aim to contribute to the already established literature regarding stability analysis of fractional equations by focusing on nonlinear forward fractional difference equations and providing sufficient conditions for the stability of the solutions. Indeed, the main objective of the paper is two-fold:

(I) ***h*-stability:** As the first objective, we examine the *h*-stability of the solutions for nonlinear fractional difference equations and their perturbations. The notion of *h*-stability was initially introduced as an extension of the exponential stability definition for solutions of differential equations by Pinto (1984). By *h*-stability of the zero solution for the initial value problem

$$\begin{cases} x'(t) = f(t, x) \\ x(t_0) = x_0 \end{cases}, \quad f(t, 0) = 0,$$

we mean the solution *x* satisfies $|x(t)| \leq c|x_0| \frac{h(t)}{h(t_0)}$ where $c \geq 1$ and *h* is a bounded function. Discussion of *h*-stability is also carried to discrete-time domains. We refer to (Choi, Koo, & Song, 2004; Medina, 1998; Medina & Pinto, 1996) as related studies. Besides, this definition is adopted to fractional equations defined on continuous-time by Choi et al. (2014).

(II) **Mittag-Leffler stability:** Secondly, we investigate the sufficient conditions for the Mittag-Leffler stability of the nonlinear forward fractional difference equations and their perturbations. It should be noted that the Mittag-Leffler function is primarily proposed in the paper (Mittag-Leffler, 1902) and has become essential for fractional equations. It is possible to establish an analogy between the exponential functions in differential and difference equations and Mittag-Leffler functions in fractional calculus since Mittag-Leffler functions are used as a fractional exponential function. On the other hand, Mittag-Leffler stability is proposed via the Mittag-Leffler

function, and the Mittag-Leffler stability for the solutions of fractional equations is vastly studied on both continuous and discrete-time domains.

In our analysis, we are inspired by the papers (Choi, Koo, & Ryu, 2003; Choi et al., 2014; Choi & Koo, 2011; Choi et al., 2004) and invert an inequality which is crucial to conduct a comparative approach between two nonlinear fractional discrete initial value problems. To the best of our knowledge, such a correlative approach has not been performed in discrete fractional calculus. Thus, the main results of this paper are distinguished from the stability results in the existing literature regarding fractional difference equations since the outcomes of the manuscript avoid utilization of the fixed point theory or Liapunov's direct method.

The organization of the manuscript is as follows: In the next section, we provide a summary for forward discrete fractional calculus. Section 3 is devoted to the presentation of our stability results regarding *h*-stability and Mittag-Leffler stability.

2. Essentials for forward discrete fractional calculus

This chapter is devoted to the presentation of basic definitions and results on forward fractional discrete calculus. Given definitions and results can be found in (Atici & Eloe, 2007; Atici & Eloe, 2009b; Atici & Eloe, 2015).

Let Γ stand for the conventional gamma function. First, we introduce the following notation

$$t^{(\mu)} = \frac{\Gamma(t+1)}{\Gamma(t+1-\mu)}.$$

Note that if $t+1-\mu \in \{0, -1, \dots, -k, \dots\}$, then we set $t^{(\mu)} = 0$. For the readership, it is convenient to list the following identities: Assume that the factorial functions are well defined. Then

- i. $(t-\mu)t^{(\mu)} = t^{(\mu+1)}$ for $\mu \in \mathbb{R}$
- ii. $\mu^{(\mu)} = \Gamma(\mu+1)$,
- iii. If $t \leq r$, then $t^{(\nu)} \leq r^{(\nu)}$ for any $\nu > r$,
- iv. If $0 < \nu < 1$, then $t^{(\alpha\nu)} \geq (t^{(\alpha)})^\nu$,
- v. $t^{(\alpha+\beta)} = (t-\beta)^{(\alpha)}t^{(\beta)}$.

In the sequel, the forward fractional summation is given by

$$\Delta_a^{-\nu} f(t) = \sum_{s=a}^{t-\nu} \frac{(t-\sigma(s))^{(\nu-1)}}{\Gamma(\nu)} f(s),$$

where $\sigma(s) = s+1$, $\nu \geq 0$, and $a \in \mathbb{R}$. The notation \mathbb{N}_a indicates the set $\{a, a+1, a+2, \dots\}$, and obviously, the operator $\Delta_a^{-\nu}$ maps \mathbb{N}_a to $\mathbb{N}_{a+\nu}$. Also, we write $\Delta^{-\nu} f(t)$ when $a=0$. Next, we present the Riemann-Liouville forward fractional difference as follows:

$$\Delta_a^\mu f(t) = \Delta_a^{m-\nu} f(t) = \Delta^m (\Delta_a^{-\nu} f(t)),$$

where $\mu > 0$, $m-1 < \mu \leq m$ for positive integer *m*, and $-\nu = \mu - m$. We shall recall the following properties regarding the Riemann-Liouville forward fractional difference:

- vi. $\Delta t^{(\mu)} = \mu t^{(\mu-1)}$,
- vii. If $\mu \neq -1$ and $\mu + \nu + 1$ is not a non-positive integer, then

$$\Delta_{\mu}^{-\nu} t^{(\mu)} = \frac{\Gamma(\mu + 1)}{\Gamma(\mu + \nu + 1)} t^{(\mu+\nu)}.$$

Furthermore, we list some auxiliary results on forward fractional discrete calculus.

Theorem 2.1: Let f be a real valued function defined on \mathbb{N}_a and suppose that $\mu, \nu > 0$. Then

$$\Delta^{-\nu}(\Delta^{-\mu} f(t)) = \Delta^{-\nu-\mu} f(t) = \Delta^{-\mu}(\Delta^{-\nu} f(t)).$$

Theorem 2.2: For any function f defined on \mathbb{N}_a and $\nu > 0$, the equation,

$$\Delta^{-\nu}(\Delta f(t)) = \Delta(\Delta^{-\nu})f(t) - \frac{(t-a)^{(\nu-1)}}{\Gamma(\nu)} f(a).$$

As it is highlighted in Remark 2.1 of (Atıcı & Eloe, 2009b), if one replaces ν with $\nu + 1$ and utilizes Theorem 1, the following identity,

$$\Delta^{-\nu} f(t) = \Delta^{-\nu-1}(\Delta f(t)) + \frac{(t-a)^{(\nu)}}{\Gamma(\nu+1)} f(a)$$

is straightforward.

Theorem 2.3: For any $\nu \in \mathbb{R}$ and positive integer p , the following equality holds

$$\Delta^{-\nu} \Delta^p f(t) = \Delta^p \Delta^{-\nu} f(t) - \sum_{k=0}^{p-1} \frac{(t-a)^{(\nu-p+k)}}{\Gamma(\nu-p+k+1)} \Delta^k f(a) \quad (1)$$

where f is defined on \mathbb{N}_a .

Theorem 2.4: Let p be a positive integer and $\nu > p$. Then

$$\Delta^p(\Delta^{-\nu} f(t)) = \Delta^{-(\nu-p)} f(t).$$

The following result, which appears as Lemma 2.1 in (Atıcı & Eloe, 2009a), establishes a linkage between forward and backward fractional summation operators.

Lemma 2.5: Let $0 \leq m - 1 < \nu \leq m$ where m is an integer, a be a positive integer and $y(t)$ be defined on \mathbb{N}_a . Then the following identities hold:

$$(1) \Delta_a^{\nu} y(t - \nu) = \nabla_a^{\nu} y(t) \text{ for } t \in \mathbb{N}_{m+a}.$$

$$(2) \Delta_a^{-\nu} y(t + \nu) = \nabla_a^{-\nu} y(t) \text{ for } t \in \mathbb{N}_a.$$

3. Main Results

In this part, we concentrate on the forward fractional discrete initial value problem

$$\begin{cases} \Delta^{\nu} x(t) = f(t + \nu - 1, x(t + \nu - 1)) \\ x(0) = x_0 \end{cases}, \quad (2)$$

and its perturbation

$$\begin{cases} \Delta^{\nu} z(t) = f(t + \nu - 1, z(t + \nu - 1)) + g(t + \nu - 1, z(t + \nu - 1)) \\ z(0) = z_0 \end{cases}, \quad (3)$$

where $t \in \mathbb{N}_{1-\nu}$, $\nu \in (0,1]$, and $f(t,0) = g(t,0) = 0$. With reference to Lemma 2.4 of (Chen, Luo, & Zhou, 2011) and Lemma 2.2 of (Chen, 2011), we express the solutions $x: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$ and $z: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$ of nonlinear fractional equations (2) and (3) as

$$x(t) = x_0 + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} f(s + \nu - 1, x(s + \nu - 1)),$$

$$(4)$$

and

$$z(t) = z_0 + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} [f(s + \nu - 1, z(s + \nu - 1)) + g(s + \nu - 1, z(s + \nu - 1))], \quad (5)$$

respectively. We pursue two approaches for stability, namely h -stability and Mittag-Leffler stability, for the zero solutions of problems (2) and (3). To achieve this task, we employ an inequality that enables us to conduct a fractional comparison between (2) & (3) and auxiliary fractional difference equations and obtain sufficient conditions to ensure stability.

Inspired by (Choi et al., 2003), we prove the following lemma, which is crucial for the setup of our stability results.

Lemma 3.1: Let the function $f(t, r)$ be nonnegative and nondecreasing in its second argument for any fixed $t \in \mathbb{N}$. Suppose that the nonnegative functions x and y satisfy

$$x(t) - \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} f(s, x(s)) < y(t) - \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} f(s, y(s)). \quad (6)$$

If $x(0) < y(0)$, then $x(t) < y(t)$ for all $t \in \mathbb{N}$.

Proof: Suppose that f is nonnegative, nondecreasing in its second argument, and the inequality (6) holds. Also, we assume that $x(0) < y(0)$. To obtain a contradiction, we suppose $x(t^*) = y(t^*)$, and $x(s) < y(s)$ for $0 \leq s < t^*$. By using (6), we write

$$x(t^*) < y(t^*) + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \left[\sum_{s=1-\nu}^{t^*-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} f(s, x(s)) - \sum_{s=1-\nu}^{t^*-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} f(s, y(s)) \right] \leq y(t^*),$$

where we used the monotonicity of the function f . This is a contradiction, and the proof is complete. \square

3.1. h -Stability

We shall introduce the notion of h -stability due to Definition 12 of (Choi et al., 2014) on fractional calculus as the initial step.

Definition 3.2: The zero solution of the forward fractional difference equation given in (2) is said to be h -stable if there exist a constant $c \geq 1$ and a bounded, positive function $h: \mathbb{N} \rightarrow \mathbb{R}$ such that

$$|x(t)| \leq c|x(a)| \frac{h(t)}{h(a)}, t \geq a \geq 0,$$

for $|x(a)| < \delta$.

Next, we present our first result regarding the h -stability of the zero solution for the initial value problem (2).

Theorem 3.3: Suppose that the function f in (2) satisfies

$$|f(t, x)| \leq q(t, |x|), \tag{7}$$

where $q: \mathbb{N} \times \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+$ is nondecreasing in its second argument and $q(t, 0) = 0$. Moreover, consider the following forward fractional difference equation

$$\begin{cases} \Delta^\nu y(t) = q(t + \nu - 1, y(t + \nu - 1)) \\ y(0) = y_0 \end{cases}, t \in \mathbb{N}_{1-\nu} \tag{8}$$

as the auxiliary problem. If the zero solution of (8) is h -stable, then the zero solution of (2) is also h -stable whenever $y_0 > |x_0|$.

Proof: Let x be the solution of (2), and suppose that condition (7) holds. By (4), we write

$$\begin{aligned} |x(t)| &\leq |x_0| + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} |f(s + \nu - 1, x(s + \nu - 1))| \\ &\leq |x_0| + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} q(s + \nu - 1, |x(s + \nu - 1)|). \end{aligned} \tag{9}$$

Assuming that $|x_0| < y_0$, we have

$$\begin{aligned} |x(t)| - \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} q(s + \nu - 1, |x(s + \nu - 1)|) \\ \leq |x_0| < y_0 = y(t) - \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} q(s + \nu - 1, y(s + \nu - 1)), \end{aligned}$$

which leads to $|x(t)| < y(t)$ for all $t \in \mathbb{N}$ by Lemma 3.1. If the solution y of the auxiliary problem (8) is h -stable, i.e.,

$$y(t) \leq c^* |y(a)| \frac{h(t)}{h(a)}, t \geq a \geq 0,$$

for $|y(a)| < \delta$, then

$$|x(t)| < y(t) \leq c^* |y(a)| \frac{h(t)}{h(a)} = c |x(a)| \frac{h(t)}{h(a)},$$

where $y(a) = k|x(a)|$ and $c = kc^*$ with $k > 1$. This completes the proof. \square

Subsequently, we aim to present another result regarding h -stability for the perturbed equation (3). For this purpose, first, we have to derive a nonlinear variation of parameters formula, which is instrumental in obtaining the solution $z(t, x_0)$ of (3) in terms of the solution $x(t, x_0)$ of the problem (2). The nonlinear variation of parameters formula for perturbed nabla fractional difference equations and the dependence of solutions on initial conditions are studied in detail by the papers (Mohan, 2013) and (Deekshitulu & Mohan, 2013). It should be highlighted that the nabla fractional difference equation

$$\begin{cases} \nabla^\nu x(n + 1) = f(n, x(n)) \\ x(0) = x_0 \end{cases}, n \in \mathbb{N}, \nu \in (0, 1]$$

examined in (Deekshitulu & Mohan, 2013) and the forward fractional difference equation (2) are identical due to Lemma 2.5. More explicitly, we have $\nabla^\nu x(n + 1) = \Delta^\nu x(n + 1 - \nu)$, and a substitution $t = n + \nu - 1$ yields the desired identity. Inspired by the papers mentioned above, we aspire to adapt the nonlinear variation of parameters formula given in (Mohan, 2013; Deekshitulu & Mohan, 2013) for (3) to propose sufficient conditions for the h -stability of its zero solution.

We provide the following crucial result by rewriting Theorem 2.2 of (Deekshitulu & Mohan, 2013) in terms of forward fractional calculus to obtain the variation of parameters for the nonlinear perturbed equation in (3). The proof is omitted since it is tantamount to the proof of Theorem 2.2 by Deekshitulu and Mohan (2013).

Theorem 3.4: Suppose that the partial derivative $\frac{\partial f}{\partial x}$ exists for the function $f: \mathbb{N} \times \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$. Let $x(t, x_0)$ be the solution of the initial value problem (2) and set

$$H(t + \nu - 1) = \frac{\partial}{\partial x} f(t + \nu - 1, x(t + \nu - 1)).$$

Then

$$\Phi(t + \nu - 1, x_0) = \frac{\partial}{\partial x_0} x(t + \nu - 1, x_0) \tag{10}$$

exists, and it is the solution to the initial value problem

$$\begin{cases} \Delta^\nu \Phi(t, x_0) = H(t + \nu - 1) \Phi(t + \nu - 1, x_0) \\ \Phi(0, x_0) = I \end{cases}, t \in \mathbb{N}. \tag{11}$$

The next result enables us to construct a comparative stability result for the solution of (3) since it describes how to express the solution of the perturbed problem (3) in accordance with the unperturbed equation in (2). It should be emphasized that the following outcome is originated from Theorem 3.1 of (Deekshitulu & Mohan, 2013), and its proof is presented by following the similar steps of the principal result established for nabla fractional difference equations.

Theorem 3.5 (Nonlinear variation of parameters formula):

Let $f(t, x)$ and $g(t, x)$ be two functions, and assume that $\frac{\partial f}{\partial x}$ exists and continuous. Also, consider the function Φ which is defined as in (10). Then any solution $z(t) = z(t, x_0)$ of the problem (3) with the updated initial condition $z(0) = x_0$ satisfies the equation

$$\begin{aligned} z(t, x_0) = x \left(t, x_0 + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{k=0}^{t-\nu} [\xi^{-1}(k + \nu, w(k), w(k + \nu)) \right. \\ \left. \sum_{s=1-\nu}^k (k + \nu - \sigma(s))^{(\nu-1)} g(s + \nu - 1, z(s + \nu - 1)) \right] \end{aligned} \tag{12}$$

where

$$\xi(k + \nu, w(k), w(k + \nu)) = \int_0^1 \Phi(k + \nu, rw(k + \nu) + (1 - r)w(k)) dr.$$

Proof: Consider the forward fractional difference equation in (3) with the initial condition $z(0) = x_0$. Then, the solution z of the perturbed problem is given by

$$\begin{aligned} z(t + \nu, x_0) = x_0 + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} \left((t + \nu - \sigma(s))^{(\nu-1)} \right. \\ \left. [f(s + \nu - 1, z(s + \nu - 1, x_0)) + g(s + \nu - 1, z(s + \nu - 1, x_0))] \right) \end{aligned} \tag{13}$$

due to (5). To propose the variation of parameters formula for the forward fractional perturbed equation, we shall determine a function so that $z(t, x_0) = x(t, w(t))$ with $w(0) = x_0$. Once the desired identity $z(t, x_0) = x(t, w(t))$ is achieved, one may easily write

$$x(t + \nu, w(t + \nu)) = x_0 + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^t ((t + \nu - \sigma(s))^{(\nu-1)} [f(s + \nu - 1, x(s + \nu - 1, w(s))) + g(s + \nu - 1, x(s + \nu - 1, w(s)))])$$

(14)

with the help of (13). Since $x(t, x_0)$ is the solution to problem (2), it is clear that

$$x(t + \nu, w(t)) = x_0 + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^t (t + \nu - \sigma(s))^{(\nu-1)} f(s + \nu - 1, x(s + \nu - 1, w(s))).$$

(15)

By using (14) and (15), we have

$$\frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^t (t + \nu - \sigma(s))^{(\nu-1)} g(s + \nu - 1, x(s + \nu - 1, w(s))) = x(t + \nu, w(t + \nu)) - x(t + \nu, w(t)).$$

(16)

We employ the mean value theorem on the right-hand side of (16) and obtain

$$\int_0^1 \frac{\partial}{\partial x_0} x(t + \nu, rw(t + \nu) + (1 - r)w(t)) dr = \frac{x(t + \nu, w(t + \nu)) - x(t + \nu, w(t))}{w(t + \nu) - w(t)},$$

where $\frac{\partial}{\partial x_0}$ indicates the partial derivative of the function with respect to its second argument. This yields

$$(w(t + \nu) - w(t)) \int_0^1 \frac{\partial}{\partial x_0} x(t + \nu, rw(t + \nu) + (1 - r)w(t)) dr = \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^t (t + \nu - \sigma(s))^{(\nu-1)} g(s + \nu - 1, z(s + \nu - 1, x_0)).$$

For the sake of brevity, we set

$$\xi(t + \nu, w(t), w(t + \nu)) = \int_0^1 \Phi(t + \nu, rw(t + \nu) + (1 - r)w(t)) dr,$$

then write

$$w(t + \nu) - w(t) = \frac{\xi^{-1}(t + \nu, w(t), w(t + \nu))}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^t [(t + \nu - \sigma(s))^{(\nu-1)} g(s + \nu - 1, z(s + \nu - 1, x_0))].$$

(17)

Taking the sum of both sides provides the following equation

$$w(t) = x_0 + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{k=0}^{t-\nu} [\xi^{-1}(k + \nu, w(k), w(k + \nu)) \sum_{s=1-\nu}^k (k + \nu - \sigma(s))^{(\nu-1)} g(s + \nu - 1, z(s + \nu - 1))].$$

(18)

Consequently, the desired equation $z(t, x_0) = x(t, w(t))$ holds whenever w is as in (18). The proof is complete. \square

Remark 3.6: To provide an alternative representation of (12), we consider

$$\frac{x(t, w(t)) - x(t, x_0)}{w(t) - x_0} = \int_0^1 \frac{\partial}{\partial x_0} x(t, rw(t) + (1 - r)x_0) dr$$

due to the mean value theorem. This implies

$$x(t, w(t)) = x(t, x_0) + (w(t) - x_0)\xi(t, w(t), x_0)$$

which results in

$$z(t, x_0) = x(t, x_0) + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{k=0}^{t-\nu} [\xi(t, w(t), x_0)\xi^{-1}(k + \nu, w(k), w(k + \nu)) \sum_{s=1-\nu}^k (k + \nu - \sigma(s))^{(\nu-1)} g(s + \nu - 1, z(s + \nu - 1))].$$

Now, we are all set to present our next stability result based on the h -stability of the zero solution of perturbed forward fractional difference equation with the initial condition $z(0) = x_0$.

Theorem 3.7: Suppose that the zero solution of the problem (2) is h -stable with nonincreasing function h and the solution Φ of (11) is bounded, i.e., $n \leq |\Phi(t, x_0)| \leq N$ for all $t \in \mathbb{N}$. Additionally, we assume

$$g(t, z) \leq q(t, |z|),$$

(19)

Where $q: \mathbb{N} \times \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+$ is strictly increasing in its second argument, and $q(t, 0) = 0$. Consider the following forward fractional difference equation

$$\begin{cases} \Delta^\nu u(t) = c^*q(t + \nu - 1, u(t + \nu - 1)), & t \in \mathbb{N}_{1-\nu} \\ u(0) = u_0 \end{cases}$$

(20)

If the zero solution of (20) is h -stable, then the zero solution of the perturbed equation in (3) with $z(0) = x_0$ is also h -stable when $u_0 = c^*|x_0|$ for $c^* \geq 1$.

Proof: Suppose that the zero solution of (2) is h -stable and (19) is satisfied. First of all, we write

$$z(t, x_0) = x(t, x_0) + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{k=0}^{t-\nu} [\xi(t, w(t), x_0)\xi^{-1}(k + \nu, w(k), w(k + \nu)) \sum_{s=1-\nu}^k (k + \nu - \sigma(s))^{(\nu-1)} g(s + \nu - 1, z(s + \nu - 1))]$$

by Remark 1.

Then, we consider

$$|z(t, x_0)| \leq |x(t, x_0)| + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{k=0}^{t-\nu} [|\xi(t, w(t), x_0)\xi^{-1}(k + \nu, w(k), w(k + \nu))| \sum_{s=1-\nu}^k (k + \nu - \sigma(s))^{(\nu-1)} |g(s + \nu - 1, z(s + \nu - 1))|]$$

$$\begin{aligned} &\leq c|x_0| + \frac{1}{\Gamma(\nu)} \frac{N}{n} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} q(s + \nu - 1, |z(s + \nu - 1)|) \\ &\leq c^*|x_0| + c^* \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} q(s + \nu - 1, |z(s + \nu - 1)|), \end{aligned} \tag{21}$$

where $c^* = \max\{c, \frac{N}{n}\}$. As an implementation of (21), we get

$$\begin{aligned} |z| &- c^* \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} q(s + \nu - 1, |z(s + \nu - 1)|) \\ &\leq c^*|x_0| = u_0 \\ &= u(t) - c^* \frac{1}{\Gamma(\nu)} \sum_{s=1-\nu}^{t-\nu} (t - \sigma(s))^{(\nu-1)} q(s + \nu - 1, u(s + \nu - 1)). \end{aligned}$$

Then by Lemma 3.1, $|z(t)| < u(t)$ for all $t \in \mathbb{N}$. To conclude, we write the following due to the condition regarding h -stability of the zero solution for (20)

$$|z(t)| < u(t) \leq \hat{c}u_0 \frac{h(t)}{h(0)} = d|x_0| \frac{h(t)}{h(0)},$$

where $d = \hat{c}c^* \geq 1$. Therefore, the zero solution of the perturbed equation is h -stable. \square

3.2. Mittag-Leffler Stability

In this part, we examine the Mittag-Leffler stability of the solutions of the forward fractional difference equations given in (2) and (3). First, we present the discrete counterpart of the Mittag-Leffler function given in (Abdeljawad, 2011) and the stability notion for fractional difference equations in the sense of Mittag-Leffler due to (Wyrwas & Mozyrska, 2015; Choi & Koo, 2011).

Definition 3.8: For $\lambda \in \mathbb{R}$ and $\alpha, \beta, \gamma \in \mathbb{C}$ ($\text{Re } \lambda > 0$), the discrete Mittag-Leffler function is defined by

$$E_{(\alpha,\beta)}(\lambda, \gamma) = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k \frac{(\gamma + (k-1)(\alpha-1))^{(k\alpha)} (\gamma + k(\alpha-1))^{(\beta-1)}}{\Gamma(\alpha k + \beta)}. \tag{22}$$

For $\beta = 1$, (22) turns to

$$E_{(\alpha)}(\lambda, \gamma) = E_{(\alpha,1)}(\lambda, \gamma) = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k \frac{(\gamma + (k-1)(\alpha-1))^{(k\alpha)}}{\Gamma(\alpha k + 1)}.$$

Remark 3.9: It should be highlighted that there is another Mittag-Leffler function used in the existing literature, and the following representation does not contradict Definition 2 given in (Abdeljawad, 2011). The alternative form of the Mittag-Leffler function is given by

$$E_{(\alpha,\beta)}(\lambda, \gamma) = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k \binom{\gamma - k + \alpha k + \beta - 1}{\gamma - k},$$

and if $\beta = 1$, then

$$E_{(\alpha)}(\lambda, \gamma) = E_{(\alpha,1)}(\lambda, \gamma) = \sum_{k=0}^{\infty} \lambda^k \binom{\gamma - k + \alpha k}{\gamma - k}.$$

Next, we give the following definition based on the discrete counterpart of the Mittag-Leffler function, which can be found in (Wyrwas & Mozyrska, 2015; Choi & Koo, 2011).

Definition 3.10: The solution of the initial value problem (2) is said to be Mittag-Leffler stable if

$$|x(t)| \leq \left(m(x_0)E_{(\alpha)}(\lambda, t)\right)^b,$$

where $\lambda < 0, \alpha \in (0,1], m(0) = 0, m(x) \geq 0$, and m is locally Lipschitz with Lipschitz constant m_0 .

Theorem 3.11: Consider the forward fractional difference equation (2), and let us recall the auxiliary equation given in (8)

$$\begin{cases} \Delta^\nu y(t) = q(t + \nu - 1, y(t + \nu - 1)) \\ y(0) = y_0 \end{cases},$$

where $q: \mathbb{N} \times \mathbb{R}_+ \rightarrow \mathbb{R}_+$ is nondecreasing in its second argument and $q(t, 0) = 0$. Additionally, suppose that condition (7), i.e.,

$$|f(t, x)| \leq q(t, |x|)$$

holds. If the zero solution of the problem (8) is Mittag-Leffler stable, then the zero solution of (2) is also Mittag-Leffler stable when $y_0 > |x_0|$.

Proof: Consider (2) and suppose that condition (7) holds. If we use (4) together with condition (7), then the inequality (9) is straightforward, as it is done in the proof of Theorem 3.3. By assuming $y_0 > |x_0|$, one may easily deduce that $|x(t)| < y(t)$ for all $t \in \mathbb{N}$ due to Lemma 3.1. Sequentially, we have

$$\begin{aligned} |x(t)| < y(t) &\leq \left(m(y_0)E_{(\alpha)}(\lambda, t)\right)^b \\ &\leq \left(m_0 y_0 E_{(\alpha)}(\lambda, t)\right)^b \\ &= \left(m_0 d |x_0| E_{(\alpha)}(\lambda, t)\right)^b \\ &= \left(m^*(|x_0|)E_{(\alpha)}(\lambda, t)\right)^b, t \in \mathbb{N}, \end{aligned}$$

where $\lambda < 0, y_0 = d|x_0|$ with $d > 1, m^*(|x_0|) = m_0 d |x_0|$, and m^* is locally Lipschitz. Thus the zero solution of (2) is Mittag-Leffler stable. \square

Theorem 3.12: Suppose that the zero solution of the problem (2) is h -stable with nonincreasing function h and the solution Φ of (11) is bounded, i.e., $n < |\Phi(t, x_0)| \leq N$ for all $t \in \mathbb{N}$. Additionally, we assume that the condition (19), that is,

$$g(t, z) \leq q(t, |z|),$$

holds where the function q is strictly increasing in its second argument and $q(t, 0) = 0$. Also, we consider the forward fractional difference equation given in (20), i.e.,

$$\begin{cases} \Delta^\nu u(t) = c^* q(t + \nu - 1, u(t + \nu - 1)), t \in \mathbb{N}_{1-\nu} \\ u(0) = u_0 \end{cases}$$

If the zero solution of (20) is Mittag-Leffler stable, then the zero solution of the perturbed equation in (3) with $z(0) = x_0$ is also Mittag-Leffler stable when $u_0 > |x_0|$.

Proof: The proof can be completed on the grounds of the proofs of Theorem 3.7 and Theorem 3.11. Therefore, we omit the proof. \square

4. Conclusion

In the stability theory of fractional equations, fixed point theory and Liapunov's direct method can be regarded as the classical instruments to analyze the qualitative behavior of solutions. In our work, we aim to pursue a comparative approach as an alternative to these conventional tools of stability analysis and study h -stability and Mittag-Leffler stability of forward fractional difference equations. This paper handles nonlinear forward fractional difference equations in the form of (2) and their perturbation in (3). The setup of the paper relies on the introduction of an auxiliary fractional difference equation and inquiring about its stability. This enables us to obtain stability results for the equations (2) and (3) without restrictive conditions adopted in the standard methods. Thus, we illustrate an alternative path in the qualitative analysis of discrete fractional equations and contribute to the established literature.

5. Acknowledgement

We would like to express our sincere gratitude to Professor Ferhan Atıcı for her valuable and directive comments, which helped us form the last version of the study.

References

- Abdeljawad, T. (2011). On Riemann and Caputo fractional differences. *Computers and Mathematics with Applications*, 62 (3), 1602-1611. Doi: [10.1016/j.camwa.2011.03.036](https://doi.org/10.1016/j.camwa.2011.03.036)
- Atıcı, F. M., & Eloe, P. W. (2007). A transform method in discrete fractional calculus. *International Journal of Difference Equations*, 2 (2), 165-176.
- Atıcı, F. M., & Eloe, P. W. (2009a). Discrete fractional calculus with the nabla operator. *Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations, Spec. Ed. I*, 3, 1-12. Doi: [10.14232/ejqtde.2009.4.3](https://doi.org/10.14232/ejqtde.2009.4.3)
- Atıcı, F. M., & Eloe, P. W. (2009b). Initial value problems in discrete fractional calculus. *Proceedings of the American Mathematical Society*, 137 (3), 981-989. Doi: [10.1090/S0002-9939-08-09626-3](https://doi.org/10.1090/S0002-9939-08-09626-3)
- Atıcı, F. M., & Eloe, P. W. (2015). Linear forward fractional difference equations. *Communications in Applied Analysis*, 19 (1), 31-42.
- Baleanu, D., Wu, G.-C., Bai, Y.-R., & Chen, F.-L. (2017). Stability analysis of Caputo-like discrete fractional systems. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*, 48, 520-530. Doi: [10.1016/j.cnsns.2017.01.002](https://doi.org/10.1016/j.cnsns.2017.01.002)
- Chen, F. (2011). Fixed points and asymptotic stability of nonlinear fractional difference equations. *Electronic Journal of Qualitative Theory of Differential Equations*, 39, 1-18. Doi: [10.14232/ejqtde.2011.1.39](https://doi.org/10.14232/ejqtde.2011.1.39)
- Chen, F., & Liu, Z. (2012). Asymptotic stability results for nonlinear fractional difference equations. *Journal of Applied Mathematics*, 2012, Article ID 879657. Doi: [10.1155/2012/879657](https://doi.org/10.1155/2012/879657)
- Chen, F., Luo, X., & Zhou, Y. (2011). Existence results for nonlinear fractional difference equation. *Advances in Difference Equations*, 2011, Article ID 713201. Doi: [10.1155/2011/713201](https://doi.org/10.1155/2011/713201)
- Choi, S. K., & Koo, N. (2011). The monotonic property and stability of solutions of fractional differential equations. *Nonlinear Analysis*, 74 (17), 6530-6536. Doi: [10.1016/j.na.2011.06.037](https://doi.org/10.1016/j.na.2011.06.037)
- Choi, S. K., Kang, B., & Koo, N. (2014). Stability for Caputo fractional differential systems. *Abstract and Applied Analysis*, 2014, Article ID 631419. Doi: [10.1155/2014/631419](https://doi.org/10.1155/2014/631419)
- Choi, S. K., Koo, N. J., & Song, S. M. (2004). h -Stability for nonlinear perturbed difference systems. *Bulletin of the Korean Mathematical Society*, 41 (3), 435-450. Doi: [10.4134/BKMS.2004.41.3.435](https://doi.org/10.4134/BKMS.2004.41.3.435)
- Choi, S. K., Koo, N. J., & Ryu, H. S. (2003). Asymptotic equivalence between two difference systems. *Computers and Mathematics with Applications*, 45 (6-9), 1327-1337. Doi: [10.1016/S0898-1221\(03\)00106-8](https://doi.org/10.1016/S0898-1221(03)00106-8)
- Deekshitulu, G., & Mohan, J. J. (2013). Solutions of perturbed nonlinear nabla fractional difference equations of order $0 < \alpha < 1$. *Mathematica Aeterna*, 3 (2), 139-150.
- Kang, B., & Koo, N. (2019). Stability properties in impulsive differential systems of non-integer order. *Journal of the Korean Mathematical Society*, 56 (1), 127-147. Doi: [10.4134/JKMS.j180106](https://doi.org/10.4134/JKMS.j180106)
- Medina, R. (1998). Asymptotic behavior of nonlinear difference systems. *Journal of Mathematical Analysis and Applications*, 219 (2), 294-311. Doi: [10.1006/jmaa.1997.5798](https://doi.org/10.1006/jmaa.1997.5798)
- Medina, R., & Pinto, M. (1996). Stability of nonlinear difference equations. *Dynamic Systems and Applications*, 2, 397-404.
- Mittag-Leffler, M. G. (1902). Sur l'intégrale de Laplace-Abel. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Series II*, 135, 937-939.
- Mohan, J. J. (2013). Solutions of perturbed nonlinear nabla fractional difference equations. *Novi Sad Journal of Mathematics*, 43 (2), 125-138.
- Pinto, M. (1984). Perturbations of asymptotically stable differential systems. *Analysis* 4, 161-175.
- Wyrwas, M., & Mozyrska, D. (2015). On Mittag-Leffler stability of fractional order difference systems. *Advances in Modelling and Control of Non-integer-Order Systems, Lecture Notes in Electrical Engineering.320*, pp. 209-220. Opole, Poland: Springer.



İleri Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Hatlarının Verim, Verim Unsuru ve Kalite Özellikleri Bakımından Değerlendirilmesi

Hüseyin Güngör^{1*}, Mehmet Fatih Çakır², Ziya Dumlupınar³

^{1*} Düzce Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Düzce, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6708-6337), hgungor78@hotmail.com

² Düzce Üniversitesi, Çevre ve Sağlık Teknolojilerinde İhtisaslaşma Koordinatörlüğü, Düzce, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1354-9476), mehmetfatihcakir@duzce.edu.tr

³ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü, Kahramanmaraş, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3119-6926), zdumlupinar@ksu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 26 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 12 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1063624)

ATIF/REFERENCE: Güngör, H., Çakır, M.F. & Dumlupınar, Z. (2022). İleri Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Hatlarının Verim, Verim Unsuru ve Kalite Özellikleri Bakımından Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 123-127.

Öz

Bu araştırma, dört ticari (Lucilla, Rumeli, Glosa ve Esperia) çeşit ve 28 ileri ekmeklik buğday hattının Kırklareli (Lüleburgaz) ekolojik koşullarında verim, verim unsurları ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 2016-2017 ve 2017-2018 ürün yıllarında yürütülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, genotiplerin tane verimi 391-641.2 kg/da, bitki boyu 75.3-120.6 cm, başak uzunluğu 8.01-12.06 cm, başakta başakçık sayısı 14.5-23.4 adet, başakta tane sayısı 31.8-62.6 adet, başakta tane ağırlığı 0.87-2.48 g, protein oranı % 14.3-18, gluten oranı % 30.6-40, zeleny sedimentasyon 53.2-81 ml, bin tane ağırlığı 28.6-43.3 g, hektolitre ağırlığı 72.7-80 kg/hl arasında değişim göstermiştir. Temel bileşenler biplot analizi toplam varyasyonun % 61.6'sını (PC1 % 32.3 ve PC2 % 29.3) oluşturmuştur. Buna göre, tane veriminin hektolitre ağırlığı ile pozitif, kalite unsurları (protein oranı, gluten oranı ve zeleny sedimentasyon) ile arasında negatif bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir. Tane verimi yönünden Lucilla, G12 ve G22 genotipleri, kalite unsurları (protein oranı, gluten oranı ve zeleny sedimentasyon) bakımından G26 ve G27 genotiplerinin öne çıktığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ekmeklik buğday, Tane verimi, Kalite, Temel bileşen analizi.

Evaluation of Advanced Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.) Lines for Yield, Yield Components and Quality Traits

Abstract

This research was carried out with four cultivars (Lucilla, Rumeli, Glosa and Esperia) and 28 advanced bread wheat lines to determine the yield, yield components, and quality traits during 2016-2017 and 2017-2018 growing seasons under Kırklareli (Lüleburgaz) ecological conditions. According to the two-year results, grain yield 391-641.2 kg/da, plant height 75.3-120.6 cm, spike length 8.01-12.06 cm, number of spikelets per spike 14.5-23.4, number of grains per spike 31.8-62.6, grain weight per spike 0.87-2.48 g, protein content 14.3-18%, gluten content 30.6-40%, zeleny sedimentation 53.2-81 ml, thousand kernel weight 28.6-43.3 g, test weight 72.7-80 kg. Principal component biplot analysis explained the 61.6% (PC1 32.3% and PC2 29.3%) of the total variation. Thus, a positive correlation with grain yield and test weight, and a negative correlation with quality traits (protein ratio, gluten ratio and zeleny sedimentation) were determined. Lucilla, G12 and G22 genotypes were found to be promising for grain yield, while G26 and G27 genotypes were found superior in terms of quality traits.

Keywords: Bread wheat, Grain yield, Quality, Principal components analysis.

* Sorumlu Yazar: hgungor78@gmail.com

1. Giriş

Buğday, dünyada yaygın olarak tarımı yapılan, besin içeriği zengin, birçok ülkenin beslenme ve ticaretinde önemli rol oynayan ve aynı zamanda hayvan beslenmesi ve endüstride kullanılan stratejik bir tahıl türüdür (Pala ve ark., 2018; Kılıç ve ark., 2021).

İklim değişikliği, hızla artan nüfus ve tarım alanlarının azalması sonucu dünya nüfusunun yeterli ve dengeli beslenmesi her geçen yıl daha da zorlaşmaktadır. Talep edilen besinin karşılanması için yeni yüksek verimli ve stabil çeşitlerin geliştirilmesi önem taşımaktadır (Khatodia ve ark., 2019).

Ülkemizde buğday tarımı, ekim alanı (6.9 milyon ha) ve üretim bakımından (17.7 milyon ton) ilk sırada yer almaktadır (TUİK, 2021). Ülkemizde buğday ekiliş alanlarının iklim ve toprak özellikleri bakımından farklılık göstermesi, biyotik ve abiyotik gibi stres unsurlarının verim ve kalite özellikleri üzerine olumsuz etki etmesi sonucu buğday veriminde azalmalara neden olabilmektedir. Verim ve kaliteye olumsuz etki eden faktörlere karşın ihtiyaç duyulan buğday üretiminin sağlanması; bölge koşullarına uygun, yüksek verimli, üstün kaliteli, biyotik ve abiyotik stres şartlarına dayanıklı yeni çeşitlerin geliştirilmesi, geliştirilen çeşitlerin üretime kazandırılması ile sağlanabilir. Bu nedenle araştırmacılar tarafından farklı ekolojik koşullarda geliştirilen çeşitler ve çeşit adaylarının verim, verim unsurları ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla birçok araştırma yürütülmüştür (Kızılgeçi ve ark., 2017; Güngör ve Dumlupınar, 2019).

Bitki ıslahçıları tarafından yürütülen çalışmalar sonucunda istenilen özelliklere sahip çeşitlerin geliştirilmesi ve üretim bölgelerine kazandırılması üreticilerin ekonomisine ve ülkede ihtiyaç duyulan üretimin gerçekleştirilmesi için önem taşımaktadır.

Bu araştırma, ıslah programları neticesinde geliştirilen 28 adet ileri ekmeklik buğday hattı ve 4 adet tescilli çeşidin verim,

verim unsurları ve kalite özellikleri bakımından incelenerek uygun genotiplerin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

2. Materyal ve Metot

Araştırma, 2016-2017 ve 2017-2018 ürün yıllarında Kırklareli-Lüleburgazda çiftçi tarlasında yürütülmüştür. Çalışmada 28 adet ileri ekmeklik buğday hattı ve 4 adet tescilli ticari ekmeklik buğday çeşidi (Lucilla, Rumeli, Glosa ve Esperia) kullanılmıştır. Denemenin yürütüldüğü üretim yıllarına ait meteorolojik veriler Çizelge 1’de verilmiştir (Anonim, 2021).

Araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ekimler, her iki yetiştirme sezonunda da Kasım ayının ilk haftasında yapılmış olup, m²'ye 500 adet tohum olacak şekilde sıra arası mesafesi 20 cm ve 6 sıralı olarak 5 m uzunluğundaki parsellere elle yapılmıştır. Denemede parsel büyüklükleri hem ekimde hem de hasatta (6 m x 1 m) 6 m² olarak şekilde gerçekleştirilmiştir. Deneme parsellerinde yabancı ot kontrolü için herbisit kullanılmış olup hastalık ve zararlılar için bir uygulama yapılmamıştır.

Ekimle birlikte dekara saf olarak 5 kg/da azot ve 5 kg/da fosfor uygulanmış, üst gübre ikiye bölünerek kardeşlenme döneminde 9 kg/da azot, sapa kalkma döneminde ise 6 kg/da azot olarak uygulanmıştır. Hasat her iki yetiştirme döneminde de Temmuz ayının ilk haftasında yapılmıştır.

Araştırmada bitki boyu (BB), başak uzunluğu (BU), başakta başakçık sayısı (BBS), başakta tane sayısı (BTS), başakta tane ağırlığı (BTA), bin tane ağırlığı (BinTA), hektolitreye ağırlığı (HL), tane verimi (TV) ve protein oranı (NIR), gluten oranı (NIR) ve zeleny sedimentasyon (NIR) özellikleri ise Near Infrared (NIR) spektroskopisi (Thermo Fisher Scientific) cihazında ölçülmüştür.

Araştırmadan iki yıl süreyle elde edilen veriler varyans analizine tabi tutulmuş, ortalamaların karşılaştırılmasında Duncan testi uygulanmıştır. Temel bileşen analizleri ortalama veriler üzerinden hesaplanarak biplot yaklaşımı ile değerlendirilmiştir (JMP 15.1 SAS Institute Inc, 2020).

Çizelge 1. Deneme Yıllarına Ait Ortalama İklim Verileri (Table 1. Means of Climate Data of Trial Years)

İklim Verileri	Aylar								
	Yıl	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran
Yağış (mm)	2016-2017	7.0	7.0	48.0	60.3	43.6	75.5	43.8	27.8
	2017-2018	78.1	117.8	83.9	48.0	172.6	2.4	34.0	93.8
Ortalama Sıcaklık (°C)	2016-2017	1.2	1.2	-0.4	5.5	9.5	12.1	17.6	23.1
	2017-2018	9.4	7.6	4.6	6.1	8.5	16.1	19.5	22.5

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bitki boyu için yapılan istatistik analizine göre yıllar, genotipler ve yıl × genotip etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. İncelenen buğday genotiplerinde bitki boyunun 75.3-120.6 cm arasında değişim gösterdiği, en uzun bitki boyu G10 genotipinde, en düşük bitki boyu ise Esperia çeşidinde gözlemlenmiştir. Denemenin ilk yılında ortalama bitki boyu 97.5 cm, ikinci yılında ise 104.7 cm olarak belirlenmiştir. Denemede kullanılan tescilli çeşitlerin bitki boyu ortalamalarının bütün genotiplerin bitki boyu ortalamasına göre daha düşük olduğu

tespit edilmiştir (Çizelge 2). Yapılan benzer çalışmalarda bitki boyunun, Aydoğan ve Soylu (2017), 79.5-115 cm, Mut ve ark., (2017), 60.2-80.3 cm, Güngör ve Dumlupınar (2019), 80.7-112 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Önceki çalışmalarda buğdayda bitki boyunun genetik yapıya, uygulanan kültürel işlemlere, toprak yapısına ve gelişme dönemindeki iklim unsurlarına bağlı olarak farklılık gösterdiği bildirilmiştir (Aydoğan ve Soylu, 2017; Mut ve ark., 2017; Güngör ve Dumlupınar, 2019). Başak uzunluğu yönünden yıllar, genotipler ve yıl × genotip etkisi arasında farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ortalama başak uzunluğu denemenin

birinci yılında 9.4 cm, ikinci yılında ise 10.8 cm olarak ölçülmüştür. Genotipler arasında başak uzunluğu 8.01-12.06 cm arasında değişen değerler almıştır. Başak uzunluğu en fazla G26 (12.06 cm) genotipinden, en düşük başak uzunluğu ise G1 (8.01 cm) genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 2). Farklı ekolojik koşullarda yapılan çalışmalarda, Karaman ve ark. (2015), 8.4-11.2 cm, Aydoğan ve Soylu (2017), 8.87-11.10 cm, Güngör ve Dumlupınar (2019), 7.3-10 cm değerlerinde başak uzunluğu elde etmişlerdir. Çalışmada, başakta başakçık sayısı açısından yıllar, genotipler ve yıl × genotip interaksyonu arasında istatistiki farklar önemli bulunmuştur. Ortalama başakta başakçık sayısı 14.5-23.4 adet arasında değişim göstermiş olup, en düşük G19 genotipinde, en yüksek G12 genotipinde belirlenmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde araştırmanın birinci yılında başakta başakçık sayısı 17.8 adet, ikinci yılında ise 20.2 adet olarak tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda başakta başakçık sayısını, Kurt ve Yağdı (2013) 17.3-19.5 adet, Aydoğan ve Soylu (2018), 17.67-25.20 adet, Güngör ve Dumlupınar (2019), 16.5-21.2 adet olarak bildirmişlerdir. Başakta tane sayısı yönünden yıllar, genotipler ve yıl × genotip interaksyonu %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çalışmanın birinci yılında başakta tane sayısı 39.5 adet, ikinci yılında ise 51.6 adet olarak belirlenmiştir. Genotipler arasında ortalama başakta tane sayısı 31.8-62.6 adet arasında değişmiştir. En düşük başaktaki tane sayısı G1, G2 ve G16 genotiplerinde, en yüksek başaktaki tane sayısı Rumeli çeşidinde tespit edilmiştir (Çizelge 2). Yapılan benzer çalışmalarda başaktaki tane sayısını Bayram ve ark. (2017), 13.7-26.6, Shirinzadeh ve ark. (2017), 31.34-42.17 adet, Güngör ve Dumlupınar (2019), 27.2-49.7 adet olarak bildirmişlerdir. Çalışmada kullanılan ekmeklik buğday genotipleri arasında, başakta tane ağırlığına ait ortalama değerler ve önemlilik grupları Çizelge 2’de verilmiştir. Başakta tane ağırlığı yönünden yıllar, genotipler ve yıl × genotip interaksyonu arasında istatistiki olarak farklar önemli bulunmuştur. Başaktaki tane ağırlığı birinci yıl 1.36 g, ikinci yıl 2.48 g olarak tespit edilmiştir. Başaktaki tane ağırlığı en düşük G1 (0.87 g) genotipinde, en yüksek başaktaki tane ağırlığı Rumeli (2.48 g) genotipinden elde edilmiştir (Çizelge 2). Farklı ekolojik koşullarda yürütülen çalışmalarda araştırmacılar başaktaki tane ağırlığının 0.669-2.25 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir (Kara ve ark., 2016; Güngör ve Dumlupınar, 2019; Subaşı ve Ayrancı, 2021). Tane verimi açısından yıllar arasında istatistiki olarak %5 düzeyinde, genotipler ve yıl × genotip interaksyonu % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Tane veriminin ilk yıl 499.3 kg/da, ikinci yıl 505.9 kg/da, ortalama tane verimi 502.6 kg/da olarak tespit edilmiştir. Genotipler arasında ortalama tane verimi 391-641.2 kg/da arasında değişim göstermiştir. G12, G22 genotipleri ve Lucilla çeşidi en yüksek tane verimine sahip olmuşlardır. En düşük tane verimi ise G20 genotipinde elde edilmiştir (Çizelge 2). Tane verimini, Bayram ve ark. (2017), 213.5-756.8 kg/da, Güngör ve Dumlupınar (2019), 515-790.7 kg/da Mutlu ve Taş (2020), 363.78-603.72 kg/da olarak bildirmişler. Yürütülen benzer çalışmalarda, tane veriminin çevre faktörleri, genetik potansiyelin ve yetiştirme tekniklerine göre değiştiğini bildirmişlerdir (Mut ve ark., 2005; Aydoğan ve Soylu, 2017; Güngör ve Dumlupınar, 2019).

Çizelge 2. Ekmeklik buğday genotiplerinde BB, BU, BBS, BTS, BTA ve TV özelliklerine ait ortalamalar
(Table 2. Means of BB, BU, BBS, BTS, BTA and TV traits in bread wheat genotypes)

Yıl	Genotip	BB	BU	BBS	BTS	BTA	TV
		**	**	**	**	**	*
2016-2017		97.5 b	9.4 b	17.8 b	39.5 b	1.36 b	499.3 b
2017-2018		104.7 a	10.8 a	20.2 a	51.6 a	1.88 a	505.9 a
		**	**	**	**	**	**
	G1	102.9f-h	8.01m	15.8mn	31.8m	0.87k	494.4i-k
	G2	103.8f-h	8.20m	17.6i-l	33.6m	1.33ij	484.0j-m
	G3	108.5de	10.63b-e	17.1klm	36.9k-m	1.51e-j	468.9l-o
	G4	100.5ij	10.70b-d	17.9ijk	43.4f-k	1.74c-g	516.0g-i
	G5	105.0f	10.58b-e	19.6c-g	56.0a-c	1.81b-e	562.1c-e
	G6	92.9lm	8.42lm	17.8i-k	37.6j-m	1.50e-j	521.5f-h
	G7	102.5g-i	9.70f-j	20.9bc	45.9d-h	1.71c-h	458.4n-p
	G8	117.1b	10.56c-e	18.9d-j	43.5f-k	1.53e-j	512.4hi
	G9	114.9b	11.80a	20.8c	50.4c-f	1.59e-j	475.6k-n
	G10	120.6a	9.81e-j	18.5f-k	38.5i-m	1.57e-j	504.9h-j
	G11	107.9de	9.10jkl	19.1d-i	37.6j-m	1.28ij	442.7p
	G12	100.3ij	11.31abc	23.4a	56.0a-c	2.05bc	641.2a
	G13	99.5jk	9.45ijk	17.4j-l	43.4f-k	1.23jk	409.7qr
	G14	110.1cd	10.48c-f	19.9c-f	45.4e-i	1.36h-j	563.8c-e
	G15	104.6fg	11.30abc	20.9bc	55.3bc	1.76c-f	458.7m-p
	G16	104.3fg	9.16jkl	18.6e-k	33.6m	1.38g-j	434.6pq
	G17	88.8no	11.43ab	18.1g-k	45.0e-i	1.39f-j	448.6op
	G18	97.9k	9.60h-k	16.1lm	43.4f-k	1.26j	557.0de
	G19	92.6lm	8.83k-m	14.5n	38.8h-m	1.27j	406.8r
	G20	90.8mn	10.46c-g	19.9c-f	54.1bc	1.60e-j	391.0rs
	G21	102.5g-i	10.67b-d	19.6c-g	50.1c-f	1.77c-e	445.2op
	G22	105.0f	11.65a	20.1cde	51.9c-e	2.03b-d	635.8a
	G23	101.9hi	10.37d-h	20.4cd	44.1f-j	2.00b-d	594.4b
	G24	111.4c	9.95d-j	18.0h-k	34.0lm	1.66d-i	542.8ef
	G25	103.4f-h	9.62g-k	20.0c-f	43.9f-k	1.81b-e	492.8i-l
	G26	111.4c	12.06a	19.5c-h	46.5d-g	1.59e-j	369.3s
	G27	107.6e	9.91d-j	18.6e-k	40.9g-l	1.51e-j	476.5k-n
	G28	94.8l	9.52h-k	17.6i-l	42.3g-k	1.55e-j	439.0p
	Lucilla	87.4o	10.10d-i	19.5c-h	56.9abc	2.03b-d	630.3a
	Rumeli	84.1p	10.12d-i	22.4ab	62.6a	2.48a	579.4b-d
	Glosa	84.6p	10.06d-i	20.9bc	60.8ab	2.18ab	585.6bc
	Esperia	75.3q	8.81klm	19.5c-h	52.9cd	1.60e-j	540.2e-g
	Ortalama	101.1	10.1	19	45.6	1.62	502.6
	Yıl*Genotip	**	**	**	**	**	**

**, %1 düzeyinde önemlidir. Çalışmada protein oranına ait ortalama değerler Çizelge 3’de verilmiştir. Protein oranı açısından yıllar, genotipler ve yıl × genotip interaksyonu %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Denemenin birinci yılında protein oranı %15.5, ikinci yılında %16.4 olarak bulunmuştur. Yılların ortalamasına göre genotiplerin protein oranı %14.3-18 arasında değişirken, en düşük protein oranı ise G8 genotipinde, en yüksek protein oranı ise G28 genotipinde elde edilmiştir (Çizelge 3). Buğdayda protein oranı genotip, bölgenin ekolojik

yapısına ve yetiştirme tekniklerine göre değişmektedir (Mut ve ark., 2007; Özen ve Akman; 2015; Güngör ve Dumlupınar, 2019). Gluten oranı yönünden yıllar, genotipler ve yıl × genotip etkisi arasında farklar önemli bulunmuştur. Gluten oranı birinci yıl % 33.3, ikinci yıl ise % 35.6 olarak bulunmuştur. Genotipler arasında gluten oranı % 30.6-40 arasında değişmektedir. Gluten oranı en düşük G8 ve G24 (% 30.6) genotiplerinde, en yüksek G27 genotipinde (% 40) tespit edilmiştir (Çizelge 3). Yapılan benzer çalışmalarda, gluten oranının Özen ve Akman (2015), % 15.4-30.4, Mut ve ark. (2017), % 24.1-26.3, Güngör ve Dumlupınar (2019), % 24.9-34.6 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Zeleny sedimentasyon için yapılan istatistik analizine göre yıllar, genotipler yıl × genotip etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Zeleny sedimentasyon miktarı birinci yıl 62.4 ml, ikinci yıl ise 69.9 ml olarak belirlenmiştir. Genotipler arasında zeleny sedimentasyon miktarı 53.2-81 ml arasında değişiklik göstermiştir. G8 genotipinde (53.2 ml) en düşük, G26 (81 ml) ve G27 (79.6 ml) genotiplerinden en yüksek zeleny sedimentasyon miktarı elde edilmiştir. Daha önceki çalışmalarda, Zeleny sedimentasyon miktarını, Aydoğan ve Soylu (2017), 26-39.5 ml, Mut ve ark. (2017), 21.5-33.1 ml arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmada, bin tane ağırlığı açısından yıllar, genotipler ve yıl × genotip etkisi arasında farklar önemli bulunmuştur. Bin tane ağırlığı birinci yıl 33.5 g, ikinci yıl ise 34.8 g olarak saptanmıştır. Genotipler arasında bin tane ağırlığı 28.6-43.3 g arasında değişiklik göstermiştir. G20 (28.6 g), G9 (28.9 g) ve G18 (29) genotipleri en düşük, G24 (43.3 g) genotipinde ise en yüksek bin tane ağırlığı sahip olmuşlardır (Çizelge 3). Yürütülen benzer çalışmalarda, bin tane ağırlığını, Aydoğan ve Soylu (2017), 30.9-46.46 g, Mut ve ark. (2017), 29.2-38.4 g, Güngör ve Dumlupınar (2019), 35.8-47.2 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Hektolitreye ağırlığı yönünden yıllar, genotipler, yıl × genotip etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çalışmanın ilk yılında hektolitreye ağırlığı 76 kg/hl, ikinci yılında ise 76.9 kg/hl olarak tespit edilmiştir. Genotipler arasında hektolitreye ağırlığı 72.7-80.5 kg/hl arasında değişirken, en düşük G5 genotipi (72.7 kg/hl), en fazla Lucilla (80.5 kg/hl) ve G22 (80.1 kg/hl) genotiplerinde ölçülmüştür (Çizelge 3). Daha önceki çalışmalarda, hektolitreye ağırlığının 69.3-83.3 kg/hl arasında değiştiğini bildirmişlerdir (Özen ve Akman, 2015; Aydoğan ve Soylu, 2017; Güngör ve Dumlupınar, 2019; Kahraman ve ark. 2021).

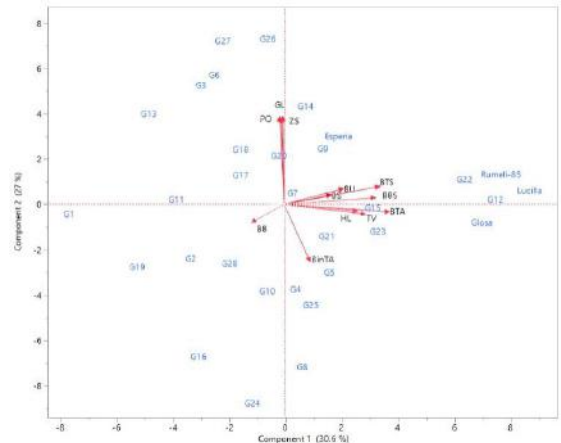
Çizelge 3. Ekmeklik buğday genotiplerinde PO, GL, SD, 1000TA, ve HL özelliklerine ait ortalamalar (Table 3. Averages of PO, GL, SD, 1000TA, and HL traits in bread wheat genotypes)

		PO	GL	ZS	BinTA	HL
		**	**	**	**	**
Yıl	2016-2017	15.5b	33.3b	62.4b	33.5b	76.0b
	2017-2018	16.4a	35.6a	69.9a	34.8	76.9a
		**	**	**	**	**
Genotipler	G1	15.9h	34.3g	65.1m	30.6q	73.8j
	G2	15.6ij	34.9e-g	60.7op	36.4fg	77.3cd
	G3	17.4c	37.4b	77.1b	32.5m	75.5h
	G4	15.2kl	32.6ij	59.1pq	36.8f	76.3ef
	G5	15.1l	32.0jk	57.9qr	31.8n	72.7i
	G6	17.5bc	37.8b	77.0b	31.2op	76.0e-g
	G7	16.2g	33.3hi	68.6f-i	33.4i	74.9i
	G8	14.3o	30.6l	53.2t	35.7h	78.7b
	G9	16.2g	34.5fg	71.4de	28.8s	76.5e
	G10	15.5j	33.5h	62.6n	39.3d	79.1b
	G11	16.1g	34.5fg	64.6m	31.0pq	74.7i
	G12	16.1g	34.5fg	69.0f-h	37.5e	77.8c
	G13	16.7e	36.2cd	72.9d	29.5r	73.0kl
	G14	17.0d	36.5c	74.6c	30.6q	77.8c
	G15	15.7i	33.6h	64.6m	31.6no	77.2d
	G16	14.7m	31.4k	55.6s	40.3c	75.6gh
	G17	16.1g	34.5fg	68.0g-j	33.9kl	73.4jk
	G18	16.5f	35.5de	69.6fg	29.0s	78.7b
	G19	15.3k	32.6ij	62.6n	34.4j	76.2ef
	G20	15.7i	35.1ef	67.1i-k	28.6s	73.9j
G21	15.5j	33.2hi	66.9j-l	36.4fg	77.1d	
G22	16.6ef	35.3e	70.3ef	37.9e	80.1a	
G23	16.2g	35.0e-g	68.0g-j	42.0b	76.1ef	
G24	14.4n	30.6l	53.3t	43.3a	74.9i	
G25	15.1l	32.3j	56.4rs	36.3g	76.2ef	
G26	17.6b	38.1b	81.0a	32.4m	74.5i	
G27	18.0a	40.0a	79.6a	34.9i	76.4e	
G28	15.2kl	32.6ij	59.8p	32.3m	75.8f-h	
Lucilla	15.9h	34.5fg	65.3lm	33.9kl	80.5a	
Rumeli	16.1g	34.8e-g	67.5h-k	34.2jk	78.8b	
Glosa	15.5j	34.8e-g	62.1no	34.7ij	79.2b	
Esperia	16.7e	36.3c	66.0k-m	30.7pq	77.0d	
Ortalama		15.95	34.5	66.2	34.2	76.5
Yıl*Genotip		**	**	**	**	**

** , %1 düzeyinde önemlidir.

Temel Bileşenler (PCA) Biplot Analizi

Biplot analiz metodu, araştırmada kullanılan genotiplerin ve incelenen özellikler arasındaki ilişkileri görsel olarak daha net görülmesi ve analiz sonuçlarının daha kolay değerlendirilmesini sağladığından dolayı bitki ıslahçıları tarafından son zamanlarda sıklıkla kullanılmaktadır (Demirel ve ark., 2019; Kahraman ve ark., 2021). Genotipler ile özelliklerin ilişkisini görsel olarak gösteren biplot analizi sonucu Şekil 1’de gösterilmiştir. Toplam varyasyonun % 32.3’ü PC1 ve % 29.3’ü PC2 tarafından temsil edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Temel bileşenler analizine göre incelenen özellikler ile genotiplerin ilişkileri

(Figure 1. Relationships between genotypes and traits examined according to principal component analysis)

İncelenen özellikler arasında, TV ile HL, BTA, BBS, BTS, BU ve BTA özellikleri arasında pozitif diğer özellikler (PO, ZS, GL ve BB) ile negatif bir korelasyon olduğu belirlenmiştir. PO, ZS ve GL kalite özellikleri arasında güçlü pozitif bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Tane verimi yönünden G12, G22 ve Lucilla öne çıkan genotipler olarak saptanmıştır. Mut ve ark. (2017), yürüttükleri çalışmada, biplot analiz sonucuna göre toplam varyasyonun % 61.4 oluşturduğunu ve tane veriminin, bin tane ağırlığı, nişasta oranı, hektolitreye ağırlığı, bitki boyu ve yağ oranı özellikleri ile pozitif bir ilişki olduğunu bildirmişlerdir. Bununla birlikte protein oranı, yaş gluten ve zeleni sedimentasyon özellikleri arasında olumlu ve önemli bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

4. Sonuç

Bu çalışma, 28 ileri ekmeklik buğday hattı ve dört adet tescilli çeşidin Kırklareli (Lüleburgaz) ekolojik koşullarında verim, verim unsurları ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Araştırma sonucuna göre genotiplerin geniş varyasyon gösterdiği, tane veriminin hektolitreye ağırlığı, başak uzunluğu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı ve bin tane ağırlığı özellikleri ile pozitif, kalite unsurları ve bitki boyu özellikleri ile negatif bir korelasyon içinde olduğu tespit edilmiştir. Tane verimi bakımından G12, G22 genotipleri ve Lucilla çeşidi, kalite unsurları açısından ise G26 ve G27 genotiplerinin öne çıkması oldukları belirlenmiştir.

Kaynakça

- AYDOĞAN, S., & SOYLU, S. (2017). Ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve verim öğeleri ile bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 26(1), 24-30.
- BAYRAM, S., ÖZTÜRK, A., & AYDIN, M. (2017). Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Erzurum Koşullarında Tane Verimi ve Verim Unsurları Yönünden Değerlendirilmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 27(4), 569-579.
- GÜNGÖR, H., & DURLUPINAR, Z. (2019). Bolu Koşullarında Bazı Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Çeşitlerinin Verim, Verim Unsurları ve Kalite Yönünden Değerlendirilmesi, Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(1), 44-51.
- JMP®, Version 15.1. SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989–2020.
- KAHRAMAN, T., GÜNGÖR, H., ÖZTÜRK, İ., YÜCE, İ., & DURLUPINAR, Z. (2021). Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinde genotip ve çevrenin tane verimi ve bazı kalite özellikleri üzerine etkisinin temel bileşen ve GGE biplot analizleri ile değerlendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 24(5), 992-1002.
- KARAMAN, A., AKINCI, C., & YILDIRIM, M. (2015). Ekmeklik Buğdayda Morfolojik Özellikler İle Tane Verimi Arasındaki

- İlişkinin Biplot Analiz Yöntemi İle İncelenmesi. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 8 (2), 12-15.
- KARA, R., DALKIÇ, A. Y., GEZGİNÇ, H., & YILMAZ, M. F. (2016). Kahramanmaraş koşullarında bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve verim unsurları yönünden değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 3(2), 172-183.
- KHATODIA, S., BHATOTIA, K., & BEHL, R. K. (2019). Prospects of Advanced Genomics for Development of Climate Resilient Wheat Genotypes. Ekin J. 5(1), 54-55.
- KILIÇ, H., HATİPOĞLU, A., & ŞAHİN, M. (2021). İnsan sağlığı Esaslı Ekmeklik Buğday Kalite Yaklaşımları. MSU Fen Bilimleri Dergisi, 9(1), 857-870.
- KIZILGEÇİ, F., TAZEBAY, N., NAMLI, M., ALBAYRAK, Ö. & YILDIRIM, M. (2017). The drought effect on seed germination and seedling growth in bread wheat (*Triticum aestivum* L.). International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences, 1, 33-37.
- KURT, Ö., & YAĞDI, K. (2013). Bazı ileri ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) hatlarının Bursa koşullarında verim özellikleri yönünden performansının araştırılması, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2), 19-31.
- MUT, Z., AYDIN, N., ÖZCAN, H., & BAYRAMOĞLU, H. O. (2005). Orta Karadeniz bölgesinde ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi. GOP Üniversitesi Zir. Fak. Dergisi, 22(2), 85-93.
- MUT, Z., ERBAŞ KÖSE, Ö. D., & AKAY, H. (2017). Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinin tane verimi ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 32(1), 85-95.
- MUTLU, A., & TAŞ, T. (2020). Türkiye’de yetiştirilen bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin yarı kurak iklim koşullarında (*T. aestivum* L.) kalite özellikleri ile verim ve verim unsurlarının incelenmesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (19), 344-353.
- ÖZEN, S., & AKMAN, Z. (2015). Yozgat ekolojik koşullarında bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 10(1), 35-43.
- PALA, F., MENNAN, H., ÇIĞ, F., & DILMEN, H. (2018). Diyarbakır’da Buğday Ürününe Karışan Yabancı Ot Tohumlarının Belirlenmesi, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(3), 183-190.
- SHIRINZADEH, A., HEYDARI SHARIF ABAD, H., NOURMOHAMMADI, G., MAJIDI HARVAN, E., & MADANI, H. (2017). Effect of planting date on growth periods, yield, and yield components of some bread wheat cultivars in Parsabad Moghan. International Journal of Farming and Allied Sciences, 6(4), 109-119.
- SUBAŞI, K., & AYRANCI, R. (2021). Bazı ekmeklik buğday genotiplerinin Konya ekolojik koşullarında tane verimleri ile tarımsal özelliklerinin korelasyonlarının belirlenmesi. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 10(1), 13-28.
- TUİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu. (<https://www.tuik.gov.tr/>) (Erişim tarihi: 18.01.2022)



El Dezenfektanlarının Antibakteriyel ve İritasyon Etkinliklerinin Araştırılması

Ali Metin Güzel*, Erhan Mendi²

^{1*} Beta Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş., Ar-Ge Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-4010-407X), ali.guzel@betakimya.com.tr

² Beta Kimya Sanayi ve Ticaret A.Ş., Ar-Ge Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-8719-4391), erhan.mendi@betakimya.com.tr

(İlk Geliş Tarihi 15 Ekim 2021 ve Kabul Tarihi 25 Şubat 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1010038)

ATIF/REFERENCE: Güzel, A.M., Mendi, E., (2022). El Dezenfektanlarının Antibakteriyel ve İritasyon Etkinliklerinin Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 128-132.

Öz

Çalışmamızda el dezenfektanları için formüle edilmiş sıvı ve sprey ürünlerinin virüs, bakteri, mantar üzerindeki etkinlikleri ile iritasyon değerlendirilmesindeki sonuçları paylaşılmıştır. Pandemi sonrasında yüksek dozlarda dezenfektan kullanımı ile birlikte cilt üzerindeki tahribatlar incelendiğinde, bakterisidal ve virüsödal etkinliklerin yanı sıra en büyük parametre olarak iritasyon kriteri üzerinde durulmuştur. Bu makale alkol bazlı el dezenfektanlarının doğru bir formülasyonla ciltte iritasyon sorununu minimum değerlere indirdiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Dezenfektan, Pandemi, İritasyon, Sıvı, Sprey, Virüs, Bakteri, Mantar

Investigation of Antibacterial and Irritation Effectiveness for Hand Disinfectants

Abstract

In our study, liquid and spray hand disinfectant products have been investigated to effectiveness of viruses, bacteria, fungi and the results of irritation evaluation are shared. After the pandemic, high doses of disinfectant consumption that cause of over the destruction on skin in addition to bactericidal and viral activities, criterion was emphasized as the biggest parameter. This article shows that alcohol-based hand disinfectant can minimize skin irritation with the right formulation.

Keywords: Disinfectant, Pandemic, Irritation, Liquid, Spray, Virüs, Bacteria, Fungi

* Sorumlu Yazar: ali.guzel@betakimya.com.tr

1. Giriş

Covid-19 (Koronavirüs Hastalığı-2019) pandemisinin ortaya çıkması dikkate değer bir küresel halk sağlığı endişesi haline geldi ve bulaşıcı özelliği göz önüne alındığında el dezenfektanlarının yaygın olarak kullanılmasına yol açtı. 12 Ekim 2021 itibari ile dünya genelinde 223 ülkeyi etkileyen toplam 239 milyon vaka rapor edilmiştir ayrıca bu vakalara bağlı olarak 4.8 milyon kişi hayatını kaybetmiştir [1].

Koronavirüs yüzeylerde 9 güne kadar bulaşıcı olarak kalabilen ağır akut sendrom SARS CoV-2'nin neden olduğu bir hastalıktır fakat 30°C ve daha yüksek sıcaklıklarda daha düşük kalıcılık süresi göstermektedir [2]. Yapılan farklı bir çalışmada ise SARS CoV-2 virüsün aerosol şeklinde yüzeylere teması sonucunda, etki alanlarında günlerce canlı kalarak bulaşa sebebiyet verebileceği görülmüştür [3]. Bu yüzden virüsten korunma yolları için hastane çalışanları üzerinde gerçekleştirilmiş bir çalışmada; maske, eldiven ve el yıkama önlemlerinin etkinlikleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda cerrahi ve N95 tipi maske ile el yıkamanın virüsten ciddi oranda koruduğu tespit edilmiştir [4].

Aktif maddenin alkol olarak kullanıldığı el dezenfektanlarında virüs ya da bakterileri öldürmek için gerekli miktarın %60-%95 olduğu belirtilirken ayrıca alkol dışında da benzalkonyum klorür, klorlu aromatik bileşikler triklosan veya povidon iyodin ve piroglutamik asitlerin etkin fakat çalışmaların sınırlı olduğu belirtilmiştir [5,6].

Alkollerinde bakteri ve virüs etkinlikleri kendi aralarında kategorilenmiştir. Etil alkol içerikli dezenfektanlar virüslere karşı etkin görülürken propanol daha iyi bir bakterisidal alkol olarak kabul edilmektedir. Bu sebeple formülasyon konsantrasyonların belirlenmesinde alkol tipide önem kazanmaktadır. El dezenfektanları kullanımı sırasında karşılaşılan ve önemli bir sorun olan el kuruluğu içinde gliserin ve aleo vera gibi nemlendiriciler kullanılmaktadır [7,8].

Dezenfektan ürünlerinde maruziyet süresi ve kullanılan ürünün miktarı önemli bir parametredir. Maruziyet süresinin uzunluğu cilt üzerinde kızarıklık ve dermatit gibi sağlık sorunlarına sebebiyet verebilir. Bu sebeple belirlenmiş olan günlük doz miktarının kullanımı çok önemlidir. Çalışmalarda alkol bazlı el dezenfektanların deterjan ve sabun gibi kuvvetli hijyen ürünlerine göre kısa kullanım sağlanan durumlarda daha az el tahribatına neden olduğu gönüllüler üzerinde yapılan araştırmalarda tespit edilmiştir [9].

Alkol içerikli el dezenfektanları kullanımında özellikle sağlık çalışanları üzerinde yapılan araştırmalar yönlendirici niteliktedir. Sağlık çalışanlarının alkol bazlı el dezenfektanlarının cilt üzerindeki yanma etkinlikleri uygulama sonrasında değerlendirilmiştir. Yanma kriterinin dermatite yol açmasından dolayı bu parametre incelenmesi irritasyon için daha sağlıklı yorum yapılmasını sağlamıştır. Alkol içerikli dezenfektanlar için deri yama testi yapılmış 48 saatlik uygulamada hafif bir nem kaybı gözlenmiştir. Formülasyon özelinde %80'lik etil alkol kullanımı yanında izopropil alkol içerikli numunelerde denenmiştir. Etil alkollü uygulamada cilt nem dengesi diğer alkollere göre değerlendirildiğinde çok fazla bozulmadığı için cilt üzerinde kuruma ve sonrasında görülen egzama hafif gözlemlenecektir [10].

Antimikrobiyal etkinliklerinde maruziyet süresi ve kullanım dozuyla birebir ilgisi bulunmaktadır. Genel belirlenen Avrupa EN 1500 standartında 30 sn uygulama kuralıyla alkollerin bakteri üzerindeki etkinlikleri incelenmiştir. Etil alkol bazlı el jellerinin bakteriler üzerindeki etkileri maruziyet süresine göre değişmektedir. Yapılan çalışmada Breziya'da kullanımı sağlanan antibakteriyel el jelleri ürünlerinin 30 sn deki testleri gerçekleştirilmiştir. 12 üründen 8'i standart değerleri sağlayamamıştır ve antibakteriyel özellik gösterememiştir. Bu çalışma, alkol bazlı ürünlerin antimikrobiyal özellik göstermesi için 60 sn maruziyet süresine ihtiyaç duyduğunu göstermiştir [11].

Alkol bazlı el dezenfektanlarında alkol cinsinde virüs ve bakteri üzerindeki etkileri değişmektedir. %70- %75 (w/w) izopropil alkol ile %95 (w/w) oranında etil alkolün HEV71 virüsünü üzerindeki etkinlikleri incelendiğinde etil alkol performansının daha yüksek olduğu kanıtlanmıştır. Dezenfektan sistemlerinde iki veya daha fazla aktif madde üzerinden formülasyonlar yapıldığında izopropil alkol destekleyici aktif madde olarak az miktarda kullanılmasına rağmen bakteri, virüs ve mantarlar üzerinde yüksek etkinlik göstermelerine rağmen virüs tipi değiştiğinde bu özelliklerin sağlanmadığı durumlar gözlenmektedir. Bu sebeple test edilecek virüs, bakteri ya da mantarlar üzerinde hazırlanan formülasyonlarının deneme sonuçları değerlendirilip etkin konsantrasyon belirlenmelidir. %95 (w/w) oranında etil alkolün HEV71 virüsü üzerinde etkin rol oynaması kullanım için yeterli değildir çünkü yüksek miktarda alkol oranı deri hassasiyeti ve sonrasında irritasyona sebebiyet verebilecektir [12].

2. Materyal ve Metot

2.1. Bakteriler

P. aeruginosa ATCC No. 15442 (Kullanılan Metod: TS EN 1276, analiz sırasındaki organizma miktarı: 1.6×10^7 cfu/ml, log 7.20 temas süresi: 1 dk \pm 5 sn, ürün konsantrasyonu : %80), S. aureus ATCC No. 6538 (Kullanılan Metod: TS EN 1276, analiz sırasındaki organizma miktarı: 1.6×10^7 cfu/ml log7.20, temas süresi: 1 dk \pm 5 sn, ürün konsantrasyonu : %80), E.coli ATCC No. 10536 (Kullanılan Metod: TS EN 1276, analiz sırasındaki organizma miktarı: 1.7×10^7 cfu/ml log7.23, temas süresi: 1 dk \pm 5 sn, ürün konsantrasyonu : %80), E. Hirae ATCC No. 10541 (Kullanılan Metod: TS EN 1276, analiz sırasındaki organizma miktarı: 4.1×10^7 cfu/ml log7.61, temas süresi: 1 dk \pm 5 sn, ürün konsantrasyonu : %80).

2.1.1. Mantarlar

C. albicans ATCC No. 10231 (Kullanılan Metod: TS EN 1650, analiz sırasındaki organizma miktarı: 1.8×10^6 cfu/ml, log 6.26 temas süresi: 15 dk \pm 10 sn, ürün konsantrasyonu : %80), A. brasiliensis ATCC No. 16404 (Kullanılan Metod: TS EN 1650, analiz sırasındaki organizma miktarı: 2×10^7 cfu/ml, log 6.30 temas süresi: 15 dk \pm 10 sn, ürün konsantrasyonu : %80).

2.1.2. Virüsler

Virüs testi suşları ile ilgili detay; Poliovirüs Tip 1 (LSc 2ab suşu, test yoğunluğu: %97 konsantrasyon, kullanılan metod: TS EN 14476, temas süresi: 2 dakika, test hücresi: vero hücre hattı), Adenovirüs Tip 5 (Adenoid 75 suşu, test yoğunluğu: %97 konsantrasyon, kullanılan metod: TS EN 14476, temas süresi: 2 dakika, test hücresi: vero hücre hattı), Murine Norovirüs (S99 Berlin suşu, test yoğunluğu: %97 konsantrasyon, kullanılan

metod: TS EN 14476, temas süresi: 2 dakika, test hücresi: raw hücre hattı).

2.1.3. İrritasyon Testi

İn vitro cilt irritasyon testi : analiz, “OECD 439 In Vitro Skin Irritation: Reconstructed Human Epidermis Test Method” metoduna uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Metot, rekonstrükte insan epidermis dokusuyla temas ettirilmiş test örneğinin dokuda meydana getirdiği irritatif etkisini inceler.

2.1.3. Formülasyon Hazırlanışı

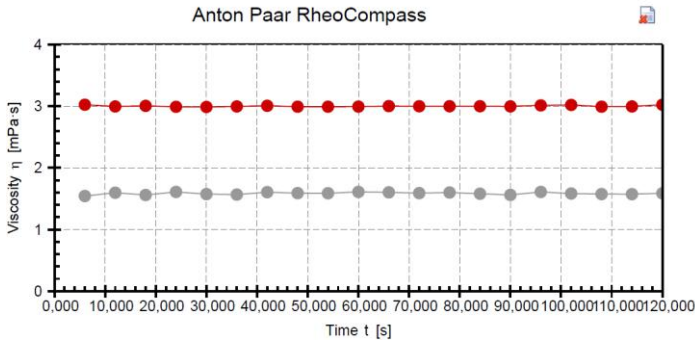
Sıvı ve sprej dezenfektan ürün grupları için iki farklı formülasyon çalışılmıştır. Sıvı dezenfektan ürünü için; %82.7 v/v etil alkol (CAS: 64-17-5), %1.45 v/v gliserin (CAS: 56-81-5) ve %15.85 v/v (CAS: 7732-18,5) miktar deiyonize su ile hazırlanmıştır. Sprej dezenfektan ürünü için; %73.43 v/v etil alkol (CAS: 64-17-5), %0.05 v/v hidrojen peroksit (CAS: 7722-84-1), gliserin %1.45 v/v (CAS: 56-81-5), %5.01 v/v propan (CAS:74-98-6), %4.99 bütan v/v (CAS:106-97-8) ve %15.07 deiyonize su v/v (CAS: 7732-18,5) kullanılmıştır. Sıvı dezenfektan ürünü HDPE ambalajda uygulama ve analizlere gönderilirken sprej dezenfektan ise alüminyum ve laklı tenekelere doldurulmuştur.

Tablo 1. Mitreapel Hunter Antibakteriyel El Dezenfektan İritasyon Sonuçları

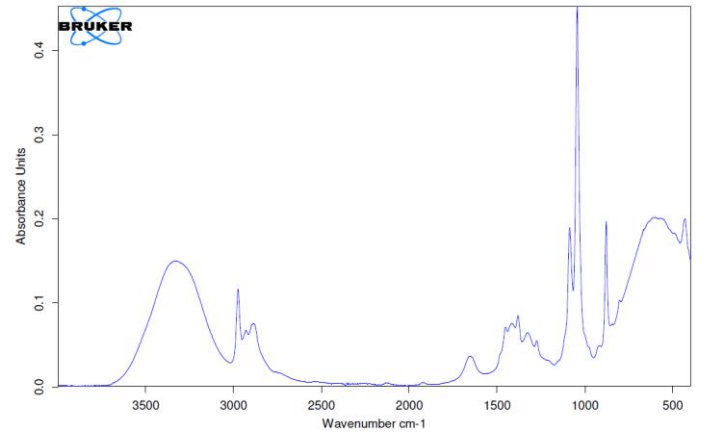
Mitreapel Hunter Antibakteriyel El Dezenfektanı	Ortalama Canlılık (%)	SD (%)	Sonuç
Negatif Kontrol	100.21	3.69	İrritant değil
Pozitif Kontrol	4.82	0.36	İrritant
Test Maddesi	105.03	15.88	İrritant değil

Tablo 1. Mitreapel Hunter Antibakteriyel El Dezenfektan İritasyon Sonuçları

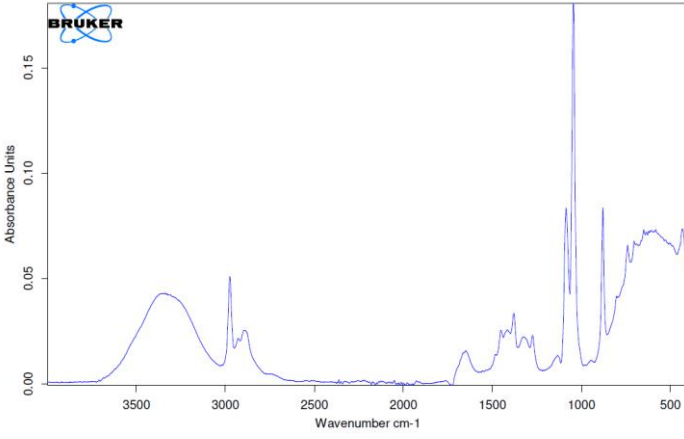
Mitreapel Hunter Antibakteriyel El Dezenfektanı	Ortalama Canlılık (%)	SD (%)	Sonuç
Negatif Kontrol	100.21	3.69	İrritant değil
Pozitif Kontrol	4.82	0.36	İrritant
Test Maddesi	105.03	15.88	İrritant değil



Şekil 1.Mitreapel Hunter Antibakteriyel Sprej (gri) ve Sıvı (kırmızı) El Dezenfektan Reometre Viskozite Sonuçları



Şekil 2.Mitreapel Hunter Antibakteriyel Sıvı El Dezenfektan FT-IR Sonuçları



Şekil 3.Mitreapel Hunter Antibakteriyel Sprey El Dezenfektan FT-IR sonuçları

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Mitreapel Hunter Antibakteriyel El Dezenfektanı ve Mitreapel Hunter Antibakteriyel Sprey El Dezenfektanı ürünleri materyal ve metod bölümünde belirtilen bakteri, mantar ve virüs testlerinden başarı ile geçmiştir. İritasyon testi için ise canlılık oranı %100 üzerindedir; geçimlilik standartı canlılık oranını >50% belirlerken ürünlerin performans sonuçları; sıvı ürün için %105.03 spreysel ürün için ise %118.87 gelerek dokularda herhangi bir canlılık kaybının olmamasının yanı sıra canlılığının

arttığı bağımsız laboratuvar test sonucunda kanıtlanmıştır. Viskozite değeri sırasıyla; spreysel ürünümüzde 1,58 mPa.s, sıvı üründe ise 3,02 mPa.s olarak ölçülmüştür. Viskozitenin sonucunun düşük çıkması özellikle spreysel uygulamalarda daha geniş örtüntüyle tenekeden çıkış olmasını sağlayacaktır. Sıvı ve spreysel dezenfektan ürünlerinin FT-IR sonuçları değerlendirildiğinde elde edilen pikler benzer gelmiştir. Bunun sebebi sıvı dezenfektan formülasyonunun konsantrasyon dışında aynı ana aktif maddeye (Etil alkol) sahip olmasıdır. 3500-3200

4. Sonuç

El dezenfektanı uygulamalarında özellikle ilk gün testlerini geçen ürünler mikroorganizma ve virüs testlerinden geçemeyebilirler böyle bir durumda formülasyon hazırlayıcıları genelde yüksek % v/v oranda alkol ve ikinci aktif madde kullanımını tercih ederler. Formülötör tarafından alınan bu aksiyon sonucu ürün mikroorganizma testlerinden geçerken el üzerinde yüksek tahribata sebebiyet vererek irritasyona neden olur ve testten kalarak ruhsatlandırma aşamasına geçemez. Mitreapel sıvı dezenfektan üründe yüksek oranda (%82.7 v/v) etil alkol kullanılmasına rağmen nemlendirici gliserinin doğru miktarda kullanılması ile irritasyon özelinde yüksek sonuç alınmasını sağlamıştır. Mitreapel spreysel dezenfektan üründe ise etil alkol (%73.43 v/v) miktarı düşürülmesine rağmen ikinci bir destekleyici aktif madde hidrojen peroksit (%0.05 v/v) kullanılarak mikroorganizma ve virüs testlerinden geçilmesi sağlanmıştır. Hidrojen peroksit gibi tahriş edici kimyasalın kullanılmasına rağmen sıvı formülasyondan daha fazla bir canlılık oranı sağlıyor olması gliserinin ve etil alkol oranının doğru kullanılışı ayrıca spreysel aerosol sisteminin ürünü pulvarize dışarı çıkararak tek bir bölgede yoğun kalmasını engellemesi olarak yorumlanmıştır. Dezenfektan ürün grupları içerisinde özellikle el hassasiyeti olan kullanıcılar için spreysel aerosol ürünlerinin tüketilmesinin daha uygun olacağı öngörülmüştür.

cm⁻¹ frekansında alkole ait -OH piki, 3000-2850 cm⁻¹ frekansında C-H piki, 1470-1450 cm⁻¹ frekansında benzer C-H piki görülmektedir. Dezenfektanların stabilitesinde irritasyon ve antibakteriyel özellik göstermesine etki etmektedir. Sıvı üründe 54 °C'de 14 gün bekletilen üründe; etil alkol başlangıç değeri 82,7 (%v/v) oranı, %78.3 (%v/v) olarak ölçülmüştür. Spreysel dezenfektan üründe ise; 73,43 (%v/v) etil alkol oranı 77,29 (%v/v) olarak elde edilmiştir. Özellikle el dezenfektanlarında pH değerinin kullanıcı için kritik bir parametre olması sebebiyle hızlı stabilite sonuçları değerlendirilmelidir. Sıvı el dezenfektanı üründe; yaşlandırma öncesi 8.62 ölçülen pH, yaşlandırma sonrası 7,71, spreysel el dezenfektanında ise yaşlandırma öncesi 6,30 elde edilen değer yaşlandırma sonrasında 6,27 olarak sonuçlanmıştır. pH değerlerinin yaşlandırma öncesi ve sonrasında Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumunun mevzuat limiti olan 6-9 arasında geliyor olması irritasyon özelinde olumlu sonuç alınabileceğini bağımsız laboratuvar analiz raporlarıyla da kanıtlanmıştır. Alkol içerikli el dezenfektanlarında etkin kabul kriteri olan uygulama sonrasındaki 60 sn bekleme süresi, yapılan çalışmada 5-10 sn olarak efektif olarak belirtilirken, 30 sn de el yüzeyi üzerinde tamamen istenilen performansı sağlayabileceği gruplar üzerinde yapılan araştırmalar ile test edilmiştir [13,14]. Bu çıktı üzerinde daha az uygulama ve bekleme süresi ile irritasyon sonucunu hem el hem de spreysel dezenfektanı için daha faydalı hale getirebiliriz. Bakterilerin ıslak ellere daha kolay yapışması ve sabun ile yıkamada epidermal su içeriğinin azalması, alkol bazlı dezenfektan kullanımda hem bakteri oluşumunun düşük seviyede kalması ve el kuruluğunun önüne geçilmesini sağlamaktadır [15]. 30 sn uygulama kuralının alkol bazlı el dezenfektanlarında uygun olduğu fakat jel tipi antiseptiklerde bakteriler üzerinde gerekli performansı sağlayamayacağı belirtilmektedir. Alkol bazlı dezenfektanlarda ev ovulmasının daha az olmasının avantajı direkt olarak irritasyon parametresini etkilemektedir [16]. Düşük uygulama süresi ve etkin alkol oranına sahip olunması hem sıvı hem de spreysel avantajının kullanılması ürünümüzün rakiplerine karşı ekstra performans göstereceğini bu çıktılar ışığında birkez daha kanıtlanmıştır.

5. Teşekkür

Dezenfektan ürün grubu ile hijyen sektörüne giriş yapmamızı ve öz sermayesini kullanarak tüm belgelendirme süreçlerini hızlı bir şekilde yönetmemizi sağlayan Beta Kimya yönetim kuruluna ve süreçte desteğini esirgemeyen Ar-Ge müdürü Erhan Mendi Bey'e teşekkür ederiz.

Kaynakça

- 1- COVID-19 Coronavirus 2019-nCov Statics Update: 239,037,231 Cases and 4,872,802 Deaths. [(accessed on 12 Oct 2021)]; Available online: <https://www.worldometers.info/coronavirus/>.
- 2- Kampf G., Todt D., Pfaender S., Steinmann E. Persistence of coronaviruses on inanimate surfaces and their inactivation with biocidal agents. J. Hosp. Infect. 2020;104:246–251. doi: 10.1016/j.jhin.2020.01.022.
- 3- Van Doremalen N., Bushmaker T., Morris D.H., Holbrook M.G., Gamble A., Williamson B.N., Tamin A., Harcourt J.L., Thornburg N.J., Gerber S.I., et al. Aerosol and Surface Stability of SARS-CoV-2 as Compared with SARS-CoV-1. N. Engl. J. Med. 2020;382:1564–1567. doi: 10.1056/NEJMc2004973.

- 4- Seto W.H., Tsang D., Yung R.W.H., Ching T.Y., Ng T.K., Ho M., Ho L.M., Peiris J.S.M. Advisors of Expert SARS group of Hospital Authority Effectiveness of precautions against droplets and contact in prevention of nosocomial transmission of severe acute respiratory syndrome (SARS) *Lancet*. 2003;361:1519–1520. doi: 10.1016/S0140-6736(03)13168-6.
- 5- Hand Sanitizer Use Out and About Available online: <https://www.cdc.gov/handwashing/hand-sanitizer-use.html>.
- 6- Dixit A., Pandey P., Mahajan R., Dhasmana D.C. Alcohol based hand sanitizers: Assurance and apprehensions revisited. *Res. J. Pharm. Biol. Chem. Sci.* 2014;5:558–563.
- 7- Deshpande A, Fox J, Wong KK, Cadnum JL, Sankar T, Jencson A, Schramm S, Fraser TG, Donskey CJ, Gordon S. Comparative Antimicrobial Efficacy of Two Hand Sanitizers in Intensive Care Units Common Areas: A Randomized, Controlled Trial. *Infect Control Hosp Epidemiol.* 2018 Mar;39(3):267-271.
- 8- Rai H, Knighton S, Zabarsky TF, Donskey CJ. Comparison of ethanol hand sanitizer versus moist towelette packets for mealtime patient hand hygiene. *Am J Infect Control.* 2017 Sep 01;45(9):1033-1034.
- 9- Pedersen L.K., Held E., Johansen J.D. and Agner T., Short term effects of alcohol-based disinfectant and detergent on skin irritation, *Contact Dermatitis* 2005; 52: 82-87.
- 10- Löffler H., Kampf G., Hand disinfection: How irritant are alcohols?, *Journal of Hospital Infection* (2008) 70 (S1) 44-48.
- 11- Prado M.F., Coelho A.C.C, Brito J.P.B, Ferreira D.O., Junior A.W., Silva Menecucci C., Queiroz A.B., Garcia L.B., Cardoso C.L., Tognim M.C.B, Antimicrobial efficacy of alcohol-based hand gels with a 30-s application, *Letters in Applied Microbiology* ISSN 0266-8254.
- 12- Chang S.C., Li W.C., Huang K.Y., Huang Y.C., Chiu C.H., Hsieh Y.C., Kuo C.Y., Shih S.R., Lin T.Y., Efficacy of alcohols and alcohol-based hand disinfectants against human enterovirus 71, *Journal of Hospital Infection* 83 (2013) 288-293.
- 13- Privatdozent S.S.S., Unger A., Berger M., Ebner W., Hauer T., Ten to fifteen seconds are needed for complete skin coverage with alcoholic hand disinfectant, *Infection Control & Hospital Epidemiology* (2020), 1-2 doi: 10.1017/ice.2019.382
- 14- Kampf G., Löffler H., Dermatological aspects of a successful introduction and continuation of alcohol-based hand rubs for hygienic hand disinfection, *Journal of Hospital Infection* (2003) 55, 1-7.
- 15- Kumar S., Das A., Hand sanitizers: Science and rationale, *Indian Journal of Dermatology, Venereology and Leprology* March 2021. Doi: 10.25259/IJDVL_598_20.
- 16- Picheansathian W., A systematic review on the effectiveness of alcohol-based solutions for hand hygiene, *International Journal of Nursing Practice* 2004; 10: 3-9.



IE3 Verim Sınıfındaki 5,5 kW Gücünde Asenkron Motorun IE4 Verim Sınıfına Yükseltilmesine Yönelik Tasarım İyileştirmeleri

Yılmaz Yiğit Aybeniz¹, Kamuran Nur Bekiroğlu², Fatma Keskin Arabul³, Atiye Hülya Obdan⁴, Ahmet Yiğit Arabul^{5*}

¹ GAMAK Makina Sanayi A.Ş., İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9794-9711), yigitaybnz@gmail.com

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3814-7684), nbekir@yildiz.edu.tr

³ Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9573-8440), keskin@yildiz.edu.tr

⁴ Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6578-0293), obdan@yildiz.edu.tr

^{5*} Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2058-6742), arabul@yildiz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 28 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 23 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1064601)

ATIF/REFERENCE: Aybeniz, Y.Y., Bekiroğlu, K.N., Keskin Arabul, F., Obdan, A.H. & Arabul, A.Y. (2022). IE3 Verim Sınıfındaki 5,5 kW Gücünde Asenkron Motorun IE4 Verim Sınıfına Yükseltilmesine Yönelik Tasarım İyileştirmeleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 133-141.

Öz

Asenkron motorlar endüstride en çok kullanılan elektrik motor türüdür. Bu sebeple enerji verimliliği asenkron motorlarda oldukça önemli noktadadır. Regülasyonlar neticesinde yüksek verimli asenkron motorların kullanımı zorunlu hale getirilmiştir, bu çalışmada IE3 verim sınıfına sahip asenkron motora aşamalar halinde verim artırma metotları uygulanarak IE4 verim sınıfına erişmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda referans olarak seçilen motor 5,5 kW gücünde, 4 kutuplu, 50 Hz, 1500 devir IE3 verim sınıfındaki motordur. Bu çalışma, temel olarak iki aşamada yürütülmüştür. Öncelikle referans motorun laboratuvar testleri ve Motor-Cad yazılımında benzetimleri gerçekleştirilmiştir. Analizler için hem analitik hem sonlu elemanlar metodu kullanılmıştır. Analitik sonuçlar ile standartlara uygun laboratuvar ortamında gerçekleştirilen testlerin birbirleriyle tutarlı olduğu gösterilmiştir. İkinci aşamada ise IE3 motorda verim artırma metotları temel alınarak gerçekleştirilen tasarımlar ile motorun IE4 verim sınıfına erişmesi hedeflenmiştir. Bunun için öncelikle teorik olarak asenkron motorun tasarım parametreleri, parametrelerin motorun verimliliğine etkileri, denklemleri ifade edilmiştir. Ardından 5,5 kW gücündeki IE3 verim sınıfına sahip asenkron motorun stator olukları genişletilmiştir akabinde statordaki iletken çapı artırılmıştır bu sayede iletkenin direncinin azalması sağlanarak stator bakır kayıplarının azalması hedeflenmiştir. Sonraki aşamada manyetik akı yoğunluğunun azalması demir ve bakır kayıplarını azaltabilmek için motorun paket boyu uzatılmış olup sarım sayısı azaltılmıştır. Üçüncü aşamada laminasyon sacı değiştirilerek demir kayıplarının azalması sağlanmıştır ve dördüncü aşamada motor %91,62 verim ile IE4 verim sınıfına ulaşmıştır. Son olarak ise IE4 verim sınıfına sahip motorun rotor olukları genişletilerek rotor iletken kayıplarının azalması hedeflenmiştir ve asenkron motorun verimi %91,75'e yükselmiştir. Tüm aşamalar Motor-Cad programında benzetimi gerçekleştirilerek tüm tasarımların karşılaştırmalı analizi gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asenkron Motor, Verimlilik sınıfları, Enerji verimliliği, Motor Tasarımı.

Design Improvements for Upgrading an IE3 Efficiency Class 5.5 kW Induction Motor to IE4 Efficiency Class

Abstract

Induction motors are the most widely used motor type in the industry thus energy efficiency becomes important topic. In order to reduce the energy consumption, the efficiency classes have been defined. In this study, it is aimed to reach IE4 efficiency class by applying

* Sorumlu Yazar: arabul@yildiz.edu.tr

efficiency increase methods step by step to the motor in IE3 efficiency class. In this context, the motor has chosen as a reference 5.5 kW, 4-pole, 50 Hz, 1500 rpm IE3 motor. The thesis has been basically prepared in two stages. Initially the motor has been tested in laboratory then the motor has been simulated. Analytical and finite element methods have been used in analyses. Both results have shown that the analytical results and the tests in the laboratory accordance with the standards are consistent with each other. Then in design process, the stator slots have been widened and to increase conductivity the diameter of the conductor has been increased, so that the resistance has been reduced to decrease copper losses. In next step, to reduce magnetic flux density, length of the motor has been extended and turns have been reduced. Then, the electrical steel has changed to reduce the iron losses, and in fourth stage, the motor reached IE4 efficiency class with 91.62% efficiency. Finally, in order to reduce rotor conductor losses, rotor slots of IE4 motor have been widened then efficiency of the motor has reached 91.75%. All stages have been simulated in Motor-Cad, and a comparative analysis of all five designs have been carried out.

Keywords: Induction motor, Efficiency classes, Energy efficiency, Motor Design.

1. Giriş

Günümüzde fosil temelli enerji kaynaklarının hızla tükendiği görülmektedir. Buna rağmen enerji kullanımı oldukça yüksek seviyelerde seyretmektedir. Bu sebeple dünyanın üzerinde durması gereken en önemli stratejik konulardan biri enerjiyi daha verimli kullanmaktır. Gelişen teknoloji ve nüfusun artışı ile gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de elektrik enerjisi tüketimi önemli bir oranda artmaktadır. Teknoloji ve nüfusun gelişimi yaşam standartlarını da yükseltmiş ve insanların daha rahat yaşamaları için konforlu ortamların oluşmasını sağlamıştır. Bu durumun sağlanmasının ana kaynağı sanayi sektörümüzdür. Gelişen teknolojinin ihtiyaçlarına sanayi sektörü Makine üreticileri firmalarında artmasıyla cevap vermeye çalışmaktadır. Sanayi sektörünün gelişimi ve üretimin artması en büyük maliyet kalemlerinden olan elektrik enerjisi maliyetinin artmasına neden olmuştur. Gelişmiş ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de elektrik enerjisi tüketiminde en büyük pay sahibi sanayi sektörü olmaktadır. Elektrik Mühendisleri Odası'nın çalışmalarına göre dünyada elektrik tüketiminin yaklaşık %40'ı alçak gerilim (AG) ve orta gerilim (OG) elektrik motorlarından ötürüdür. Sanayi sektörü düşünüldüğünde bilhassa ısıtma ve soğutma sektöründe başlıca uygulamalar olan fan, pompa, kompresör uygulamalarının yanı sıra asansör, vinç vb. uygulamaları asenkron motorların en çok kullanıldığı alanlardır ve elektrik tüketiminin %65'ini asenkron motorlar oluşturmaktadır (De Almeida et al., 2014). Türkiye'de elektrik motorlarında kullanılan elektrik enerjisinin %90'ı asenkron motorlar tarafından tüketilmektedir. Ulusal toplam elektrik tüketiminin yaklaşık %36'sı, sanayi elektrik tüketiminin ise yaklaşık %70'i asenkron motorlar tarafından tüketilmektedir (Koca & Ünsal, 2017).

Bu sebeple, asenkron motorlar keşfedilmesinden bugüne kadar boyutsal ve verimsel bağlamda ciddi değişimler geçirmiştir (De Almeida et al., 2014; Tabora et al., 2020). Verim sınıfları konusunda ilk olarak Avrupa Elektrik Makinaları ve Güç Elektroniği İmalatçıları Komitesi tarafından 1998 yılında 1,1 kW ile 90 kW arasındaki elektrik motorları için aşağıdaki enerji verim sınıfları belirlenmiştir.

EFF1 yüksek verimli > EFF2 verimi arttırılmış > EFF3 düşük verimli

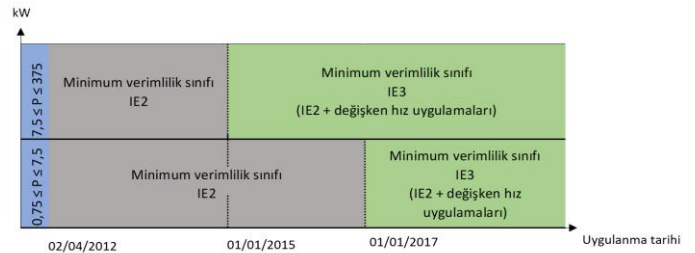
2008 yılında ise IEC tarafından IEC 60034-30:2008 standardı ile birlikte enerji verimliliği üzerine yasal düzenleme 0,75 kW-375 kW güç aralığındaki motorlar için genişletilmiş olup verim sınıflarına ilişkin yeni tanımlamalar yapılmıştır. IEC 60034-30 standardında verim sınıfları frekans, güç, kutup sayısına göre düzenlenmiş olup aşağıda belirtilmiştir (Enstitüsü, 2012).

- IE4 Süper Premium Verimli Motorlar
- IE3 Premium Verimli Motorlar

- IE2 Yüksek Verimli Motorlar
- IE1 Standart Verimli Motorlar

Enerji verimliliği adına yürürlüğe giren yeni düzenlemeler motor üreticilerini IE3 ve IE4 verim sınıfına sahip motorların tasarımları hususunda Ar-Ge çalışmalarına itmiştir.

Nüfusun hızla artışı ve hızlı sanayileşme kuşkusuz artan elektrik tüketimini beraberinde getirmektedir (Donolo et al., 2020). Bu sebeple ABD ve Avrupa Birliği ülkeleri başta olmak üzere bu enerji tüketimini minimum hale getirebilmek adına çeşitli çalışmalar ve yasal düzenlemeler gerçekleştirmiştir. IEC tarafından IEC 60034-30:2008 standardına göre yayınlanan verim sınıfları doğrultusunda 1998 yılından 2011 yılına kadar ABD'de minimum IE2 verimlilik sınıfında, 2011 yılından itibaren de minimum IE3 verimlilik sınıfında motorların satın alınıp kullanılmasına izin verilmiştir. AB ve Çin'de ise 2011-2015 yılları arasında IE2 verim sınıfı motorlar, 2015 sonrasında ise IE3 verim sınıfı motorlar zorunlu hale getirilmiştir. Türkiye'de ise 2012 yılında IE2 verim sınıfına geçiş zorunlu hale gelmiş olup, 2015 yılında IE3 zorunlu hale gelmiş ve IE2 motorların yalnızca sürücü ile kullanılmasına izin verilmiştir (Enstitüsü, 2012, 2014; Keskin Arabal et al., 2020).



Şekil 1. Türkiye'de verimlilik regülasyonunun uygulanması

Şekil 1'de sunulan düzenlemeler göz önüne alındığında, motor üreticilerinin yüksek verimli motorlar üretme zorunluluğu doğmuştur. Bu çalışmada IEC standartlarına göre üretilen 5,5 kW, 132 gövde, 50 Hz, 1500 d/d, IE3 ve IE4 verim sınıfındaki motorların tasarımı ve karşılaştırılmalı analizi planlanmıştır. Öncelikle IE3 verim sınıfında referans olarak belirlenen asenkron motorun laboratuvar ortamında testleri (Yük testi, boşa çalışma, kısa devre) yapılmıştır. Ardından IE3 verim sınıfına sahip motorun benzetimi gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları ile benzetim sonuçlarının tutarlı olduğu görülmüştür. Ardından IE3 verim sınıfına sahip motorun aşama aşama verimi arttırmaya yönelik tasarımlarla IE4 verim sınıfına erişmesi hedeflenmiştir. Bu hususta sıra ile şu aşamalar izlenmiştir.

- İlk olarak referans motorun stator iletkenlerin kesit alanını arttırabilmek adına stator olukları genişletilmiştir.

- Tasarım 2 motorda ise iletken çapı 0,78 mm'den 0,90 mm'ye arttırılmıştır bu sayede stator bakır kayıplarının azalması hedeflenmiştir.
- Tasarım 3'te ise motorun paket boyu 120 mm'den 150 mm'ye arttırılmış olup sarım sayısı 41'den 39'a düşürülmüştür bu sayede manyetik akı yoğunluğunun azalarak stator bakır ve demir kayıplarının azalması amaçlanmıştır.
- Tasarım 4'te demir kayıplarını azaltabilmek amacıyla laminasyon sacı M350-50A yerine kayıp katsayısı daha düşük M235-35A sac kullanılarak stator ve rotor demir kayıplarının azalması hedeflenmiştir.

Ardından asenkron motorun verimini daha da arttırabilmek adına Tasarım 5 motorda ise rotor bakır kayıplarını azaltabilmek amacı ile rotor oluk alanı genişletilmiştir.

Çalışmada bilhassa son dönemde getirilen regülasyonlar ve ürünlerinde asenkron motor kullanan pompa ve kompresör üreticilerinin talepleri doğrultusunda kullanımı günden güne artan yüksek verimli (IE3, IE4) asenkron motorların tasarımı amaçlanmıştır. Bu amaçla öncelikli olarak 5,5 kW, 4 kutuplu, IE3 verim sınıfındaki asenkron motorun laboratuvar ortamında testleri yapılmış, benzetimi gerçekleştirilmiştir. Ardından IE3 motor referans motor olarak kullanılarak çalışmada detaylı şekilde sunulan verim artırma metotları aşama aşama uygulanarak beş ayrı tasarım yapılarak kayıplar azaltılmış ve Motor-Cad'te gerçekleştirilen benzetimler sonucunda asenkron motorun Tasarım 4'te %91,75 verim ile IE4 verim sınıfına eriştiği saptanmıştır. Tasarlanan IE4 verim sınıfına sahip motorun rotor oluk alanları arttırılıp rotor iletken kayıpları azaltılarak verimi %91,75'e yükselmiştir. Bu çalışma kapsamında tasarlanan ve benzetimleri gerçekleştirilen asenkron motorlar sayesinde IE3 verim sınıfından IE4 verim sınıfına geçişte %2,5'lik bir verim artışı sağlanmıştır.

2. Metodoloji

Asenkron motorun verimi, mekanik olarak üretilen gücün yani milden alınan gücün şebekeden çekilen yani giriş gücüne oranı ile bulunur.

Toplam kayıp;

$$P_T = P_{fe} + P_{sv} + P_{cus} + P_{cur} + P_{LL} \quad (1)$$

$$Verim = \frac{P_{çıkış}}{P_{giriş}} \quad (2)$$

Asenkron motorlarda verim sınıfları IEC60034-30 standardına göre belirlenmiş olup Tablo 1'de 4 kutuplu asenkron motorların verim değerleri ve verim sınıfları kW bazında sunulmuştur.

2.1. Verim Sınıfları

2010 yılına kadar elektrik motorlarının verim ölçümleri IEC (Uluslararası Elektroteknik komitesi) IEC 60034-2:1996 sayılı standardı ile yapılmaktaydı. Ardından IEC 60034-2-1:2007 standardı yürürlüğe girmesi ile 2010 yılı itibari ile verim ölçümleri bu standart ile devam etti. Uluslararası verim sınıflarını standart hale getirebilmek adına Uluslararası Elektroteknik Komitesi tarafından IEC 60034-30:2008 olarak IE1 (standart), IE2 (yüksek verimli), IE3 (premium) ve IE4 (süper premium) verim sınıfları tanımlanmıştır. Son olarak IEC 60034-30-1

standardında 2014 senesinde yapılan revizyon neticesinde ise motor gücü sınırı 1000 kW'a yükseltilmiştir. Tablo 1'de referans olarak belirlenen 5,5 kW çıkış gücündeki 4 kutuplu asenkron motorun verim sınıflarına göre verim değerleri belirtilmiştir. Tablo 1'de görüldüğü üzere 4 kutuplu referans asenkron motorun IE1 verim sınıfında olabilmesi için verim değerinin %84,7, IE2 verim sınıfında olabilmesi için %87,7, IE3 verim sınıfında olabilmesi için %89,6 ve IE4 verim sınıfında olabilmesi için %91,9 olması gerekmektedir (Boglietti et al., 2011; IEC-Governments & International Organizations, Examples by Industry Sector: Electric Motors-Measuring Efficiency, n.d.; IEEE, 2018).

Tablo 1. 5.5 kW Motor için enerji verim sınıfları

Çıkış Gücü	IE1	IE2	IE3	IE4
5,5 kW	%84,70	%87,70	%89,60	%91,90

2.2. Asenkron Motor Verim Arttırma Yöntemleri

Asenkron motorlardaki kayıplar Bölüm 2.3'te ifade edildiği gibi stator ve rotordaki bakır kayıpları, demir kayıpları, mekanik kayıplar ve ek kayıplardır. Bu kayıplardan ilki olan bakır kayıplarını azaltabilmek adına statordaki olukların çapı arttırılarak iletkenlerin öz direnci azaltılarak bakır kayıpları azaltılabilir. Öte yandan motorun paket boyu uzatılarak demir taraftaki akı yoğunluğu azaltılmış olur bu sayede sargılardaki akım yoğunluğu da azalmış olacağından bakır kayıpları ve aynı zamanda demir kayıpları da azaltılmış olacaktır (Acar et al., 2018; Rodriguez Gallego, 2014). Rotordaki bakır kayıplarını azaltabilmek için ise bazı motor üreticilerinin patentli olarak kullandığı DCR metodu olarak bilinen rotorda iletkenliği alüminyuma göre daha fazla olan bakır kullanılarak rotordaki kayıplar azaltılabilir. Demir kayıplarını oluşturan girdap ve histerezis kayıplarını azaltabilmek için ise stator ve rotorda kullanılan sac kalınlıkları inceltiler ya da sacın kalitesi arttırılarak manyetik kayıpları daha az olan bir sac kullanılabilir. Rotor ve statordaki olukların şekilleri değiştirilerek bakır ve demir kayıpları azaltılabilir ayrıca birçok motor üreticisinin tercih ettiği gibi motordaki hava kanallarının ve soğutma pervanesinin tasarımını değiştirerek motorda daha iyi soğutma sağlayarak kayıplar azaltılabilir (Kobelev et al., 2020; Kondo et al., 2016; Sadali et al., 2021).

- Statordaki Kayıpların Azaltılması
- Rotor Kayıplarının Azaltılması
- Demir Kayıplarının Azaltılması
- Mekanik Kayıplarının Azaltılması
- Ek Kayıpların Azaltılması

2.3. Asenkron Motor Tasarımı

Üç fazlı sincap kafesli asenkron motorun tasarımı konusunda göz önünde bulundurulması gereken birçok argüman mevcuttur (Alberti & Troncon, 2021). Çıkış gücü, kutup sayısı, verim sınıfı, şebeke gerilimi ve frekansı bilinen motor için IEC standardına göre üretilecek motorun stator ve rotor oluk sayısının hesaplanıp oluk şeklinin en optimum şekilde belirlenmesi gerekmektedir. Motorun stator sargılarında kullanılacak iletkenin kesiti, sarım sayısı, stator oluğundaki doluluk oranı ve motorun paket boyu maliyet kısıtı göz önünde bulundurularak optimum şekilde arzu edilen verim sınıfına uygun olarak tasarlanır (Carbonieri & Bianchi, 2020; Das & Sozer, 2019; Dianati et al., 2019; Rodger et al., 1997; Valtonen et al., 2006).

3. Benzetim Çalışmaları

Bölüm 3'te ifade edilen sincap kafesli asenkron motor tasarım aşamaları izlenerek referans motor olarak belirlenen 5,5 kW, 1500 d/d, 50 Hz çalışma frekansında IE3 verim sınıfındaki asenkron motorun testlerinin gerçekleştirilmesi ve benzetim gerçekleştirilmesi hedeflenmiştir. Öncelikle belirlenen asenkron motorun laboratuvar ortamında testleri (Boşta çalışma, kısa devre testi ve yük testi) gerçekleştirilmiş olup ardından asenkron motorun Motor-Cad üzerinde benzetimi yapılmıştır.

3.1. Referans Motor Detayları

Referans motorun testi sırasında öncelikle boşta çalışma deneyi gerçekleştirilmiştir, bu hususta motor anma değerinde yüksüz olarak çalıştırılmış, motor çalışırken şebekeden çekilen faz akımı, faz gerilimi ve şebekeden çekilen toplam güç ölçülmüştür. Rotor bakır kayıpları çok küçük olduğundan ihmal edilir, şebekeden çekilen toplam güç, stator bakır kayıpları, demir kayıpları ve sürtünme vantilasyon kayıplarının toplamını verir (Gürdal, 2015). Boşta çalışma deneyi ile motorun mıknatıslanma direnci (R_c) ve manyetik devre reaktansı (X_m) hesaplanmıştır. Ardından kısa devre deneyini gerçekleştirmek amacıyla asenkron çalıştırılıp akabinde motorun mili kitlenerek rotorun dönmemesi sağlanır, motorun akımı anma akımına erişinceye kadar gerilim arttırılır, akım anma değerine eriştiğinde gerilim kaydedilir (GAMAK, 2021). Test sırasında şebekeden çekilen toplam güç motorun stator ve rotor bakır kayıpları ile demir kayıplarının toplamına eşit olur (Sathyan et al., 2020). Kısa devre deneyi ile asenkron motorun rotor faz direnci ile rotor kaçak reaktansı (X_r) hesaplanmıştır. Testin gerçekleştirildiği test düzeneği ve referans motor Şekil 2'de sunulmuştur.



Şekil 2. Referans motorun test halinde görünümü

Referans motorun faz direnci $2,072 \Omega$, mıknatıslanma direnci 2663Ω , stator kaçak reaktansı $2,48 \Omega$, manyetik devre reaktansı $103,2 \Omega$, rotor reaktansı $3,89 \Omega$, kaymaya bağlı rotor direnci ise $73,1 \Omega$ dur.

3.1.1. Referans Motor Parametreleri

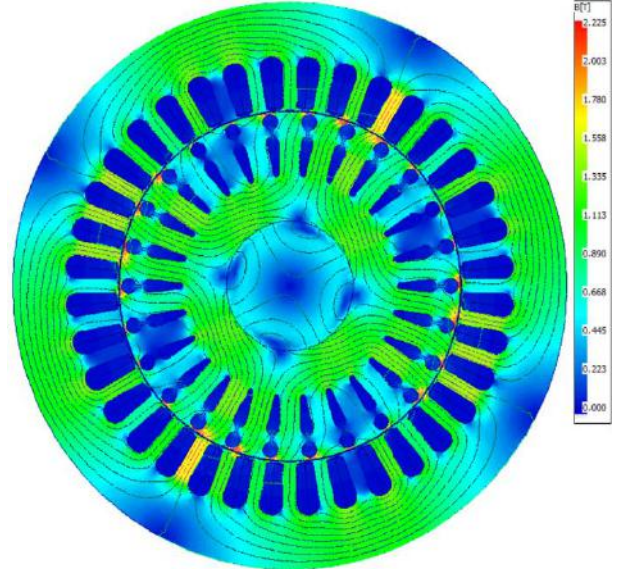
5,5 kW, 132 gövde, 4 kutup, 50 Hz, 1500 d/d IE3 verim sınıfında tasarlanan referans motorun Motor-Cad programında benzetim sonucu motorun performans verileri Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Motorun karşılaştırmalı performans verileri

	Benzetim Sonuçları	Test Sonuçları
Besleme gerilimi (V)	400	401,42
Şebeke frekansı (Hz)	50	50
Senkron hız (d/d)	1500	1500
Nominal hız (d/d)	1460	1463
Kayma	0,03	0,02
Anma hat akımı (rms) (A)	11,32	11,60
Yüksüz hat akımı (rms) (A)	7,44	6,65
Kalkış hat akımı (rms) (A)	85,3	74,6
Devrilme mil hızı (d/d)	1095	1101
Devrilme torku (Nm)	131,5	115,2
Nominal tork (Nm)	35,98	35,83
Mekanik çıkış gücü (W)	5500,6	5493,9
Kalkış akımı/Hat akım	7,48	6,43

3.1.2. Referans Motor Manyetik Akı Yoğunlukları

Şekil 3'te referans motora ait manyetik akı yoğunlukları dağılımı verilmiştir. Motorun akı yoğunlukları dağılımı incelendiğinde stator boyunduruğu bölgesinde oluşan tepe akı yoğunluğu değeri $1,44 \text{ T}$, stator dışlarında oluşan tepe akı yoğunluğu ise $1,68 \text{ T}$ mertebesindedir. Rotor çubukları çevresinde oluşan manyetik akı yoğunluğunun tepe değeri ise $1,56 \text{ T}$ mertebelerindedir. Sacın B-H eğrileri incelendiğinde akı yoğunlukları değerlerinin sacı doyma noktasına götürmediği gözlemlenmiştir.



Şekil 3. Referans motora ait akı yoğunlukları dağılımı

3.1.3. Referans Motor Kayıpları

Referans motorun kayıpları Tablo 3'te Motor-Cad programı ve laboratuvar testleri ile karşılaştırmalı olarak sunulmuştur. Kayıpların ışığında motorun verim ve güç çarpanı da aşağıda belirtilmiştir. Motorun toplam kaybı benzetim üzerinde $645,45 \text{ W}$, laboratuvar testlerinde ise 634 W 'tır. Tasarlanan asenkron

motorun verimi benzetim üzerinde %89,49 laboratuvar testlerinde ise %89,60'dır. Motor IE3 verim sınıfındadır.

Tablo 3. Motorun karşılaştırmalı performans verileri

	Benzetim Sonuçları	Test Sonuçları
Stator bakır kayıpları (W)	269	266,5
Rotor bakır kayıpları (W)	152	139,7
Kaçak yük kaybı (W)	37,66	50,5
Stator demir kayıpları (W)	160,5	152
Rotor demir kayıpları (W)	1,59	1,6
Sürtünme ve vantilasyon kayıpları (W)	24,7	24,7
Toplam kayıp (W)	645,45	635
Verim	%89,49	%89,60
Güç katsayısı	0,8	0,83

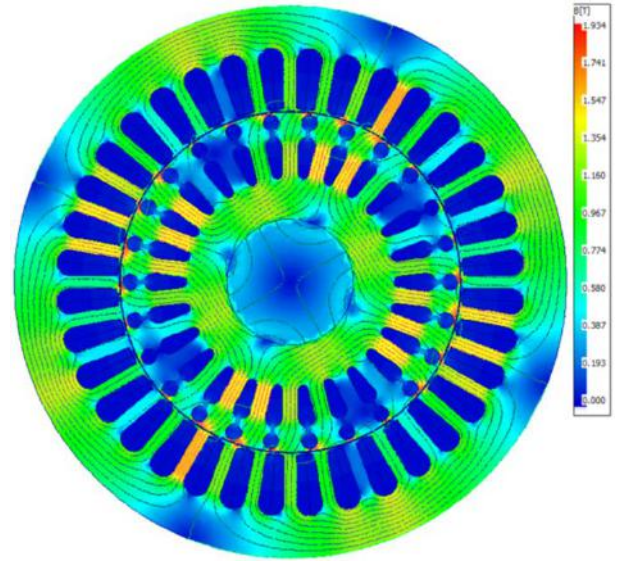
Laboratuvar testinde elde edilen sonuçlar ile benzetim sonucu elde edilen sonuçlar analiz edildiğinde stator, rotor bakır kayıplarının, demir kayıplarının, ek kayıpların örtüşüğü görülmekte olup her iki sonuçta asenkron motorun IE3 verim sınıfına sahip olduğunu doğrulamaktadır.

3.2. Motor Verim İyileştirmeleri

Referans motor olarak kullanılan 5,5 kW, IE3 verim sınıfına sahip sincap kafesli asenkron motora verim artırma metotları uygulanarak IE4 verim sınıfına sahip motor tasarlanması hedeflenmiştir. Bunlar gerçekleştirilirken öncelikle IE3 motorda stator oluk alanı artırılarak tel kesitinin artırılabilmesi sağlanmıştır, ardından iletkenin çapı artırılarak iletkenliğin artması, sargı direncinin azalması sağlanmıştır böylelikle stator bakır kayıplarının azalması hedeflenmiştir. Ardından motorun paket boyu uzatılarak manyetik akı yoğunluğunun azalması bu sayede stator bakır ve demir kayıplarının azalması hedeflenmiştir. Akabinde stator ve rotorda kullanılan M350 laminasyon sacı yerine kayıp katsayısı daha küçük M235 laminasyon sacı kullanılarak demir kayıplarının azalması hedeflenmiştir. Son olarak rotor oluk alanı artırılmıştır bu sayede rotorda iletkenliğin artırılarak rotor bakır kayıplarının azaltılması ve bu sayede motorun IE4 verim sınıfına erişmesi hedeflenmiştir. Yapılan değişiklikler aşama aşama detaylı olarak aşağıda ifade edilmiştir.

3.2.1. Tasarım 1

Tasarım 1 gerçekleştirilirken stator iç ve dış çapı sabit tutulmuş olup stator dış genişliği 6,4 mm'den 6 mm'ye indirilmiştir. Stator oluk derinliği 20 mm'den 24 mm'ye çıkarılmıştır. Tasarım 1'e ait sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen manyetik akı yoğunluğu dağılımı Şekil 4'te sunulmuştur.



Şekil 4. Tasarım 1 motorun akı yoğunluğu dağılımı

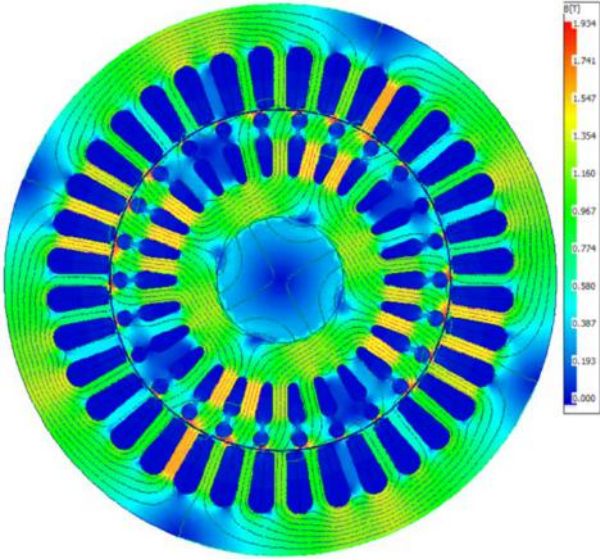
Şekil 4 analiz edildiğinde motorun akı yoğunlukları dağılımı incelendiğinde stator boyunduruğu bölgesinde oluşan tepe akı yoğunluğu değeri 1,64 T, stator dışlarında oluşan tepe akı yoğunluğu ise 1,70 T Rotor çubukları çevresinde oluşan manyetik akı yoğunluğunun tepe değeri ise 1,56 T mertebelerindedir. Stator çapının aynı kalması dolayısı ile stator oluk alanı büyütüldüğünden stator boyunduruk ve dış bölgesinde akı yoğunluğunun arttığı görülmüştür.

Sonuçlar incelendiğinde artan manyetik akı yoğunluğundan ötürü akımın artışı, bu sebeple stator, rotor bakır kayıplarının ve demir kayıplarının artışı gözlemlenmiştir.

3.2.2. Tasarım 2

Tasarım 2 gerçekleştirilirken doluluk oranı artırılarak yani kesit alanını artırarak iletkenin direncini azaltabilmek adına Tasarım 1 motorun iletken çapı 0,78 mm'den 0,90 mm'ye artırılmıştır. Bu sayede motorun faz direnci 2,07 Ω 'dan 1,58 Ω 'a düşmüştür. Motorların maliyeti incelendiğinde Tasarım 2 Motordaki stator iletken çapı artırıldığından kullanılan bakır ağırlığı artmış olup motorun maliyeti Tasarım 1 Motor'a göre %19 oranında artmıştır.

Tasarım 2 ye ait sonlu elemanlar analizi gerçekleştirilmiştir. Sonlu elemanlar yöntemi ile elde edilen manyetik akı yoğunluğu dağılımı Şekil 5'te sunulmuştur.



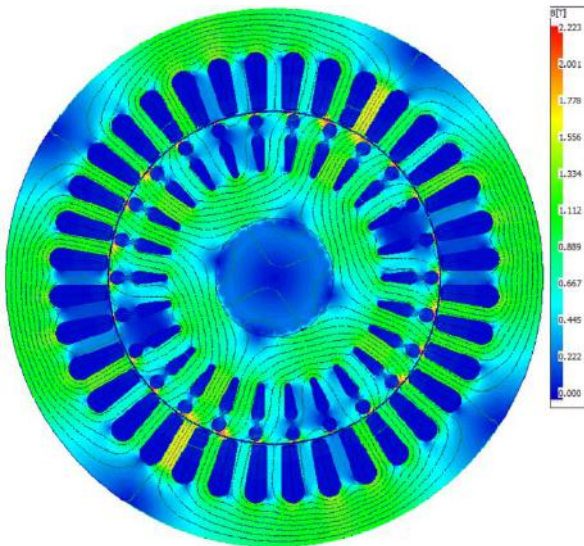
Şekil 5. Tasarım 2 motorun akı yoğunluğu dağılımı

Şekil 5 analiz edildiğinde motorun stator boyunduruğu bölgesinde oluşan tepe akı yoğunluğu değeri 1,65 T, stator dişlerinde oluşan tepe akı yoğunluğu değeri 1,71 T mertebesindedir. Rotor çubukları çevresinde oluşan akı yoğunluğu 1,57 T mertebesindedir.

Tasarım 2 motor ile IE3 referans motor karşılaştırıldığında artan iletken çapı ile iletkenliğin arttırıldığı (Direncin azaldığı) görülmüştür bu sayede stator bakır kayıplarının azalması sağlanmıştır. Tasarım 1 e göre verim %87,52'den %88,98'e yükseltilmiştir.

3.2.3. Tasarım 3

Tasarım 3 gerçekleştirilirken Tasarım 2 motorun paket boyu 120 mm'den 150 mm'ye uzatılmıştır. Artan paket boyu ile motorun hacmi artacağından ötürü manyetik akı yoğunluğu azalmıştır. Bu sayede demir kayıpları ve stator bakır kayıplarının azalması beklenecektir, Tasarım 2'ye göre artan paket boyundan ötürü sac miktarı artacağından demir kaybının bir miktar artması beklenecektir. Artan paket boyundan ötürü motorun yüklenebilirliğini arttırabilmek adına motorun sarım sayısı 41'den 39'a düşürülmüştür.



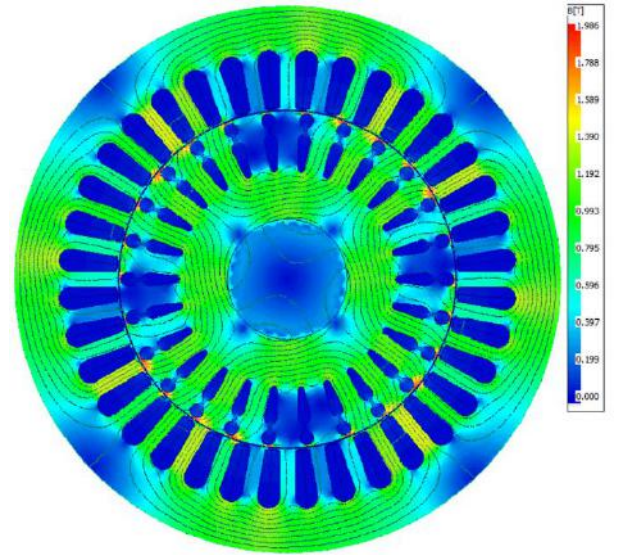
Şekil 6. Tasarım 3 motorun akı yoğunluğu dağılımı

Şekil 6 analiz edildiğinde motorun stator boyunduruğu bölgesinde oluşan tepe akı yoğunluğu değeri 1,24 T, stator dişlerinde oluşan tepe akı yoğunluğu değeri 1,52 T mertebesindedir. Rotor çubukları çevresinde oluşan akı yoğunluğu 1,26 T mertebesindedir. Görüldüğü üzere paket boyunun artması ile motorun hacmi artacağından ötürü manyetik akı yoğunluğunun Tasarım 2 ye göre azaldığı görülmüştür.

Analiz incelendiğinde sarım sayısının azalmasından ötürü Tasarım 2'ye göre Tasarım 3'te akımın artması beklenirken paket boyunun 120 mm'den 150 mm'ye uzatılması ile manyetik akı yoğunluğunda meydana gelen düşüş dolayısı ile akımın azaldığı stator ve rotor bakır kayıplarının azaldığı görülmüştür.

3.2.4. Tasarım 4

Tasarım 4 gerçekleştirilirken Tasarım 3 motorda stator ve rotorda kullanılan elektriksel sac M350-50A yerine kayıp katsayısı daha düşük M235-35A sac kullanılması ile stator ve rotor demir kayıplarının azalması hedeflenmiştir.



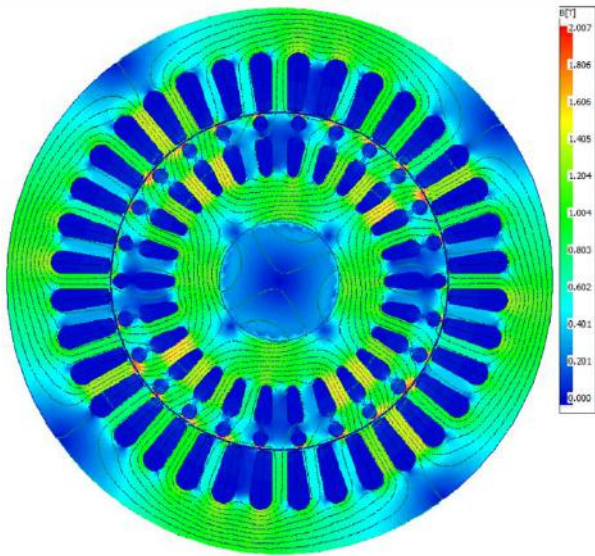
Şekil 7. Tasarım 4 motorun akı yoğunluğu dağılımı

Şekil 7 analiz edildiğinde motorun stator boyunduruğu bölgesinde oluşan tepe akı yoğunluğu değeri 1,25 T, stator dişlerinde oluşan tepe akı yoğunluğu değeri 1,50 T mertebesindedir. Rotor çubukları çevresinde oluşan akı yoğunluğu 1,25 T mertebesindedir.

Tasarım 4 motor ile IE3 verim sınıfına sahip referans motorun analiz edildiğinde laminasyon sacının M350-50A yerine kayıp katsayısı daha düşük M235-35A ile değiştirilmesi sonucu stator ve rotor demir kayıplarının ciddi oranda düştüğü görülmüştür. Bu sayede asenkron motorun verimi %91,62'ye ulaşarak motor IE4 verim sınıfına erişmiştir.

3.2.5. Tasarım 5

Tasarım 5 gerçekleştirilirken IE4 verim sınıfına erişen Tasarım 4 asenkron motorun rotor olukları genişletilerek rotordaki iletkenliğin arttırılarak rotor kayıplarının azalması hedeflenerek IE4 verim sınıfında verimin biraz daha artması hedeflenmiştir.



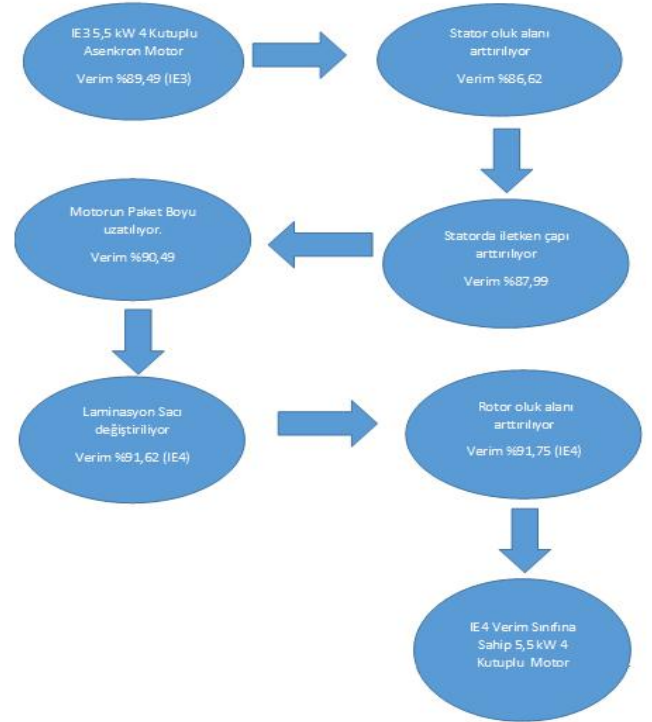
Şekil 8. Tasarım 5 motorun akı yoğunluğu dağılımı

Şekil 8 analiz edildiğinde motorun stator boyunduruğu bölgesinde oluşan tepe akı yoğunluğu değeri 1,19 T, stator dişlerinde oluşan tepe akı yoğunluğu değeri 1,47 T mertebesindedir. Rotor çubukları çevresinde oluşan akı yoğunluğu 1,46 T mertebesindedir.

Analiz edildiğinde rotordaki direncin azalması, iletkenliğin artırılması ile rotor bakır kayıplarının azalması sağlanmıştır. Bu sayede IE4 verim sınıfına sahip asenkron motorun verimi daha da artarak %91,62'den %91,75'e erişmiştir.

3.2.6. İyileştirme Çalışmaları Değerlendirmesi

Verimi arttırabilmek adına aşama aşama tasarımlarda iyileştirmeler gerçekleştirilen izlenen yol özetle Şekil 9'da sunulmuştur. Öncelikle statorda iletken çapını arttırarak iletkenliği arttırabilmek adına Tasarım 1'de statordaki olukların alanı arttırılmıştır, hemen ardından iletkenliği arttırabilmek adına iletken çapı 0,78 mm'den 0,90 mm'ye arttırılmıştır. Tasarım 3'te ise motorun paket boyu 120 mm'den 150 mm'ye arttırılıp sarım sayısı 41'den 39'a düşürülmüştür bu sayede manyetik akı yoğunluğunun azalarak stator bakır ve demir kayıplarının azalması sağlanmıştır. Tasarım 4'te ise laminasyon sacı M350-50 A yerine kayıp katsayısı daha düşük M235-35A sac kullanılarak stator ve rotor demir kayıplarının azalması sağlanmıştır bu tasarımda motor %91,62 verime ulaşarak IE4 verim sınıfına erişmiştir. Ardından son tasarım olan Tasarım 5 de asenkron motorun verimini daha da arttırabilmek adına motorun rotor olukları genişletilip rotor bakır kayıplarının azalması hedeflenmiş olup neticesinde motorun verimi %91,75'e yükselmiştir.



Şekil 9. Motor tasarımları akış diyagramı

Tüm iyileştirmeler göz önüne alınarak asenkron motorun maliyet değişimi düşünüldüğünde 5,5 kW gücündeki 4 kutuplu asenkron motorun IE3 verim sınıfından IE4 verim sınıfına erişmesi esnasında %36,4'lük maliyet artışı meydana gelmiş olup asenkron motorun verimi %2,5 yükselmiştir.

5. Sonuç

Günümüzde Dünya'da hızla yükselen nüfus artışı, gelişen sanayi, hızla gelişen teknoloji şüphesiz enerjiye talebi hızla arttırmıştır, kaynaklarının hızla tüketilmesi sebebi ile enerji tasarrufu kaçınılmaz hale gelmiştir. Bu sebeple uygulamaya konulan zorunlu regülasyonlar asenkron motorlarda yüksek verimli motorların kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Tüm bu gelişmeler neticesinde bu çalışmada enerji tüketimini azaltabilmek ve endüstrinin artan taleplerine karşılık verebilmek amacı ile yüksek verimli (IE3 ve IE4 verim sınıfına sahip), yüksek performanslı asenkron motorlar tasarlanmış olup karşılaştırmalı analizleri gerçekleştirilmiştir. Uluslararası regülasyonlar gereği 1 Temmuz 2021 tarihi itibari ile Türkiye'de ve Avrupa'da 0,75 kW – 1000 kW güç aralığındaki üç fazlı asenkron motorlarda minimum verim sınıfı IE3, 0,12 kW – 0,75 kW güç aralığındaki üç fazlı asenkron motorlarda ise minimum IE2 verim sınıfı motor kullanımının zorunlu hale getirilmesinden ötürü çalışmada referans olarak tasarlanacak üç fazlı asenkron motor 5,5 kW gücünde 4 kutup, IE3 verim sınıfına sahip olarak seçilmiştir. Çalışma boyunca öncelikle teorik hesaplamalar gerçekleştirilmiş olup, tasarımların benzetimleri ve sonlu elemanlar çözümleri Motor-Cad programında gerçekleştirilmiştir.

Bu kapsamda, ilk olarak IE3 verim sınıfına sahip 5,5 kW çıkış gücüne sahip asenkron motorun laboratuvar ortamında testleri gerçekleştirilmiştir. Ardından motorun benzetimi Motor-Cad üzerinde gerçekleştirilmiş olup, akı yoğunlukları, performans verileri analiz edilmiştir. Motorun tasarım parametreleri ve sonuçları detaylı olarak ifade edilmiştir. Ardından laboratuvar test

sonuçları ile benzetim sonuçları karşılaştırıldığında sonuçların oldukça benzer olduğu görülmüştür.

Sonraki bölümde referans olarak belirlenen IE3 verim sınıfındaki motor temel alınarak verim artırma metodları adım adım ayrı tasarımlar halinde uygulanıp, benzetimleri gerçekleştirilip, her aşamada karşılaştırmalı olarak sunulmuş ve verimi artırılmaya çalışılmıştır. Bu bağlamda öncelikle motorun stator oluk yapısı genişletilip çapı büyütülecek iletkene uygun alan hazırlanmıştır. Tasarım 2’de ise iletken tel çapının artırılmış olup bu sayede direncin azalması neticesinde bakır kayıpları azaltılmıştır. Sonraki aşama olan Tasarım 3’te ise manyetik akı yoğunluklarını azaltıp bakır ve demir kayıplarını azaltabilmek maksadı ile motorun paket boyu uzatılmıştır. Tasarım 4’te ise ilaveten laminasyon sacları kayıp katsayıları daha düşük yani daha az kayıplı saclarla değiştirilerek demir kayıpları azaltılmıştır bu sayede motorun verimi %91,62’ye ulaşarak motor IE4 verim sınıfına erişmiştir. Akabinde IE4 verim sınıfına sahip tasarım olan Tasarım 4 motorun verimi biraz daha yükseltilecek istenmiştir bu amaçla rotordaki iletkenliği arttırabilmek, rotordaki

bakır kayıplarını azaltabilmek maksadı ile motorun rotor olukları genişletilmiş, rotor bakır kayıpları azaltılmıştır. Motorun verimi %91,75’e ulaşmış olup IE4 verim sınıfındaki motorun verimi Tasarım 5’te Tasarım 4’e göre daha da yükselmiştir.

Her beş tasarımın da kayıpları detaylı analiz edilmiştir. Tüm tasarımlar gerçekleştirilirken karşılaştırmalı olarak bir önceki tasarımın tasarım parametreleri, performans verileri ve kayıpları karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki, paket boyunun uzatılması, laminasyon saclarının değiştirilmesi, stator bakır miktarının artırılması asenkron motorlarda verimi arttırmaktadır. Tüm bunların yanında verimi çok daha yüksek seviyeye taşıyabilmek için vantilasyon kayıplarını azaltabilmek adına özel pervaneler, sürtünme kaybını azaltabilmek için ise sürtünme kaybı daha düşük rulmanlar kullanılabilir. Rotor iletken kayıplarını biraz daha azaltabilmek adına ise DCR metodu olarak bilinen rotorda alüminyum yerine iletkenliği alüminyuma göre daha yüksek olan bakır kullanılabilir.

Kaynakça

- Acar, Ç., Soygenç, O. C., & Ergene, L. T. (2018). Endüstriyel Uygulamalarda Kullanılan Asenkron Motorlarda IE2 Verim Sınıfından IE4 Verim Sınıfına Geçiş Amaçlı Bir Çalışma. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(3), 59–65. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/fumbd/issue/39229/461952>
- Alberti, L., & Troncon, D. (2021). Design of Electric Motors and Power Drive Systems According to Efficiency Standards. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 68(10), 9287–9296. <https://doi.org/10.1109/TIE.2020.3020028>
- Boglietti, A., Cavagnino, A., & Vaschetto, S. (2011). Induction motor EU standards for efficiency evaluation: The scenario after IEC 60034-2-1. *IECON 2011 - 37th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society*, 2786–2791. <https://doi.org/10.1109/IECON.2011.6119753>
- Carbonieri, M., & Bianchi, N. (2020). Induction motor rotor losses analysis methods using finite element. *2020 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 187–192. <https://doi.org/10.1109/ICIT45562.2020.9067209>
- Das, S., & Sozer, Y. (2019). Design and analysis of an axial flux doubly fed induction generator for wind turbine applications. *2019 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2019*, 442–447. <https://doi.org/10.1109/ECCE.2019.8913146>
- De Almeida, A. T., Ferreira, F. J. T. E., & Baoming, G. (2014). Beyond induction motors - Technology trends to move up efficiency. *IEEE Transactions on Industry Applications*, 50(3), 2103–2114. <https://doi.org/10.1109/TIA.2013.2288425>
- Dianati, B., Kahourzade, S., & Mahmoudi, A. (2019, October 1). Analytical design of axial-flux induction motors. *2019 IEEE Vehicle Power and Propulsion Conference, VPPC 2019 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/VPPC46532.2019.8952172>
- Donolo, P. D., Chiacchiera, E., Pezzani, C. M., Lifschitz, A. S., & De Angelo, C. (2020). Economic Barriers to the Application of Energy Efficient Motors in Industry. *IEEE Latin America e-ISSN: 2148-2683*
- Transactions, 18(10), 1817–1825. <https://doi.org/10.1109/TLA.2020.9387673>
- Enstitüsü, T. S. (2012). *TS EN 60034-30, Döner elektrik makinaları - Bölüm 30: Tek hız kademeli, üç fazlı kafesli endüksiyon motorlarının verimlilik sınıfları (IE kodu)*.
- Enstitüsü, T. S. (2014). *TS EN 60034-30-1, Döner elektrik makineleri - Bölüm 30-1: Şebeke tarafından beslenen a.a motorlar için verimlilik sınıfları (IE kodu)*.
- GAMAK. (2021). *Teknik Katalog*. <https://www.gamak.com/Uploads/Document/TR-Katalog.pdf?v=63754506874000000>
- Gürdal, O. (2015). *Elektrik Makinalarının Tasarımı*. Bursa Orhangazi Üniversitesi Yayınları. https://www.researchgate.net/publication/335700632_Elektrik_Makinalarının_Tasarımı
- IEC-Governments & International Organizations, Examples by industry sector: Electric motors-measuring efficiency. (n.d.). Retrieved March 18, 2020, from https://www.iec.ch/perspectives/government/sectors/electric_motors.htm
- IEEE. (2018). IEEE Standard Test Procedure for Polyphase Induction Motors and Generators. *IEEE Std 112-2017 (Revision of IEEE Std 112-2004)*, 1–115. <https://doi.org/10.1029/2010gb003772>
- Keskin Arabul, F., Senol, I., & Oner, Y. (2020). Performance Analysis of Axial-Flux Induction Motor with Skewed Rotor. *Energies*, 13(19), 4991. <https://doi.org/10.3390/EN13194991>
- Kobelev, A., Rozanov, D., & Makarov, L. (2020, October 4). Performance Analysis of Traction Induction Motors of Various Designs for Low-Floor Light Rail Vehicles. *2020 11th International Conference on Electrical Power Drive Systems, ICEPDS 2020 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ICEPDS47235.2020.9249357>
- Koca, Y. B., & Ünsal, A. (2017). Asenkron Motor Arızalarının Değerlendirilmesi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 7(2), 37–46. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbed/issue/30206/300598>
- Kondo, M., Miyabe, M., Ebizuka, R., & Hanaoka, K. (2016).

- Design and Efficiency Evaluation of a High-Efficiency Induction Motor for Railway Traction. *Electrical Engineering in Japan*, 194(2), 15–23. <https://doi.org/10.1002/EEJ.22771>
- Rodger, D., Coles, P. C., Allen, N., Lai, H. C., Leonard, P. J., & Roberts, P. (1997). 3D finite element model of a disc induction machine. *IEE Conference Publication*, 444, 148–149. <https://doi.org/10.1049/cp:19971056>
- Rodriguez Gallego, A. (2014). *Design and Optimization of an IE44-pole 7.5 kW Induction Motor* [Royal Institute of Technology]. <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:kth:diva-160702>
- Sadali, Y., Kondo, K., Aiso, K., Fujimoto, K., Makishima, S., Nakashima, Y., & Yamaguchi, T. (2021). Identifying the Optimal Induction Motor Design for Increased Power Density in Commuter Railway Use through Loss Analysis. *Proceedings of the Energy Conversion Congress and Exposition - Asia, ECCE Asia 2021*, 1187–1192. <https://doi.org/10.1109/ECCE-ASIA49820.2021.9479178>
- Sathyan, S., Aydin, U., & Belahcen, A. (2020). Acoustic Noise Computation of Electrical Motors Using the Boundary Element Method. *Energies* 2020, Vol. 13, Page 245, 13(1), 245. <https://doi.org/10.3390/EN13010245>
- Tabora, J. M., De Lima Tostes, M. E., De Matos, E. O., Bezerra, U. H., Soares, T. M., & De Albuquerque, B. S. (2020). Assessing voltage unbalance conditions in IE2, IE3 and IE4 classes induction motors. *IEEE Access*, 8, 186725–186739. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3029794>
- Valtonen, M., Parviainen, A., & Pyrhönen, J. (2006). Electromagnetic field analysis of 3D structure of axial-flux solid-rotor induction motor. *International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, 2006. SPEEDAM 2006, 2006*, 174–178. <https://doi.org/10.1109/SPEEDAM.2006.1649766>



Investigation The Bacterial Filtration Efficiency Of Medical Masks From Polyethylene Terephthalate (PET) Fabric

Nisa Sipahi^{1*}, Metehan Öztoprak²

^{1*} Düzce University, Traditional and Complementary Medicine Applied and Research Center, Düzce, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-8915-3545), sipahi.nisa@gmail.com

² Medicaltex Duzce Teknopark Inc, Düzce, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-3158-9765), metehanoztoprak@gmail.com

(First received 31 January 2022 and in final form 24 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1065823)

ATIF/REFERENCE: Sipahi, N. & Öztoprak, M. (2022). Investigation The Bacterial Filtration Efficiency Of Medical Masks From Polyethylene Terephthalate (PET) Fabric. *European Journal of Science and Technology*, (35), 142-147.

ABSTRACT

The Covid-19 pandemic period caused attention to the importance of medical masks. Various studies show that mask fabrics should not be ordinary. Uncontrollably produced masks with poor quality have become an important problem in the market. Based on the idea that viruses spread by binding themselves to environmental bacteria and water droplets, it is assumed that the basic filtering efficiency of masks is of primary importance and requires the use of masks with a certain filtering ability. The purpose of the present study was to produce fabric masks from Polyethylene Terephthalate (PET), and to investigate the filtration efficiency. Masks were produced from the developed PET fabric and widely used Meltblown (MB) fabric, which is known to have a high filtration rate and their filtration efficiencies were compared. EN 14683 BFE methods was used in laboratory setting to measure the filtration efficiency of the masks. It was found that the MB/3-layer mask had 99.7% (SD±0.2) capacity of filtering microorganisms and the 3-layer ART/Mask in the developed PET structure was capable of filtering microorganisms at a rate of 96.8% (SD±2.7). When the filtration efficiency of the masks detected for each microorganism was compared separately, no statistically significant differences were detected (p>0.05). The tested mask was found to have a similar high microbial filtration rate to the mask made of meltblown fabric. This suggests that it will reduce the spread of viruses by attaching themselves to bacteria from sick individuals. It is also it can has protective effect for nosocomial infections.

Keywords: Bacterial filtration efficiency, Covid-19, Mask, Pandemic, Polyethylene terephthalate

Polietilen tereftalat (PET) kumaştan elde edilen tıbbi maskenin bakteri filtrasyon verimliliğinin araştırılması

Öz

Covid-19 pandemi dönemi tıbbi maskelerin önemine dikkat çekmiştir. Araştırmalar, üretilen maskelerin herhangi bir kumaştan olmaması, belirli özelliklerinin olması gerektiğini göstermektedir. Ancak kontrolsüz olarak üretilen kalitesiz maskeler piyasada önemli bir sorun haline gelmiştir. Virüslerin çevredeki bakteri ve su damlacıklarına tutunarak yayıldığı fikri, maskelerin temel filtreleme etkinliğinin belirli bir düzeyde olması gerektiğini zorunlu kılmaktadır. Bu çalışmada polietilen tereftalattan (PET) kumaştan maske üretilmesi ve filtrasyon etkinliğinin araştırılması amaçlanmıştır. Geliştirilen PET kumaştan ve yaygın olarak kullanılan yüksek filtrasyon verimliliği olduğu bilinen Meltblown (MB) kumaştan maskeler üretilmiş ve filtrasyon verimlilikleri karşılaştırılmıştır. Maskelerin filtrasyon verimliliğini ölçmek için laboratuvar ortamında EN 14683 BFE test standardı prosedürleri uygulanmıştır. MB/3 katmanlı maskenin mikroorganizmaları %99,7 (SD±0.2) filtreleme kapasitesine sahip olduğu ve geliştirilen PET yapısındaki 3 katmanlı ART/Maske'nin mikroorganizmaları %96,8(SD±2.7) oranında filtreleyebildiği tespit edilmiştir. Her bir mikroorganizma için tespit edilen maskelerin filtrasyon verimlilikleri ayrı ayrı karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık tespit edilmemiştir. (p>0,05). Test edilen maskenin meltblown kumaştan üretilen maskeyle benzer oranda yüksek mikrobiyal filtrasyona sahip olduğu bulunmuştur. Bu durum hasta bireylerden bakterilere bağlanarak yayılan virüslerin çevreye bulaş oranını azaltacağını düşündürmektedir. Ayrıca PET'ten üretilen maskelerin hastane enfeksiyonlarına karşı koruyucu etkisi olabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bakteriye filtrasyon verimliliği, Covid-19, Maske, Pandemi, Polietilen tereftalat

* Corresponding Author: sipahi.nisa@gmail.com

1. Introduction

The viral outbreak that appeared in Wuhan Province, China was named as Covid-19 pandemic by the World Health Organization. Although the causing agent first appeared in December 2019 in China, more than 118.000 cases of Covid-19 were detected in 114 countries as of March 11, 2020 (WHO, 2020; Kartal, 2021). Also, it was announced on the same date by the Ministry of Health of Turkey that the novel coronavirus type entered the country for the first time (TÜBA, 2020).

Today, Covid-19, which is still spreading rapidly (as of November 2021), is a novel acute respiratory syndrome, which can become complicated with severe pneumonia (O'Neill et al., 2020). This virus, which is identified as SARS-CoV 2, is an RNA virus that is associated with pneumonia, such as SARS-CoV and MERS-CoV. The virus, which has high infection rates with relatively high mortality, can easily spread through respiration. It was reported that the virus infects healthy people from sick individuals after contact with droplets scattered through coughing, sneezing and with surfaces where the respiratory secretions of patients come into contact (Wu et al., 2020; Zheng et al., 2020). According to researchers, this virus can survive maximum 4-5 days on different materials, such as aluminum, wood, paper, plastic and glass (TÜBA, 2020; Shoenfeld, 2020). The speed of the pandemic and its strong infection routes brought precautionary decisions to the forefront to avoid or stop the pandemic worldwide and in Turkey. The use of personal protective equipment, such as masks, has become mandatory to protect against infection. For this reason, there has been a great demand for masks, gloves and similar equipment in the community.

Experts emphasize social distancing and mask use to protect against Covid-19. On the other hand increased mask use with Covid-19 raised the use of masks independent of coronavirus infection. In fact, "is it necessary to use masks at all times in many infectious diseases, especially in hospital infections?" is a current question. With all these, several companies and factories switched to mask production to meet the demands of the community. In this process, masks produced by people who are not experienced have also found place in the market. Because Covid-19 also caused a shortage in this area. However, masks produced in terms of public health must meet some criteria. It is important especially for health to produce masks in line with ASTM standards, which are widely accepted all over the world (Bayersdorfer et al., 2020). However, the high consumption rates in Turkey and the intensity in limited places performing routine analyses in the first pandemic period, the willingness of companies to produce too many products with insufficient testing and infrastructure to provide ideas for product development appeared as a problem. Although the use of fabric masks is still a matter of debate in Covid-19, it is recommended increasingly (Eikenberry et al., 2020). As it is already known, the cost and supply of masks such as advanced specific N95 cannot be easily delivered to all segments of society. The general opinion of experts is that masks with a certain microbial filtration efficiency that are produced under aseptic conditions can be protective in moderate risk settings. Also, viruses are considered to spread by attaching themselves to environmental bacteria and water droplets (Rodriguez et al., 2020). For this reason, it is important that masks that have certain filtration capabilities and easy-to-deliver to all segments of society find place in the market. moreover, masks today and in the

future should not only protect against coronavirus infection, but also protect against all kinds of microorganisms. The fabric, which came to the forefront in this sense, is Meltblown (MB). As it is known, Meltblowing is a unique one-step process to produce non-woven membranes with self-adhesive fiber (Hassan et al., 2013). However, the MB fabric was very costly, and it was therefore difficult to obtain them in adequate levels during the pandemic period (Tekeoğlu, 2020). For this reason, masks were produced by using a different material (Polyethylene Terephthalate) and EN 14683 BFE (Bacterial Filtration Efficiency) Test Standard was applied in laboratory setting to measure the filtration efficiency of the developed mask.

2. Material and Method

2.1. Structure of the Fabric

A fabric with Polyethylene (PE)-Terephthalate (PET) was produced as 25 gsm hydrophilic (ART) in the present study. The features of the test fabric that was developed according to ERT 40.3-90 and ERT 20.2-89 Standard are given in Table 1. The ready-made fabric that was produced as Meltblown (MB) was used for comparison.

2.2. Mask Features

ART and MB fabrics were placed between the 25gr/m² ront, and 15g/m² final spun bond as filtration fabric, and the 3-layer masks were produced with ultrasonic stitching and wires and rubber (Figure 1). The masks, which were produced as 17.5 cm wide, were designed to be triple-fold to wrap the jaw and nose fully. With the masks produced by using MB fabric and strong hydrophobic spun bond fabric, products that were suitable for the use of the healthcare sector (dentists, healthcare employees who carry out surgical applications, emergency and intensive care employees, etc.) were developed. The purpose was to develop a more comfortable mask by using hydrophilic ART fabric with higher air permeability and higher BFE values instead of MB in daily use.

2.3. Test Agents

Staphylococcus aureus ATCC 25923, *Klebsiella pneumoniae* subsp *pneumonia* ATCC 700603, *Candida albicans* ATCC 64548, *Escherichia coli* ATCC 35218 strains were used in the study. Bacteria were cultured in nutrient broth (NB, Merck) while potato dextrose broth (PDB, Merck) was used for yeast cells. All of test agents were incubated for 24 hours at 37°C.

2.4. Microbial Filtration Efficiency Test

The test that was determined for Bacterial Filtration Efficiency (BFE) in EN 14683. The testing standard was modified and analyzed. Each microorganism was prepared with a density of 1.7-2.7X10³ in the experiment. The test was performed at an ambient temperature of 20-25°C and relative humidity rate of 55±5%. The MMD 3.7 µm (Mesilife M102) nebulizer was used in the study. The debit of the device was fixed at 29.4 L/min, and each sample was subjected to aerosol microorganism for 1 minute. Agar growth media that were exposed to filtered air (Nutrient agar for bacteria, Merck; Potato dextrose agar for yeast, Merck) were incubated for 24 hours at 37°C. The filtration rate was calculated by counting the colonies formed on the agar according to the Control Group. The test setting is given in Figure 2. The test was done with 3 repetitions for each microorganism, and the entire

experimental system and test material were sterilized under UV before each testing.

evaluation of the data. The comparison of the filtration efficiencies of the masks was evaluated for each microorganism with the Mann Whitney U-test.

2.5. Statistical Analysis

The mean filtration efficiencies of the masks are given as $\%(\pm SD)$. The SPSS 15.0 Program was used for statistical

Table 1. Comparative Features of the Fabric Developed

Sample name	Elongation (% , MD)	Tenacity (N/5cm, MD)	Basic weight	Width (M)	Material	Image
ART fabric	14	26	25	0,175	%100 PE/PET	White, Soft
MB fabric	16,2	13,8	25	0,175	Meltblown	Natural White

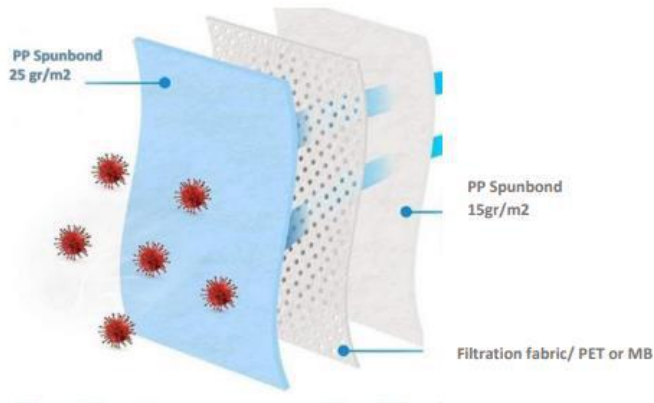


Figure 1. Structure of 3-Layer Mask: There are two different 3-layer masks produced. The ART fabric in PET structure was used in one of these, and MB fabric, which was purchased as ready-made, was used in the other.



Figure 2. The image of the apparatus developed for Bacteria Filtration Test

3. Results and Discussion

Some features of the masks that were developed by using ART and MB fabrics, such as liquid resistance, mask structure, and flammability were analyzed according to ASTM F2100, and the results are given in Table 2.

The ART/3-layer mask and MB/3-layer mask were tested for BFE according to Modified EN 14683 Standard. Not only the rate of bacterial filtration was tested in the established mechanism, but yeast filtration efficiency was also tested. As a result of the test, the filtration rate was an average of 99.7% (SD±0.2) in all microorganisms for the three-layer MB/Mask. The 3-layer ART/Mask filtered microorganisms at a rate of 96.8% (SD±2.7). The filtration rates of fabric masks according to the microorganisms are given in Table 3. The filtration efficiency of the masks for each microorganism was not at statistically significant levels when compared separately on a species basis ($p>0.05$).

The microorganism filtration rates of masks produced with high-cost MB fabric and the masks produced with ART fabric based on polyethylene terephthalate, which is difficult to supply with increasing demand in the pandemic period, were compared.

Although the importance of using masks is still a matter of debate in the Covid-19 pandemic, it has become increasingly important. Although some experts focus on other health problems caused by the use of masks, a great many experts argue that the use of masks should be mandatory in pandemic period. For the time being, the use of masks is mandatory in public areas almost all over the world. The general opinion is that textile fabrics that have certain filtration rates may be important for the pandemic (Bayersdorfer et al., 2020; Eikenberry et al., 2020). Li et al. (2013) reported that masks decrease potential aerosol transmission in infectious diseases, which do not have an effective vaccine or drug, and that, social distancing is important because of poor quality masks, which find a place in the market due to shortages in production. Cheng et al. (2020) emphasized the importance of masks by arguing that the incidence of Covid-19 was inversely proportional to the use of masks in their comparative and epidemiological analysis in Hong Kong and European Union countries. In another study, researchers pointed out to the importance of proper use of masks that have certain filtration rates during the pandemic period (Azap and Erdinç., 2020). Rodriguez-Palacios et al. (2020) conducted a study and tested the permeability of liquid materials containing *Lactobacillus lactis*, *L. rhamnosus*, *L. plantarum*, *L. casei*, *L. acidophilus*, *Leuconostoc cremoris*, *Bifidobacterium longum*, *B. breve*, *B. lactis*, *Streptococcus diacetylactis*, and *Saccharomyces florentinus*. Because it is considered that viruses spread by attaching to environmental bacteria and water droplets.

A lot of mask consumption emerged worldwide with the spread of mask use (Wang et al., 2020). On the other hand, several organizations started to produce masks regardless of the field of activity in which they were experienced to find a place in the mask production market with the economic problems caused by Covid-19 (Açıkgöz and Günay, 2020; TEB, 2020). Many masks, from those sewn in houses to those without filtration fabric and without resistance to dehydration, found their place in the market. Also, mask filtration tests were done in only a few laboratories in Turkey and the costly tests triggered this problem.

When the mask manufacturing sector is considered, cotton, polyester, nylon, silk fabrics, Polypropylene (PP) and paper-based

products, which are used widely as fabric, have filtration rates that range from 5% to 25% (Zhao et al., 2020). In the present study, polyethylene terephthalate (PET) was used as an out-of-the-usual fabric material, and surprisingly, the filtration rate was found to be quite high. It was determined in this study that the fabric produced had a microorganism filtration efficiency rate of 96.8% (SD±2.7). An advantage of PET fabric is that it transfers the heat, and is more hygienic in terms of microbial load. No water and wetness occur on the user face in the mask made of PET fabric, it absorbs the moisture of the breath because the material is hydrophilic (Geçkil et al., 2021). On the other hand, polypropylene (PP) hydrophobic, which is used frequently in mask fabrics, has a hydrophobic structure. When PET fabric is compared to Melt Blown, it has much more air permeability (Ullah et al., 2020). In the present study, it was found that ART/3-layer mask had a filtration efficiency of 96% (SD±2.7), and MB/3-layer mask had 99% (SD±0.2) filtration efficiency. According to the statistical analysis, it was found that the difference was not at a significant level ($p>0.05$). For this reason, it is believed that PET fabrics can be used instead of MB in mask production. This was interpreted as pleasing in terms of the study findings. Because, although MB fabrics have very high filtration efficiencies, they are manufactured by a limited number of manufacturers and their sales prices have increased up to 20 times with the increasing demand in pandemic period. Although the purpose was to meet the increasing demands by limiting MB exports, 4-5 months of periods were given, which could not be prevented in the pandemic period (T.C. Ticaret Bakanlığı, 2020). Therefore, it is possible to argue that masks produced with ART fabric are easily available and reduce costs, which causes mask sales prices to decrease by 4 to 1 when compared to MB. Also, the most important advantage of masks produced with PET fabric is that they are safe and comfortable with easy breathing and high BFE values when playing sports, working with tempo at work places, or during hot weather. Also, PET fabrics have become an alternative solution in the shortage caused by Covid-19. Because, although PP fabrics are heavily preferred in mask fabrics, this study brings a new perspective to textile masks. In the present study, it is very important that the ART/3-layer mask that is produced from PET fabric has a high filtration rate. Because the basic filtering efficiency of masks used during the pandemic period has primary importance (Hill et al., 2020). Also, the high BFE values can reduce the viral load spreading with attaching to bacteria from oral and nasal cavity (Rodriguez et al., 2020; Lin et al., 2020). Because the main transmission routes of infectious diseases are air, droplets, aerosol, and contact from human to human.

While only *Staphylococcus aureus* was used as the standard strain in the routine EN 14683 test standard, 4 different strains (*S. aureus*, *K. pneumoniae*, *C. albicans*, *E. coli*) were used in this study. In the study conducted by Lubasova et al. (2014) nanofiber materials were tested with *E. coli* K-12 strain in his own filtration mechanism. Also different from this study, the breath debit is considered to be 28.3 L/min in daily conditions and standard tests (ECS, 2019). The mechanism used in this study; however, had a continuous one-way airflow at 29.4 L/min. There are periods of inspiration that lasts about 2-3 s, and expiration periods that last 6-8 s in normal human respiratory function. For this reason, the ART mask that was tested was considered to have a higher capability to filter bacteria in daily use under normal living conditions. Also these kind of medical masks may have a protective effect for other nosocomial infections.

Table 2. Features of Masks according to ASTM F2100

	MB / 3-Layer Mask	ART/ 3-Layer Mask
Color	White	White
Liquid resistance	160 mmHg	160 mmHg
Flame	Class 1	Class 1
Mask Construction	Earloop	Earloop
Attachment Design	Sonic	Sonic

Table 3. Microorganism Filtration Rates of Fabrics

Microorganism	Filtration Rate		Significance P (%)
	3-Layer ART/Mask % (SD)	3-Layer MB Mask % (SD)	
<i>S. aureus</i>	96 (±0,6)	99 (±0,7)	0,1
<i>K. pneumoniae</i>	98 (±1,2)	99 (±0,7)	0,7
<i>E. coli</i>	93 (±0,5)	99 (±0,4)	0,1
<i>C. albicans</i>	99 (±0,7)	100 (0)	0,1

4. Conclusion

Various studies show that mask fabrics should not be ordinary. In this sense, the filtration efficiency of masks used for medical purposes is an important issue. The mask which is produced by the study has high bacterial filtration efficiency. Moreover, it is produced at a lower cost than other good quality masks. This suggests that it will reduce the spread of viruses by attaching themselves to bacteria from sick individuals. It is also considered that the masks that were made of PET will be an alternative solution in the scarcity caused by Covid-19 and it can have protective effect for other nosocomial infections.

References

Açıkgöz Ö, & Günay A (2020). The early impact of the Covid-19 pandemic on the global and Turkish economy. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 50(SI-1), 520-526.

Azap A, Erdiñ FŞ. Medical mask or N95 respirator: When and how to use?. *Turkish Journal of Medical Sciences*. 2020; 50(SI-1), 633-637.

Bayersdorfer J, Giboney S, Martin R, Moore A, & Bartles R. Novel manufacturing of simple masks in response to international shortages: bacterial and particulate filtration efficiency testing. *American Journal of Infection Control*. 2020;1543–1545. doi: 10.1016/j.ajic.2020.07.019.

Cheng VC, Wong S C, Chuang V W, So S Y, Chen, J. H., et al. The role of community-wide wearing of face mask for control of coronavirus disease 2019 (COVID-19) epidemic due to SARS-CoV-2. *Journal of Infection*. 2020;81(1)107-114. doi:10.1016/j.jinf.2020.04.024.

Eikenberry SE, Mancuso M, Iboi E, Phan T, Eikenberry K et al. To mask or not to mask: Modeling the potential for face mask use by the general public to curtail the COVID-19 pandemic. *Infectious Disease Modelling*. 2020; 5(2020) 293-308. doi: 10.1016/j.idm.2020.04.001

European Committee for Standardization. European Standard EN 14683+AC – Medical face masks – Requirements and test methods 2019.

Geçkil T, Önal Y, İnce CB. Moisture resistance of bituminous hot mixtures modified with waste pet. *Journal of Polytechnic*. 2021; doi:10.2339/politeknik.699662.

Hassan M A, Yeom BY, Wilkie A, Pourdeyhimi B, & Khan S A. Fabrication of nanofiber meltblown membranes and their filtration properties. *Journal of membrane science*. 2013;427, 336-344.

Hill WC, Hull MS, & MacCuspie R I. Testing of commercial masks and respirators and cotton mask insert materials using SARS-CoV-2 virion-sized particulates: comparison of ideal aerosol filtration efficiency versus fitted filtration efficiency. *Nano Letters*. 2020; 20(10), 7642-7647.

Kartal, M. (2021). Covid-19 Salgınının BIST-100 Endeksi Üzerindeki Etkisi: Türkiye Özelinde Ampirik Bir Araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ejosat 2021 Ek Sayı 1, 815-822 . DOI: 10.31590/ejosat.981801

- Li T, Liu Y, Li M, Qian X, & Dai SY. Mask or no mask for COVID-19: A public health and market study. *PloS One*. 2020;15(8), e0237691.
- Lin Z, Wang Z, Zhang X, & Diao D. Superhydrophobic, photo-sterilize, and reusable mask based on graphene nanosheet-embedded carbon (GNEC) film. *Nano research*. 2020;1-14.
- Lubasova D, Netravali A, Parker J, Ingel B. Bacterial filtration efficiency of green soy protein based nanofiber air filter. *Journal of Nanoscience and Nanotechnology*. 2014;14(7):4891-8. doi: 10.1166/jnn.2014.8729.
- O'Neill L A & Netea M G. BCG-induced trained immunity: can it offer protection against COVID-19?. *Nat. Rev. Immunol*. 2020; 20[6], 335-337.
- Rodriguez-Palacios A, Cominelli F, Basson A. R, Pizarro TT, & Ilic S. Textile Masks and Surface Covers—A Spray Simulation Method and a “Universal Droplet Reduction Model” Against Respiratory Pandemics. *Frontiers in Medicine*. 2020;- 260.
- Shoenfeld Y. Corona (COVID-19) time musings: our involvement in COVID-19 pathogenesis, diagnosis, treatment and vaccine planning. *Autoimmunity Reviews*. 2020; 19(6): 102538. doi: 10.1016/j.autrev.2020.102538.
- T.C. Ticaret Bakanlığı, (2020). Maske Kumaş (Gtp 56.03 Yalnız Meltblown Kumaş) İhracatında Kayda Bağlama Uygulaması, 18 mart 2020 tarih ve 31207 sayılı resmi gazete yayımlanan tebliğ. <https://covid19.ticaret.gov.tr/ihracat/duyuru/maske-kumasi-gtp-56-03-yalniz-meltblown-kumas-ihracatinda-kayda-baglama-uygulam> (accessed 20/01/2021).
- Tekoğlu AS. Covid-19 Pandemic and Crisis Management in Foreign Trade: The Case of Turkey. *Gümrük ve Ticaret Dergisi*. 2020;7(22), 32-53 (in Turkish).
- Turkish Academy of Sciences (2020). TÜBA COVID-19 Global Outbreak Assessment Report Updated, 17 th April 2020, Ankara. Turkey Academy of Sciences Publications, TÜBA Report No: 34 ISBN: 978-605-2249-43-7
- Turkish Pharmacists' Association (2020). Uygunsuz Maske Satışına Dur Denilmeli <https://www.teb.org.tr/news/9025/Uygunsuz-Maske%20Sat%C4%B1%C5%9F%C4%B1na-Dur-Denilmeli> (in Turkish) (accessed 20/01/2021).
- Ullah S, Ullah A, Lee J, Jeong Y, Hashmi M, et al. Reusability Comparison of Melt-Blown vs Nanofiber Face Mask Filters for Use in the Coronavirus Pandemic. *ACS Applied Nano Materials*. 2020; 3(7), 7231-7241.
- Wang MW, Zhou MY, Ji GH, Ye L, Cheng YR, et al. Mask crisis during the COVID-19 outbreak. *European Review for Medical and Pharmacological Sciences*. 2020; 24(6):3397-3399. doi: 10.26355/eurrev_202003_20707.
- World Health Organization (2020). Coronavirus disease 2019 (COVID-19) Situation Report – 51, 11th March 2020 (online). Website <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/331475/nCoVsitrep11Mar2020-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (accessed 30/10/2020).
- Wu JT, Leung K, Bushman M, Kishore N, Niehus R et al. Estimating clinical severity of COVID-19 from the transmission dynamics in Wuhan, China. *Nat Med*. 2020; 26[4], 506-510.
- Zhao M, Liao L, Xiao W, Wang H, Wang Q et al. Household materials selection for homemade cloth face coverings and their filtration efficiency enhancement with triboelectric charging. *Nano Letters*. 2020; 20 (7) 5544–5552. doi:10.1021/acs.nanolett.0c02211.
- Zheng Y Y, Ma Y T, Zhang J Y, & Xie X. COVID-19 and the cardiovascular system. *Nature Reviews Cardiology*. 2020;17(5), 259-260.



Pandemi Sürecinde Adölesanların Beslenme Aışkanlıklarının Belirlenmesi

Dilek Özçelik Ersü^{1*}, Ezgi Harbelioğlu²

^{1*} İstanbul Arel Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Beslenme ve Diyetetik Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0247-5347), dytdilekozcelik@gmail.com

² Diyetisyen, Antakya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7289-1808), dyt.ezgiharbeli@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 01 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 22 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1066299)

ATIF/REFERENCE: Özçelik-Ersü, D., Harbelioğlu E. (2022). Pandemi Sürecinde Adölesanların Beslenme Aışkanlıklarının Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 148-156.

Öz

Amaç: Bu çalışmada adölesanların pandemi sürecinde beslenme alışkanlıklarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntemler: Araştırma kesitsel olarak, Temmuz-Ağustos 2021 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya 10-19 yaş aralığında toplam 131 adölesan dahil edilmiştir ve çalışmada 31 soruluk online anket formu kullanılmıştır. Veriler IBM SPSS 23 programı ile değerlendirilmiştir.

Sonuçlar ve Tartışma: Katılımcıların %48.9'unun pandemi sürecinde beslenmelerine dikkat etmedikleri, %52.7'sinin beslenme alışkanlıklarının pandemiden olumsuz etkilendiği ve %55'inde ise vücut ağırlığının arttığı görülmüştür. Evde geçirilen süreyle ilişkili olarak bireylerin yemek yeme istekleri ve öğün sayıları artmış, stres ve kaygıya bağlı olarak beslenme alışkanlıkları ise değişmiştir. Bireylerin daha çok sabah kahvaltısı öğününü atladıkları ve %40.5'inin düzenli spor yapma alışkanlığı olmadığı gösterilmiştir. Katılımcıların %18.3'ü kendi vücut ağırlığını çok zayıf/zayıf ve yine %18.3'ü fazla kilolu/şişman olarak değerlendirirken gerçekte sadece %2.3'ünün çok zayıf/zayıf ve %20.6'sının ise fazla kilolu/şişman olduğu görülmüştür. Pandemi öncesi ve pandemi sürecinde adölesanların diyet yapma durumları arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.001$). Pandemi öncesi ve sonrası diyet yapma durumları ve diyetlerini edindikleri kaynaklara ilişkin verilerde de anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($p<0.05$). Buna göre pandemide diyetlerini magazin/gazete/dergi gibi kaynaklardan edinenlerin oranı anlamlı olarak daha yüksektir ($p<0.05$). Ayrıca pandemi sürecinde diyetisyene başvuranların sıklığı anlamlı olarak artmıştır ($p<0.05$).

Sonuç: Günümüzde pandemiye neden olan koronavirüs hastalığı genç nüfusta aşılama oranlarının istenilen seviyelerde olmaması ve henüz hastalığa karşı etkili bir antiviral tedavi bulunamaması nedeniyle küresel anlamda ciddi bir halk sağlığı tehdidi oluşturmaktadır. Beslenme açısından risk altında olan adölesanlar pandemiden en çok etkilenen gruplardan biri olmuştur. Pandeminin özellikle çocuk ve gençlerde yarattığı olumsuz etkileri azaltmak için adölesan bireylerin beslenme ve psikososyal açıdan desteklenerek, egzersiz imkânlarının çeşitlendirilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Adölesan Dönem, Beslenme, Beslenme Aışkanlıkları, COVID19 Pandemisi

Determination of Nutritional Habits of Adolescents During the Pandemic

Abstract

Objective: In this study, we aimed to determine the nutritional habits of adolescents during the pandemic.

Materials and Methods: we carried the study out as cross-sectional, online between July and August 2021. 131 adolescents between the ages of 10-19 were included in the study and we used an online Google questionnaire with 31 questions in the study. We evaluated the data with the IBM SPSS 23 program.

* Sorumlu Yazar: dytdilekozcelik@gmail.com

Results and Discussion: we observed that almost half of the participants did not give attention on nutrition, their eating habits negatively affected 52.7% of them, and 55% of them increased their body weight. Individuals' desire to eat and the number of meals increased in relation to the time spent at home, and their eating habits changed because of stress and anxiety. We have shown that individuals mostly skip breakfast and 40.5% do not have the habit of doing regular sports. While 18.3% of the participants considered their own body weight as very thin/underweight and 18.3% as overweight/obese, only 2.3% of the participants were very thin/underweight and 20.6% were overweight/obese. We found a significant difference between dieting status of adolescents before and during the pandemic ($p<0.001$). We also found a significant difference in the data on pre- and post-pandemic dieting status and the sources from which they got their diets ($p<0.05$). The rate of those who got their diet from sources such as magazines/newspapers/magazines during the pandemic was significantly higher ($p<0.05$). In addition, the rate of those who applied to a dietitian during the pandemic period increased significantly ($p<0.05$).

Conclusion: Today, the coronavirus disease, which causes a pandemic, poses a serious public health threat in the global sense due to the fact that the vaccination rates in the young population are not at the desired levels and an effective antiviral treatment has not yet been found. Adolescents who are at risk in terms of nutrition status have been a group most affected by the pandemic. In order to reduce the negative effects of the pandemic, especially on children and young people, it is necessary to diversify the exercise opportunities by supporting the adolescents in terms of nutrition and psychosocial aspects.

Keywords: Adolescence, Nutrition, Nutritional Habits, COVID 19 Pandemic.

1. Giriş

Şiddetli Akut Solunum Sendromu Koronavirüs-2 (SARS-CoV-2), ilk olarak Aralık 2019'da Çin'in Wuhan şehrinde ortaya çıkmış, bir dizi atipik solunum yolu hastalığına ve pandemiye neden olan bir virüstür. Hastalık için henüz etkili terapötikler geliştirilemediğinden Koronavirüs hastalığı 2019 (COVID-19) pandemisi dünyanın dört bir yanındaki ülkeler için ciddi bir halk sağlığı tehdidi oluşturmaya devam etmektedir (Pollard vd., 2020). Çocuklar ve adölesanlar pandemiden en çok etkilenen grup olmuştur. Hem sosyal hayatları kısıtlanmış hem de eğitimlerine uzun bir ara vermek zorunda kalmışlardır. Hatta bazıları sevdiği insanları kaybetmiştir (Shek, 2020).

Adölesan dönem puberte ile başlayan ve yetişkinlikte sona eren bir gelişim dönemidir (Das vd., 2017). Dünya Sağlık Örgütü'ne (DSÖ) göre 10-19 yaş aralığındaki bireyler adölesan olarak tanımlanmaktadır. Adölesanlar hızlı bir büyüme ve gelişme döneminden geçerken hem makro hem de mikro besinlerin yeterli ve dengeli şekilde alınması oldukça önemlidir. Yetersiz beslenme bodurluk ve gecikmiş büyümenin yanı sıra mental gelişimde de bozulmaya neden olabilir (Das vd., 2017; Salam vd. 2016).

Adölesan sağlığının iyileştirilmesi yetişkin dönemde özellikle bulaşıcı olmayan kronik hastalıkları önlemek ve gelecek neslin sağlığını korumak için önemlidir (Özçelik Ersü, 2021). Doymuş yağ asitlerinden zengin, trans yağ asidi, serbest şeker veya tuz içeriği yüksek besinlerin satışını azaltmak ve sağlıklı gıdalara erişimi sağlamak herkes için, özellikle de çocuklar ve adölesanlar için önemlidir (Adolescents health risks and solutions, WHO)

Dünya Sağlık Örgütü verilerine göre gelişmekte olan birçok ülkede adölesanlar yetersiz beslenmektedir. Bu da onları hastalıklara ve erken ölümlere karşı daha savunmasız hale getirir (Adolescents health risks and solutions, WHO). Hastalıklara karşı vücudun doğal savunması olan bağışıklık sistemi, farklı türden, çeşitli ve yeterli besin ile desteklendiğinde birçok hastalığın seyrini iyileştirdiği ve iyileşme süresini kısalttığı bilinmektedir (TÜBA, 2020). Türkiye Diyetisyenler Derneği ve DSÖ COVID-19'u önlemede ve tedavi etmede bağışıklığın güçlü tutulmasının öneminin altını çizerek, yeterli ve dengeli beslenmenin hastalığın önlenmesinde ve tedavisinde yardımcı olabileceğini belirtmektedir (Covid-19 Beslenme Önerileri, TDD; Advice For Public, WHO).

Çocuklar ve adölesanlarda, COVID-19 enfeksiyonu iyi bir prognoza sahiptir ve bu grup hastalığı hafif geçirme eğilimindedirler (Mantovani vd., 2021; Manivannan vd. 2021). Ancak Pandemi nedeniyle uygulanan sokağa çıkma yasakları adölesanların hem beslenme hem de fiziksel aktivite alışkanlıklarını olumsuz etkilemiştir. Olumsuz beslenme koşulları ve yetersiz fiziksel aktivite obezite, diyabet ve kardiyovasküler patolojiler gibi kronik hastalıkların risklerini arttırabilmektedir (Ruiz-Roso vd., 2020). Ayrıca sağlık sistemindeki yetersiz kaynaklar ve pandeminin dolaylı etkileri; aşılama ve besin takviyeleri gibi önleyici tedbirlere ilişkin sınırlamaların olması; ebeveynler ve haneler üzerindeki iş kaybından veya ekonomik gerilemelerden kaynaklı sosyoekonomik baskı ve ani toplumsal değişimlerle bağlantılı olarak yaşanan stres özellikle adölesan bireyler için önemli ve yaygın sorunlar olabilir (UNIGME, 2020). Stres, panik, mutsuzluk, üzüntü, depresyon, korku, anksiyete ve endişe gibi negatif duygu durumlarının artmış besin alımı ile ilişkisi bulunmaktadır (Serin ve Şanlıer, 2018). Stresin duygusal yeme üzerine etkisini gösteren maskeleyen hipotezi'ne göre, yemek yemek olumsuz duygu durumlarını gizleyebilmektedir (Polivy ve Herman, 1999). Genç bireylerde yapılan bir çalışmada stresin bireylerin açlık tokluk sinyallerine cevap oluşturma yeteneklerini azaltarak yüksek duygusal yeme davranışına eğilim göstermelerine sebep olduğu gösterilmiştir (van Strien vd., 2013).

Bu çalışma beslenme açısından hassas bir grup olan adölesanlarda pandeminin beslenme alışkanlıkları üzerindeki etkilerini görebilmek amacıyla planlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1 Araştırmanın Etik Yönü: Bu çalışma için İstanbul Arel Üniversitesi Etik Kurulu'ndan Etik Kurul İzni (Tarih:05.07.2021, karar no:2021/10) alınmıştır. Çalışmada Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun davranılmıştır.

2.2 Araştırmanın Tipi, Evren ve Örneklem: Araştırma, COVID-19 pandemisi sırasında adölesanların beslenme alışkanlıklarını belirlemeye yönelik Temmuz-Ağustos 2021'de kolayda örnekleme yöntemi ile kesitsel tipte yapılmıştır. Araştırma Whatsapp Messenger, Twitter, Instagram, Facebook gibi online platformlar aracılığı ile gerçekleştirilmiştir. Çalışma için davet edilen adölesan bireylerden 140'ı çalışmaya katılmaya gönüllü olmuştur. Ancak çalışmaya katılmaya onay vermeyen ve eksik soruları olan 9 kişi çalışma dışı bırakılmıştır. Son olarak

çalışmaya 10-19 yaş aralığında toplam 131 adölesan birey dâhil edilmiştir.

2.3 Verilerin Elde Ediliş Yöntemleri ve Veri Toplama Araçları:

Araştırmanın verileri araştırmacı tarafından hazırlanan online anket formu (Google anket formu) kullanılarak bireylere iletilmiştir. Katılımcılara “Whatsapp Messenger” adlı telefon-haberleşme uygulaması ve “Instagram”, “Facebook”, “Twitter” adlı sosyal medya uygulamaları ile anketin elektronik bağlantı adresi araştırmacıların sosyal medya ağındaki kişilere gönderilmiştir. Çalışmaya mükerrer katılım olmasını önlemek adına yanıtlar “bir yanıtla sınırlandır” şeklinde ayarlanmıştır. Anket formunun yaklaşık doldurma süresi 10 dakika olarak planlanmıştır. Katılımcılara anket formu üzerinde araştırma hakkında yazılı bilgilendirme yapılmış olup çalışmaya katılmayı kabul edenler dâhil edilmiştir.

Çalışmada veri toplamak amacıyla toplam 31 sorudan oluşan Google anket formu kullanılmıştır. Ankette sosyodemografik verilere ait bazı sorular (yaş, cinsiyet, eğitim, hanehalkı gelir düzeyi) ve büyüme-gelişmeyi değerlendirebilmek amacıyla boy uzunluğu ve vücut ağırlığı sorulmuştur. Araştırma anketinde adölesanların pandemi süresince beslenme alışkanlıklarını değerlendirmek amacıyla günlük tüketilen öğün sayısı, ana ve ara öğün tüketim sıklıkları, öğünlerde tercih edilen besinler, kahvaltı yapma alışkanlığı, öğün atlama alışkanlığı, ayaküstü tüketim sıklığı ve günlük su tüketim miktarı hakkında sorulara da yer verilmiştir. Ankette katılımcıların vücut ağırlıklarını nasıl değerlendirdikleri, pandemi öncesi ve pandemi sırasında diyet yapma durumları ile spor yapma alışkanlıkları ve spor yapma nedenlerine ilişkin sorularda bulunmaktadır. Pandeminin

beslenme alışkanlıklarına etkisini gösterebilmek amacıyla tüketilen besinlere ve yeme alışkanlıklarına ilişkin bazı sorular da sorulmuştur.

2.4 Verilerin Değerlendirilmesi: Araştırma ile elde edilen veriler IBM SPSS Statistics 23 programına girilerek değerlendirilmiştir. Tanımlayıcı istatistikler ortalama(\pm)standart sapma, frekans dağılımı ve yüzde olarak sunulmuştur. Katılımcıların öğün sayısı, diyet yapma durumları ve diyet programının edinildiği kaynağa ilişkin pandemi öncesi ve pandemi sürecinde görülen değişiklikler arasındaki farkın anlamlılığı ise pearson kare testi ile gösterilmiştir ve p değeri 0.05’ten küçük olan değerler önemli olarak değerlendirilmiştir.

Katılımcıların Beden Kütle İndeksi (BKİ) değerleri vücut ağırlığı, boyun (metre cinsinden) karesine bölünerek hesaplanmıştır. Antropometrik veriler DSÖ 2007 yılına ait 5-19 yaş için Yaşa Göre BKİ büyüme eğrileri kullanılarak değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler “WHO Antro Plus” bilgisayar programına girilerek sonuçlar z-skor olarak elde edilmiştir. Buna göre; fazla kilolu tespitinde: $>+1$ SS (85. persentil üzeri) (19 Yaş için BKİ 25 kg/m^2 eşdeğer), obezite tespitinde ise: $>+2$ SS (97. persentil üzeri) (19 Yaş için BKİ 30 kg/m^2 eşdeğer), zayıf için <-2 SS, normal için $\leq+1$ SS - ≥-2 SS sınır değerleri kullanılmıştır (WHO, 2007).

2.5 Araştırmanın Sınırlılıkları: Çalışma pandemi nedeniyle yüz yüze uygulanamamıştır. Çalışma online anket ile yürütüldüğü için katılımcıların boy uzunluğu ve vücut ağırlığı bilgileri kişinin beyanı esasına dayalı alınmıştır.

Tablo 1: Katılımcıların Cinsiyete Göre Antropometrik Verilerine İlişkin Ortalama ve standart Sapma Değerleri (Table 1. Mean and Standard Deviation Values of the Participants' Anthropometric Data by Gender)

	Erkek (47)	Kadın (84)	Toplam (131)	p*	
	Ortalama \pm SS	Ortalama \pm SS	Ortalama \pm SS		
Yaş	16,1 \pm 2,1	16 \pm 2,3	15,9 \pm 2,2	p>0,05	
Vücut Ağırlığı	64,1 \pm 14,7	53,9 \pm 9,3	57,5 \pm 12,4	p<0,01	
Boy Uzunluğu	172,9 \pm 10,9	162,3 \pm 8,1	166,1 \pm 10,4	p>0,05	
Yaşa Göre BKİ z-skor Değeri	0,05 \pm 1,3	-0,10 \pm 0,9	-0,04 \pm 1,1	p<0,01	
Yaşa Göre BKİ z-skor Kategorisi	Sayı (%)	Sayı (%)	Sayı (%)	χ^2	p**
Zayıf	2 (4.3)	1 (1.2)	3 (2.3)	9.9	p<0.01
Normal	29 (61.7)	72 (85.7)	101 (77.1)		
Fazla kilolu/şişman	16 (34)	11 (13.1)	27 (20.6)		

SS:Standart Sapma, BKİ: Beden Kütle İndeksi

*Bağımsız gruplarda T-Test

**Pearson Ki-kare

Tablo 2. Katılımcıların beslenme alışkanlıkları ve spor yapma durumları (Table 2. Nutritional habits and sports status of the participants)

		Sayı	Yüzde (%)
Ara öğün Tüketme Alışkanlığı	Tüketiyor	117	89.3
	Tüketmiyor	14	10.7
	Toplam	131	100
Ara Öğün Tüketim Sıklığı	1-2 kez	113	86.3
	3-4 kez	17	13
	5 kez ve üzeri	1	0.8
	Toplam	131	100
Ara Öğünde Tercih edilen Besinler	Bisküvi, şeker, çikolata ve kek	56	42.7
	Hamburger, sosisli ve benzeri ekmek arası sandviçler	9	6.9
	Kahve ve kahve çeşitleri	16	12.2
	Kuru meyve	1	0.8
	Kuruyemiş	12	9.2
	Salatalık, havuç ve benzeri sebzeler	9	6.9
	Siyah Çay, Yeşil çay vb. diğer bitki çayları	8	6.1
	Şekerli ve gazlı içecekler	3	2.3
	Taze Meyve	16	12.2
	Yoğurt, meyveli yoğurt	1	0.8
Toplam	131	100	
Kahvaltı Yapma Sıklığı	Her sabah	72	55
	Haftada 1-2 kez	27	20.6
	Haftada 3-4 kez	14	10.7
	Haftada 5-6 kez	7	5.3
	Yapmayan	11	8.4
	Toplam	131	100
En Sık Atlanılan Öğün	Sabah	59	45
	Öğle	47	35.9
	Akşam	12	9.2
	Öğün atlamayan	13	9.9
	Toplam	131	100
Günlük Tüketilen Su Miktarı	1 litreden az	45	34.4
	1-2 litre	62	47.3
	2 litreden fazla	24	18.3
	Toplam	131	100
Ayaküstü (Fast-food) Besin Tüketim Sıklığı	Günde en az 1 kez	13	9.9
	Haftada en fazla 1 kez	67	51.1
	Haftada 2-6 kez	48	36.6
	Hiç tüketmeyen	3	2.3
	Toplam	131	100
Spor Yapma Sıklığı	Arada sırada	53	40.5
	Haftada 1 kez	10	7.6
	Haftada 1'den fazla	32	24.4
	Spor yapmayan	36	27.5
	Toplam	131	100
Spor Yapma Nedeni	Alışkanlık	7	7.4
	Güzel Dış Görünüş	13	13.7
	Kas yapmak/vücut geliştirmek	13	13.7
	Profesyonel sporcu	4	4.2
	Sağlıklı Birey Olmak	36	37.9
	Sosyalleşmek	5	5.3
	Zayıflamak	17	17.9
Toplam	95	100	

Tablo 3. Katılımcıların pandemi süresince beslenme ile ilişkili bazı sorulara verdikleri cevaplar (Table 3. Responses of the participants to some questions related to nutrition during the pandemic)

		Sayı	Yüzde (%)
			151

Pandemi beslenme alışkanlığınızı etkiledi mi?	Evet	69	52.7
	Hayır	34	26
	Bazen	28	21.4
	Toplam	131	100
Pandemi sürecinde vücut ağırlığınız nasıl etkilendi?	Arttı	72	55
	Azaldı	28	21.4
	Değişmedi	31	23.7
	Toplam	131	100
Pandemi sürecinde beslenmenize dikkat ettiğinizi düşünüyor musunuz?	Evet	17	13
	Hayır	64	48.9
	Bazen	50	38.2
	Toplam	131	100
Pandemi sürecinde beslenmenizde hangi gıdaları yemeyi arttırdınız?	Çay ve kahve	17	13
	Gazlı ve şekerli içecekler	7	5.3
	Süt ve süt ürünleri	1	0.8
	Et ve et ürünleri	17	13
	Sebze ve sebze yemekleri	24	18.3
	Ekmek ve türevleri	20	15.3
	Tatlı ve tatlı türleri	45	34.4
	Toplam	131	100
Pandemi sürecinde stres ve kaygı yeme alışkanlığınızı değiştirdi mi?	Evet	63	48.1
	Hayır	34	26
	Bazen	34	26
	Toplam	131	100
Pandemi sürecinde evde kalmak yeme isteğinizi arttırdı mı?	Evet	76	58
	Hayır	23	17.6
	Bazen	32	24.4
	Toplam	131	100
Pandemi sürecinde uyku problemi yaşadınız mı?	Evet	83	63.4
	Hayır	27	20.6
	Bazen	21	16
	Toplam	131	100

Tablo 4: Katılımcıların Pandemi Öncesi ve Süresince Tükettikleri Öğün Sayısı, Diyet Yapma Durumları ve Diyet programının Edinildiği kaynaklar (Table 4. Meal Frequency Consumed by Participants Before and During the Pandemic, Dieting Situations and Diet Program Sources Obtained)

		Pandemi Öncesi		Pandemi Sürecinde		χ^2	p*
		Sayı	%	Sayı	%		
Öğün Sayısı	2 öğün	45	34.4	40	30.5	62.96	p<0.01
	3 öğün	66	50.4	56	42.8		
	4 öğün ve üzeri	20	15.2	35	26.7		
	Toplam	131	100	131	100		
En Az 1 Kez Zayıflama Amaçlı Diyet Yapma Durumu	Evet	46	35.1	49	37.4	61.87	p<0.01
	Hayır	85	64.9	82	62.6		
	Toplam	131	100	131	100		
Diyet Programının Edinildiği Kaynaklar	Diyetisyen	18	37	24	52.2	111.8	p<0.01
	Hazır Diyet Programı/gazete/dergi diyetleri	21	45.7	25	54.3		
	Yaşam Koçu/antrenör	7	15.2	0	0		
	Toplam	46	100	46	100		

*Pearson ki-kare

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Adölesanların beslenme alışkanlıklarını ve davranışlarını belirlemeye yönelik yapılan bu çalışma pandemi nedeniyle sadece online sosyal medya iletişim araçları üzerinden yürütülmüştür. Anket sorularında sosyodemografik verilere ek olarak beslenme ve spor yapma alışkanlıkları ile ilgili de sorulara yer verilmiştir. Ayrıca katılımcıların vücut ağırlığı ve boy uzunluğu gibi antropometrik verileri de değerlendirilmiştir.

Araştırmaya 10-19 yaş aralığındaki 131 kişi katılmıştır. Katılımcıların yaş ortalaması 15.9 ± 2.2 yıldır ve büyük kısmı (%64.1) adölesan kızlardan oluşmaktadır. Adölesan bireyler üzerinde yapılan çalışmalarda gösterilmiş olan antropometrik veriler çok çeşitlidir. Benzer yaş aralığına sahip bireylerle yapılan bir çalışmada katılımcıların %5.6'sı zayıf, %18.8'i fazla kilolu ve şişman bulunmuşken (Aksoydan, 2011), Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırmasına göre (TBSA, 2019) 15 yaş ve üzeri adölesan bireylerin sadece %1.7'i zayıf, %32.8'i normal ve %65.5'i ise fazla vücut ağırlığına sahiptir. Bu çalışmada yaşa göre BKİ z-skorları değerlendirildiğinde; katılımcıların ortalama yaşa göre BKİ z-skor değerleri -0.04 ± 1.1 'dir ve büyük bir kısmı normal vücut ağırlığına (%77.1) sahiptir (Tablo 1). Ayrıca çalışmada bireylerin vücut ağırlıklarını nasıl değerlendirdikleri de sorulmuş ancak veriler tabloya eklenmemiştir. Buna göre, %18.3'ü vücut ağırlığını çok zayıf/zayıf ve %18.3'ü fazla kilolu/şişman olarak değerlendirmiştir.

Adölesanlar üzerinde yapılan çalışmalarda katılımcıların büyük kısmının bu çalışma sonuçlarına benzer şekilde ana ve ara öğün tükettikleri, ara öğünlerde tüketilen besinlerin içerikleri ve ayaküstü besin tüketimlerinin benzer olduğu görülmüştür. Ayrıca bu çalışmalarda adölesanların riskli beslenme davranışlarına sahip oldukları ve beslenme konusunda ise yeterli bilgiye sahip olmadıkları vurgulanmıştır (Meşe, 2019; Akman). Katılımcıların yarısı (%50.4) günde 3 öğün tüketirken %86,3'ü günde 1-2 kez ara öğün tükettiklerini belirtmişlerdir. Bu çalışmada ara öğünlerde tercih edilen besinler daha çok (%42.7) bisküvi, şeker, çikolata, kektir. Ara öğünlerde taze meyve, kuru meyve, kuruyemiş, çiğ sebze ve yoğurt gibi besinlerin tercih edilme oranları düşüktür. Ayrıca katılımcıların %55'i her sabah kahvaltı yaptığını belirtirken, %8.4'ü ise hiç kahvaltı yapmamaktadırlar. En çok sabah kahvaltısı öğünü (%45) atlanmaktadır. Katılımcıların %51.1'i haftada en fazla 1 kez fast-food besin tüketirken %36.6'sı haftada 2-6 kez tüketmektedir (Tablo 2). Akman ve ark. çalışmasında adölesanların yaklaşık yarısının düzenli spor aktivitesine katıldığını belirtmiştir. Erkeklerde spor yapma oranı kadınlardan anlamlı olarak daha yüksektir ancak katılımcıların spor yapma nedenlerine ilişkin bir veri bulunmamaktadır. Bu çalışmada katılımcıların %40.5'inin düzenli olarak spor yapmadığı görülmüştür. Ayrıca spor yapanların daha çok (%37.9) sağlıklı birey olmak amacıyla spor yaptıkları belirtilmiştir. Bunu zayıflamak (%17.9), güzel bir görünüş (%13.7) ve kas yapmak/vücut geliştirmek (%13.7) takip etmektedir (Tablo 2).

Enerji içermeyen tatlandırıcılar ile hazırlanmış yiyecek ve içeceklerin tüketim sıklığı özellikle çocuklar ve adölesanlar arasında yüksektir (Akman vd., 2012). Ayrıca çocuk ve adölesanlarda şekerle tatlandırılmış içeceklerin de tüketimi yaygındır (Restrepo and Cantor, 2020) ve bu artmış vücut ağırlığı ile ilişkilidir (Marshall vd., 2019). Kafein içeceklerde yaygın olarak kullanılan psikoaktif bir maddedir ve özellikle çocuklarda anksiyete ile ilişkili sorunlara neden olabilmektedir (O'Neill vd.,

2016; Richards and Smith, 2015). Buna rağmen kafein içeren içeceklerin tüketim sıklığı çocuk ve adölesanlarda artmaktadır (O'Neill vd., 2016). Çalışma sonuçlarına bakıldığında, katılımcıların yaklaşık üçte biri 1 litreden az su tüketirken, %18,3'ünde pandemi süresince diğer içecek tüketimleri (çay/kahve ve gazlı/şekerli içecekler) artmıştır (Tablo 2 ve 3). Adölesanların bir kısmının sıvı gereksinimlerini su yerine gazlı/şekerli içecekler ve çay/kahve tüketimi ile karşıladıkları ve bu içeceklerin tüketimlerdeki artışın pandemi nedeniyle evde geçirilen süresinin artmasıyla da ilişkili olabileceği düşünülmüştür.

Çocuklar ve adölesanlar COVID-19 nedeniyle okuldan, sosyal hayattan ve açık hava etkinliklerinden uzak kalarak hem psikolojik hem de fiziksel olarak pandemiden büyük ölçüde etkilenmiştir. Hatta bazıları artmış aile içi şiddet ve yaşanan ekonomik zorluklar nedeniyle strese maruz kalmış ve artan kaygı, beslenmelerindeki ve okul dinamiklerindeki değişiklikler sağlıklarını doğrudan etkilemiştir (de Figueiredo vd., 2021). Bir çalışmada COVID-19 öncesi ve sonrası bireylerin vücut ağırlığı ile ilgili kaygıları, yemek yeme alışkanlıkları değerlendirilmiş ve pandeminin kaygı düzeyine ve beslenme alışkanlıklarına olumsuz etkileri açısından katılımcılar arasında anlamlı bir farklılık olduğunu gösterilmiştir (Zhou vd., 2021). Bu çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde adölesanların %58'inde evde kalmak/izole olmak ve %48.1'inde ise pandeminin getirdiği stres ve kaygı yeme isteklerini arttırmıştır. Ayrıca katılımcıların yarısında beslenme alışkanlıkları pandemiden olumsuz etkilenmiştir. Çalışmada katılımcılara pandemi öncesi ve pandemi süresince tükettikleri öğün sayısı ve en az 1 kez zayıflama amaçlı diyet yapıp yapmadıkları sorulmuştur. Buna göre öğün sayısı pandemi süresince pandemi öncesine göre anlamlı düzeyde artmıştır ($p < 0.01$). Ayrıca pandemi süresince en az 1 kez zayıflama amaçlı diyet yapanların oranı pandemi öncesine göre anlamlı olarak daha yüksektir ($p < 0.01$). Bunda katılımcıların yarısında (%55) pandemi süresince vücut ağırlığının artmış olmasının etkili olduğu düşünülmüştür (Tablo 3).

Pandemi sürecinde adölesanların beslenme, egzersiz alışkanlıklarının ve koronovirüs kaygı durumlarının araştırıldığı bir çalışmada COVID-19 pandemisinin adölesanların beslenme ve egzersiz davranışlarını olumsuz yönde etkilediği, hastalığa yakalanma kaygısı arttıkça riskli beslenme davranışının arttığı ve daha çok egzersiz yaptıkları gösterilmiştir (Öztürk Çopur, 2021). Bu çalışmada katılımcıların %48.9'u pandemi süresince beslenmelerine dikkat etmediklerini belirtmişlerdir. Katılımcıların yarısında (%52.7) beslenme alışkanlıkları pandemiden etkilenmiştir, %55'inin ise pandemi süresince vücut ağırlığı artmıştır (Tablo 3). Pandemi süresince 2 (%34'ten %30.5'e) ve 3 (%50.4'ten %42.8'e) öğün tüketen katılımcıların sayıları düşerken 4 öğün ve üzeri tüketen (%15.2'den %26.7'ye) katılımcı sayıları artmıştır (Tablo 4). Katılımcıların %58'i pandemi sürecinde evde kalmanın yeme isteklerini arttırdığını ve %63.4'ü ise uyku kaynaklı problemler yaşadığını belirtmişlerdir. Ayrıca %48.1'inin salgın süresince stres ve kaygıya bağlı yeme alışkanlıkları değişmiş ve %34.4'ünde pandemi süresince özellikle tatlı tüketimleri artmıştır (Tablo 3).

Adölesan bireylerde obezite, aşırı zayıflık, anoreksiya nervoza ve bulimiya nervoza gibi yeme bozuklukları ile besin ögesi eksiklikleri gibi beslenmeye bağlı sorunlar sık görülmektedir. Özellikle bireylerde yemek seçme eğilimi, yüksek enerji alımı, besin öğelerinin diyetle yetersiz alınması, gelişigüzel diyet

programlarının uygulanması ve besinler konusunda farklı takıtlı düşüncelere sahip olma davranışları gösterme eğilimindedirler (Köseoğlu Aydenk ve Çelebi Tayfur, 2017). Pandemi süresince adölesanların diyet yapma alışkanlıklarına ilişkin güncel bir veriye ulaşamadığı için bazı bulgular pandemiden önce yapılan çalışma sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Bir çalışmada bireylerin %27.4'ünün en az 1 kez zayıflama amaçlı diyet yaptıkları gösterilmiştir. Ayrıca kadınların diyet yapma sıklığı erkeklerden anlamlı olarak daha fazladır (Akman vd., 2012). Bu çalışmada adölesanların pandemi öncesi ve pandemi süresince diyet yapma durumları sorulduğunda; %35.1'inin pandemiden önce %37.4'ünün ise pandemi süresince zayıflama amaçlı en az 1 kere diyet yaptıkları görülmüştür. Pandemi öncesi ve süresince diyet yapma durumları arasında anlamlı bir fark tespit edilmiştir ($p<0.01$). Pandemi öncesinde diyet yapanların ise %45.7'si diyetlerini magazin/gazete/dergi gibi kaynaklardan edinirken diyetisyene (%13) başvuranların oranı %37'dir ($p<0.01$). Pandemi süresince diyet yapanların ise yarısı (%54.3) diyetlerini magazin/gazete/dergi gibi kaynaklardan edinirken diyetisyene başvuranların oranı %52.2'dir ($p<0.01$) (Tablo 4).

Sağlıksız besinler tüketen ve kahvaltı öğününü atlayan çocuklarda şişmanlık görülme riski yüksektir (Brug vd., 2012). Çocuk ve gençlerde yapılan çalışmalarda kahvaltı öğününü atlamanın abdominal obezite ve viseral yağlanma ile ilişkili olduğu gösterilmiştir (Kesztyüs vd., 2015; Alexander vd., 2009). Çocuk ve adölesanlarda yapılan bir sistematik derleme ve meta-analiz çalışmasında kahvaltı tüketiminin, kahvaltı öğününü atlayanlara kıyasla daha yüksek günlük mikro besin ögesi alımı ile ilişkili olduğu belirtilmiştir (Giménez-Legarre vd., 2020). Çalışmada katılımcıların sadece %55'inde her sabah düzenli kahvaltı yapma alışkanlığı bulunmaktadır. Ayrıca bireylerin bir kısmının ayaküstü besinleri tükettiği görülmüştür (Tablo 2).

COVID-19'da dahil olmak üzere enfeksiyon hastalıklarına karşı etkin koruma sağlamak ve hızla iyileşmek için yeterli beslenme ve bağışıklık sistemini güçlendirmek oldukça önemlidir. Ayrıca sosyal izolasyon ve karantinede olmak besin ile olan ilişkiyi değiştirebilmektedir (de Figueiredo vd., 2021). Stres aşırı yemeye, çoğunlukla da şekerli besin tüketiminin artışına neden olabilir. Özellikle stresli durumlarda karbonhidratlı besinler tüketmek serotin salınımını artırarak stresi azaltmaya yardımcı olmaktadır (Eskici, 2020; Muscogiuri vd., 2020). Bu çalışmada da katılımcıların üçte biri pandemi süresince tatlı tüketimlerini arttırmıştır. Ayrıca çoğu adölesan ara öğünlerde daha çok kek, bisküvi, çikolata gibi karbonhidrattan zengin besinleri tercih etmiştir (Tablo 2, 3).

COVID-19 salgını süresince diyetin D, B₁₂ ve C vitaminleri ile demir, çinko gibi mikro besin öğeleri açısından zenginleştirilmesi

4. Sonuç

Bu çalışma ile pandeminin özellikle gelişme döneminin önemli basamaklarından biri olan ve büyümenin de pik yaptığı adölesan dönem çocuklarının beslenme alışkanlıklarını ve besin tercihlerini olumsuz etkileyebileceği düşünülmüştür. Ayrıca sosyal kısıtlamalar nedeniyle de fiziksel aktivite azalmış, eğitim ve sosyal hayatın online platformlar aracılığı ile gerçekleştirilmesi nedeniyle uyku kalitesinde ve düzeninde olumsuz değişiklikler görülmüştür. Pandeminin özellikle çocuk ve gençlerde yarattığı olumsuz etkileri azaltmak için hem bireysel hem de toplumsal

veya bunları içeren çoklu mikro besin takviyelerinin kullanımı bağışıklığı güçlendirmeye ve akut solunum yolu enfeksiyonlarını önlemeye yardımcı olarak bulaşıcı hastalıklara karşı faydalı olabilir (Eskici, 2020; Galmés vd., 2020; Cerullo vd., 2020; Abioye vd., 2021). Bu nedenle özellikle birçok mikro besin ögesini içeren meyve, sebze ve tam tahıllı ürünleri ile doymuş yağ içeriği düşük beslenme biçiminin uygulanması önerilmektedir (Zhou ve Wade, 2021). Okul öncesi eğitim alan çocuklarda yapılan bir çalışmada probiyotik/C vitamini kombinasyon takviyesinin çocuklarda üst solunum yolu hastalıklarını önlemede ve yönetmede etkili olabileceği gösterilmiştir (Garaiova vd., 2015). Bu çalışmada çok az birey pandemi (%18.3) sebze tüketimini artmıştır. Ara öğünlerde taze meyve, kuru meyve ve çiğ sebze tüketmeyi tercih eden bireylerin oranı oldukça düşüktür ve sırasıyla %12.2, %0.8 ve %6.9'dur (Tablo 2).

COVID-19 enfeksiyonu, hem yetişkinlerde hem de çocuklarda katabolizmaya neden olarak beslenme durumunu kötüleştirebilir ve bireyleri kas kaybı ve beslenme yetersizlikleri riskine maruz bırakabilir. Ayrıca yetersiz beslenme ile COVID-19 arasındaki ilişkinin çift yönlü olması muhtemeldir. Virüsün yayılmasını sınırlamak için gerekli olan, beslenme davranışının ve fiziksel aktivitenin olumlu yönde değiştirilmesidir (Spolidoro vd., 2021). Ayrıca adölesanlar için uygun bir fiziksel aktivite seviyesini yakalamak ve korumak, kalp, akciğerler, kaslar, kemikler, kardiyovasküler metabolizma, vücut kompozisyonu ve psikososyal sağlık açısından büyük faydalar sağlar (Alvarez-Pitti vd., 2020). Bu çalışmada bireylerin beslenme alışkanlıklarına ek olarak spor yapma alışkanlıkları ve ne tür spor yaptıkları da sorulmuştur. Buna göre katılımcıların %27.5'i hiç spor yapmazken %40.5'inin ise düzensiz spor yaptıkları gösterilmiştir (Tablo 2). Katılımcıların sosyal kısıtlamalar ve eğitimin online platformlarda devam etmesi nedeniyle yetersiz fiziksel aktivite yaptıkları düşünülmektedir. Ayrıca pandemi süresince öğün sayılarındaki artış, yetersiz uyku süresi, artmış yeme isteği ve artmış vücut ağırlığı ile yetersiz fiziksel aktivite zayıflama amaçlı diyet yapanların sayısında artışa neden olmuştur.

Sharma ve ark. çocuk ve adölesanlarda COVID-19 pandemisinin uyku üzerindeki etkisinin incelendiği sistematik derleme ve meta-analiz çalışmasında COVID-19 salgını sırasında çocuklarda ve adölesanlarda uyku sorunlarının yaygınlığının endişe verici olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca sağlıklı çocukların yaklaşık yarısında uyku süresi önerileri karşılanamamaktadır. (Sharma vd., 2021). Çalışmada katılımcıların %63.4'ü pandemi süresince uyku problemi yaşadığını belirtmiştir (Tablo 3). Ancak sorularda günlük uyku süresine ilişkin bir soru bulunmadığı için değerlendirme yapılamamıştır. Özellikle pandemi nedeniyle evde geçirilen sürenin uzaması ve derslerin online tablet, televizyon gibi araçlar kullanılarak yapılması nedeniyle ekran maruziyet süresinin artmasının adölesanların uyku kalitesini ve verimini olumsuz etkilediği düşünülmüştür.

anlamda gerekli önlemlerin alınması gerektiği düşünülmektedir. Bu kapsamda Milli Eğitim Bakanlığı ve Sağlık Bakanlığı ilgili birimlerinin işbirlikleri ile psikososyal destek, beslenme ve egzersiz danışmanlığı, zaman yönetimi, iletişim gibi eğitimlerin belli aralıklarla düzenlenerek katılımın sağlanması için gençlerin teşvik edilmesi tarafımızca önerilmektedir.

Kaynakça

Abioye AI, Bromage S, Fawzi W. Effect of micronutrient supplements on influenza and other respiratory tract

- infections among adults: a systematic review and meta-analysis. *BMJ Glob Health*. 2021;6(1):e003176.
- Akman M., Tüzün S. ve Ünal PC. (2012). Adölesanlarda Sağlıklı Beslenme Ve Fiziksel Aktivite Durumu. *Nobel Medicus*, 8(1), 24-29.
- Aksoydan E. ve Çakır N. (2011). Adölesanların beslenme alışkanlıkları, fiziksel aktivite düzeyleri ve vücut kitle indekslerinin değerlendirilmesi. *Gülhane Tıp Derg*, 53: 264-270.
- Alexander KE, Ventura EE, Spruijt-Metz D, Weigensberg MJ, Goran MI. ve Davis JN. (2009). Association of breakfast skipping with visceral fat and insulin indices in overweight Latino youth. *Obesity (Silver Spring)*, 17(8):1528-33.
- Alvarez-Pitti J, Casajús Mallén JA, Leis Trabazo R. Lucía A., Lopez de Lara D., Luis A. Moreno-Aznar LA. ve Gerardo Rodríguez-Martínez G. (2020). Ejercicio físico como «medicina» en enfermedades crónicas durante la infancia y la adolescencia [Exercise as medicine in chronic diseases during childhood and adolescence]. *An Pediatr (Engl Ed)*, 92(3):173.e1-173.e8.
- Brug J, van Stralen MM, Te Velde SJ, Chinapaw MJ, De Bourdeaudhuij I, Lien N, Bere E, Maskini V., Manios Y. (2012). Differences in weight status and energy-balance related behaviors among schoolchildren across Europe: the ENERGY-project. *PLoS One*, 7(4):e34742.
- Cerullo, G., Negro, M., Parimbelli, M., Pecoraro, M., Perna, S., Liguori, G., Rondanelli, M., Cena, H., & D'Antona, G. (2020). The Long History of Vitamin C: From Prevention of the Common Cold to Potential Aid in the Treatment of COVID-19. *Frontiers in immunology*, 11, 574029.
- Das, J. K., Salam, R. A., Thornburg, K. L., Prentice, A. M., Campisi, S., Lassi, Z. S., Koletzko, B., & Bhutta, Z. A. (2017). Nutrition in adolescents: physiology, metabolism, and nutritional needs. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1393(1), 21–33.
- de Figueiredo, C. S., Sandre, P. C., Portugal, L., Mázala-de-Oliveira, T., da Silva Chagas, L., Raony, Í., Ferreira, E. S., Giestal-de-Araujo, E., Dos Santos, A. A., & Bomfim, P. O. (2021). COVID-19 pandemic impact on children and adolescents' mental health: Biological, environmental, and social factors. *Progress in neuro-psychopharmacology & biological psychiatry*, 106, 110171.
- Eskici G. (2020). COVID-19 Pandemisi: Karantina İçin Beslenme Önerileri. *Anadolu Kliniği Tıp Bilimleri Dergisi*, 25(1):124-129.
- Galmés, S., Serra, F., & Palou, A. (2020). Current State of Evidence: Influence of Nutritional and Nutrigenetic Factors on Immunity in the COVID-19 Pandemic Framework. *Nutrients*, 12(9), 2738.
- Garaiova, I., Muchová, J., Nagyová, Z., Wang, D., Li, J. V., Országhová, Z., Michael, D. R., Plummer, S. F., & Ďuračková, Z. (2015). Probiotics and vitamin C for the prevention of respiratory tract infections in children attending preschool: a randomised controlled pilot study. *European journal of clinical nutrition*, 69(3), 373–379.
- Garavaglia, M. B., Rodríguez García, V., Zapata, M. E., Rovirosa, A., González, V., Flax Marcó, F., & Carmuega, E. (2018). Non-nutritive sweeteners: children and adolescent consumption and food sources. *Edulcorantes no nutritivos: consumo de los niños y adolescentes, y alimentos que los aportan. Archivos argentinos de pediatría*, 116(3), 186–191.
- Giménez-Legarre, N., Miguel-Berges, M. L., Flores-Barrantes, P., Santaliesra-Pasías, A. M., & Moreno, L. A. (2020). Breakfast Characteristics and Its Association with Daily Micronutrients Intake in Children and Adolescents-A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 12(10), 3201. http://www.who.int/growthref/who2007_bmi_for_age/en/ Erişim Tarihi ve saati:06/11/2015, 23:49.
- Kesztyüs D, Traub M, Lauer R, Kesztyüs T. ve Steinacker JM. (2015). Correlates of longitudinal changes in the waist-to-height ratio of primary school children: Implications for prevention. *Prev Med Rep*, 3:1-6. Published 2015 Dec 1.
- Köseoğlu Aydenk ZS. Ve Çelebi Tayfur A. (2017). Adölesan Dönemi Beslenme ve Sorunları. *JCP*, 15(2):50-62
- Manivannan M, Jogalekar MP, Kavitha MS, Maran BAV. ve Gangadaran P. (2021). A mini-review on the effects of COVID-19 on younger individuals. *Exp Biol Med (Maywood)*, 246(3):293-297.
- Mantovani A, Rinaldi E, Zusi C, Beatrice G, Saccomani MD. ve Dalbeni A. (2021). Coronavirus disease 2019 (COVID-19) in children and/or adolescents: a meta-analysis. *Pediatr Res*, 89(4):733-737. doi: 10.1038/s41390-020-1015-2.
- Marshall, T. A., Curtis, A. M., Cavanaugh, J. E., Warren, J. J., & Levy, S. M. (2019). Child and Adolescent Sugar-Sweetened Beverage Intakes Are Longitudinally Associated with Higher Body Mass Index z Scores in a Birth Cohort Followed 17 Years. *Journal of the Academy of Nutrition and Dietetics*, 119(3), 425–434.
- Meşe Yavuz, C. ve Koca Özer, B. (2019). Adölesan Dönem Okul Çocuklarında Beslenme Alışkanlıkları ve Beslenme Durumunun Değerlendirilmesi. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 7 (1), 225-243.
- Muscogiuri G, Barrea L, Savastano S. Ve Colao A. (2020). Nutritional recommendations for COVID-19 quarantine. *Eur J Clin Nutr*, 74(6):850-851.
- O'Neill, C. E., Newsom, R. J., Stafford, J., Scott, T., Archuleta, S., Levis, S. C., Spencer, R. L., Campeau, S., & Bachtell, R. K. (2016). Adolescent caffeine consumption increases adulthood anxiety-related behavior and modifies neuroendocrine signaling. *Psychoneuroendocrinology*, 67, 40–50.
- Özçelik Ersü D. (2021). Anne ve Çocuk Beslenmesinin Önemi, Acil ve Özel Durumlarda Anne ve Çocuk Beslenmesi (ss.7-13), Türkçe, 1. Baskı, Hatiboğlu yayıncılık, Ankara.
- Öztürk Çopur E., Karasu F. Ve Yavaş Çelik M. (2021). Pandemi Sürecinde Evde Kalan Adölesanların Beslenme-Egzersiz ve Koronavirüs Kaygı Durumlarının Belirlenmesi. *Hacettepe Üniversitesi Hemşirelik Fakültesi Dergisi*, 8(3):310-320.
- Polivy J. Ve Herman CP. (1999). Distress and eating: why do dieters overeat? *Int J Eat Disord*, 26:153–64.
- Pollard CA, Morran MP. ve Nestor-Kalinoski AL. (2020). The COVID-19 pandemic: a global health crisis. *Physiol Genomics*, 52(11):549-557.
- Restrepo BJ. ve Cantor JH. (2020). The effects of soda taxes on adolescent sugar intake and blood sugar. *Health Econ*, 29(11):1422-1434.
- Richards G ve Smith A. (2015). Caffeine consumption and self-assessed stress, anxiety, and depression in secondary school children. *J Psychopharmacol*, 29(12):1236-1247.
- Ruiz-Roso, M. B., de Carvalho Padilha, P., Mantilla-Escalante, D. C., Ulloa, N., Brun, P., Acevedo-Correa, D., Arantes Ferreira Peres, W., Martorell, M., Aires, M. T., de Oliveira Cardoso, L., Carrasco-Marín, F., Paternina-Sierra, K., Rodríguez-Meza, J. E., Montero, P. M., Bernabè, G., Pauletto, A., Taci, X., Visioli, F., & Dávalos, A. (2020). Covid-19 Confinement and Changes of Adolescent's Dietary Trends in Italy, Spain, Chile, Colombia and Brazil. *Nutrients*, 12(6), 1807.

- Salam RA, Hooda M, Das JK..... Bhutta ZA. (2016). Interventions to Improve Adolescent Nutrition: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J Adolesc Health*, 59(4S):S29-S39.
- Serin Y. ve Şanlıer N. (2018). Duygusal yeme, besin alımını etkileyen faktörler ve temel hemşirelik yaklaşımları. *J Psychiatric Nurs*, 9(2):135-146
- Sharma M, Aggarwal S, Madaan P, Saini L. Ve Bhutani M. (2021). Impact of COVID-19 pandemic on sleep in children and adolescents: a systematic review and meta-analysis. *Sleep Med*, 84:259-267.
- Shek DTL. (2020). Chinese Adolescent Research Under COVID-19. *J Adolesc Health*, 67(6):733-734.
- Spolidoro GCI, Azzolino D, Shamir R, Cesari M. ve Agostoni C. (2021). Joint Effort towards Preventing Nutritional Deficiencies at the Extremes of Life during COVID-19. *Nutrients*, 13(5):1616.
- TDD. Covid 19 Beslenme Önerileri. <http://www.tdd.org.tr/index.php/duyurular/69-covid-19-beslenme-onerileri>; Erişim tarihi: 10.08.2021.
- TÜBA. Covid-19 pandemi değerlendirme raporu, 2020;No: 34. 17 Nisan, Ankara: Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları
- Türkiye Beslenme ve Sağlık Araştırması (TBSA), T.C. Sağlık Bakanlığı Halk Sağlığı Genel Müdürlüğü, Yayın No:1132, Ankara,
- United Nations Inter-Agency Group for Child Mortality Estimation (UN IGME). Levels and Trends in Child Mortality: Report 2020. <https://www.unicef.org/reports/levels-and-trends-child-mortality-report-2020>; Erişim tarihi:09.08.2021.
- WHO. Adolescents health risks and solutions. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/adolescents-health-risks-and-solutions>; Erişim tarihi: 09.08.2021.
- WHO. Advice For Public. <https://www.who.int/emergencies/diseases/novel-coronavirus-2019/advice-for-public>; Erişim tarihi: 10.08.2021.
- van Strien, T., Cebolla, A., Etchemendy, E., Gutiérrez-Maldonado, J., Ferrer-García, M., Botella, C., & Baños, R. (2013). Emotional eating and food intake after sadness and joy. *Appetite*, 66, 20–25.
- Zhou, Y., & Wade, T. D. (2021). The impact of COVID-19 on body-dissatisfied female university students. *The International journal of eating disorders*, 54(7), 1283–1288.



Gıdalarda Katkı Maddesi ve Çözücü Olarak Kullanılan Propilen Glikol Üzerine Değerlendirmeler

Ayşe Karadağ¹, Osman Sağdıç^{1*}, Salih Karasu¹

^{1*} Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya Metalurji Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-8615-7321; 0000-0002-2063-1462; 0000-0002-2324-1865), karadaga@yildiz.edu.tr, sagdic@gmail.com, skarasu@yildiz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 2 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 22 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1067052)

ATIF/REFERENCE: Karadağ, A., Sağdıç, O. & Karasu, S. (2022). Gıdalarda Katkı Maddesi ve Çözücü Olarak Kullanılan Propilen Glikol Üzerine Değerlendirmeler. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 157-160.

Özet

Çeşitli mevzuatlarda gıdalarda kullanılmasına izin verilse de aslında propilen glikol, gıdalarda direkt kullanılmasına izin verilen bir katkı maddesi olmayıp, gıdalara eklenebilen; renklendiriciler, emülgatörler, antioksidanlar, aroma vericiler ve enzim preparatları gibi katkı maddelerinde taşıyıcı olarak kullanılmasına müsaade edilen bir gıda katkı maddesidir. Ancak az miktarda kullanılan bir gıda katkı maddesi olmasının ötesinde, birçok alanda kullanımının artması nedeniyle, günlük alım ve maruziyet miktarının da artması tüketiciler üzerinde endişelere neden olmaktadır. Bu nedenle Türk Gıda Kodeksi'nde gıda takviyesi olarak kullanılan çeşitli ekstraktlarda propilen glikolün çözücü olarak kullanılması durumunda, etikette belirtilmesi zorunlu kılınmıştır. Taşınım yoluyla gıda ürünüde izin verilen maksimum limit ise, genel olarak içeceklerde 1 g/L, diğer gıdalarda ise 3 g/kg şeklindedir. Bu yüzden farklı kaynaklardan muhtemel maruziyet durumu da göz önünde bulundurularak, yüksek miktarda propilen glikol içermeye ihtimali olan gıdaların tüketimine dikkat edilmesi gerekmektedir. Yapılan klinik çalışmalar yüksek konsantrasyonlarda propilen glikol ile hazırlanan ilaçlarının hastalarda metabolik bozukluklara yol açabileceğine işaret etmiştir. Hatta bu çalışmaların bazılarında propilen glikolün yüksek dozlarının toksisiteye neden olabileceğini göstermiştir. Yüksek konsantrasyonlarda gözlenen bu metabolik bozukluklar, ilaçlarda olduğu gibi propilen glikolün yüksek konsantrasyonlarda kullanıldığı gıda takviyesi ürünlerinde de uzun vadede tüketiciler de benzer etkiler oluşturabileceği endişesine neden olmaktadır. Bu nedenle bu ürünlerin tüketilmesiyle birlikte propilen glikol kaynaklı metabolik problemlerin oluşabileceği göz önünde tutulmalıdır. Özellikle çocuklar ve hamilelerde propilen glikol bazlı gıda takviyesi ürünlerinin tüketicide oluşturabileceği olumsuz etkilere dayalı yeni çalışmaların yapılması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Propilen glikol, EFSA, Gıda katkı maddesi.

Evaluations on Propylene Glycol as Additive and Solvent in Foods

Abstract

Propylene glycol is not an additive allowed to be used directly in foods although it is allowed to be used in foods in various legislations. It is allowed to be used as a carrier in additives such as colorants, emulsifiers, antioxidants, flavorings and enzyme preparations that can be added to foods. However, beyond being a food additive used in small amounts, the increase in daily intake and exposure due to its increased use in many areas causes concerns on consumers. For this reason, the use of propylene glycol as a solvent in various extracts used as food supplements in the Turkish Food Codex has to be stated on the label. The maximum permitted limit for food products by transport is generally 1 g/L for beverages and 3 g/kg for other foods. Therefore, considering the possible exposure from different sources, it is necessary to pay attention to the consumption of foods that are likely to contain high amounts of propylene glycol. Clinical studies have indicated that drugs prepared with high concentrations of propylene glycol may cause metabolic disorders in patients. In fact, some of these studies have shown that high doses of propylene glycol can cause toxicity. These metabolic disorders observed at high concentrations cause concerns that similar effects may occur in long-term consumers in food supplement products where propylene glycol is used in high concentrations, as in drugs. For this reason, it should be kept in mind that propylene glycol-induced metabolic problems may occur with the consumption of these products. It is necessary to conduct new studies based on the negative effects of propylene glycol-based food supplement products on the consumer, especially in children and pregnant women.

Keywords: Propylene glycol, EFSA, Food additive.

* Sorumlu Yazar: sagdic@gmail.com

1. Giriş

Propilen glikol (propan-1, 2-diol), hidrofobik bileşikler çözöbilmesi ve su tutma özelliğinden dolayı gıdalarda, ilaçlarda ve kozmetik ürünlerinde sıklıkla kullanılan rengi, kokusu ve tadı olmayan ve oda koşullarında hafif viskoz davranış gösteren, suda, etanol ve asetonda çözülebilen, 1.035 g/mL yoğunluğa sahip sentetik bir maddedir. Propilen glikol, gün ışığı, hava, okside edici ajanlara, asit, baz ve yüksek sıcaklığa karşı dayanıksız olup okside olabilmektedir. Ortam sıcaklığında, şeffaf plastik materyallerde depolandığında degradasyon hızı, sıcaklık (>40°C), metal iyonların varlığı ve/veya güneş ışığı ile artmakta, aldehit, keton, asit, dioksolanlar oluşma riski artmaktadır (Aggett et al. 2018).

Avrupa Birliği Regülasyonu (EC 1333/2008) ve 30/06/2013 tarihli ve 28693 sayılı Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde, propilen glikol E 1520 numarası ile tanımlanan bir gıda katkı maddesidir. Ancak, propilen glikol gıdalarda direkt kullanılmasına izin verilen bir katkı maddesi olmayıp, gıdaya eklenen diğer katkı maddelerinde, renklendiriciler, emülgatörler, antioksidanlar, aroma vericiler ve enzim preparatlarında taşıyıcı olarak kullanılmasına izin verilmektedir. Bundan dolayı, gıdaların içerik etiketinde bilgisinin verilmesi mevzuat gereği zorunlu olmayıp, son gıda ürününde bulunmasına izin verilen miktarı ise gıdaya farklı kaynaklardan taşınarak gelecek miktarı ile sınırlanmıştır. Emülgatör, renklendirici, antioksidanlar ve aroma vericiler ekleneceği miktar sınırlanmamış iken, bu kaynaklardan gıdaya taşınarak gelen miktarının 1 g/kg düzeyini aşmaması gerekmektedir. Enzim preparatlarına 500 g/kg düzeyinde taşıyıcı olarak eklenmesine izin verilmektedir. Her durumda, son gıda ürününe tüm kaynaklardan gelen maksimum miktarın ise 3 g/kg düzeyinden fazla olmaması gerekmektedir. İçeceklerde ise, kremalı likörler hariç, tüm kaynaklardan taşınarak gelen değer, 1 g/L olarak sınırlanmıştır. Aynı yönetmeliğin Ek-3, 5.kısımına göre bebekler ve küçük çocuklarda kullanılması amaçlananlar haricindeki besin öğelerinde (vitamin ve mineral) yine daha önce belirtilen düzeylerde kullanılmasına izin verilmektedir (Aggett et al. 2018).

Bu makalede; çok farklı gıda ürününe taşıyıcı veya çözücü olarak kullanılmasına rağmen, sadece gıda takviyelerinde çözücü olarak kullanılması durumunda etiket beyanı zorunluluğu bulunan, diğer durumlarda etiket beyanı zorunluluğu bulunmayan propilen glikolün, mevcut çalışmalar ve regülasyonlar çerçevesinde gıdalarda kullanımına yönelik durumu ve endişeler tartışılmıştır.

2. Gıdalarda Bulunuşu

Propilen glikol'ün her ne kadar gıdalarda etiket bilgisi olarak verilmesi zorunlu değilse de, Mintel tarafından yayınlanan, 20 AB üye ülkesinde pazarda bulunan gıda ve gıda takviye ürünlerin etiket bilgilerinin değerlendirildiği global yeni ürün veri tabanına göre, son beş yılda etiketinde propilen glikol içeriğini beyan eden ürün sayısı artmıştır. İncelenen 45 binden fazla ürünün sadece 278'inin etiket bilgisinde E 1520 varlığı tüketiciler ile paylaşılmıştır. Etiketinde en fazla bu bilginin verildiği ürünler ise, kek ve fırıncılık karışımları, vitamin ve gıda takviyeleri, dondurulmuş tatlılar, pizzalar ve kurabiyeler şeklindedir (Aggett et al. 2018).

Etiket bilgisinde propilen glikolün verilmesi hususu, Tarım ve Orman Bakanlığı'nın takviye edici gıdaların onay işlemleri uygulama talimatında da belirtildiği üzere, su, etil alkol gibi, çözücü olarak kullanıldığı durumda; örneğin propolis

ekstraksiyonunda propilen glikol kullanılıyorsa, kullanılan çözücünün ne olduğunun bilgisi ürün etiketinde belirtilmek zorundadır. Ancak takviye gıda ürünü olarak satılan ilgili ekstraktın ne kadarının çözücünden oluştuğu bilgisi veya ürün etiketinde önerilen günlük alım dozu ile ne kadar düzeyde ilgili çözücüye maruz kalınacağı bilgisi de etikette verilmek durumunda değildir. Bu durumda, propilen glikolün ilgili takviye edici gıdadan alınan maksimum düzeyinin 30/06/2013 tarihli ve 28693 sayılı Türk Gıda Kodeksi Gıda Katkı Maddeleri Yönetmeliği'nde belirtilen şekilde olması gerekir. Nitekim 2018 yılında EFSA, propilen glikole beslenme ile ilgili maruz kalınabilecek doz miktarının değerlendirdiği çalışmada her gıda kategorisinde izin verilen maksimum propilen glikol seviyesini (MPL) içecekler için 1 g/L, sıvı gıda takviyeleri de dahil tüm diğer gıdalar için ise 3 g/kg (L) şeklinde almıştır (Aggett et al. 2018).

EFSA tarafından yürütülen maruziyet çalışmasının verileri incelendiğinde, endüstriden alınan bilgiye göre 22 farklı ürün kategorisinde propilen glikol kullanıldığı bildirilmektedir. Kullanım düzeyine göre en yüksek miktarın olduğu ürünler nefes ferahlatıcı şekerlemeler (1600 mg/kg), çikolata ve ürünleri (776 mg/kg), fırıncılık ürünleri (590 mg/kg), sakızlar (500 mg/kg), aromalandırılmış içecekler (300 mg/kg), şurup tipi ve katı formda takviye edici gıdalar (300 mg/kg), peynir ürünleri (250 mg/kg), soslar (184 mg/kg) şeklinde rapor edilmiştir. Markaya sadık popülasyon grubunda katkı maddesi olarak propilen glikole maruz kalma seviyesi bebeklerde (0-12 ay) 0.2 -3.1 mg/kg vücut ağırlığı (v.a)/ gün, 36 aydan küçük çocuklarda 1.0 - 11.6 mg/kg v.a/gün, 3 ve 9 yaş arası çocuklarda 3.4-10.5 mg/kg v.a/gün arasında değişen en yüksek maruziyet ise 23.3 mg/kg v.a/gün seviyesine çıkmaktadır. EFSA'nın ilgili çalışmasında, her gıda kategorisinde izin verilen maksimum propilen glikol seviyesi içecekler için 1000 mg/L, sıvı gıda takviyeleri dahil tüm diğer gıdalar için ise 3000 mg/kg (L) şeklindedir (Andjelkovic and Gosciny, 2021)

2019-2021 yılları arasında Belçika'da bir kamu araştırma enstitüsünde (Sciensano) gerçekleştirilen bir çalışmada, Brüksel'de çeşitli süpermarketlerden satın alınan meyve suyu, nektar, soğuk çay, kola, sporcu içeceği, enerji içeceği, aromalandırılmış sütü içecekler ve diğer alkolsüz içeceklerde propilen glikol (E 1520) analizi gerçekleştirmiştir. Elde ettikleri sonuçlara göre, analizlenen 182 örnekte E1520 seviyesi 2.8 mg/L'den 3420 mg/L'ye değişmektedir. Analizlenen örneklerin %26'sının yasal mevzuatta içecekler için belirtilen maksimum izin verilen seviyenin, 1000 mg/L, altında olduğu, ancak EFSA'nın 2018 değerlendirmesinde, gıda endüstrisinden gelen bilgiler doğrultusunda içecekler için kabul olarak aldığı 300 mg/L seviyesinin de üzerinde olduğu belirtilmiştir. 182 örnekten 5 tanesinde ise, E 1520 maksimum izin verilen seviyenin üzerinde belirlenmiştir (Andjelkovic and Gosciny, 2021).

Hem AB bilimsel komitesi (EFSA, SCF) hem de Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü/Dünya Sağlık Örgütü ortak komitesi propilen glikol için günlük kabul edilen alım dozu 25 mg/kg vücut ağırlığı (v.a) olarak belirlenmiştir veya 70 kg 'lık bir birey için 1.75 g/gün şeklinde de ifade edilebilir. ABD'de ise gıda kaynaklı günlük alım düzeyinin, 70 kg'lık birey için 2.4 g/gün (34 mg/kg v.a) düzeylerinde olduğu belirtilmiştir (McMartin, 2014).

EFSA 2018 yılında gerçekleştirdiği risk değerlendirmesi sonucunda, her ne kadar günlük kabul edilebilir alım dozu miktarını değiştirmemişse de; propilen glikol, diğer gıda katkı maddelerinin (örn, yağ asitlerinin propilen glikol esterleri, E 477

ve propilen glikol aljinat, E405) sindirimi sonrası bazı metabolit oluşabileceğinden, diğer katkı maddelerinden de ilaveten gelecek propilen glikole maruz kalma hususunun risk değerlendirmesi açısından dikkate alınması gerektiği hususuna dikkat çekmiştir. Ayrıca propilen glikolde bulunmasına izin verilen maksimum kalıntı kurşun seviyesinin azaltılması gerektiğini ve propilen glikol ile ilgili olarak spesifikasyona propilen oksit, mono- ve dietilen glikol ve propilen karbonat için maksimum limit eklenmesi gerektiğini önermiştir (Anon., 2017).

Propilen glikol genel olarak güvenli (GRAS) kabul edilen bir gıda katkı maddesidir, ancak artan düzeylerde maruz kalınması sonrası bazı yan etkilerin gözlenmesi ile ilgili risk durumu söz konusudur. Bundan dolayı 2017 yılında ilgili mevzuat güncellenmiş, Avrupa İlaç Ajansı daha 1 mg/kg/gün düzeyde maruziyet söz konusu olduğunda da prospektüste mevzuatta belirtilen açıklamaların bulunması gerekliliğini bildirmiştir. Günlük 50 mg/kg düzeyinin aşılması durumunda, 5 yaş altı çocuklarda kullanılmadan önce hekime danışılması gerektiği, etanol içeren bir başka ürünle kullanılmasının yan etkiye sebep olabileceği; hamile ve süt veren kadınlar, böbrek ve karaciğer rahatsızlığına sahip olan hastalarda ise bu eşik düzeyi üzerinde hekim tarafından aksi önerilmedikçe kullanılmaması ve ilave tetkiklere ihtiyaç duyulabileceği bilgisine prospektüste yer verilmelidir. Günlük 500 mg/kg düzeyinin üzerinde ise, hekim kontrolünde kullanılabilmesi, alkol tüketimine benzer etki göstereceği ve böbrek fonksiyon bozuklukları, akut böbrek yetmezliği, merkezi sinir sistemi hasarı, ritim bozukluğu, yüksek tansiyon gibi çeşitli yan etki risklerinin artacağı belirtilmiştir (Anon. 2019).

3. Propilen Glikolle İlgili Metabolizma Çalışmaları

Ağız yoluyla alınan propilen glikol, sindirim sistemi tarafından hızla ve büyük ölçüde emilir ve organlarda ve dokularda hızla dağılırken absorbe olmayan kısmı ise idrar ile dışarı atılır. Memelilerde metabolizması ile ilgili asıl yol, alkol dehidrogenaz enzimi ile laktaldehite ve sonrasında aldehit dehidrogenaz enzimi ile laktata dönüşmesi şeklindedir. Oluşan laktat, pirüvat, karbondioksit ve suya dönüşür. Propilen glikolün yaklaşık %55 ila 75'i pirüvat ve laktata metabolize olurken, %25 ila 45'i değişmeden kalır ve idrar ile atılır. Kanda maksimum doza ulaşma süresi 1 saat, yarılanma süresi ise sağlıklı karaciğer ve böbrek fonksiyonuna sahip yetişkinlerde 1.4 ve 3.3 saat arasında belirtilmiştir (Lim et al., 2014). Bebeklerde ise bu sürenin 10 saati aştığı, ortalama 19.3 saat olduğu belirtilmiştir (MacMartin, 2014).

Propilen glikolün kendisinin ve metabolik yan ürünlerinin oldukça düşük toksisiteye sahip olduğu bildirilmiştir. Ancak kanda 18 mg/dL' den yüksek düzeydeki miktarlarının toksisite dahil çeşitli olumsuz etkilere sebep olduğu bildirilmiştir (Yaucher et al., 2003). Propilen glikolün toksik etkileri hayvanlarda ve insanlarda benzer görünmektedir. Merkezi sinir sistemi (CNS) depresyonu, hematolojik toksisite, hiperosmolarite, metabolik asidoz, kardiyovasküler etkiler ve renal toksisite propilen glikol için ana akut ve subakut sendromları kapsar. Propilen glikolün etkilerinin çoğu, ana molekülün yüksek konsantrasyonlarına veya kanda D,L-laktat birikimine bağlanabilir. Bir alkol çeşidi olması nedeniyle çok yüksek konsantrasyonlarda propilen glikol, CNS depresyonunun en olası nedenidir. Ayrıca, yüksek konsantrasyonlarda propilen glikol kanın ozmolaritesini artıracağından, hiperozmotik etkiler muhtemelen ana molekülden

kaynaklanmaktadır. Kardiyovasküler ve renal etkiler, metabolik asidoz ile birlikte hiperosmolaritenin bir sonucu olabilir. Asidozun kendisi, hem hayvanlarda hem de insanlarda laktat (hem D- hem de L-formları) birikiminden kaynaklanır (McMartin, 2014). Ağız yolu ile tüketildiğinde çok yüksek dozlarda alındığı zaman yan etkiler gözlenmektedir. 22.5 mL (23.3 g) propilen glikol içeren C vitamini alan 15 aylık bir bebekte taşikardi, aritmi, hipoglisemi, aşırı terleme gözlenmiştir. Bir başka vakada, hacimce %98 oranında propilen glikol içeren D vitamini preparatını, günde 2 kez 2 -4 mL dozunda 13 ay boyunca alan on bir yaşında çocukta, yani günde 4062 - 8124 mg propilen glikol tüketilmesi sonrasında tekrar eden nöbetler ve bilinç kaybı gözlenmiştir. Her iki vakada da propilen glikol tüketiminin sonlandırılması sonrası gözlenen semptomlar ortadan kalkmıştır (La Kind et al., 1999). Yüksek miktarda propilen glikol maruziyeti yenidoğan ve çocuklarda merkezi sinir sistemi üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu belirtilmektedir (Martin ve Finberg 1970).

4. Sonuç

Propilen glikolün kullanıldığı kaynakların sayısının gittikçe artması ve niteliğinin değişmesi nedeniyle, gıdalarla alınan propilen glikole maruziyetin de artmasıyla, gıda katkı maddesi olarak izin verilen güvenli kullanım dozunun tekrar değerlendirilmesi konusu 2009 yılından beri Avrupa Gıda Güvenliği Otoritesi tarafından önerilmekte ve bu bağlamda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Her ne kadar propilen glikol düşük toksisite değerine sahip olsa da (örn., 70 kg'lık birey için günlük kabul edilebilir alım dozu 1.75 g/gün olarak belirlenmiştir.), gıdaya direkt olarak eklenmediğinden, gıdanın etiketinde mevcudiyetinin bilgisi yazılmak zorunda değildir. Ancak tüketicilerin artan güvenlik endişeleri nedeniyle, 2013 yılından itibaren kısıtlı sayıda da olsa bazı gıda ürünlerinde etikete propilen glikol miktarının yazıldığı gözlenmektedir.

Ülkemizde propilen glikol çözücü olarak, çeşitli ekstraktları içeren bazı gıda takviyelerinde kullanıldığı zaman, varlığına yönelik bilginin etiket üzerinde yazılması gerekmektedir. Son gıda ürününde izin verilen maksimum limit ise taşınım yoluyla belirlenmiş olup genel olarak içeceklerde 1 g/L, diğer gıdalarda ise 3 g/kg şeklindedir. Bundan dolayı yüksek miktarda propilen glikol içermeye olasılığına sahip gıdaların tüketimine farklı kaynaklardan maruziyet esasına göre dikkat edilmesi önerilmektedir.

Kaynakça

- Aggett, P., Aguilar, F., Crebelli, R., Dusemund, B., Filipic, M., Frutos, M.J., Galtier, P. et al. 2018. Re-evaluation of propane-1,2-diol (E 1520) as a food additive. EFSA Journal, 16 (4), Article No: e05235.
- Andjelkovic, M., Goscinny, S. 2021. Determination of propylene glycol levels in foodstuffs and exposure assessment for the Belgian population. Projects 1 December 2019- 1 January 2021, <https://www.sciensano.be/en/projects/determination-propylene-glycol-levels-foodstuffs-and-exposure-assessment-belgian-population>
- Anon., 2017. Propylene glycol used as an excipient. Report published in support of the 'Questions and answers on propylene glycol used as an excipient in medicinal products for human use'. Committee for Human Medicinal Products (CHMP) (EMA/CHMP/704195/2013). <https://www.ema.europa.eu/en/documents/report/propylene->

glycol-used-excipient-report-published-support-questions-answers-propylene-glycol-used_en.pdf

- Anon. 2019. Annex to the European Commission guideline on 'Excipients in the labelling and package leaflet of medicinal products for human use' (SANTE-2017-11668) Excipients and information for the package leaflet. EMA/CHMP/302620/2017 Rev. 1*. <https://www.ema.europa.eu/en/annex-european-commission-guideline-excipients-labelling-package-leaflet-medicinal-products-human#current-effective-version-section>.
- LaKind, J.S., McKenna, E.A., Hubner, R.P., Tardiff, R.G. (1999). A Review of the Comparative Mammalian Toxicity of Ethylene Glycol and Propylene Glycol, *Critical Reviews in Toxicology*, 29 (4), 331-365.
- Lim, T.Y., Poole, R.L., Pageler, N.M. 2014. Propylene glycol toxicity in children. *J Pediatr Pharmacol Ther.* 19(4), 277-282.
- Martin, G., Finberg, L. 1970. Propylene glycol: a potentially toxic vehicle in liquid dosage form. *The Journal of pediatrics*, 77(5), 877-878.
- McMartin, K. 2014. Propylene Glycol, Editor(s): Philip Wexler, *Encyclopedia of Toxicology (Third Edition)*, Academic Press, 2014, Pages 1113-1116, ISBN 9780123864550, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386454-3.01029-0>.
- Yaucher, N.E., Fish, J.T., Smith, H.W., Wells, J.A. 2003. Propylene glycol-associated renal toxicity from lorazepam infusion. *Pharmacotherapy*, 23 (9), 1094-1099.



Farklı Açılı Kanatçıklara Sahip Türbülötörlerin Gaz Yakıtlı Kazanda Kullanımının Isı Transferine Etkisi

Berna Çeri^{1*}, Tarkan Koca²

^{1*} Mimsan Endüstri Kazanları A.Ş. Malatya, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-0454-6495), bernaceri@hotmail.com

² İnönü Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Malatya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-6881-4153), tarkan.koca@inonu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 26 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 25 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1077986)

ATIF/REFERENCE: Çeri, B. & Koca, T. (2022). Farklı Açılı Kanatçıklara Sahip Türbülötörlerin Gaz Yakıtlı Kazanda Kullanımının Isı Transferine Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 161-167.

Öz

Endüstriyel tesislerde çok sık kullanılan ısı değiştiriciler farklı sıcaklıklardaki iki akışkanı birbirine karıştırmadan ısı transferini gerçekleştiren cihazlardır. Isı değiştiricilerinde kullanılan türbülötörler ısı transferinde iyileşmeler sağlamaktadır. Kazanlarda türbülötörler duman borularına uygulanmakta olup, duman gazlarına türbülans kazandırmakta ve duman gazlarının yüzey ile olan temasını artırarak ısı transferini arttırmaktadırlar. Bu çalışmada bir gaz yakıtlı kazanda, farklı açılı kanatçıklara sahip türbülötörler 3. geçiş borularına eklenerek deneyler yapılmış ve türbülötör kanatçık açısı değişiminin ısı transferine ve baca gazı çıkış sıcaklığına etkisi araştırılmıştır. Ayrıca hesaplamalı akışkanlar dinamiği analizi yapan Solidworks Flow Simulation programı üzerinde analiz yapılarak deneyler doğrulanmıştır. Deneyde 3 farklı kanatçık açısına (15°, 20°, 25°) sahip türbülötörler kullanılmaktadır. Deneyde kullanılan kazan 3 geçişlidir. İlk geçiş yanmanın ilk gerçekleştiği yer olup 2. geçiş ve 3. geçiş ile birlikte yakıt bacaya gitmektedir. Boru dış çapı 42.4 mm ve boru iç çapı 36 mm, boru boyu 1720 mm olan 3. geçiş borularına 12 adet türbülötör konulmuştur. Deneyde su giriş sıcaklığı 50°C ve su çıkış sıcaklığı 70°C olacak şekilde ayarlanmıştır. Deney sonucuna göre türbülötör kanatçık açısındaki değişimin ısı transferine ve baca gazı çıkış sıcaklığına etkisi gözlemlenmiştir. Elde edilen deney ve Solidworks Flow Simulation analizi sonucuna göre baca gazı çıkış sıcaklığının en düşük değerine kanatçık açısı 25° açığa sahip türbülötörle ulaşılrken, en fazla ısı transferi kanatçık açısı 25° olan türbülötör ile elde edilmiştir. Elde edilen deney sonucuna göre en iyi verim %97,6 ile kanatçık açısı 25° olan türbülötörden elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Isı Değiştiricileri, Türbülötör, Isı Transferi.

Effect of Use of Turbulators with Different Angled Fins in Gas-Fired Boiler on Heat Transfer

Abstract

Heat exchangers, which are very commonly used in industrial plants, are devices that transfer heat without mixing two fluids at different temperatures. Turbulators used in heat exchangers provide improvements in heat transfer. In boilers, turbulators are applied to smoke pipes, giving turbulence to smoke gases and increasing heat transfer by increasing the contact of smoke gases with the surface. In this study, turbulators with different angle fins were added to the 3rd transition pipes in a gas-fueled boiler and experiments were carried out and the effect of turbulator fin angle change on heat transfer and flue gas output temperature was investigated. In addition, the experiments were confirmed by analyzing the Solidworks Flow Simulation program, which analyzes the dynamics of computational fluids. In the experiment, turbulators with 3 different fin angles (15°, 20°, 25°) are used. The boiler used in the experiment has 3 passes The first pass is the first place where the burning occurs and with the 2nd pass and the 3rd pass, the fuel goes to the chimney. 12 turbulators were placed on the 3rd passage pipes with an outer diameter of 42.4 mm and a pipe internal

* Sorumlu Yazar: bernaceri@hotmail.com

diameter of 36 mm and a pipe length of 1720 mm. In the experiment, the water inlet temperature was set to be 50°C and the water output temperature was 70°C. According to the results of the experiment, the effect of the change in the angle of the turbulator fin on heat transfer and flue gas output temperature was observed. According to the result of the experiment and Solidworks Flow Simulation analysis, the lowest value of the flue gas output temperature was obtained by the turbulator with a fin angle of 25°, while the most heat transfer was obtained by the turbulator with a fin angle of 25°. According to the results of the experiment obtained, the best yield was obtained from the turbulator with a fin angle of 25° with 97.6%.

Keywords: Heat Exchangers, Turbulator, Heat Transfer.

1. Giriş

Isı değiştiricileri, farklı sıcaklıklarda olan ve birbirine karışmayan akışkanlar arasındaki ısı transferini sağlayan cihazlardır. Isı değiştiricileri çok fazla alanda kullanılmaktadır. Bunlara örnek olarak; termik santraller, ısıtma, ilaç endüstrisi, taşıtlarda, demir çelik endüstrisi, soğutma tesisatları vb. verebilir. Kullanım yerlerine göre değişik tiplerde imalatları yapılabilmektedir. Isı değiştiricisi seçiminde etkili faktörler; akışkan sayısı, akışkanın yapısal özellikleri, akışkanların faz değişimleri, akışkanın akış şekli, ısı transfer mekanizması gibi etkenlerdir.

Isı transferini artırabilmek amacıyla geliştirilen yöntemler aktif ve pasif olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Bu iki yöntemdeki amaç ısı taşınım katsayısını artırabilmektir. Isı taşınım katsayısının artırılması için akışın türbülanslı olması gerekmektedir. Akışta türbülans arttıkça ısı geçişinde ona paralel olarak artacaktır. Aktif yöntemde dışarıdan bir enerji uygulaması yapılırken, pasif yöntemde herhangi bir enerji uygulanmamaktadır. Aktif yöntemde yüzey döndürme veya yüzey titreşimi yapılırken; pasif yöntemde yüzey sadece işlenmektedir. Isı değiştiricileri altı ana gruba ayrılmaktadır. Şekil 1’de ısı değiştiricileri gruplanması görülmektedir.



Şekil 1. Isı Değiştiricileri Gruplandırması (Figure 1. Heat Exchangers Grouping)

Isı transferini iyileştirmek amacıyla birçok yöntem denenmektedir. Bu yöntemlerden birisi de türbülötör kullanımı olmuştur. Türbülötörler ısı transferini artırmak için kullanılırlar. Kazanlarda boru içine yerleştirilen türbülötörler türbülansı artırmaktadırlar. Türbülötörler akım yolunu uzatarak, türbülans değerlerini yükseltmekte, ısı transferini artırmaktadırlar. Duman borularında kullanılan türbülötörler baca gazı sıcaklığını düşürürler ve baca gazı kayıplarını azaltırlar. Türbülötörler enerji verimliliği sağladığı için çok fazla alanda kullanılmaktadırlar. Türbülötörlerle ilgili çok sayıda çalışma yapılmıştır.

Sparrow ve Chaboki (1984), boru içindeki girdaplı hava akışında türbülötör kullanılması ısı transferine etkisini incelemek için deneysel çalışma yapmıştır. Türbülötör kullanılmayan boru ile türbülötör kullanılan borular arasındaki ısı transferini karşılaştırmışlardır. Türbülötör kullanılan borunun ısı aktarımının daha büyük olduğu ve ısı transfer veriminin daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Pusat (2016), çalışmada bükümlü plaka tipi türbülötörü çift borulu eşeksenli bir ısı değiştiricisinin içine yerleştirilmiştir. Bu deneysel çalışmada türbülötörün ısı transferine, basınç kaybına, ekserji kaybı, entropi atım oranı ve

NTU değişimi incelenmiştir. Yapılan deneyler sonucunda, plaka kalınlığının artmasının entropi oranını artırmış olduğunu, etkinlik üzerinde bir etkisi olmadığını, ekserji kaybının arttığını belirtmiştir. Kapan (2016), çalışmada ısı değiştiricisinin içerisine yay tipi türbülötör koyarak ısı transferine ve basınç değişimine etkisini incelemiştir. Re arttıkça sürtünme faktörünün azaldığını tespit etmiştir. Bademci (2017), plaka tipi türbülötörler ve bu plaklar üzerine oluşturulmuş farklı kanatçık açıları ve farklı adımlar kullanılarak sayısal çalışma yapmıştır. Türbülötörleri dairesel kesitli borunun içine yerleştirmiş ve basınç kayıpları, ısı transfer özellikleri ve sürtünme karakteristikleri incelemiştir. Sayısal analizler sonucunda türbülötör kullanılmasıyla boş boruya göre %208 oranlarında ısı transferinde iyileşme olduğunu gözlemlemiştir. Celik ve arkadaşları (2018), akış içerisine zikzak şeklinde türbülötörleri Taguchi-Gri analiz yöntemini kullanarak incelemiştir. Deneylerinde türbülötörlerin en yüksek noktaları arasındaki mesafeyi kullanmışlardır. Bu yöntemle performans karakteristiklerini ve optimal tasarım parametrelerini belirlemişlerdir. Karagöz ve arkadaşları (2019), boru içerisine 3 farklı kanatçık arası mesafeye ve 3 farklı kanatçık açısına sahip türbülötör yerleştirmişlerdir. Sürtünme katsayısındaki değişimi bulmuşlardır. Ata ve Acır (2020), hava akışkanlı güneş kollektöründe, ısı transferine etki eden parametreleri iki farklı kanatçık tipine sahip türbülötör kullanarak incelemiştir. Isı transfer miktarının maksimum olması için gerekli olan parametre dizilimi $Re=5000$, Tip-II ve $\alpha=25^\circ$ olarak belirlemişlerdir. Koca ve Zedeli (2020), ısı değiştirici modellemesi için beş farklı (düz boru, tek, iki, üç, dört ve beş helisli) iç boru tasarımlar ve deneysel ortamda çözümlenerek optimum ısı değiştiricisini belirlemeye çalışmışlardır. Isıl performansın en yüksek olduğu ısı değiştiricisi olarak beş helisli boruyu tespit etmişlerdir. Turgut, E. (2020), iç içe iki borudan oluşan ısı değiştiricisinin içerisine yerleştirilmek üzere dairesel kesitli türbülötör kullanmış, türbülötörün ısı transferi ve basınç kaybına olan etkisini incelemiştir. Reynolds sayısındaki artışın ısı transferini artırdığını tespit etmiş olup ısı performansın ise Reynolds sayısındaki artış ile ters orantılı değişim gösterdiğini belirlemiştir. Şahin ve arkadaşları (2020), eşmerkezli iç içe borulu ısı değiştiricisinde, ısı transferinin iyileştirilmesi ve sürtünme özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yay tipi türbülötörler kullanmışlardır. RNG- $k-\epsilon$ modeli ile sayısal analizler yapmışlardır. Sayısal analizlerde, Model ① (RNG-Standard wall function), Model ② (RNG-Non-Equilibrium wall function) ve Model ③ (RNG-Enhanced wall treatment) üç temel türbülans modelleri kullanılmıştır. Deneysel ve sayısal analizler sonucunda en iyi sonuçları Model ① türbülans modeli verdiğini belirtmişlerdir. Koca ve Budak (2021), kanatçık sayısı farklı olan kanatçıklı iç borulu ısı değiştiricisi dik konumdayken ısı transferinin artırılması için deneysel çalışma yapmışlardır. Boru içi akışların hepsini türbülanslı olacak şekilde ele almışlardır. Yaptıkları deney sonucunda en iyi ısı transfer miktarının kanatçık sayısı en fazla olan iç boruda olduğunu belirtmişlerdir. Fırat ve arkadaşları (2021), farklı kanatçık açısına sahip türbülötörlerin ısı transferine ve sürtünme faktörüne etkisini

deneysel olarak arařtırmıřlardır. Reynolds 7223 ile 10043 arasında deęiřen deęerlerinde çalıřma yapmıřlardır. Türbülatörlerin kanatçık açısı 10° ve 20° olarak deney yapmıřlardır. En iyi ısı transferini Reynolds 7223 sayısı ile 20° açılı kanatçıklı türbülatörde elde ettiklerini belirtmiřlerdir. 20° açılı kanatçıklı türbülatörün ısı iyileřtirme faktörü, 10° açılı trblatre oranla 1.037 kat daha fazla olduęu bulmuřlardır.

Yapılan bu çalıřmada duman borulu gaz yakıtlı kazanda farklı açılı kanatçıklara sahip türbülatörlerin kullanımının ısı transferine ve baca gazı çıkıř sıcaklıęına etkisi arařtırılmıřtır. Yapılan deney ve analiz sonucunda kanatçık açısı arttıkça ısı transferi artmaktadır ve baca gazı çıkıř sıcaklıęı azalmaktadır. Ayrıca baca gazı emisyonları da lmř olup türbülatör kullanımının yanma verimine etkisi arařtırılmıřtır.

2. Materyal ve Metot

Deney düzeneęinde; fabrikayı ısıtmak için kullanılan doęalgaz yakıtlı MİMSAN marka 300.000 kcal/h kapasiteli, 3 geçiřli bir kazan, çeřitli noktalarda sıcaklık ölçen sıcaklık transmitteri ve baca gazı çıkıř deęerlerini ölçebilmek için TESTO 300 cihazı kullanılmıřtır. TESTO 300 baca gazı analizörü cihazıdır ve baca gazındaki emisyon deęerlerini ölçmektedir. Őekil 2'de deney düzeneęi ile ilgili görseller verilmiřtir.



Őekil 2. Deney Düzeneęi (Figure 2. Experimental Assembly)

Tablo 1'de kazan etiket bilgileri verilmiřtir.

Tablo 1. Kazan Etiket Bilgileri

Isı Gücü	300.000	kcal
Isı Gücü	348	kW
Çalıřma Sıcaklıęı	50/30	°C
Konsantrasyon Basıncı	4.2	bar
Hidrolik Test Basıncı	6	bar
İřletme Basıncı	4	bar

Türbülatörler, kullanılacak kazanın iřletme basıncına, yakıt cinsine, çalıřma rejimine, gaz sıcaklıklarına, boru çapı ve iřletme kořullarına baęlı olarak tasarlanır ve malzeme seçimi yapılır. Türbülatörler siyah veya paslanmaz malzemeden imal edilebilirler. Őekil 3'te farklı tipteki türbülatörler görülmektedir.



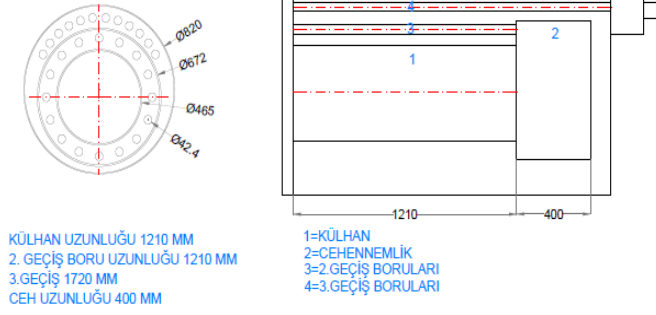
Őekil 3. Türbülatör rnekleri (Figure 3. Turbulator Examples)

Türbülatörler 3. geçiř borularında kullanılmıřtır. Boru iç çapı 36 mm ve boru boyu 1720 mm'dir. Toplamda 12 adet boru bulunmaktadır. Őekil 4'te deneyde kullanılan türbülatörler görülmektedir.



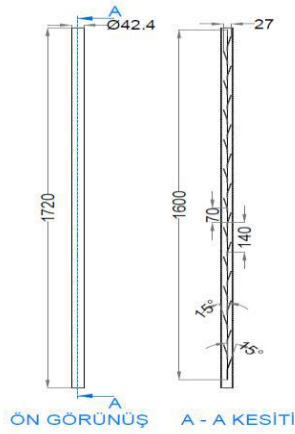
Őekil 4. Türbülatör (Figure 4. Turbulator)

Őekil 5'te kazanın boyutu hakkında bilgi verilmektedir.



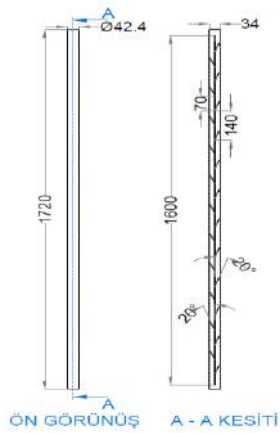
Şekil 5. Kazan Boyut Bilgileri (Figure 5. Boiler Dimension Information)

Bütün türbülötörler 2 mm sac levha ile imal edilmiş olup kanatçık arası mesafe 70 mm, boyu 1600 mm'dir. Şekil 6'da 15° açılıya sahip türbülötörün tasarım parametreleri verilmiştir.



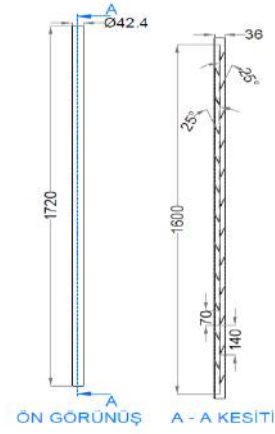
Şekil 6. 15° Açılıya Sahip Türbülötörün Tasarım Parametreleri (Figure 6. Design Parameters of Turbulent with 15° Angle)

Şekil 7'de 20° açılıya sahip türbülötörün tasarım parametreleri verilmiştir.



Şekil 7. 20° Açılıya Sahip Türbülötörün Tasarım Parametreleri (Figure 7. Design Parameters of Turbulent with 20° Angle)

Şekil 8'de 25° açılıya sahip türbülötörün tasarım parametreleri verilmiştir.



Şekil 8. 25° Açılıya Sahip Türbülötörün Tasarım Parametreleri (Figure 8. Design Parameters of Turbulent with 25° Angle)

Kazandan elde ettiğimiz verilere göre Reynolds sayısı hesaplanmıştır. Boruların iç çapı 36 mm'dir. 12 borudan geçen gazın ortalama hızı dikkate alınarak hesaplamalar yapılmıştır.

$$Re = \frac{v \cdot d_{iç}}{\nu} \quad (1)$$

v = Gazın boru içinde geçiş hızı (m/sn)

$d_{iç}$ = Boru iç çapı (m)

ν = Havanın kinematik viskozitesi (m²/sn)

Logaritmik sıcaklık farkı formülü;

$$\Delta T_{log} = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln\left(\frac{\Delta T_1}{\Delta T_2}\right)} \quad (2)$$

$$\Delta T_1 = T_{dg} - T_{sg} \quad (3)$$

$$\Delta T_2 = T_{dç} - T_{sç} \quad (4)$$

T_{dg} = Gazın 3. geçiş borusuna geldiği sıcaklık

$T_{dç}$ = Gazın borudan çıkış sıcaklığı

T_{sg} = Suyun kazana geldiği sıcaklığı

$T_{sç}$ = Suyun kazandan çıkış sıcaklığı

Taşınım ile ısı transferi, gazdan suya geçen ısı transferine eşit olacaktır;

$$Q = h \cdot A \cdot \Delta T = (\dot{m} \cdot c_p)_{su} \cdot (T_{sg} - T_{sç}) \quad (5)$$

$$Nu = \frac{h \cdot d_{iç}}{k} \quad (6)$$

h = Isı taşınım katsayısı (W/m²K)

$d_{iç}$ = Boru iç çapı (m)

k = Isıl iletim katsayısı (W/mK)

Kazan verim hesabı;

$$\eta = \frac{m_b \cdot i_b - m_s \cdot i_s}{B \cdot H_u} \quad (7)$$

m_b : Ölçülen buhar debisi (kg/h)

m_s : Ölçülen su debisi (kg/h)

i_b : Buhar entalpisi (kcal/kg)

i_s : Besi suyu entalpisi (kcal/kg)

B : Ölçülen yakıt debisi (kg/h)

Hu: Yakıtın alt ısıl değeri (kcal /kg)
Şeklinde hesaplamaları yapılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Yapılan deneysel çalışma ve analiz sonucunda ısı deęiřtiricisinde türbülátör kullanımının ısı transferine etkisi belirlenmiştir. Deneyde suyun kazana giriř sıcaklıęı 50°C, suyun kazanda çıkıř sıcaklıęı 70°C, fan debisi 540 m³/h ve gaz giriř sıcaklıęı 1000°C olarak alınmıştır. Fan debisi sabit olduęundan Re sayısı 42000 ile 42500 aralıęında hesaplanmıştır. Yani Deneyde 3 farklı tipte türbülátör kullanılmıştır. Bu türbülátörlerin sisteme performans açısından etkisi araştırılmıştır. Tablo 2’de 3.geçiř borularına gelen gazın sıcaklık deęerleri verilmiştir.

Tablo 2. 3. Geçiř Borusundaki Gazın Giriř Sıcaklıęı

Türbülátör Kanatçık Açısı	3. Geçiř Borusundaki Gazın Giriř Sıcaklıęı(°C)
15°	379 °C
20°	355 °C
25°	348 °C

Türbülátör kanatçık açısı arttıkça gazın duman boruları içerisinde hareketi zorlanmıştır ve bu zorluk nedeniyle gaz sıcaklıęında dūřuř meydana gelmiştir. Yapılan deney sonucunda TESTO 300 cihazından elde edilen veriler Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Deney Verileri

Kanatçık Açısı	T _b (°C)	CO ₂ (%)	Verim (%)	T _o (°C)	Tię (°C)
15°	100,5°C	%10,4	%96,6	25,8 °C	57 °C
20°	83,6 °C	%10,45	%97,1	23,9 °C	56,3 °C
25°	77,9 °C	%10,57	%97,6	20,9 °C	55 °C

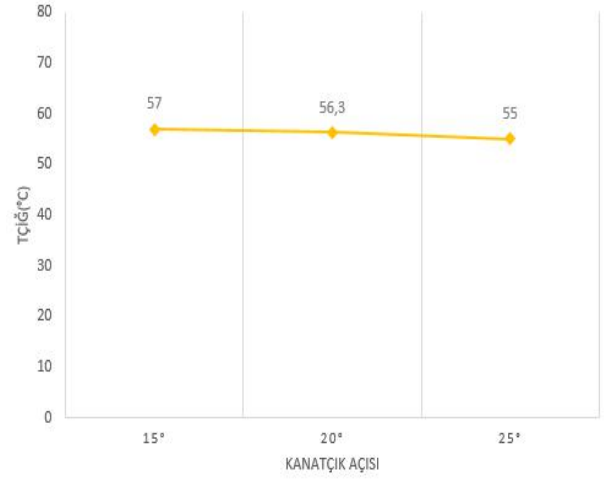
T_b= Baca Gazı Çıkıř Sıcaklıęı

T_o= Ortam Sıcaklıęı

Tię=Çięlenme Sıcaklıęı

Deney sonucunda elde verilere göre türbülátörlerin baca gazı emisyonlarına çok fazla etki etmedięi anlařılmıştır.

Şekil 9’da çięlenme noktası sıcaklıęı (Tię) deęeri grafik halinde verilmiştir.

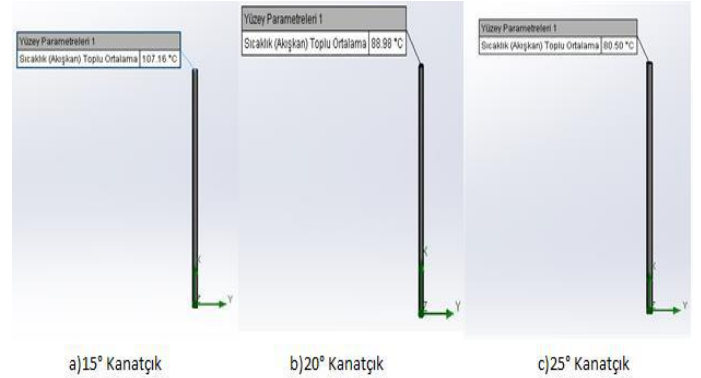


Şekil 9. Çięlenme Noktası Sıcaklıęı Grafięi (Figure 9. Dew Point Temperature Chart)

TESTO 300 baca gazı analiz cihazından alınan verilere göre kanatçık açısı 15° iken çięlenme noktası sıcaklıęı 57 °C, kanatçık açısı 20° olduęu zaman 56,3 °C ve kanatçık açısı 25° olduęu zaman 55 °C elde edilmiştir.

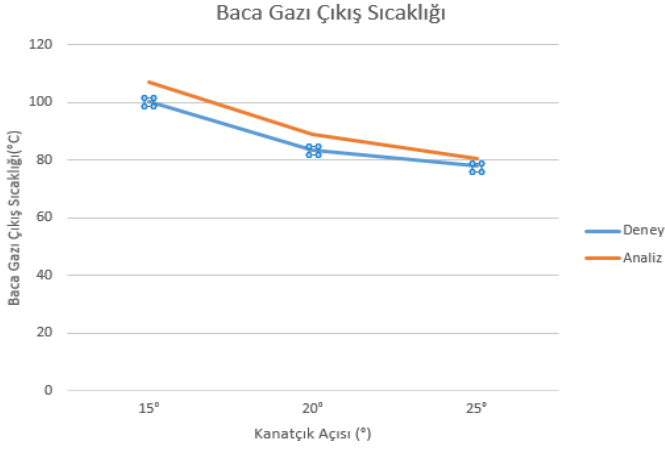
TESTO 300 baca gazı analiz cihazından alınan verilere göre kanatçık açısı 15° iken ortam sıcaklıęı 25,8 °C, kanatçık açısı 20° olduęu zaman 23,9 °C ve kanatçık açısı 25° olduęu zaman 20,9 °C elde edilmiştir.

Solidworks Flow Simulation analizi sonucunda kanatçık açısı 15°, 20°, 25° olan türbülátörler de elde edilen baca gazı çıkıř sıcaklık deęerleri Şekil 10’da verilmiştir.



Şekil 10. Farklı Kanatçık Açısına Sahip Türbülátörlere ait Baca Gazı Çıkıř Sıcaklıęı (Figure 10. Flue Gas Output Temperature of Turbulators with Different Fin Angle)

Yapılan Solidworks Flow Simulation analizi sonucunda 15° kanatçık açılı türbülátörde baca gazı çıkıř sıcaklıęı 107,16°C, 20° kanatçık açılı türbülátörde baca gazı çıkıř sıcaklıęı 88,98°C, 15° kanatçık açılı türbülátörde baca gazı çıkıř sıcaklıęı 80,5°C elde edilmiştir. Şekil 11’de deney sonuçları ile analiz sonuçlarının karřılařtırılması grafik halinde verilmiştir.



Şekil 11. Baca Gazı Çıkış Sıcaklığı (Figure 11. Flue Gas Output Temperature)

Yapılan deney sonucuna göre Nusselts sayısı hesaplanmıştır. Hesaplamalarda Q değeri ısı transferi miktarı 1652,2 kcal/h olarak bulunmuştur. Şekil 12’de Nusselt değerleri grafik halinde verilmiştir.



Şekil 12. Nusselt Sayısı (Figure 12. Number of Nusselt)

Nu sayısı arttıkça ısı transferi miktarıda artmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda Nu sayısı en yüksek kanatçık açısı 25° olan türbülator ile elde edilmiştir.

Yapılan deney ve Solidworks Flow Simation analizi sonucunda sonucunda aşağıdaki verilere ulaşılmıştır.

- Yapılan deneyde 3.geçiş borularına gelen yanmış gazın sıcaklığı sıcaklık 3 deney içinde farklı elde edilmiştir. Kanatçık açısı 15°’de 379°C, kanatçık açısı 20°’de 355°C ve kanatçık açısı 25°’de 348°C olarak elde edilmiştir. Kanatçık açısı arttıkça gazın boru içinden geçişi zorlaşmıştır ve bu durum nedeniyle gazın 3. geçiş borularına giriş sıcaklığında düşüş meydana gelmiştir.

- Baca gazı çıkış sıcaklığı, kanatçık açısı 15°’de 100,5°C, kanatçık açısı 20°’de 83,6°C ve kanatçık açısı 25°’de 77,9°C olarak elde edilmiştir. Analiz sonucuna göre ise bu değerler kanatçık açısı 15°’de 107,16°C, kanatçık açısı 20°’de 88,98°C ve kanatçık açısı 25°’de 80,5°C elde edilmiştir. Sonuçlar karşılaştırıldığı zaman deney sonucu ile analiz sonucunun birbirine yakın değerler elde edildiği görülmüştür.

- Deneyde kanatçık açısı 15° olan türbülator kullanıldığı zaman verim %96,6 elde edilirken, kanatçık açısı 20° olan türbülatorde %97,1 ve kanatçık açısı 25° olan türbülatorde verim %97,6 elde edilmiştir. Bu sonuç doğrultusunda en iyi verim %97,6 ile kanatçık açısı 25° olan türbülatorde elde edilmiştir.

4.Sonuç

Bu çalışmanın amacı gaz yakıtlı kazanda farklı açılı kanatçıklara sahip türbülatorlerin kullanımının ısı transferine ve baca gazı çıkış sıcaklığına etkisini incelemektir. 15°,20° ve 25° lik 3 farklı kanatçık açısına sahip türbülator imal edilmiş ve doğalgaz yakıtlı bir kazanda kullanılmıştır. Yapılan deney sonucuna göre TESTO 300 cihazından elde edilen verilere göre en iyi verim 25° kanatçık açısına sahip türbülatorde %97,6 olarak elde edilmiştir. Bu durumunun sebebi kanatçık açısı arttıkça ısı transferi miktarı artmıştır. Baca gazı emisyon değerleri türbülator kullanımı ile çok değişmemiştir. CO₂ salınım değeri ortalama %10,40 ile %10,47 arasında gerçekleşmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda en düşük baca gazı sıcaklığı 25° açılıya sahip türbülatorde elde edilmiştir. Bu sonuç ısı transferinin en fazla 25° açılıya sahip türbülator ile elde edilmiş olduğunu göstermektedir. Türbülator kanat açısının artmasıyla dönme açısı artmış olup akım yolu uzamıştır. Akım yolunun artmasıyla ısı transferinde artış gerçekleşmiş olmaktadır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar literatürde yapılmış olan çalışmalarla da uyumluluk göstermektedir. Örnek olarak Fırat ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada kanatçık açısı 10° ve 20° olan iki tip türbülator kullanılmış ve kanatçık açısı arttıkça yani 20° açılıya sahip türbülatorün kullanıldığı deneylerde ısı transferinin arttığı tespit edilmiştir. Yapılan diğer çalışmalarda da türbülator kanatçık açısı arttıkça ısı transferinin arttığıda görülmektedir.

5. Teşekkür

Çalışmada deney yapma olanağı sağlayan Mimsan Grup’a teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Ata, I., & Acır, A. (2020). Hava Akışkanlı Güneş Kollektöründe Isı Transferi İyileştirmesine Etki Eden Parametrelerin Taguchi Metodu ile Optimizasyonu. Politeknik Dergisi, 23 (2) , 527-535.
- Bademci, N. (2017). Boru İçine Yerleştirilen Türbülatorlerin Isı Transferi ve Akış Karakteristiklerinin Sayısal Olarak İncelenmesi (Master's thesis, Batman Üniversitesi).
- Celik, N., Pusat, G., & Turgut, E. (2018). Application Of Taguchi Method And Grey Relational Analysis on a Turbulated Heat Exchanger. International Journal of Thermal Sciences, 23(2):527-535
- Fırat, İ., Karagöz, Ş., Yıldırım, O., & Sönmez, F. (2021). 10 ve 20 Açılı Kanatçıklara Sahip Türbülatorlerin Isı Transferine ve Sürtünme Faktörüne Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi. ULIBTK’21 Uluslararası Katılımlı 23. Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi.
- Kapan, S. (2016). Yay tipi bir türbülatorün silindirik borularda ısı transferi ve basınç kaybına etkisi/The effects of coil spring turbulators inserted to the concentric heat exchangers on the heat transfer and pressure losses (Master's thesis, Fırat Üniversitesi).
- Karagöz, Ş., Çiltaş, S., Yıldırım, O., & Erdoğan, S. (2019). Yatay Borularda Türbülatorlerin Isı Transferine Olan Etkisinin Deneysel Araştırılması. Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(1), 306-316.
- Koca, T., & Zedeli, A. (2020). Helisel İç Borulu Isı Değiştiricilerde Isı Transferi ve Basınç Düşümü Analizinin

- Deneysel Olarak İncelenmesi. Journal of the Institute of Science and Technology, 10 (3), 1943-1955.
- Koca, T., & Budak, S. (2021). Kanatçıklı İç Borulu Dikey Isı Değiştiricilerinde Isı Transferi ve Basınç Düşümü Analizi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11 (1), 62-72.
- Pusat, G. (2016). Isı Değiştirgeçlerinde Bükümlü Plaka Tipi Türbülatorün Isı Transferine ve Basınç Kaybına Etkisi/Effects Of Corrugated Plate Type Turbulators in a Heat Exchanger on Heat Transfer and Pressure Loss (Master's thesis, Fırat Üniversitesi).
- Sparrow, E. M., & Chaboki, A. (1984). Swirl-Affected Turbulent Fluid Flow and Heat Transfer in a Circular Tube. J. Isı Transferi, 106(4): 766-773
- Şahin, H. M., Dal, A. R., & Özkaya, M. (2020). İç İç Borulu Yay Tip Türbülatorlü Bir Isı Değiştiricisinin RNG k-ε Türbülans Modeli ile Sayısal Analizi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji, 8(1), 64-78.
- Turgut, E. (2020). Dairesel Kesitli Türbülans Üreticilerinin Isıl Performansının Araştırılması. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 11(2), 481-490.
- Uğur, O. (2000). Duman Borulu Kazanlar İçin Türbülator Tipinin Seçilmesi (Master's thesis, Yıldız Teknik Üniversitesi).
- Yıldız, A., & Gunerhan, H. (2005). Katı yakıtlı kazan tasarımı ve kazan ısı kapasite verimlilik değerinin deneysel olarak belirlenmesi. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 89, 50-57.



A Novel Selective Mapping Method based on Cumulative Symbol Optimization for PAPR Minimization in Low Complexity GFDM Transmitter

Şakir Şimşir^{1*}, Necmi Taşpınar²

^{1*} Nevşehir Hacı Bektaş Veli University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Electrical and Electronics Engineering, Nevşehir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1287-160X), sakirsimsir@nevsehir.edu.tr

² Erciyes University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics Engineering, Kayseri, Turkey, (ORCID: 0000-0003-4689-4487), taspinar@erciyes.edu.tr

(First received 23 February 2022 and in final form 25 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1078288)

ATIF/REFERENCE: Şimşir, Ş. & Taşpınar, N. (2022). A Novel Selective Mapping Method based on Cumulative Symbol Optimization for PAPR Minimization in Low Complexity GFDM Transmitter. *European Journal of Science and Technology*, (35), 168-176.

Abstract

In this paper, the problem of high peak-to-average power ratio (PAPR) in the low complex version of the generalized frequency division multiplexing (LC-GFDM) is handled by developing a novel PAPR reduction method called cumulative symbol optimization-selective mapping (CSO-SLM). With this new method, the disadvantage caused by the symbol addition process that greatly reduces the SLM performance in the LC-GFDM transmitter was eliminated thanks to the combination of SLM technique with the cumulative symbol optimization procedure. In order to demonstrate the benefit of integrating the CSO procedure into the SLM scheme, our proposed CSO-SLM strategy was compared to the conventional SLM technique with regard to both PAPR reduction and power spectral density (PSD) performance in the simulations. Moreover, the CSO-partial transmit sequence (CSO-PTS) technique, which was specially developed for the LC-GFDM system as the CSO-SLM strategy, and a robust PAPR reduction method named GreenOFDM were also used for comparison. According to the simulation results, the proposed CSO-SLM technique clearly outperforms each of the benchmark strategies considered in this paper by leaving them behind with regard to the amounts of PAPR and PSD improvements achieved in the LC-GFDM transmission signal.

Keywords: PAPR, LC-GFDM, 5G, Cumulative symbol optimization, Selective mapping.

Düşük Karmaşık GFDM Vericisinde PAPR Minimasyonu için Birikimli Sembol Optimizasyonuna Dayalı Yeni Bir Seçici Eşleme Yöntemi

Öz

Bu çalışmada, birikimli sembol optimizasyonu-seçici eşleme (CSO-SLM) adı verilen yeni bir PAPR düşürme yöntemi geliştirilerek, geliştirilmiş frekans bölmeli çoğullamanın düşük karmaşık versiyonundaki (LC-GFDM) yüksek tepe gücü/ortalama güç oranı problemi ele alınmıştır. Bu yeni yöntemle birlikte, SLM tekniğinin birikimli sembol optimizasyon prosedürü ile birleştirilmesi sayesinde, LC-GFDM vericisinde SLM performansını büyük ölçüde düşüren sembollerin toplanması işleminin yol açtığı dezavantaj ortadan kaldırılmıştır. CSO prosedürünü SLM şemasına entegre etmenin faydasını göstermek amacıyla, önermiş olduğumuz CSO-SLM stratejisi geleneksel SLM tekniği ile simülasyonlarda hem PAPR düşürme hem de güç spektral yoğunluğu (PSD) performansı bakımından karşılaştırılmıştır. Ayrıca, LC-GFDM sistemi için CSO-SLM stratejisi gibi özel olarak geliştirilmiş olan CSO-kısmi iletim dizisi (CSO-PTS) tekniği ve GreenOFDM isimli güçlü bir PAPR düşürme yöntemi de karşılaştırma amaçlı kullanılmıştır. Simülasyon sonuçlarına göre, önerilen CSO-SLM yöntemi, bu çalışmada ele alınan kıyaslama stratejilerini LC-GFDM iletim sinyalinde elde edilen PAPR ve PSD iyileştirme miktarları bakımından geride bırakarak her birinden net olarak daha iyi bir performans göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: PAPR, LC-GFDM, 5G, Birikimli sembol optimizasyonu, Seçici eşleme.

* Corresponding Author: sakirsimsir@nevsehir.edu.tr

1. Introduction

Due to its unique features, it didn't take long for generalized frequency division multiplexing (GFDM) (Fettweis et al., 2009) to find its way into the fifth generation (5G) and beyond candidate waveforms considered to have the potential of replacing the orthogonal frequency division multiplexing (OFDM) (Cimini, 1985; Taşpınar and Şimşir, 2020; Güner, 2022) being utilized in the current fourth generation (4G) Long-Term Evolution systems. In the GFDM system, each subcarrier is filtered by means of a prototype filter circularly shifted in both frequency and time domain. This filtering operation makes it possible to reduce the out of band emission and carry out dynamic spectrum allocation without allowing serious interference among the users. Apart from this, the transmission signals with high frequency localization characteristics can be obtained in the GFDM system owing to the employment of adjustable filters at the transmitter side. Moreover, both frequency and time domain multiuser scheduling are possible in the GFDM (Fettweis et al., 2009; Michailow et al., 2012; Michailow et al., 2014; Michailow et al., 2012).

On the other hand, not long after the presentation of the GFDM waveform to the science community, its low complex version called low complexity-GFDM (LC-GFDM) (Matthé et al., 2016) was developed. In this new GFDM variant, the generation of transmission signal and the acquisition of the information data from the received signal can be performed with lower processing load in comparison to the original GFDM system. However, the usage of multicarrier transmission strategy in the LC-GFDM scheme brings about the generation of transmission signals with high peak-to-average power ratio (PAPR) just as in the OFDM, GFDM and the other multicarrier waveforms. It is an undesired situation in wireless communication that the transmission signals reach high PAPR levels. Because these signals have to be amplified via a type of nonlinear high power amplifier (HPA) (Paredes et al., 2017; Ryu et al., 2004) before transmission and if the transmission signal given to the input of nonlinear HPA has high PAPR value, it cannot be amplified without serious distortions, which result in out of band radiation as well. With a view to get rid of high PAPR problem and its negative consequences in wireless communication, wide variety of PAPR reduction strategies were developed in the literature. The most famous and frequently used ones can be collocated as follows; coding (Jones et al., 1994), clipping and filtering (Li and Cimini, 1998), tone injection (TI) (Chen and Wen, 2010), selective mapping (SLM) (Bauml et al., 1996), active constellation extension (ACE) (Krongold and Jones, 2003), partial transmit sequence (PTS) (Cimini and Sollenberger, 2000), tone reservation (TR) (Krongold and Jones, 2004) and interleaving (Jayalath and Tellambura, 2000).

Each of the aforementioned PAPR reduction strategies has specific benefits. Nevertheless, some distinguishing features makes some methods to be preferred more frequently. SLM technique is one of them. One of the most significant superiorities of the SLM scheme is to have the capacity of PAPR alleviation without allowing any information lost in the transmission signals. The other notable feature that boosts the preference frequency of SLM in PAPR reduction studies is possessing the structure that is suitable for both hybridization and modification operations. On the other hand, in case of applying the SLM scheme, which was actually proposed for the OFDM system, directly to the transmitter of LC-GFDM, the related scheme suffers a huge loss of performance because of the

signal generation mechanism existing in the LC-GFDM transmitter where the GFDM data vectors are multiplied by the impulse responses of the transmitter filter, which are shifted circularly in time domain, to obtain the GFDM symbols. These symbols are then aggregated to attain the eventual transmission signal of the LC-GFDM system. Since the SLM technique follows a procedure in which the symbols are considered independently of each other and the PAPR value of every single symbol is reduced without taking the other symbols into consideration, direct application of SLM scheme to the transmitter of LC-GFDM will provide individual PAPR alleviation among the GFDM symbols but PAPR re-growth will be seen in the eventual transmission signal because of the symbol summing operation carried out at the end of LC-GFDM transmitter. In consideration of the related symbol addition procedure, a new SLM scheme based on cumulative symbol optimization (CSO-SLM) was developed for PAPR minimization in the LC-GFDM system. In this new scheme, the PAPR of GFDM symbols are reduced in order. However, when reducing the PAPR of any symbol, the summation of previously optimized GFDM symbols is taken into account. As the optimization process progresses from the first to the last GFDM symbol, the number of symbols taken into consideration for the optimization of current symbol augments in a cumulative way. In this manner, the performance deterioration caused by the symbol addition process on the conventional SLM technique is eliminated.

When looking at the literature, it will be seen that there is only one PAPR reduction study (Şimşir and Taşpınar, 2020) carried out for the LC-GFDM system. In (Şimşir and Taşpınar, 2020), cumulative symbol optimization procedure was developed for the first time and integrated to the conventional PTS scheme to create CSO-PTS strategy for PAPR lowering in the LC-GFDM system. On the other hand, it is possible to come across some studies in the literature concerning the PAPR lowering in the original GFDM waveform as follows (Tiwari and Paulus, 2020; Jayati et al., 2019; Sim et al., 2019; Barba-Maza and Dolecek, 2020): In (Tiwari and Paulus, 2020), the PAPR of transmission signal generated by the GFDM system was reduced using the nonlinear companding technique together with the clipping method. In (Jayati et al., 2019), both PTS and SLM techniques were applied to the GFDM waveform, and PAPR reduction performances of these techniques were compared. In (Sim et al., 2019), a pulse shaping filter designed by employing an effective optimization technique was suggested to reduce PAPR in the GFDM scheme. In (Barba-Maza and Dolecek, 2020), in order to carry out PAPR reduction process without increasing the symbol error rate in the GFDM system, it was proposed to use the overlapping PTS method together with the fourth-order Xia pulse.

The main contributions of this study are as follows:

1. The cumulative symbol optimization procedure was applied to the SLM scheme for the first time to develop a novel PAPR reduction strategy called CSO-SLM for the LC-GFDM system.
2. Thanks to the integration of cumulative symbol optimization mechanism to the classical SLM scheme, the PAPR reduction performance of the related scheme in the LC-GFDM system was upgraded, significantly.
3. Our proposed CSO-SLM strategy clearly outperforms both CSO-PTS (Şimşir and Taşpınar, 2020) and

GreenOFDM (Mestdagh et al., 2018) techniques considered in this paper.

The remaining part of the paper is organized as follows: In Section 2, LC-GFDM system is described and PAPR of transmission signal in the related system is defined. In Section 3, conventional SLM method is presented. In Section 4, our proposed CSO-SLM strategy is explained step by step. Finally, in Section 5 and Section 6, the simulation results and conclusions are given, respectively.

2. Description of LC-GFDM System

Figure 1 illustrates the operations required for generating the LC-GFDM transmission signal (Matthé et al., 2016; Şimşir and Taşpınar, 2020). As obviously seen from the Figure 1, the first action to be carried out in the process of signal generation is mapping the information bits (b) to quadrature amplitude modulation (QAM) symbols. After the QAM mapping operation, the resulting N -length data sequence (d) is split into K -length data vectors defined as follows (Matthé et al., 2016; Şimşir and Taşpınar, 2020):

$$d_m = [d_{0,m}, d_{1,m}, \dots, d_{K-1,m}] \quad , \quad 1 \leq m \leq M \quad (1)$$

where M denotes the number of K -length data sequences. Later on, inverse fast Fourier transform (IFFT) is applied to each of the related data sequences in the following way (Matthé et al., 2016; Şimşir and Taşpınar, 2020):

$$d_m[n] = \frac{1}{\sqrt{K}} \sum_{k=0}^{K-1} d_{k,m} e^{j2\pi kn/K} \quad , \quad 0 \leq n \leq K-1 \quad (2)$$

Following the IFFT operation, each sequence of $d_m[n]$ is replicated M times. After that, the resulting replicas are lined up to obtain $c_m[n]$ sequences, each of which has the length of $N = MK$, as follows (Matthé et al., 2016; Şimşir and Taşpınar, 2020):

$$c_m[n] = \left[\begin{array}{c} \underbrace{[d_m[0], d_m[1], \dots, d_m[K-1]]}_1, \underbrace{[d_m[0], d_m[1], \dots, d_m[K-1]]}_2 \\ \dots, \underbrace{[d_m[0], d_m[1], \dots, d_m[K-1]]}_M \end{array} \right] \quad , \quad 0 \leq n \leq MK-1 \quad (3)$$

Eventually, the signal to be transmitted is acquired in the following manner (Matthé et al., 2016; Şimşir and Taşpınar, 2020):

$$s[n] = \sum_{m=1}^M g[\langle n - (m-1)K \rangle_N] c_m[n] \quad , \quad 0 \leq n \leq MK-1 \quad (4)$$

In the expression above, impulse response of the prototype filter denoted by $g[n]$ is circularly shifted for each m value by using the modulo operator $\langle \bullet \rangle_N$.

2.1. Definition of PAPR for the LC-GFDM Transmission Signal

The accurate PAPR results for the LC-GFDM transmission signals in discrete-time cannot be achieved without the oversampling operation. For this reason, as a first step, the oversampled versions of the $d_m[n]$ data sequences have to be obtained in the following way (Şimşir and Taşpınar, 2020):

$$d_m[n] = \frac{1}{\sqrt{K}} \sum_{k=0}^{K-1} d_{k,m} e^{j2\pi kn/LK} \quad , \quad 0 \leq n \leq LK-1 \quad (5)$$

After M -times copying of the resulting $d_m[n]$ sequences oversampled by the factor L , the time domain concatenation process of the relevant copies is performed as follows (Şimşir and Taşpınar, 2020):

$$c_m[n] = \left[\begin{array}{c} \underbrace{[d_m[0], d_m[1], \dots, d_m[LK-1]]}_1, \underbrace{[d_m[0], d_m[1], \dots, d_m[LK-1]]}_2 \\ \dots, \underbrace{[d_m[0], d_m[1], \dots, d_m[LK-1]]}_M \end{array} \right] \quad , \quad 0 \leq n \leq MLK-1 \quad (6)$$

Subsequent to the acquisition of $c_m[n]$ sequences via the concatenation process, the last operation defined below is put into practice to achieve the final transmission signal (Şimşir and Taşpınar, 2020):

$$s[n] = \sum_{m=1}^M g[\langle n - (m-1)LK \rangle_{LN}] c_m[n] \quad , \quad 0 \leq n \leq MLK-1 \quad (7)$$

The operations carried out in the Equation (7) to generate the transmission signal $s[n]$ is expressed visually in Figure 2 (Şimşir and Taşpınar, 2020). Herewith, the definition of PAPR for the $s[n]$ signal is made in the following manner (Şimşir and Taşpınar, 2020):

$$PAPR(s[n]) = 10 \log_{10} \frac{\max_{0 \leq n \leq MLK-1} [s[n]^2]}{E[s[n]^2]} \quad (dB) \quad (8)$$

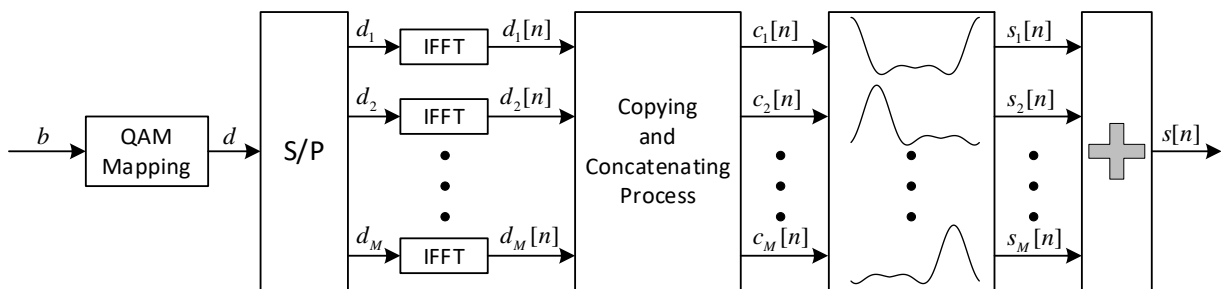


Figure 1. LC-GFDM block diagram.

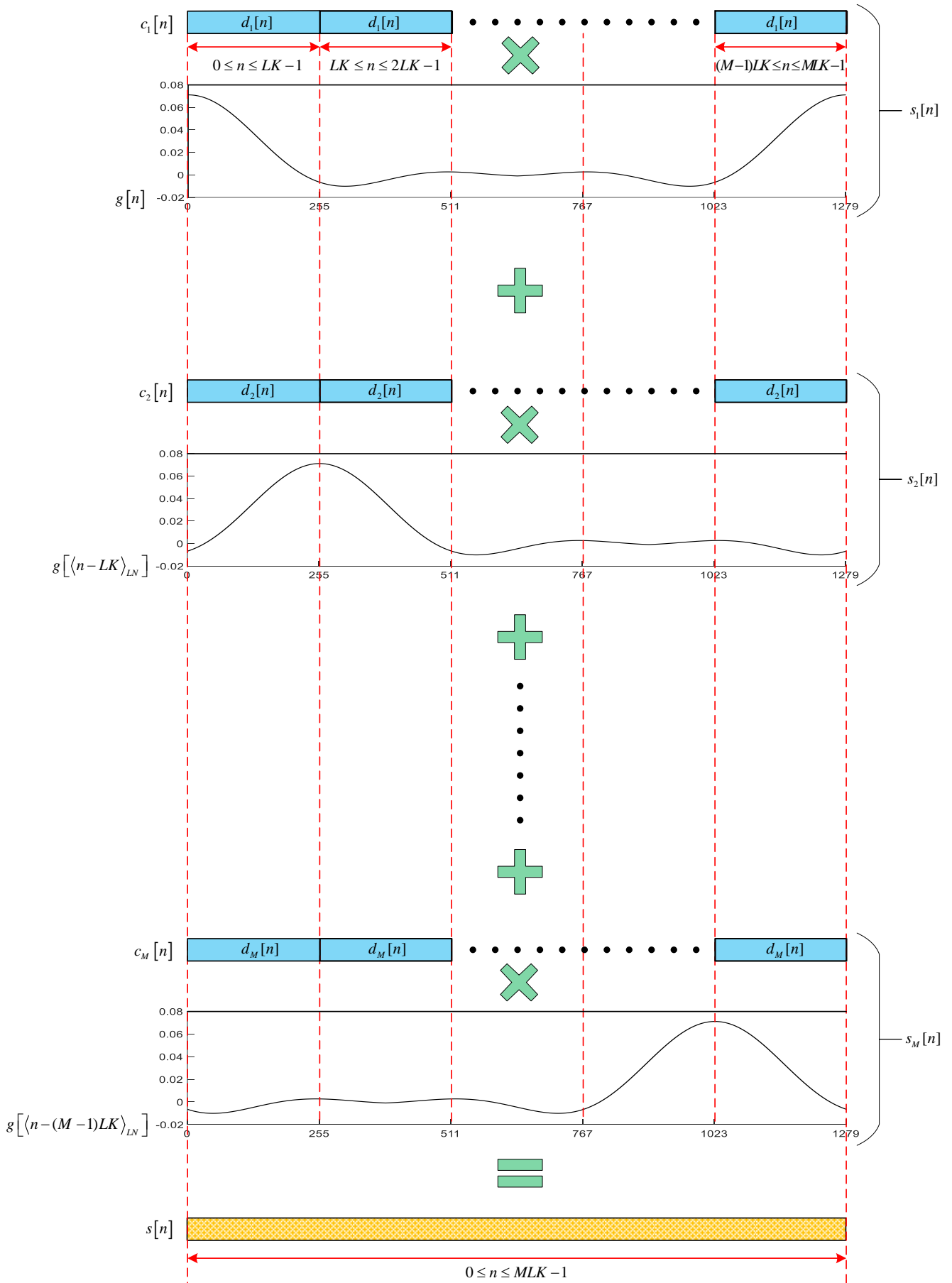


Figure 2. The illustration of generating LC-GFDM signal ($L = 8, K = 32, M = 5$, prototype filter: root raised cosine (rrc), roll-off factor (α) = 0.5).

3. Conventional SLM Method

The demonstration of SLM-based PAPR minimization process is given in Figure 3 (Bauml et al., 1996). As it is quite clear in the Figure 3, first of all, U different phase sequences, each of which has the length K , is generated in a random way to carry out phase rotation process in the input vector defined as $X = [X_0, X_1, \dots, X_{K-1}]$. These randomly generated phase sequences are expressed in the following manner (Bauml et al., 1996):

$$b^{(u)} = [b_0^{(u)}, b_1^{(u)}, \dots, b_{K-1}^{(u)}] \quad , \quad u = 0, 1, \dots, U-1 \quad (9)$$

where $b_k^{(u)} \in \{-1, +1\}$, $k = 0, 1, \dots, K-1$. Subsequently, phase rotation process is put into practice by performing an element-wise multiplication between the vector X and the randomly generated phase sequences as follows (Bauml et al., 1996):

$$\begin{aligned} X^{(u)} &= [X_0 \cdot b_0^{(u)}, X_1 \cdot b_1^{(u)}, \dots, X_{K-1} \cdot b_{K-1}^{(u)}] \\ &= [X_0^{(u)}, X_1^{(u)}, \dots, X_{K-1}^{(u)}] \end{aligned} \quad (10)$$

where $X^{(u)}$ represents the u th data sequence acquired via the multiplication of vector X by the u th phase sequence symbolized by $b_k^{(u)}$. After that, the oversampled time domain versions of the $X^{(u)}$ vectors are obtained as follows (Bauml et al., 1996):

$$x^{(u)}[n] = \text{IFFT}(X^{(u)}) = \frac{1}{\sqrt{K}} \sum_{k=0}^{K-1} X_k \cdot b_k^{(u)} \cdot e^{\frac{j2\pi kn}{LK}} \quad , \quad (11)$$

$$0 \leq n \leq LK - 1$$

Finally, among the candidate $x^{(u)}[n]$ signals, the one possessing smallest PAPR value is chosen for transmission. The sequence of phase factors utilized in the generation of the selected candidate signal is determined as the optimum phase sequence. The main goal of SLM strategy is to reach the optimum phase sequence that produces the signal $x[n]$ with the lowest PAPR in U different trials in each of which a random phase sequence is generated.

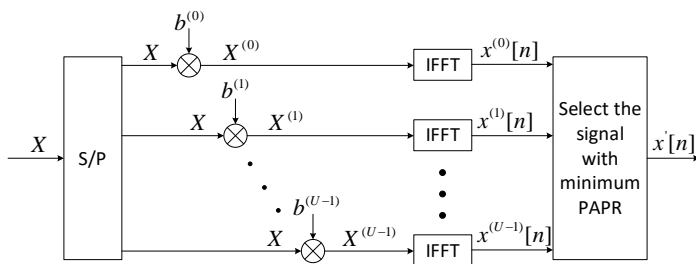


Figure 3. Block diagram of the conventional SLM scheme.

4. The CSO-SLM Strategy

When reducing the PAPR by using the classical SLM technique, each symbol is handled independently from the other ones without taking into account the interaction between them. However, the summation of the PAPR-reduced symbols for the generation of LC-GFDM transmission signal leads to a significant re-growth in the PAPR of total signal. To put it more clearly, the signal generation mechanism of the LC-GFDM system adversely affects the performance of classical SLM scheme. For this reason, the cumulative symbol optimization procedure developed for eliminating the PAPR-increasing

consequence of the symbol addition operation in (Şimşir and Taşpınar, 2020) was integrated to the classical SLM scheme. By doing so, the new PAPR reduction strategy called CSO-SLM was developed. Together with the aforementioned modification, the conventional SLM technique has become more compatible with the LC-GFDM system and its PAPR reduction capability in the related system has increased. The steps of the CSO-SLM strategy are given below:

Step 1: At the beginning, the first GFDM symbol $s_1[n]$ is optimized. Towards that end, as an initial operation, U different phase sequences are generated, randomly for the first data vector $d_1 = [d_{0,1}, d_{1,1}, \dots, d_{K-1,1}]$. The phase sequences generated for the first data vector is defined as follows:

$$b_1^{(u)} = [b_{0,1}^{(u)}, b_{1,1}^{(u)}, \dots, b_{K-1,1}^{(u)}] \quad , \quad u = 0, 1, \dots, U-1 \quad (12)$$

It should be noted that $b_m^{(u)} \in \{-1, +1\}$. The vector d_1 is then multiplied by the phase sequences generated for it as follows:

$$\begin{aligned} d_1^{(u)} &= [d_{0,1} \cdot b_{0,1}^{(u)}, d_{1,1} \cdot b_{1,1}^{(u)}, \dots, d_{K-1,1} \cdot b_{K-1,1}^{(u)}] \\ &= [d_{0,1}^{(u)}, d_{1,1}^{(u)}, \dots, d_{K-1,1}^{(u)}] \end{aligned} \quad (13)$$

where $d_1^{(u)}$ is the phase rotated data sequence obtained by multiplying the vector d_1 by the u th phase sequence. The oversampled time domain version of the resulting $d_1^{(u)}$ sequence is acquired in the following way:

$$d_1^{(u)}[n] = \frac{1}{\sqrt{K}} \sum_{k=0}^{K-1} d_{k,1}^{(u)} e^{\frac{j2\pi kn}{LK}} \quad , \quad 0 \leq n \leq LK - 1 \quad (14)$$

Step 2: The sequence of $d_1^{(u)}[n]$ is replicated M times. The relevant replicas of $d_1^{(u)}[n]$ are then arranged side by side as follows:

$$\begin{aligned} c_1^{(u)}[n] &= \left[\overbrace{[d_1^{(u)}[0], d_1^{(u)}[1], \dots, d_1^{(u)}[LK-1]]}^1, \overbrace{[d_1^{(u)}[0], d_1^{(u)}[1], \dots, d_1^{(u)}[LK-1]]}^2 \right. \\ &\quad \left. \dots, \overbrace{[d_1^{(u)}[0], d_1^{(u)}[1], \dots, d_1^{(u)}[LK-1]]}^M \right] \quad , \quad 0 \leq n \leq MLK - 1 \end{aligned} \quad (15)$$

Step 3: $c_1^{(u)}[n]$ vector obtained after fulfilling the side-by-side placement of $d_1^{(u)}[n]$ copies is filtered to achieve the first GFDM symbol as follows:

$$s_1^{(u)}[n] = g[n] c_1^{(u)}[n] \quad , \quad 0 \leq n \leq MLK - 1 \quad (16)$$

Step 4: After that, optimal phase vector to be used in the phase rotation process of the first symbol is found through the following operation:

$$b_1^* = \arg \min_{b_1^{(u)}} \left\{ \max_{0 \leq n \leq MLK-1} |s_1^{(u)}[n]|^2 \right\} \quad (17)$$

Step 5: The optimal phase sequence b_1^* attained for the first symbol is utilized in the acquisition of the first optimized GFDM symbol denoted by $s_1^*[n]$ as follows:

$$d_1^* = [d_{0,1} \cdot b_{0,1}^*, d_{1,1} \cdot b_{1,1}^*, \dots, d_{K-1,1} \cdot b_{K-1,1}^*] \quad (18)$$

$$= [d_{0,1}^*, d_{1,1}^*, \dots, d_{K-1,1}^*]$$

$$d_1^*[n] = \frac{1}{\sqrt{K}} \sum_{k=0}^{K-1} d_{k,1}^* e^{\frac{j2\pi kn}{LK}} \quad (19)$$

$$c_1^*[n] = \left[\overbrace{[d_1^*[0], d_1^*[1], \dots, d_1^*[LK-1]]}^1, \overbrace{[d_1^*[0], d_1^*[1], \dots, d_1^*[LK-1]]}^2 \right]$$

$$, \dots, \left[\overbrace{[d_1^*[0], d_1^*[1], \dots, d_1^*[LK-1]]}^M \right] \quad (20)$$

$$s_1^*[n] = g[n]c_1^*[n] \quad (21)$$

Step 6: $c_2^{(u)}[n]$ is obtained by repeating the Step 1 and Step 2 operations for the 2nd data vector defined as $d_2 = [d_{0,2}, d_{1,2}, \dots, d_{K-1,2}]$. Afterwards, the 2nd GFDM symbol $s_2^{(u)}[n]$ is attained by applying the following operation to the vector $c_2^{(u)}[n]$.

$$s_2^{(u)}[n] = g[\langle n-LK \rangle_{LN}] c_2^{(u)}[n] \quad (22)$$

Step 7: For $s_2^{(u)}[n]$, the optimal phase sequence is found by taking into account the first optimized symbol $s_1^*[n]$ as follows:

$$b_2^* = \arg \min_{b_2^{(u)}} \left\{ \max_{0 \leq n \leq MLK-1} |s_1^*[n] + s_2^{(u)}[n]|^2 \right\} \quad (23)$$

Step 8: $s_2^*[n]$ denoting the second optimized GFDM symbol is achieved by using b_2^* in the following way:

$$d_2^* = [d_{0,2} \cdot b_{0,2}^*, d_{1,2} \cdot b_{1,2}^*, \dots, d_{K-1,2} \cdot b_{K-1,2}^*] \quad (24)$$

$$= [d_{0,2}^*, d_{1,2}^*, \dots, d_{K-1,2}^*]$$

$$d_2^*[n] = \frac{1}{\sqrt{K}} \sum_{k=0}^{K-1} d_{k,2}^* e^{\frac{j2\pi kn}{LK}} \quad (25)$$

$$c_2^*[n] = \left[\overbrace{[d_2^*[0], d_2^*[1], \dots, d_2^*[LK-1]]}^1, \overbrace{[d_2^*[0], d_2^*[1], \dots, d_2^*[LK-1]]}^2 \right]$$

$$, \dots, \left[\overbrace{[d_2^*[0], d_2^*[1], \dots, d_2^*[LK-1]]}^M \right] \quad (26)$$

$$s_2^*[n] = g[\langle n-LK \rangle_{LN}] c_2^*[n] \quad (27)$$

Step 9: In this manner, the optimization of GFDM symbols is performed in turn until the M th symbol. When it comes to the symbol M , the optimal phase sequence for the related symbol is found by taking into account the sum of all the remaining GFDM symbols optimized up to the $(M-1)$ th symbol in the following way:

$$b_M^* = \arg \min_{b_M^{(u)}} \left\{ \max_{0 \leq n \leq MLK-1} \left| \sum_{m=1}^{M-1} s_m^*[n] + s_M^{(u)}[n] \right|^2 \right\} \quad (28)$$

where $s_M^{(u)}[n]$ corresponding to the M th GFDM symbol is expressed below:

$$s_M^{(u)}[n] = g[\langle n-(M-1)LK \rangle_{LN}] c_M^{(u)}[n] \quad (29)$$

Step 10: For the purpose of achieving the final LC-GFDM transmission signal with minimized PAPR, the following operation is put into practice in the last step:

$$s^*[n] = \sum_{m=1}^M g[\langle n-(m-1)LK \rangle_{LN}] c_m^*[n] = \sum_{m=1}^M s_m^*[n] \quad (30)$$

5. Simulation Results

In this section, the performance analysis of the CSO-SLM technique developed for the LC-GFDM system was carried out. In the related performance analysis, the CSO-SLM strategy was compared to both the classical SLM and GreenOFDM (Mestdagh et al., 2018), which is an SLM-based state of art PAPR reduction strategy proposed in recent years. In the last stage of the performance analysis, this time, the CSO-SLM strategy was compared to the CSO-PTS technique developed in (Şimşir and Taşpınar, 2020) specifically for the LC-GFDM system as our proposed method. The aforementioned comparisons were carried out on the basis of two main performance criteria. These are the PAPR reduction and power spectral density (PSD) performances, respectively.

In the PTS-based PAPR reduction techniques like PTS and CSO-PTS, a different combination of phase sequence is generated for each of the SN different searches carried out to find the optimum phase sequence for any symbol in the LC-GFDM system. Therefore, the value of parameter SN corresponding to the search number in these types of PAPR reduction strategies is also equal to the number of phase sequence combinations generated, randomly. In the SLM scheme and its modified versions such as CSO-SLM and GreenOFDM, a random combinations of phase factors are generated for each search as in the PTS-based PAPR reduction techniques. However, in such schemes, U different phase sequences defined as $b_m^{(u)} = [b_{m,0}^{(u)}, b_{m,1}^{(u)}, \dots, b_{m,K-1}^{(u)}]$, $u = 0, 1, \dots, U-1$ are generated in total for SN number of searches. To put it more clearly, the equivalent of the SN parameter in the SLM-based PAPR lowering schemes is the parameter U . So, in order to avoid any confusion in the performance comparisons to be carried out for different number of searches between the PTS and SLM-based PAPR reduction strategies, the number of searches will be expressed by a single parameter. To this end, the parameter SN will be used to represent the number of searches for both SLM and PTS-based techniques in this section. Table 1 contains the parameter values belonging to the simulation studies.

Table 1. Simulation parameters.

Modulation type	4-QAM
Oversampling factor (L)	8
Size of FFT	256
Number of symbols (M)	9
Number of subcarriers (K)	32
HPA model	Solid state power amplifier (SSPA)
Type of transmitter filter	Root raised cosine (rrc)
Roll-off factor (α)	0.9
Number of sub-blocks in CSO-PTS (V)	8

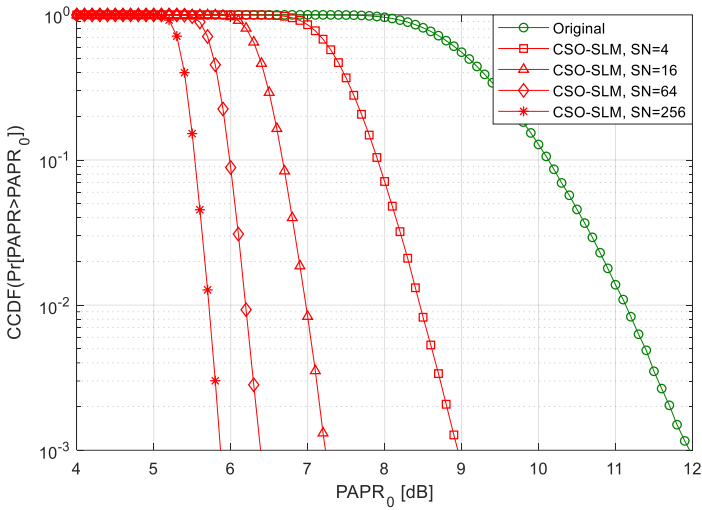


Figure 4. PAPR minimization performance of the CSO-SLM strategy for assorted number of searches.

In Figure 4, with a view to see how the PAPR reduction performance of the CSO-SLM technique is affected by the variation of SN value, $PAPR_0$ [dB] – CCDF curve of the relevant scheme was obtained for 4, 16, 64 and 256 search numbers, respectively where $PAPR_0$ signifies the threshold PAPR value and CCDF is the abbreviation of complementary cumulative distribution function expressed by $\Pr [PAPR > PAPR_0]$. As can be viewed from the Figure 4, each increment in the value of SN brings about a certain enhancement in the PAPR reduction performance of the CSO-SLM technique. Because in each search, the PAPR of transmission signal is tried to be lowered further via a trial of random phase sequence, and the more the number of these trials (the number of searches), the more the PAPR value can be alleviated. For instance, the PAPR improvements obtained in the original signal at $CCDF = 10^{-3}$

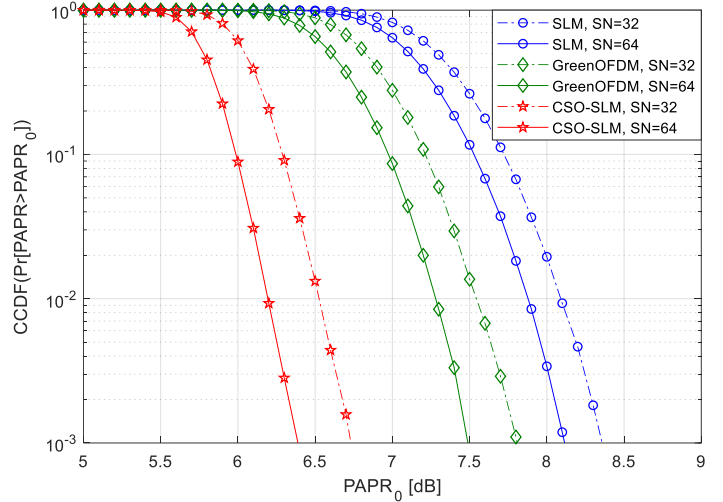


Figure 5. The comparison of PAPR reduction performances shown by the CSO-SLM, GreenOFDM and SLM techniques for varied search numbers.

are equal to 3.01 dB, 4.73 dB, 5.57 dB and 6.09 dB values for $SN = 4$, $SN = 16$, $SN = 64$ and $SN = 256$ search numbers, respectively. As can be figured out from these results, the escalation of search number from 4 to 256 leads to 3.08 dB enhancement in the PAPR improvement achieved in the original signal.

In Figure 5, $PAPR_0$ [dB] – CCDF curves of the CSO-SLM, GreenOFDM and SLM strategies were achieved for 32 and 64 search numbers, respectively and the PAPR reduction performances reached by the relevant techniques in these two different numbers of searches were compared. According to the PAPR curves acquired in Figure 5, it is seen that the CSO-SLM strategy is distinguished, clearly from the other techniques with its predominant PAPR reduction performance. SLM and GreenOFDM methods lagged far behind the CSO-SLM technique in terms of performance for both of the search numbers. For instance, when considering the PAPR curves obtained for $SN = 32$ number of searches, it will be seen that the PAPR values achieved by SLM, GreenOFDM and CSO-SLM techniques at $CCDF = 10^{-3}$ are equal to 8.36 dB, 7.81 dB and 6.73 dB, respectively. According to these results, the CSO-SLM strategy obtains a significantly higher PAPR achievement than the other methods by making a 1.08 dB difference even to its closest competitor, which is the GreenOFDM method.

In Figure 6, in order to observe how much the SLM, GreenOFDM and CSO-SLM techniques can suppress the spectral growths caused by the SSPA, power spectral density curves were obtained for each of the relevant techniques. Alongside the aforementioned PSD curves obtained for 6 dB and 8 dB input back off (IBO) values of the SSPA, the PSD curve that can be achieved in the case that the distortionless amplification is carried out through the linear HPA in the LC-GFDM system was added to the Figure 6 to see the amount of spectral growth caused by the SSPA. In this simulation, the smoothness coefficient of the SSPA and the number of searches for each scheme were determined as $p = 1$ and $SN = 256$, respectively. The PAPR achievement of the CSO-SLM scheme, which is higher than the other methods, reflects also on its power

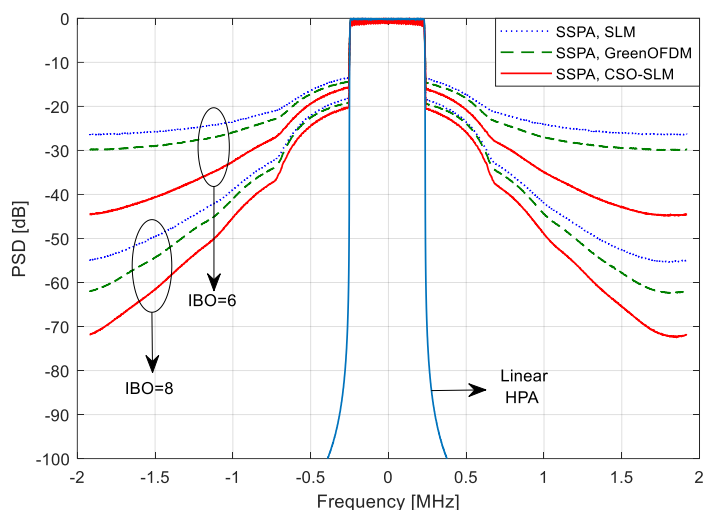


Figure 6. The effects of SLM, GreenOFDM and CSO-SLM techniques on the PSD of LC-GFDM transmission signal.

spectral density performance and makes the related technique to obtain the lowest side lobe level for each IBO value. For instance, for IBO = 6 dB, the CSO-SLM technique reaches -44.51 dB side lobe level, which is the lowest one, by suppressing the SSPA-induced spectral growths 18.18 dB and 14.80 dB more than the SLM and GreenOFDM methods, respectively. Similarly, for IBO = 8 dB, while the lowest PAPR level of -71.77 dB is achieved by the CSO-SLM scheme, it is not possible to get below the -54.81 dB and -61.89 dB levels with the SLM and GreenOFDM methods, respectively.

In Figure 7, CSO-SLM and CSO-PTS techniques are compared with each other in point of PAPR achievements in the LC-GFDM system. To this end, the $PAPR_0$ [dB] – CCDF curves of both techniques were obtained for 4, 16, 64 and 256 search numbers, respectively. As it can be grasped from the explicit differences between the PAPR curves belonging to the relevant techniques, CSO-SLM outperforms the CSO-PTS for each search number. Especially as it is moved from $SN = 16$ towards the higher SN values, the performance difference between these two techniques increases even more and reaches its top level at

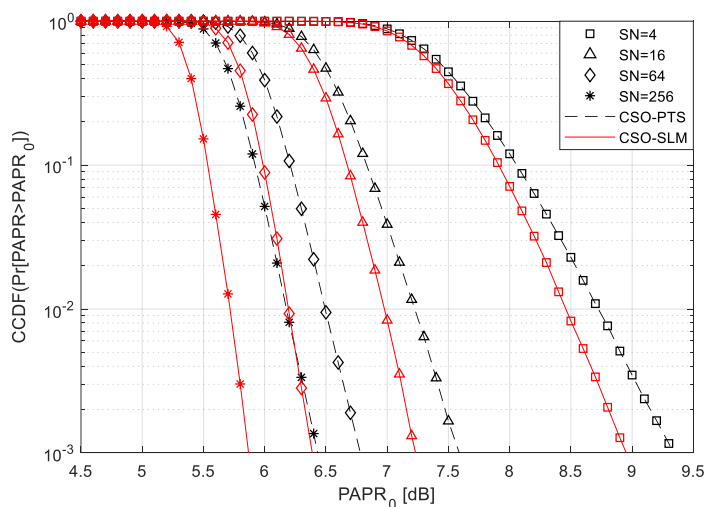


Figure 7. Comparison of PAPR reduction achievements of CSO-SLM and CSO-PTS strategies for varied number of searches.

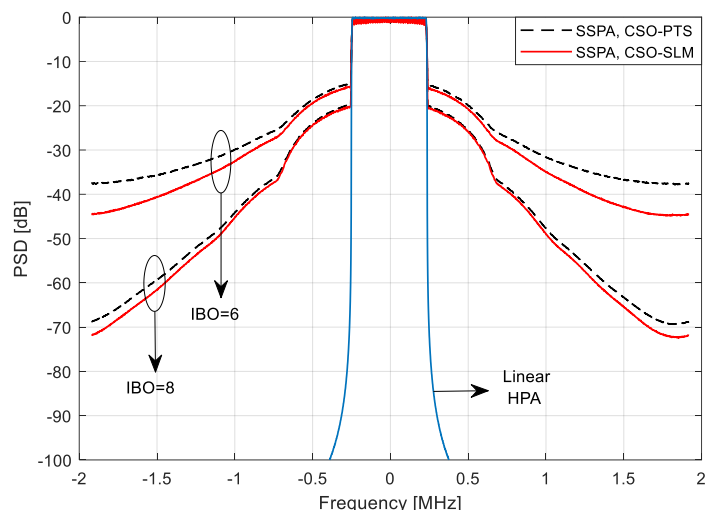


Figure 8. The comparison of PSD performances of CSO-SLM and CSO-PTS strategies for separate IBO values ($p = 1$, $SN = 256$).

$SN = 256$. For example, at $CCDF = 10^{-3}$, while the PAPR difference between the CSO-PTS and CSO-SLM is 0.36 dB for $SN = 16$, the relating difference reaches 0.55 dB value for $SN = 256$.

In Figure 8, CSO-PTS and CSO-SLM schemes are compared with regard to their effects on the power spectral density of the LC-GFDM transmission signal amplified via SSPA for different IBO values. To that end, the PSD curves of both techniques at 6 dB and 8 dB IBO values were obtained. In addition to the relating PSD curves, power spectral density of the LC-GFDM signal amplified via the linear HPA was added to the Figure 8 as well. As can be figured out from the side lobe levels of the PSD curves acquired for two different IBO values, the spectral growth caused by the SSPA in the high PAPR signals is suppressed further via the CSO-SLM technique. The apparent superiority of the CSO-SLM technique over the CSO-PTS method in terms of PAPR reduction performance engenders significant differences between the side lobe levels of these two techniques. For instance, the side lobe level which can be suppressed down to -37.48 dB via the CSO-PTS is reduced up to the -44.51 dB level with the CSO-SLM technique by fulfilling 7.03 dB more suppression compared to the CSO-PTS method. Even though escalating the IBO value up to the 8 dB brings the side lobe levels of the considered techniques a bit closer together, the CSO-SLM technique reaches the lowest side lobe level with 3.08 dB difference for the relevant IBO value too.

5. Conclusion

In this paper, the conventional SLM scheme, which exhibits an ineffective PAPR reduction performance in the LC-GFDM transmitter due to its vulnerability to the symbol addition process, was upgraded by combining it with the cumulative symbol optimization procedure to develop a new strategy called CSO-SLM that is in no way affected by the addition of GFDM symbols. In order to provide evidence regarding the benefit of the aforementioned modification carried out in the SLM scheme, the proposed CSO-SLM strategy was compared to the classical SLM in point of not only the PAPR achievement, but also the PSD performance. Apart from this, two robust PAPR reduction strategies called GreenOFDM and CSO-PTS were also used as

benchmark techniques in the simulations to be completely sure about the real potential of our proposed method. According to the evident results acquired in the simulation studies, the CSO-SLM strategy unquestionably leaves behind each of the other considered schemes by making quite obvious differences in both PAPR and PSD graphs. As the next step of this study, it is possible to enable the CSO-SLM strategy to reach better PAPR reduction performance with a smaller number of searches by performing phase optimization process via various intelligent optimization algorithms. Apart from this, the CSO procedure, which elevates the PAPR reduction performance of the classical SLM technique in the LC-GFDM waveform, can be integrated to different classical methods to develop new PAPR reduction strategies for the related waveform.

Acknowledgement

This study was supported by the Scientific Research Projects Coordination Unit of Erciyes University [Grant No: FDK-2018-8463].

References

- Barba-Maza, L. M., & Dolecek, G. J. (2020, August 9-12). *PAPR reduction of GFDM system using Xia pulse and OPTS scheme* [Conference presentation]. IEEE 63rd International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS), Springfield, MA, USA.
- Bauml, R. W., Fischer, R. F. H., & Huber, J. B. (1996). Reducing the peak-to-average power ratio of multicarrier modulation by selected mapping. *Electronics Letters*, 32(22), 2056-2057.
- Chen, J. C., & Wen, C. K. (2010). PAPR reduction of OFDM signals using cross-entropy-based tone injection schemes. *IEEE Signal Processing Letters*, 17(8), 727-730.
- Cimini, L. J., (1985). Analysis and simulation of a digital mobile channel using orthogonal frequency division multiplexing. *IEEE Transactions on Communications*, 33(7), 665-675.
- Cimini, L. J., & Sollenberger, N. R. (2000). Peak-to-average power ratio reduction of an OFDM signal using partial transmit sequences. *IEEE Communications Letters*, 4(3), 86-88.
- Fettweis, G., Krondorf, M., & Bittner, S. (2009, April 26-29). *GFDM - generalized frequency division multiplexing* [Conference presentation]. VTC Spring 2009 - IEEE 69th Vehicular Technology Conference, Barcelona, Spain.
- Güner, A. (2022). Evre uyumlu optik OFDM sistemler için karmaşık aşırı öğrenme makinası tabanlı doğrusal olmayan denkleştirici. *European Journal of Science and Technology*, (33), 26-31.
- Jayalath, A. D. S., & Tellambura, C. (2000). Reducing the peak-to-average power ratio of orthogonal frequency division multiplexing signal through bit or symbol interleaving. *Electronics Letters*, 36(13), 1161-1163.
- Jayati, A. E., Wirawan, W., Suryani, T., & Endroyono, E. (2019). Partial transmit sequence and selected mapping schemes for PAPR reduction in GFDM systems. *International Journal of Intelligent Engineering and Systems*, 12(6), 114-122.
- Jones, A. E., Wilkinson, T. A., & Barton, S. K. (1994). Block coding scheme for reduction of peak to mean envelope power ratio of multicarrier transmission schemes. *Electronics Letters*, 30(25), 2098-2099.
- Krongold, B. S., & Jones, D. L. (2003). PAR reduction in OFDM via active constellation extension. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 43(3), 258-268.
- Krongold, B. S., & Jones, D. L. (2004). An active-set approach for OFDM PAR reduction via tone reservation. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 52(2), 495-509.
- Li, X., & Cimini, L. J. (1998). Effect of clipping and filtering on the performance of OFDM. *IEEE Communications Letters*, 2(5), 131-133.
- Matthé, M., Mendes, L., Gaspar, I., Michailow, N., Zhang, D., & Fettweis, G. (2016). Precoded GFDM transceiver with low complexity time domain processing. *EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking*, 2016(1), 1-9.
- Mestdagh, D. J. G., GulfoMonsalve, J. L., & Brossier, J. M. (2018). GreenOFDM: a new selected mapping method for OFDM PAPR reduction. *Electronics Letters*, 54(7), 449-450.
- Michailow, N., Datta, R., Krone, S., Lentmaier, M., & Fettweis, G. (2012). *Generalized frequency division multiplexing: a flexible multi-carrier modulation scheme for 5th generation cellular networks* [Conference presentation]. German Microwave Conference (GeMiC), Ilmenau, Germany.
- Michailow, N., Krone, S., Lentmaier, M., & Fettweis, G. (2012, September 3-6). *Bit error rate performance of generalized frequency division multiplexing* [Conference presentation]. IEEE Vehicular Technology Conference (VTC Fall), Quebec City, Canada.
- Michailow, N., Matthé, M., Gaspar, I. S., Caldevilla, A. N., Mendes, L. L., Festag, A., & Fettweis, G. (2014). Generalized frequency division multiplexing for 5th generation cellular networks. *IEEE Transactions on Communications*, 62(9), 3045-3061.
- Paredes, M. C. P., Grijalva, F., Rodriguez, J. C., & Sarzosa, F. (2017, October 16-20). *Performance analysis of the effects caused by HPA models on an OFDM signal with high PAPR* [Conference presentation]. IEEE Second Ecuador Technical Chapters Meeting (ETCM), Salinas, Ecuador.
- Ryu, H. G., Park, J. S., & Park, J. S. (2004). Threshold IBO of HPA in the predistorted OFDM communication system. *IEEE Transactions on Broadcasting*, 50(4), 425-428.
- Sim, Z. A., Reine, R., Zang, Z., Juwono, F. H., & Gopal, L. (2019, April 28-May 1). *Reducing the PAPR of GFDM systems with quadratic programming filter design* [Conference presentation]. IEEE 89th Vehicular Technology Conference (VTC2019-Spring), Kuala Lumpur, Malaysia.
- Şimşir, Ş., & Taşpınar, N. (2020). Cumulative symbol optimization-based partial transmit sequence technique for PAPR reduction in low complexity GFDM system. *Transactions on Emerging Telecommunications Technologies*, 31(6), 1-19.
- Taşpınar, N., & Şimşir, Ş. (2020). Bio-inspired pilot design approach based on genetic algorithm for OFDM-IDMA scheme. *European Journal of Science and Technology*, (19), 466-474.
- Tiwari, S. O., & Paulus, R. (2020). Non-linear companding scheme for peak-to-average power ratio (PAPR) reduction in generalized frequency division multiplexing. *Journal of Optical Communications*, DOI: <https://doi.org/10.1515/joc-2020-0174>.



IE4 Verimlilik Sınıfına Ulaşmak İçin Toroidal Sargılı Asenkron Motorun Tasarım Optimizasyonu

Sibel Zorlu Partal^{1*}, Aykut Çayıroğlu², Muzaffer Kılınç³, Umut Yusuf Gündoğar⁴

^{1*} Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Müh.Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1309-2090), zorlu@yildiz.edu.tr

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Müh.Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5698-8132), aykut.cayiroglu@std.yildiz.edu.tr

³ Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Müh. Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9024-2094), muzaffer.kilinc@std.yildiz.edu.tr

⁴NUMESYS İleri Mühendislik Hizmetleri A.Ş., İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-5245-275X), umut.gundogar@numesys.com.tr

(İlk Geliş Tarihi 24 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 25 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1078324)

ATIF/REFERENCE: Zorlu Partal, S., Çayıroğlu, A., Kılınç, M., Gündoğar U.Y. (2022). IE4 Verimlilik Sınıfına Ulaşmak İçin Toroidal Sargılı Asenkron Motorun Tasarım Optimizasyonu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 177-186.

ÖZ

Bu çalışmada, 1,8 kW gücünde, üç fazlı sincap kafesli, dağıtılmış tip sargı yapısına sahip bir asenkron motorun, verimlilik sınıfının IE2'den IE4'e yükseltilmesi ile ilgili bir tasarım optimizasyonu yapılmıştır. Bu amaçla, referans asenkron motorun klasik yöntemle sarılmış sargı yapısı, küçük ve orta güçlü motorlar için daha avantajlı olan toroidal sargı kullanılarak yeniden modellenmiştir. Optimizasyon için, toroidal sargı yapısı kullanılarak yeniden modellenen asenkron motorun, farklı aksel uzunluk ve farklı bakır miktarlarını içeren 8 motor modeli oluşturulmuştur. Bu motor modellerinin Ansys Maxwell'de Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) kullanılarak analizleri yapılmış ve sonuçlar; moment, verim ve manyetik akı yoğunluğu değerleri dikkate alınarak karşılaştırılmış olarak verilmiştir. Ayrıca, optimizasyon sonucunda, verimlilik sınıfının IE4'e yükseltildiği sonuçların elde edildiği motor modeli, daha sonra referans motor ile maliyet ve enerji tüketim değerleri açısından da karşılaştırılmış ve sonuçlar irdelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Asenkron Motor Tasarımı, Sonlu Elemanlar Yöntemi, Verimlilik Sınıfları, Toroidal Sargı, Ansys Maxwell

Design Optimization of an Induction Motor with Toroidal Winding to Achieve IE4 Efficiency Class

ABSTRACT

In this work, a typical IE2 efficiency class, 1,8 kW, 3-phase squirrel-cage distributed winding induction motor is considered and an optimization is performed to upgrade the efficiency to an IE4 class. For this purpose, the induction motor with conventional distributed winding is remodeled using toroidal winding, which is more advantageous for small and medium power motors. For the optimization, eight motor models with different axial lengths and different copper amounts are designed, using the toroidal winding by changing the winding structure of the reference induction motor. These motor models are analyzed using the Finite Element Method (FEM) in Ansys Maxwell tool and, the results are given comparatively considering the torque, efficiency and magnetic flux density. Furthermore, the motor model which was upgraded to IE4 efficiency class was then compared with the reference motor and the results are analyzed in terms of cost and energy consumption.

Keywords: Induction Motor Design, Finite Element Method, Efficiency Classes, Toroidal Winding, Ansys Maxwell

* Sorumlu Yazar: zorlu@yildiz.edu.tr

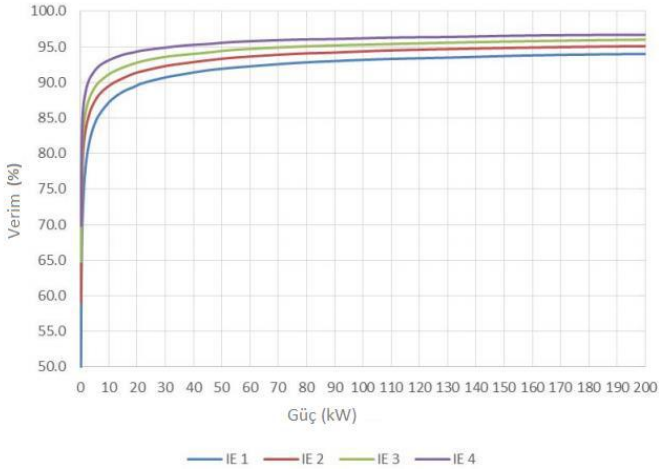
1. Giriş

Günümüzde enerji ihtiyacı, geçmiş yıllara nazaran hızla artmaktadır. Gelişen teknolojiyle beraber bu ihtiyacı gidermek amacıyla yeni çözümler aranmaktadır. Özellikle sanayileşmedeki artış, enerji ihtiyacının artmasında önemli bir rol oynamaktadır. Yapılan araştırmaya göre dünya genelinde elektrik enerjisinin %53'ü elektrik motorları tarafından harcanmaktadır (International Energy Agency, 2016). Ülkemizde ise sanayi elektrik tüketiminin yaklaşık %70'i, toplam net elektrik tüketiminin ise %36'sı üç fazlı asenkron motor sistemlerinden kaynaklanmaktadır (T.C. Bil.,San. ve Tek. Bakanlığı, 2015). Bu sebeple, ülkemizde ve dünyada, özellikle endüstriyel uygulamalarda yaygın olarak kullanılmakta olan asenkron motorların daha düşük kayıplı tasarımlar ile daha yüksek verimli hale getirilmesi üzerine yoğun çalışmalar yapılarak, enerji tüketiminde önemli miktarda azalma sağlanmaya çalışılmaktadır.

Elektrik Motorları 1998 Yılında CEMEP (European Committee of Manufacturers of Electrical Machines and Power Electronics) tarafından hazırlanan dokümana göre, 1,1 kW ile 90 kW arasında 3 temel verimlilik sınıfında üretilmekte ve değerlendirilmekteydi. Yeni hazırlanan IEC 60034-30:2008 standardına göre ise elektrik motorları için verimlilik sınıfları 0,75 kW ile 375 kW arasına genişletilmiş olup, tanımlamaları aşağıdaki gibi yapılmıştır (T.C. Bil.,San. ve Tek. Bak., 2015).

- IE1 - Standart Verimlilik
- IE2 - Yüksek Verimlilik
- IE3 - Premium Verimlilik
- IE4 - Süper Premium Verimlilik

Şekil 1, IEC 60034-30-1 standardına göre 50 Hz motorların IE1, IE2, IE3, IE4 sınıfları için sağlaması gereken verim değerlerini göstermektedir. IE4 en yüksek, IE1 ise en düşük verim seviyesini göstermektedir (Energy Efficiency Office, 2015)

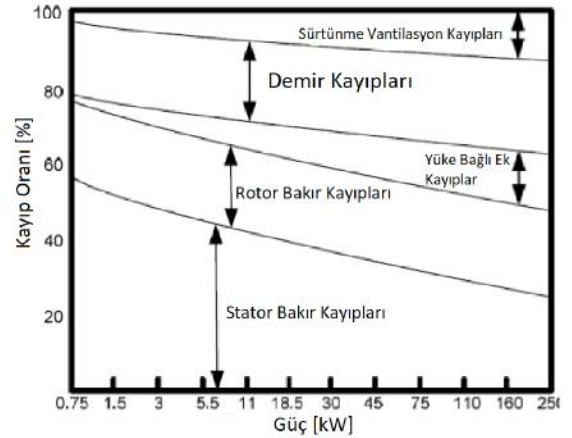


Şekil 1. Dört kutuplu ve 50 Hz ile çalışan bir asenkron motorun IE standardına ait minimum verimlilik değerleri (Figure 1). Minimum Energy Efficiency Requirement of IE Efficiency Class of 4 poles, 50Hz induction motor)

Elektrik motorlarında yapılacak verim iyileştirmesi, pek çok sistem üzerinde olumlu etki oluşturacaktır. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığının verimlilik üzerine yaptığı çalışmaya göre; basınçlı hava sistemlerinde %33, fan sistemlerinde %22, pompa uygulamalarında ise %22 potansiyel iyileştirme imkânı vardır (T.C. Bil.,San. ve Tek. Bak., 2015).

Verimde yapılacak iyileştirme, elektrik makinasındaki kayıplara bağlıdır. Asenkron makinalarda bu kayıplar şu şekilde sıralanabilir: sargı iletkenlerinden kaynaklanan iletken kayıpları, nüve kayıpları (histerezis ve girdap akımlarının toplamı), sürtünme ve vantilasyon kayıpları ve yüke bağlı ek kayıplar. Elektrik makinalarında kayıplarının dağılımı büyük ölçüde makinanın gücüne bağlı olsa da, Şekil 2'de gösterildiği gibi, tüm güç seviyelerindeki en büyük kayıplar iletken ve nüve kayıplarıdır (Dorrell, 2014). Bu kayıpların azaltılması, elektrik makinalarında verimin artmasında çok önemli bir etkiye sahiptir. Bu kayıpların hesaplanabilmesi için, IEC 60034-2-1 standardında açıklanan yöntemlere uygun şekilde, anma yükü altında, farklı yük kademelerinde ve yüksüz çalışma durumu için çeşitli ölçümler yapılır. Yapılan test ve ölçümler sonucunda, motor güç kayıpları ile verime ilişkin sayısal veriler ve eğriler elde edilir. Bu bağlamda, IEC standardında belirtilen kriterlere uygun olarak elde edilen verim değerlerinin, 60034-30-1 standardına göre uluslararası verim sınıfı (IE) karşılığı olan yeri (IE1, IE2, IE3 ve IE4 olarak) belirlenir ve böylece asenkron motorun verimlilik sınıfı elde edilmiş olur (Acar vd., 2018).

Bu çalışmada 1,8 kW gücünde üç fazlı sincap kafesli bir asenkron motorun verimini arttırmak amacıyla, stator sarımında dağıtılmış sarım yerine, toroidal sarım denenerek, toroidal sarım şeklinin, verim ve moment üzerindeki etkileri incelenmiştir.

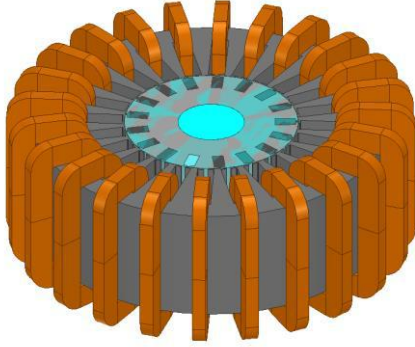


Şekil 2. Asenkron motordaki kayıpların dağılımı (Figure 2. Induction motor loss components)

2. Toroidal Sargı Yapılı Asenkron Motorun Tasarımı

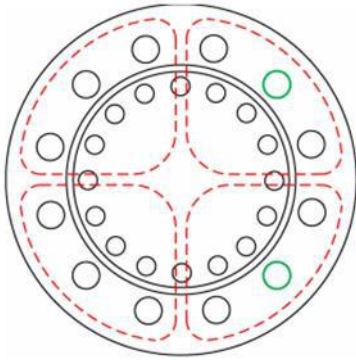
Sincap kafesli asenkron motorun statorunda genelde tek veya çift katmanlı olacak şekilde dağıtılmış tip sargı kullanılır. Bu sargı tipinin temel avantajı, birincil sargılar tarafından üretilen akının iyi bir sinüzoidal dalgaya sahip olmasının yanı sıra, gerilim dalgasındaki yüksek dereceli harmonikler azaltılması ve neredeyse mükemmel bir sinüzoidal akım dalgası sağlamasıdır. Bu avantajının yanında, bu sargıların, üst üste binen bobinler dolayısıyla stator oluk doluluk oranlarının düşük olması ve çok uzun sargı uç bağlantılarına sahip olmaları gibi dezavantajları vardır. Sargı uç bağlantısının çok uzun olmasının nedenlerinden biri, bu sargı tipinin büyük kutup adımlı tasarımlara sahip motorlarda kullanılmasıdır. Bahsedilen bu dezavantajları gidermek amacıyla toroidal sarım tekniği geliştirilmiş ve çeşitli uygulamaları yapılmıştır (Pourmoosa ve Mirsalim, 2015; Jensen vd., 2012; Sashidhar vd., 2018).

Toroidal sargı kavramı, dağıtılmış tip sargı ile eş merkezli sargı olan iki sargı türünün melez bir sargıdır. Eş merkezli bir sargıya benzer şekilde, sargı sonu dönüş uzunluğu azaltmıştır. Ancak sargı, hava boşluğu çevresi etrafında dağıtılmış bir sargıya benzediği için, manyetomotor kuvvetin (MMF) dalga formunda harmonikleri yoktur (Sashidbar vd., 2018). Bu topolojide, asenkron motor stator sargısı, küçük ve orta büyüklükteki motorlarda yaygın olduğu şekilde eş merkezli olmaktan ziyade, Şekli 3’de gösterildiği gibi stator boyunduruk etrafına toroidal olarak sarılır (Jensen and Jack, 2010). Toroidal sarım kullanılımasının en önemli avantajı, sargı uç bağlantı uzunluğunun klasik dağıtılmış sargıya göre kısa olması sebebiyle, daha düşük stator direnci ve kaçak reaktans değerlerine sahip olmasıdır. Şekil 3’te üç boyutlu toroidal sargı gösterilmiştir (Sashidbar vd., 2018).

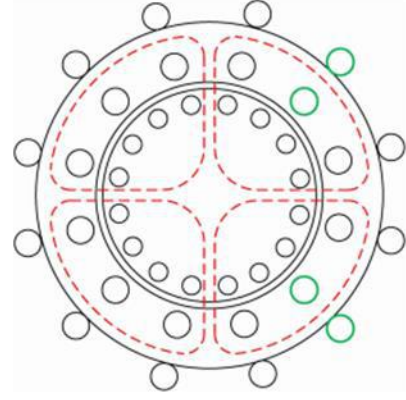


Şekil 3. Toroidal sarımın üç boyutlu görünümü (Figure 3. 3-D view of the toroid coil wound)

Toroidal stator sargısı, stator boyunduruk etrafına sarıldığı için, hava aralığı akısının yalnızca yarısını keser ve bu nedenle, bobin başına endüklenen elektromotor kuvvet (EMK), tüm hava boşluğu akısı kesildiğinde oluşacak olan EMK’nın yarısıdır. Şekil 4 ve 5’te sırasıyla dağıtılmış tip ve toroidal sargı için akı yolları gösterilmiştir (Jensen and Jack, 2010).

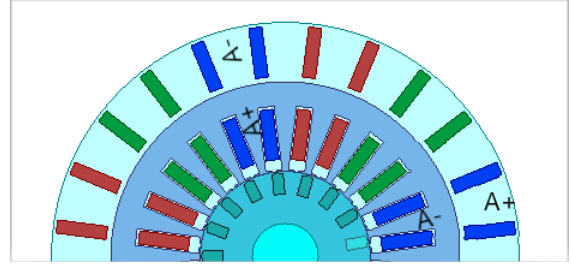


Şekil 4. Dağıtılmış tip sargılı asenkron motorun akı yolları (Figure 4. Flux path for distributed wound induction machine)



Şekil 5. Toroidal sargılı asenkron motorun akı yolları (Figure 5. Flux path of toroidally wound induction machine)

Bununla birlikte, geleneksel yöntemle sarılmış bir stator da iki oluk başına bir bobin var iken, toroidal olarak sarılmış bir stator da oluk başına bir bobin vardır. Sarım türlerinin yapısından kaynaklanan bu farklılıklardan dolayı, toroidal olarak sarılmış bir makinada, hava aralığında endüklenen akının değeri, geleneksel yöntemle sarılmış bir makinada hava aralığında endüklenen akı değerinin yarısı kadardır. Toroidal sarımda, sargı yapısından dolayı endüklenen akı değerinde oluşan bu kaybı telafi etmek için iki bobin ardışık kutuplarda seri olarak bağlanır. Sonuç olarak gerekli hava aralığı akı değeri elde edilerek, bu kayıp giderilmiş olur (Jensen and Jack,2010). Şekil 6’da Toroidal sargılı makina için seri bağlantı şekli gösterilmiştir.



Şekil 6. Toroidal sargılarda seri bağlantı: A fazı (Mavi), B fazı (Kırmızı) ve C fazı (Yeşil) (Figure 6. Series connection for toroidal windings: Phase A (Blue), Phase B (Red) and Phase C (Green))

Rotor akısı, stator nüvesinin dışındaki iletkenleri kesmediği için, stator boyunduruğu üzerindeki iletkenler sargı uç dönüşleri olarak kabul edilir. Yüksek çap/uzunluk oranına sahip motorlar için, toroidal sargı uç dönüşü oldukça kısa olur ve bu nedenle motorun sargı kayıpları önemli ölçüde azalır (Sashidbar vd., 2018). Ayrıca toroidal sargı tipinde stator bobinleri yukarıda da bahsedildiği gibi stator boyunduruğuna sarıldığından, stator boyunduruk kesitinin şekli de önemlidir. Belirli bir stator boyunduruk kesiti için en kısa aktif iletkeni sahip stator bobinleri, stator boyunduruk kesiti kare ise elde edilir (Jensen vd., 2012). Bir stator bobinin aktif iletkeni, stator oluğu içerisinde bulunan ve hava aralığında akı endüklenmesini sağlayan kısmı; pasif iletkeni ise stator oluğu dışına yerleşmiş olan faydalı akı katkısı yapmadığı kısımdır. Öte yandan, aktif ve pasif stator iletken oranını artırmanın daha önemli olduğu tasarımlarda, ekstenel olarak uzun ve ince bir makina tasarlanmak istenir. Bunun nedeni, stator boyunduruğunun şekli kare olması durumunda, aktif stator iletkenlerinin oranının 1/3 olacağıdır, çünkü karenin her kenarı aynı uzunluğa sahiptir. Fakat stator boyunduruğu ekstenel olarak uzun ve inceyse, böyle bir geometri, boyunduruğun derinliğinin

ihmal edilebilir olduğu varsayılırsa, aktif/pasif stator iletkenlerinin 1/1 oranında olmasıyla sonuçlanabilir. Bu iki geometri, bu topoloji için iki uç tasarım olarak düşünülebilir ve optimum bir tasarım da bu iki uç geometri arasında yapılabilir. Eksenel uzunluk ile stator boyunduruk yüksekliğinin birbirine eşit olduğu kare şeklindeki boyunduruk yapısında, sarımda kullanılan bakır tel için en kısa aktif iletken uzunluk değerine ulaşılmış olacaktır. Ancak eksenel olarak uzun ve stator boyunduruğun daha ince olduğu tasarıma sahip makinelerde ise, aktif/pasif iletkenlerin en iyi oranına ulaşılmış olacaktır (Jensen vd., 2010).

3. Toroidal Sargılı Asenkron Motorun Verim Optimizasyonu

Bu çalışmada dağıtılmış tip sargı yapısına sahip bir asenkron motor modeli referans alınmış ve bu referans motorun verimlilik sınıfının yükseltilmesi için sargı yapısı, toroidal sargı yapısına dönüştürülerek, yeniden modellenmiştir. Tablo 1’de referans alınan asenkron motorun parametreleri verilmiştir. Daha sonra toroidal sargı yapılı motor tasarımının verim optimizasyonu yapılmıştır. Optimizasyon için, toroidal sargılı motorun, farklı eksenel uzunluk ve farklı bakır miktarlarını içeren 8 farklı motor modeli oluşturulmuştur. Verim optimizasyonu çalışmasında, önce referans asenkron motorun, Ansys Rmxprt programı kullanılarak modellenmesi yapılmış, daha sonra bu model, sonlu elemanlar yöntemi ile analizinin yapılması için Maxwell 2-D’ye aktarılmış ve iki boyutlu analizi yapılmıştır. Tablo 2’de bu analizden elde edilen sonuçlar verilmiştir. Tablo 2’de; R_s , stator bakır direnci, X_{es} , stator bakır reaktans değeri, L_c , bakır kaçak endüktansı, I , stator sargı akımı, E_s , hava aralığında endüklenen gerilim, B_y , stator boyunduruğu akı yoğunluğu ve B_t , stator dışı akı yoğunluğunu göstermektedir. Tablo 3’te ise motorun yapısal analiz sonuçları verilmiştir.

Tablo 1. Referans motorun tasarım parametreleri (Table 1. Design parameters of the reference motor)

Güç (W)	1800	Stator Oluk Sayısı (N_s)	24
Gerilim (V)	400	Hava Aralığı (g, mm)	0,2
Bağlantı Şekli	Üçgen	Rotor Mil Çap (mm)	46,32
Kutup Sayısı	4	Rotor Oluk Sayısı (N_r)	17
Stator Dış Çapı (D_o , mm)	244,78	Oluk Başına İletken Sayısı	128
Stator İç Çapı (D_i , mm)	112,4	Stator İletken Kesiti (mm^2)	1,8
Eksenel Uzunluk (L, mm)	92,8	Elektriksel Çelik	M19_24G

Tablo 2. Referans motorun analiz sonuçları (Table 2. Analysis results of the reference motor)

R_s (Ω)	4,57
X_{es} (Ω)	6,4214
L_c (H)	0,02044
I (A)	2,893

E_s (V)	376,05
Verim (%)	83,19
Moment (Nm)	8,92
B_y (T)	1,016
B_t (T)	1,6

Tablo 3. Referans motorun yapısal analiz sonuçları (Table 3. Structural analysis results of the reference motor)

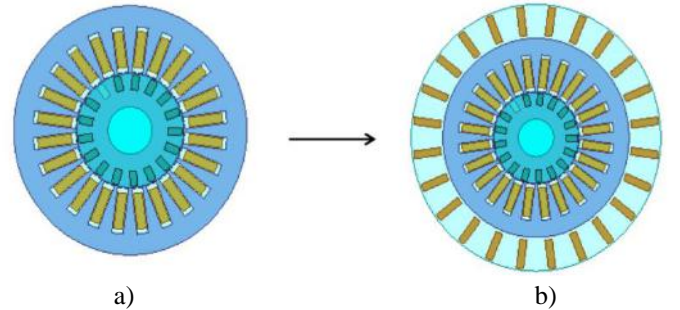
Bakır Miktarı (kg)	6,725
Stator Demir Nüve Miktarı (kg)	16,584
Rotor Demir Nüve Miktarı (kg)	4,216
Toplam Demir Nüve Miktarı (kg)	20,8

3.1. Farklı Eksenel Uzunluklara Göre Asenkron Motorun Tasarım Optimizasyonu

Dağıtılmış tip sargılı asenkron motor ile toroidal sargılı asenkron motoru karşılaştırmak için, ilk olarak dağıtılmış tip sargı Ansys Maxwell programı kullanılarak iki boyutlu düzlemde, toroidal sargıya dönüştürülmüştür. Toroidal sargının avantajlarından yararlanmak için motorun eksenel uzunluğunun, klasik sarımdaki kutup adımından kısa olması gerekir. Bunun için önce referans motorun kutup adımı Denklem (1) kullanılarak hesaplanmıştır. Denklem (1)’de stator iç çapı (D_i) 112,4 mm ve tek kutup sayısı ($2p$) dört olarak alındığında, kutup adımı 88,27 mm olarak bulunmuştur.

$$Kutup\ Adımı = \frac{\pi x D_i}{2p} \quad (1)$$

Bu sonuçtan da görüleceği üzere, toroidal sargılı tasarım için makinanın eksenel uzunluğunun 88,27 mm’den küçük olması gereklidir. Ayrıca yapılan bu çalışmada, karşılaştırması yapılan motor modellerinin yaklaşık olarak aynı rotor hacmine sahip olmaları için, stator dış çap değerleri sabit tutulup, hava aralığı değerleri aynı kalacak şekilde, stator iç çap değeri ile rotor dış çap değeri kullanılarak optimizasyon yapılmıştır.



Şekil 7. Referans motor ve toroidal sargılı motor modelleri
a) Dağıtılmış tip sarıma sahip referans motor b) Toroidal sargılı motor (Figure 7. The reference and toroidal wound motors
a) Distributed wound induction machine b) The proposed toroidal winding induction machine

Şekil 7’de, dağıtılmış tip sargıya sahip motorun toroidal sarıma sahip motora dönüşümü yapıldıktan sonra, sargı yapısında meydana gelen değişiklik gösterilmiştir. En iyi performansın elde

edildiği toroidal sarıma sahip tasarımı bulmak için, toroidal sarıma sahip beş farklı eksenel uzunluktaki motorların, iki boyutlu sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 4'te verilmiştir. Referans motorun 8,92 Nm olan moment değeri referans alınarak, bu beş farklı tasarımın moment değerleri karşılaştırılmış, 1.motor modelindeki moment değerinin, referans motorun moment değerinden düşük, diğer dört tasarımın moment değerlerinin de, referans motora göre yüksek olduğu görülmüştür. Ancak 5.motor tasarımındaki motorun moment değeri en yüksek değere ulaşmış olmasına rağmen, stator boyunduruğunda akı yoğunluğunun 1,848 T olmasından dolayı manyetik nüve doyuma gitmiştir. Diğer motor tasarımları olan 2, 3. ve 4. motor modelleri ise verim açısından karşılaştırıldığında, Tablo 4'den de görüleceği üzere en başarılı verim sonuçlarının, 2, ve 3.motor modellerinden elde edildiği görülmektedir. Bu iki tasarım ise kendi aralarında verim, moment ve kullanılan bakır miktarları açısından karşılaştırıldığında, 3. motor modelinin en iyi sonucu veren motor modeli olduğu sonucuna varılmıştır.

Tablo 4. Toroidal sargılı asenkron motorun analiz sonuçları
(Table 4. Analysis results of toroidally wound induction motor)

	1.TASARIM	2.TASARIM	3.TASARIM	4.TASARIM	5.TASARIM
L(mm)	88	82	80	78	70
D _i (mm)	115,4	119,6	121,1	122,6	129,4
R _s (Ω)	4,1989	3,9369	3,8480	3,7590	3,3903
X _{es} (Ω)	6,7462	6,3453	6,2078	6,0702	5,4885
L _e (H)	0,0215	0,0202	0,0198	0,0193	0,0175
I (A)	2,65	2,605	2,6531	2,75	4,86
E _s (V)	378,15	379,51	379,52	378,94	365,09
Verim (%)	86,4	87,18	87,04	86,77	80,42
Moment (Nm)	8,86	9,3298	9,55	9,75	9,94
B _y (T)	1,207	1,323	1,552	1,583	1,848
B _t (T)	1,04	1,176	1,063	1,02	1,47
Bakır Miktarı (kg)	7,9439	7,3422	7,1380	6,9337	6,0870
Stator Demir Nüve Miktarı (kg)	15,3713	13,8833	13,38	12,8829	10,8567
Rotor Demir Nüve Miktarı (kg)	3,998	3,725	3,634	3,543	3,18
Toplam Demir Nüve Miktarı (kg)	19,3693	17,6083	17,014	16,4259	14,0367

3.2. Toroidal Sargılı Asenkron Motorun Farklı Bakır Miktarları İçin Optimizasyonu

Toroidal sargı yapısının kullanıldığı, farklı eksenel uzunluk ve farklı rotor çap değerleri kullanılarak yapılan asenkron motor verim optimizasyonunda, en yüksek verim değerleri 2., 3. ve 4. motor modellerinde elde edilmişti. Bu üç tasarım arasında, bu defa da oluk başına düşen iletken sayısı artırılarak, yani aynı yapısal tasarım için motorun statorundaki bakır miktarı artırılarak, daha verimli bir motor elde etmek için, farklı motor modeli analizleri yapılmıştır. Bu analizler için, bir stator oluğundaki iletken sayısı 128 ile 142 arasında farklı değerlerde

alınarak, sonuçlar incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar karşılaştırıldığında, en başarılı sonuçların stator oluğundaki iletken sayısı 132 alındığında elde edildiği görülmüştür. iletken sayısı 132 alındığında bu sonuçların elde edilmesinin nedeni, stator direncinin ve sargısının uç bağlantılarından kaynaklanan reaktans değerinin fazla artmaması ve elde edilen kazanımların kaybedilmemesinden dolayıdır.

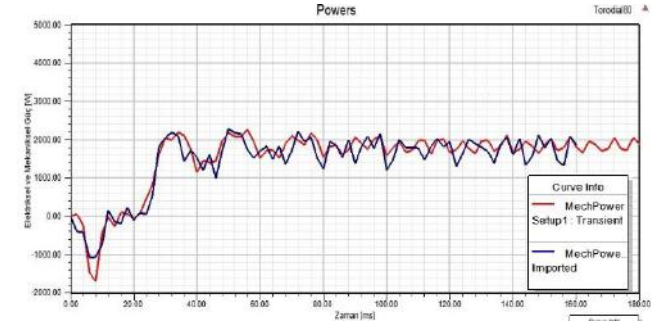
İletken sayısı ile ilgili yapılan bu optimizasyon sonuçlarından sonra, stator oluğundaki iletken sayısı 128 yerine 132 yapılmış ve daha önceki motor modellerinin iletken sayılarının değişmesi sebebiyle motor modellerinin isimleri değiştirilerek, 6, 7 ve 8 numaralı motor modelleri oluşturulmuştur. Bu üç motor modeli için Ansys Maxwell'de tekrar 2 boyutlu analizler yapılmış ve sonuçlar Tablo 5'te verilmiştir. Tablo 5 incelendiğinde, bu üç yeni tasarımın verim değerlerinin, 2, 3 ve 4 numaralı tasarımlara göre daha yüksek, ancak moment değerlerinin ise daha düşük olduğu görülmüştür. 6.motor modelinde moment değeri ilk referans alınan geleneksel yöntemle sarılmış motorun moment değerinin altında kaldığı için, en yüksek verim değerini vermesine rağmen değerlendirmenin dışına alınmıştır. 7.motor modeli ise verim ve moment değerleri açısından iyi sonuçlar vermesine rağmen, uç bağlantı uzunluğundan kaynaklanan kaçak endüktans değerinin, geleneksel yöntemle sarılmış referans motorun kaçak endüktans değeri olan 0,02044 H'nin üzerinde bir değere sahip olması sebebiyle, değerlendirme dışına alınmıştır. 8.motor modelinden ise, referans alınan geleneksel yöntemle sarılmış motora göre daha iyi bir verim ve moment elde edilmiştir. Her ne kadar uç bağlantı uzunluğundan kaynaklanan kaçak endüktans değeri düşürülmemiş olsa da, hemen hemen eşit kabul edilerek, bu üç tasarım içerisinde başarılı bir tasarım olarak kabul edilmiştir.

Tablo 5. Bakır miktarı artırılmış motor modellerinin analiz sonuçları
(Table 5. Analysis results of motor models with increased copper)

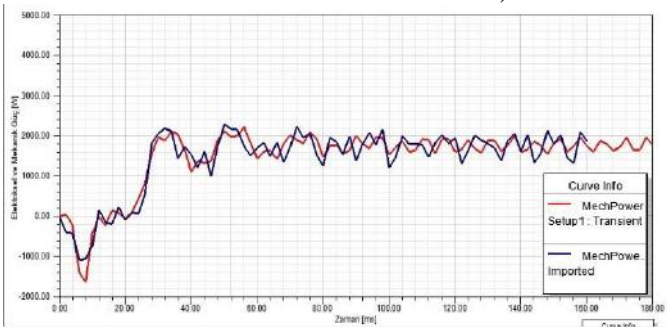
	6.TASARIM	7.TASARIM	8.TASARIM
L (mm)	82	80	78
D _i (mm)	119,6	121,1	122,6
R _s (Ω)	4,0599	3,9682	3,8765
X _{es} (Ω)	6,7544	6,5973	6,4403
L _e (H)	0,0215	0,021	0,0205
I (A)	2,36	2,4	2,47
E _s (V)	380,48	380,5	380,15
Verim (%)	87,7	87,65	87,32
Moment (Nm)	8,75	8,97	9,16
B _y (T)	1,3	1,383	1,373
B _t (T)	1,2	1,11	1,15
Bakır Miktarı (kg)	7,5717	7,3610	7,1504
Stator Demir Nüve Miktarı (kg)	13,8833	13,38	12,8829
Rotor Demir Nüve Miktarı (kg)	3,725	3,634	3,543
Toplam Demir Nüve Miktarı (kg)	17,6083	17,014	16,4259

3.3. Motor Modellerinin Güç ve Moment Analizleri

Bir önceki bölümde farklı bakır miktarlarına göre motor modelleri oluşturulmuş ve kayıp analizi yapılmıştı. Bu sonuçlar, daha önce elde edilen sonuçlarla birlikte değerlendirilerek, daha yüksek verim ve momentin elde edildiği 3. ve 8. motor modelleri, bu defa da çıkış gücü ve moment değerleri açısından, referans motor modeli ile karşılaştırılmış ve sonuçlar aşağıda Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8'de verilen grafiklerden elde edilen sonuçlar incelendiğinde, referans motorun çıkış gücü ile mukayese edildiğinde, 3. motor modelinin çıkış gücünde %5,57'lik bir artış ve 8. motor modelinin çıkış gücünde de %1,07'lik bir artış olduğu görülmektedir. Referans motora göre 3. motor modelinin %3,85, 8. motor modelinin ise %4,13 daha verimli olduğu görülmektedir. Şekil 9'da ise referans motor ile 3. ve 8. motor modellerinin moment grafikleri verilmiştir. Bu grafiklerden elde edilen sonuçlar incelendiği zaman referans modele göre, 3. motor modelinin moment değerinde %5,56'lık ve 8. motor modelinin moment değerinde ise %1,07'lik bir artış olduğu görülmektedir. Ayrıca momentteki dalgalanma miktarları incelendiğinde, referans motorun moment dalgalanma miktarı ile karşılaştırıldığında, 3. motor modelinin moment dalga şeklinde %5,4781 daha az dalgalanma ve 8. motor modelinin moment dalga şeklinde ise %5,601 daha az dalgalanma olduğu görülmüştür.

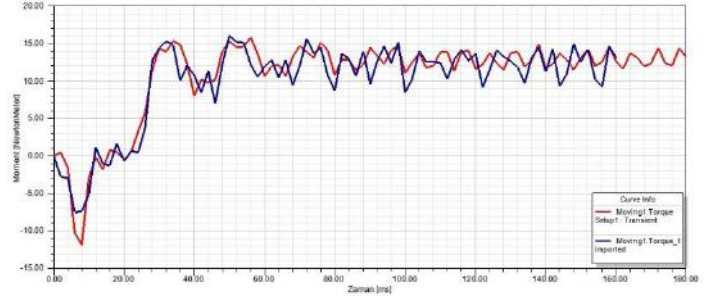


(a) Referans motor ile 3. motor modelinin güç değerlerinin karşılaştırılması ((a) Power comparison between the reference motor and the 3rd motor model)

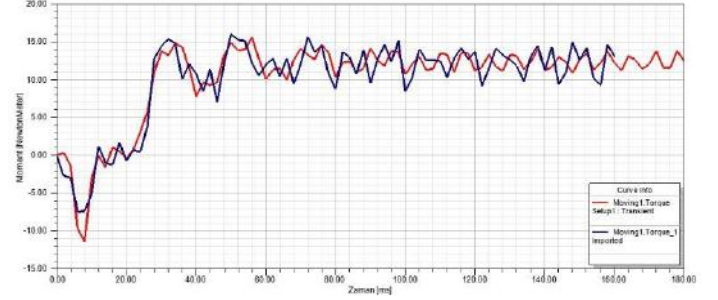


b) Referans motor ile 8. motor modelinin güç değerlerinin karşılaştırılması ((b) Power comparison between the reference motor and the 8th motor model)

Şekil 8. Mekanik güç karşılaştırılması (Figure 8. Mechanical power comparison)



a) Referans motor ile 3. motor modelinin moment değerlerinin karşılaştırılması ((a) Torque comparison between the reference motor and the 3rd motor model)

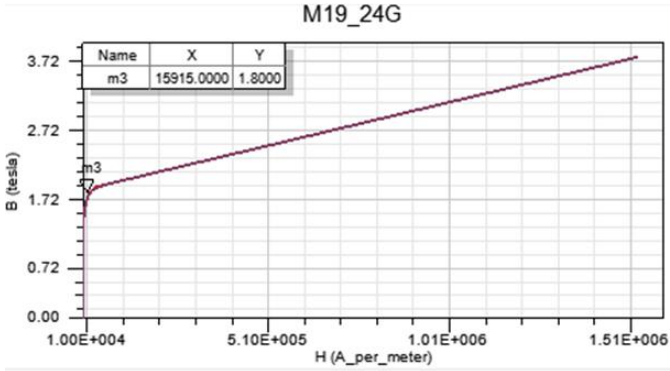


b) Referans motor ile 8. motor modelinin moment değerlerinin karşılaştırılması ((b) Torque comparison between the reference motor and the 8th motor model)

Şekil 9. Moment değerlerinin karşılaştırılması (Figure 9. Torque comparison)

3.4. Motor Modellerinin Akı Yoğunluğu ve Demir Kaybı Analizleri

Bu çalışmada yapılan motor tasarımlarında stator sac malzemesi olarak M19_24G elektriksel çeliği kullanılmıştır. Şekil 10'da M19_24G elektriksel çeliğinin B-H grafiği verilmiştir. Bu malzemenin doyuma gittiği akı yoğunluğu değeri 1,8 Tesla'dır. Şekil 11'de referans motor ile 3. ve 8. motor modellerinin akı yoğunluğu dağılımları verilmiştir. Akı yoğunluğu dağılım şekilleri incelendiğinde, referans motorun statorundaki akı yoğunluğu değerlerinin, stator dişlerinde yüksek, stator boyunduruğunda ise düşük olduğu görülmektedir. 3. ve 8. motor modellerinde ise, durum tam tersidir. Bu modellerde akı yoğunluk değeri stator dişlerinde düşük, stator boyunduruğunda ise yüksek değerdedir. Ortaya çıkan bu durumun nedeni; referans motorda kullanılan dağıtılmış tip sargının, statorun dişlerine sarılmasıdır. Bu nedenle bu sargı tipine sahip tasarımlarda stator dişlerinde akı yoğunluğu değeri yüksektir. Toroidal sargıda ise sargı, statorun boyunduruğuna sarılmaktadır. Bu yüzden bu sargı türünde stator boyunduruğunda akı yoğunluğu değeri yüksektir. Ayrıca toroidal sargının uygulandığı tasarımların stator demir nüve hacmi, referans motorun demir nüve hacmine göre daha azdır. Bu durumun sebebi, daha kısa sargı sonu uzunluğu olması için motorun aksenal uzunluğunun kısaltılmasıdır.



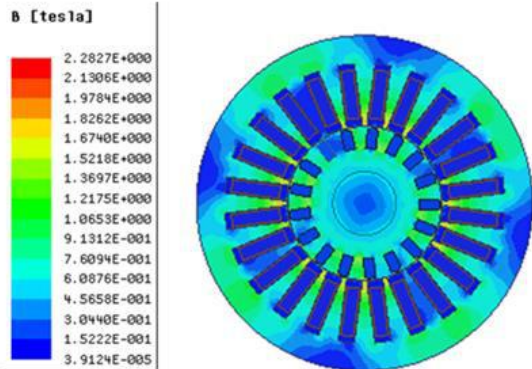
Şekil 10. M19_24G çeliğinin B-H grafiği (Figure 10. B-H curve of M19_24G steel)

Motorun aksel boyunun kısalmasına ek olarak, rotorun hacminin aynı kalabilmesi için, stator dış çap değeri sabit tutularak, rotorun dış çap değeri artırılmış, dolayısıyla statorun iç çap değeri azalmıştır. Sonuç olarak hem motorun aksel boyunun kısılması, hem de stator iç çap değerinin azalması sonucunda stator demir nüve hacmi azalmıştır. Toroidal sarımda stator boyunduruğunda akı yoğunluğu değerinin yüksek olmasının bir diğer nedeni de bu yapısal özelliğidir.

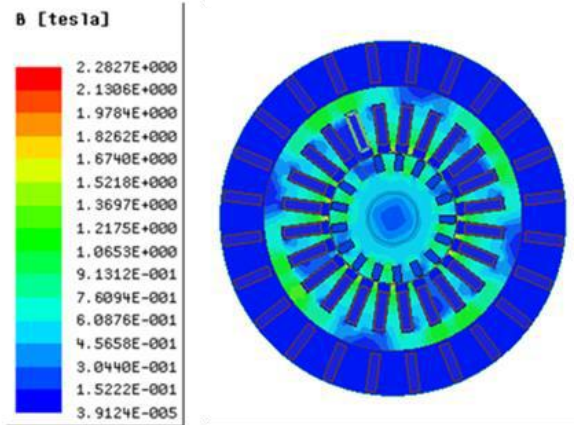
Tablo 6. Referans motor, 3.motor modeli ve 8.motor modeline ait akı yoğunluğu değerleri (Table 6. Magnetic flux density of the reference motor, 3rd motor model and 8th motor model)

Motorlar	Stator boyunduruk akı yoğunluğu (T)	Stator dış akı yoğunluğu (T)
Referans Motor	1,016	1,6
3. Motor Modeli	1,552	1,063
8. Motor Modeli	1,373	1,15

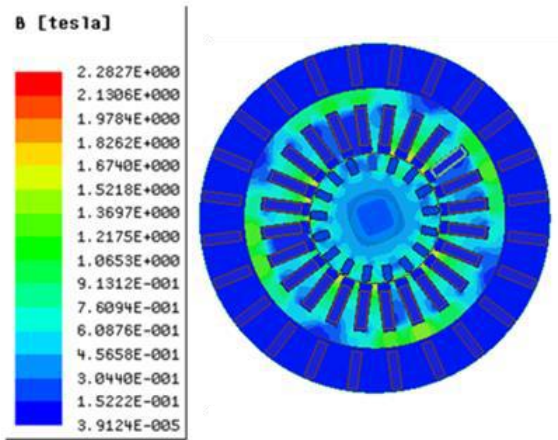
Tablo 6'da her üç motora ait hem stator dış akı yoğunluğu değerleri, hem de stator boyunduruğu akı yoğunluğu değerleri verilmiştir. Rotor için akı yoğunluğu analizi yapılmamasının nedeni her tasarım için rotor hacminin yaklaşık olarak aynı olmasından dolayıdır. Referans motor ile 3. ve 8.motor modellerine ait manyetik akı dağılımı grafikleri Şekil 11'de verilmiştir. Şekil 12'de ise referans motor ile 3. ve 8.motor modellerinin demir kayıpları verilmiştir. Bu grafikler incelendiği zaman 3. motor modeli ile 8.motor modelinde, referans motora göre demir kayıplarının arttığı görülmüştür. Tablo 7'de bu üç motor için demir kayıpları; stator, rotor ve toplam demir kayıpları olmak üzere üç ayrı başlıkta verilmiştir.



a) Referans motora ait akı yoğunluğu dağılımı ((a) Flux density distribution of the reference motor)



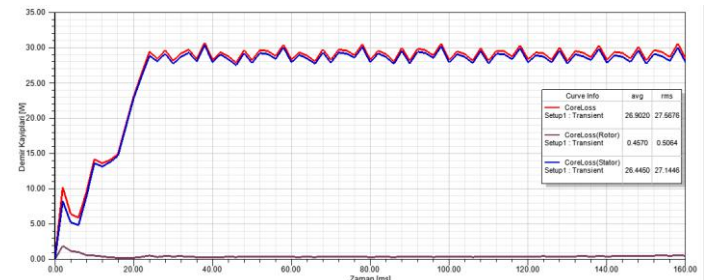
b) 3.motor modeline ait akı yoğunluğu dağılımı ((b) Flux density distribution of the 3rd motor model)



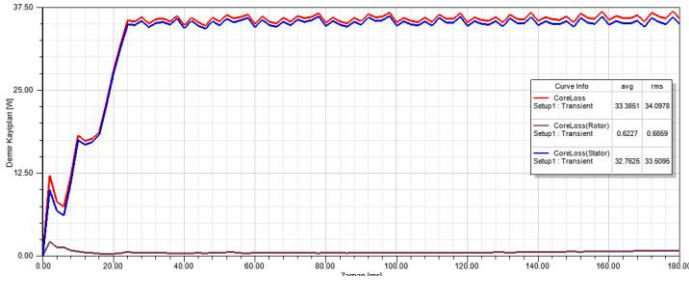
c) 8.motor modeline ait akı yoğunluğu dağılımı ((c) Flux density distribution of the 8th motor model)

Şekil 11. Akı yoğunluğu dağılımları (Figure 11. Flux density distribution)

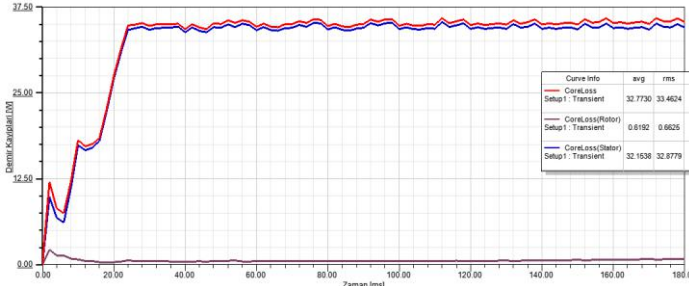
Tablo 7'de de görüldüğü gibi toroidal sarımın uygulandığı motorlarda stator demir kaybının artmasının nedeni, toroidal sarıma sahip olan motorlarda akı yoğunluğunun stator boyunduruğunda neden yüksek olduğunun açıklandığı yukarıdaki paragrafta da bahsedildiği gibi, stator demir nüvesinin hacminin azalmasından kaynaklanmaktadır. Yani toroidal sargılı 3. ve 8. motorların çıkış gücü değerlerinin, referans motorun güç değerinden yüksek bulunmasının yanında, bu güç değerlerine aynı zamanda referans motordan daha az stator demir nüve hacminde ulaşılmıştır. Ayrıca, demir kaybındaki artışa rağmen toroidal sarımın daha kısa sargı sonu uzunluğuna sahip olmasından dolayı bakır kaybındaki azalmadan dolayı verim değerleri, *Motor Modellerinin Güç ve Moment Analizleri* başlığı altında da bahsedildiği gibi, referans motorun verim değerinden daha yüksektir.



a) Referans motora ait demir kaybı ((a) Core losses of the reference motor)



b) 3.motor modeline ait demir kaybı ((b) Core losses of the 3rd motor model)



c) 8.motor modeline ait demir kaybı ((c) Core losses of the 8th motor model)

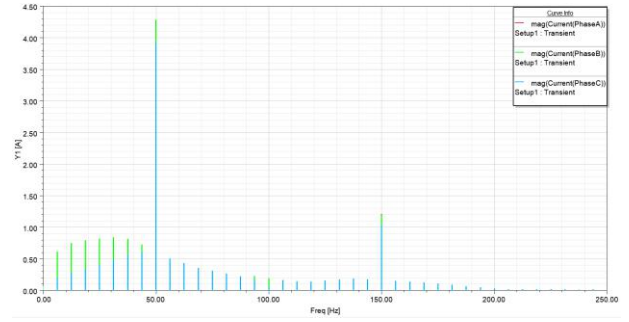
Şekil 12. Demir kayıpları (Figure 12. Core losses)

Tablo 7. Referans motor, 3.motor modeli ve 8.motor modeline ait demir kayıpları (Table 7. Core losses of the reference motor, 3rd motor model and 8th motor model)

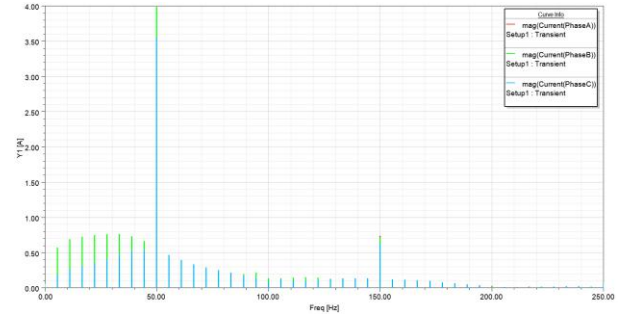
Tasarım	Stator Demir Kaybı [W]	Rotor Demir Kaybı [W]	Toplam Demir Kaybı [W]
Referans Motor	26,4450	0,4570	26,9020
3. Motor Modeli	32,7625	0,6227	33,3851
8. Motor Modeli	32,1538	0,6192	32,7730

3.5. Motor Modellerinin FFT Analizleri

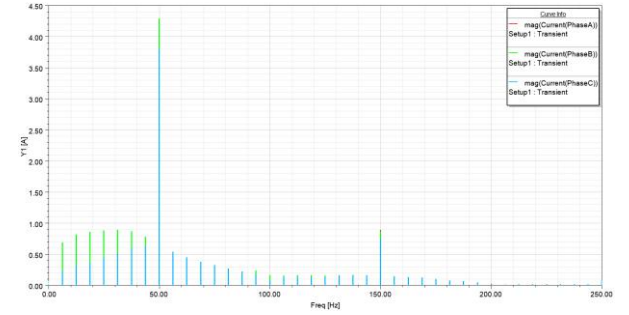
Bu çalışmada tasarlanan motor modellerinin daha sonra FFT analizleri yapılmış, akım ve endüklenen gerilimler için harmonikleri incelenmiştir. Şekil 13'de referans motor ile 3. ve 8. motor modellerine ait faz akımlarının FFT grafikleri ve Şekil 14'de de referans motor ile 3. ve 8. motor modellerinin endüklenen faz gerilimlerinin FFT grafikleri verilmiştir. Grafikler incelendiğinde 3. ve 8.motor modellerinde, temel frekans ve diğer frekans değerlerinde, motorun performansına etki edebilecek yüksek bir harmonik değere rastlanmadığı görülmektedir.



a)Referans motor faz akımlarının FFT grafiği ((a) Phase current FFT spectra of the reference motor)



b) 3.motor modelinin faz akımları FFT grafiği ((b) Phase current FFT spectra of the 3rd motor model)

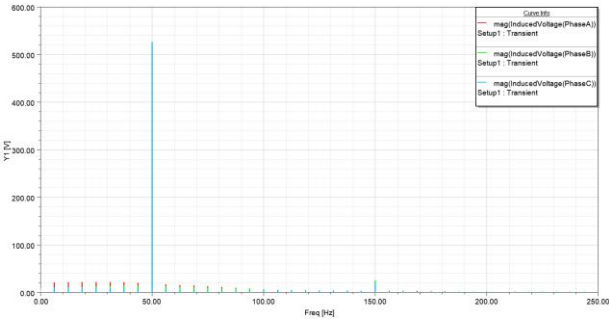


c) 8.motor modelinin faz akımları FFT grafiği ((c) Phase current FFT spectra of the 8th motor model)

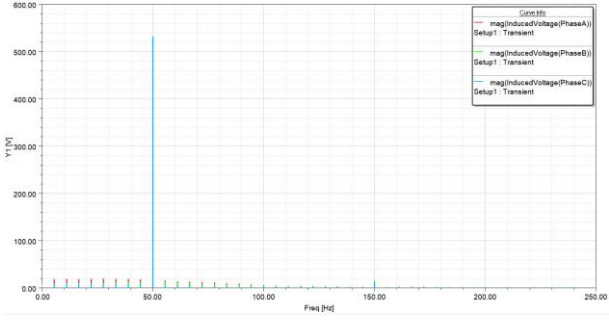
Şekil 13. Faz akımları FFT grafikleri (Figure 13. Phase Current FFT spectra)

4. Maliyet ve Enerji Tüketim Analizi

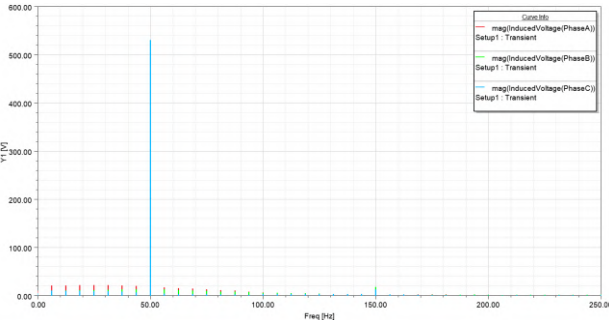
Verim, moment ve manyetik akı yoğunluk değerleri dikkate alınarak yapılan asenkron motor tasarım optimizasyonda, 8.motor modeli, verim, demir kaybı ve moment dalgalanma miktarları açısından daha iyi sonuçları vermesine rağmen, bu optimizasyon çalışması sonucunda, toroidal sargı yapısının ana hedefi olan daha düşük değerde kaçak reaktans değerini karşılayan, bununla birlikte çıkış gücü ve moment değeri daha iyi olan 3. motor modeli daha başarılı bir motor modeli olarak seçilmiştir.



a) Referans motorun endüklenen faz gerilimleri FFT grafiği ((a) Induced phase voltage FFT spectra of the reference motor)



b) 3.motor modeli için endüklenen faz gerilimleri FFT grafiği ((b) Induced phase voltage FFT spectra of the 3rd motor model)



c) 8.motor modeli için endüklenen faz gerilimleri FFT grafiği ((c) Induced phase voltage FFT spectrum of the 8th motor model)

Şekil 14. Endüklenen faz gerilimleri FFT grafikleri (Figure 14. Induced phase voltage FFT spectra)

Referans motor ve 3.motor modelinin son olarak maliyet ve enerji tüketim değerleri açısından karşılaştırması yapılmıştır. Bakır maliyetleri açısından yapılan karşılaştırma sonuçları Tablo 8’de verilmiştir. Maliyet analizi yapılırken, motorun günlük çalışma süresi 18 saat alınmıştır. Hesaplamalarda TEİAŞ’dan (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi) alınan güncel veriler kullanılmış ve sanayi işletmeleri için birim elektrik maliyeti 65,6298 Kr/kWh olarak alınmıştır (TEİAŞ,2022) . LME (London Metal Exchange) sitesi üzerinden birim kg başına bakır maliyeti ise 85 ₺ alınmıştır (Londra Metal Borsası, 2022). 3.tasarımda kullanılan bakır miktarı 7,138 kg iken, referans motorda kullanılan bakır miktarı 6,725 kg’dır. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde, 3.motor modelinde % 6,14 oranında daha fazla bakır kullanıldığı görülmektedir. Daha sonra güncel bakır fiyatları referans alınarak, bu artışın maliyete yansması hesaplanmıştır. Bakırın kg fiyatı 85 ₺ alındığında, 3.motor modelinde kullanılan bakırın maliyeti 606,73 ₺ olmaktadır. Referans motor için bakır maliyeti ise 571,625 ₺’dir. Yeni motor tasarımının, kullanılan bakır miktarına göre maliyet açısından karşılaştırılması yapıldığında, 606,73-571,625=35,105 ₺ kadar referans motora göre daha pahalı olduğu görülmektedir.

Referans motor ile 3.motor modelinin aylık elektrik tüketim maliyetleri incelendiğinde; referans motor için aylık elektrik tüketim bedeli $9329/12=777,416$ ₺ olarak ve toroidal sargılı motor için aylık elektrik tüketim bedeli $8917/12=743,083$ ₺ olarak hesaplanmıştır. Böylece aylık elektrik tüketiminde; $777,416-743,083=34,333$ ₺ tasarruf sağlanmıştır. Elektrik tüketiminde elde edilen bu aylık tasarrufla birlikte, 3.motor modelinin, referans motora göre alış maliyetindeki 35,105₺ olarak hesaplanan maliyet artışının, bir ay içerisinde karşılanabileceği görülmektedir.

Tablo 8. Referans motor ile 3.motor modelinin karşılaştırılması (Table 8. Comparison of the reference motor and the 3rd motor model)

Karşılaştırılan Değerler	Referans Motor	3. Motor Modeli
L(mm)	92,8	80
D _i (mm)	112,4	121,1
Elektriksel Güç (W)	2163,7	2068
Yıllık Tüketim (GWh)	14,215	13,587
Yıllık Tüketim (₺)	9329	8917
Verim (%)	83,19	87,04
Moment (Nm)	8,92	9,55
Bakır Miktarı (kg)	6,725	7,138
Bakır Maliyeti (₺)	571,625	606,73
Demir Nüve Miktarı (kg)	20,8	17,014

5. Sonuçlar

Bu çalışmada 1,8 kW gücünde, üç fazlı sincap kafesli, dağıtılmış tip sargı yapısına sahip bir asenkron motorda, verimlilik sınıfının IE2’den IE4’e yükseltilmesi için, toroidal sargı yapısının kullanıldığı bir optimizasyon çalışması yapılmıştır. Referans motorun; sargı yapısı, ekselel uzunluk ve rotor çapı değiştirilerek sekiz farklı motor modeli oluşturulmuş ve bu modellerin Ansys Maxwell’de analizleri yapılmıştır. Bu analizler sonucunda, en iyi verim değeri, motorun ekselel uzunluğunun 80 mm olduğu 3.motor modelinde elde edilmiştir. Verim değerinde %3,85’lik, moment değerinde ise %7,06’lık artış; direnç değerinde %15,8’lik, uç bağlantı endüktans değerinde %3,13’lük ve motorda kullanılan demir nüve miktarında da %16,6’lık bir azalma; motorda kullanılan bakır miktarında ise %6,14’lük bir artış meydana gelmiştir. Bu motor modelinin daha sonra maliyet ve enerji tüketim analizleri yapılmış ve alış maliyetindeki fiyat artışının kısa sürede karşılanabildiği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, toroidal sargı yapısının kullanılması durumunda motorun veriminin arttığı ve IE2 verim sınıfındaki referans motorun, IE4 verim sınıfına yaklaştığı sonucuna varılmıştır.

Kaynakça

- Acar, Ç., Soygenç, O. C., Ergenene, L. T., “Endüstriyel Uygulamalarda Kullanılan Asenkron Motorlarda IE2 Verim Sınıfından IE4 Verim Sınıfına Geçiş Amaçlı Bir Çalışma” Fırat Üniv. Fen Bilimleri Dergisi 30(1),59-65, 2018.
- Dorrell, D.G. “The Challenges of Meeting IE4 Efficiency Standards for Induction and Other Machines”, International Conference on Industrial Technology (ICIT '2014), Busan (South Korea), 2014, pp. 213-218.

- Energy Efficiency Office, "Report on Study on International Efficiency (IE) Efficiency Classes for Low Voltage AC Motors", 2015.
- International Energy Agency (IEA), World Energy Efficiency Outlook, Chapter 7, "Will Motors Drive Electricity Savings?", Paris, Fransa, (2016).
- Jensen, B. B., Jack, A. G. "Toroidally Wound Induction Machines", XIX International Conference on Electrical Machines - ICEM 2010, Rome.
- Jensen, B. B., Jack, A. G., Atkinson, G. J., Mecrow, B. C., "Performance of a Folded-Strip Toroidally Wound Induction Machine", IEEE Transactions On Industrial Electronics, Vol. 59, No. 5, May 2012.
- Londra Metal Borsası - Metal fiyatları
<https://www.lme.com/Metals/Non-ferrous/LME-Copper#Trading+day+summary>
- Mohan, M., "A Comparative Study On Performance Of 3 kW Induction Motor With Different Shapes Of Stator Slots", International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST), 2012.
- Pourmoosa A. A. and Mirsalim M., "Design Optimization, Prototyping, and Performance Evaluation of a Low-Speed Linear Induction Motor With Toroidal Winding", IEEE Transactions On Energy Conversion, Vol. 30, No. 4, December 2015.
- Sashidhar, S., Mathew, S. and Fernandes, B. G., "Novel Toroidal Winding for Efficiency Improvement of a Line-Start Induction Motor," IECON 2018 - 44th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society, 2018, pp. 607-612, doi: 10.1109/IECON.2018.8591812.
- T.C. Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Verimlilik Genel Müdürlüğü, "Elektrik Motorlarında Enerji Verimliliği", Ankara, (2015).
- TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi), Enerji tüketim tarife bilgileri, 2022.
https://www.tedas.gov.tr/#!tedas_tarifeler



Investigation of Some Quality Properties of Kars Gravyer, Gruyere, and Emmental Cheese

Mustafa Çavuş^{1*}, Mehmet Beykaya²

^{1*} Kayseri University, Safiye Cikrikcioglu Vocational College, Department of Food Technology, Kayseri, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9535-7277), mustafacavus@kayseri.edu.tr

²Republic of Turkey Ministry of Agriculture and Forestry, Ankara, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2594-5011), mb-kaya@hotmail.com

(First received 2 February 2022 and in final form 25 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1067172)

ATIF/REFERENCE: Çavuş, M. & Beykaya, M. (2022). Investigation of Some Quality Properties of Kars Gravyer, Gruyere, and Emmental Cheese. *European Journal of Science and Technology*, (35), 187-194.

Abstract

In the present study, the characteristic features of the cheese known as Kars Gravyer cheese were determined. In addition, some parameters of Gruyere and Emmental cheeses, which are Swiss-type cheeses, were compared to the Kars Gravyer. Swiss Gruyere and Emmental cheeses were supplied from six various places. Also, six Gravyer cheese was obtained from different sales points in Kars. Some physicochemical properties of cheeses were investigated. Average moisture values were found to be the highest in Emmental cheeses, while the lowest was in Gruyere. The fat value was measured highest in Gruyere cheeses and the lowest in Emmental. Average b* values were found to be the highest in Emmental cheeses; therefore, Emmental cheeses had a more yellow appearance than the others. Average hardness values were the highest in Kars Gravyer and the lowest in Gruyere.

Keywords: Gravyer, Swiss Cheeses, Physicochemical properties.

Kars Gravyeri, Gruyere ve Emmental Peynirlerinin Bazı Kalite Özelliklerinin İncelenmesi

Öz

Bu çalışmada Kars Gravyer peyniri olarak tanınan peynirin karakteristik özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca İsviçre tipi peynir çeşitlerinden olan Gruyere ve Emmental peynirlerinin bazı parametreleri ile karşılaştırılmıştır. Kars'ta farklı satış noktalarından temin edilen 6 adet Gravyer peyniri, yine çeşitli satış noktalarından İsviçre Gruyere ve Emmental peynirlerinden 6'şar adet numune örneği alınarak fizikokimyasal ve tekstürel açıdan analiz edilmiştir. Ortalama nem değerleri en yüksek Emmental peynirlerinde, en düşük ise Gruyere peynirlerinde ölçülmüştür. Yağ değeri en yüksek Gruyere peynirlerinde, en düşük Emmental peynirlerinde ölçülmüştür. Ortalama b* değeri en yüksek peynirler Emmental peynirler olduğu için bu peynirler diğerlerine göre daha sarı görünümüne sahiptir. Ortalama sertlik değerleri en yüksek Kars gravyer peynirlerinde, en düşük Gruyere peynirlerinde ölçülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Gravyer, İsviçre Peynirleri, Fizikokimyasal özellikler.

* Corresponding Author: mustafacavus@kayseri.edu.tr

1. Introduction

Gravyer cheese is from raw or pasteurized milk using calf siren and thermophilic starter cultures (propionic acid bacteria). It has medium-sized pores evenly spaced. It ripens for about 12 months and has a strong aroma. Its color is light yellow, and its crust color is golden yellow to brownish (Fernandes R. 2008; Lavanchy and Bütikofer, 1999).

Milk with high-fat contents is used in cheese making. This milk is obtained from Zavot cows, fed with plants with more than a thousand seeds (Koçulu, 2014). Gravyer cheese is a kind of local cheese produced in Turkey. Apart from this, it is a European type of cheese with economic value and is liked by consumers. Due to the increase in demand in the domestic market, its imports and production are increasing day by day. Gravyer cheese is produced in the Eastern Anatolia Region, especially in Kars province and its surroundings, as in other country regions. It is stated that this cheese was brought to Kars by the Russians, and its production was thought (Kurt, 1968). 90% (approximately 214 tons) of Gravyer is produced annually in Kars, Turkey (Anonymous, 2012; Anonymous, 2007b).

Le Gruyere cheese is a hardened cheese traditionally produced from raw milk from cows fed on meadows and pastures in the Alpine region of Switzerland. (Gerz et al., 2007). The origin of Swiss-type cheeses is the Emment valley in Switzerland. Swiss-type cheeses have round, smooth and medium to large (1-3 cm) pores (Steffen et al., 1993; Fröhlich-Wyder and Bachmann 2007). The authenticity of this cheese, which is known in many countries, varies according to milk. Milk is affected by the country's climate, geology, and flora. The Swiss-type Gruyere cheese is known by the name of the town of Gruyère in Switzerland. It has been produced since the 13th century in the town of Gruyère, northeast of Lake Lemman.

Boğatepe Gravyer or Kars Gravyer resembles porous Emmental cheese in appearance. Emmental cheese is another type of cheese originating from Switzerland. These two types of cheese differ from each other in terms of taste and production process. Swiss Gruyère cheese is non-porous and salty, while Emmental is porous and less salty (Arınç, 2018). Gravyer cheese has a stronger flavor than Emmental cheese and smaller pores. (İnal and Ergün, 1990; Fox et al., 2004a).

Gravyer cheese is one of the 20 kinds of hard and pored cheese globally. One of the most important features is that its pores are 1.3-1.5 cm in diameter, and these pores are generally 2.5-5 cm apart from each other (Nath and Kostak, 1986). On the other hand, in some studies, it has been stated that the diameters of the pores in Gravyer cheese vary between 0.5-1.3 cm (Kosikowski, 1981).

This study aimed to determine the characteristics of the Kars Gravyer cheese and to compare some parameters with Gruyere and Emmental cheeses, which are Swiss-type cheeses,

2. Material and Method

2.1. Materials

Within the scope of the study, a total of 18 types of cheese were used, including six types of Kars Gravyer cheese, six types of Gruyere cheese, and six types of Emmental cheese. Kars Gravyer cheese was obtained from factories and dairy farms in

and around Kars province. Gruyere and Emmental cheeses, Swiss ones, were also obtained from the sales place (Metro A.Ş) with suitable storage conditions (+4 °C). The samples were brought to the Iğdır University laboratory under cold chain conditions.

2.2. Physicochemical properties

Dry matter analysis of cheeses was made according to Metin and Öztürk (2002). Fat determination in cheese samples was determined using the Gerber method. (Anonymous 1978a). Gravimetric analysis was used to determine the Ash content of the cheeses. Salt analysis was carried out according to the Mohr method (Anonymous, 1978b; Metin and Öztürk 2002). Acidity in the samples was determined as %lactic acid (Kurt et al. 2015).

To determine the pH values of the cheeses, 10 g of grated cheese and 10 ml of distilled water were mixed and homogenized with the help of a homogenizer. The pH of the prepared mixture was measured with a digital pH meter (Kurt et al., 2015). Protein analysis was performed according to the Kjeldahl method (Kurt et al. 2015, Anonymous 2007a). The ratio of water-soluble protein and nitrogen in % was determined by the Micro-Kjeldahl method. The result was multiplied by 6.38 to determine the proportion of water-soluble protein (Kurt et al., 2015).

2.3. Color parameters

The color characteristics of the cheeses were determined with a color determination device (Lovinbond Reflectance Tintometer 962, Canada). Samples were measured light-darkness with L* value (from black (0) to white (100)), green-red color with a* value, and yellow-blue color with b* value (Mitsumoto et al. 2005).

2.4. Textural properties

The textural properties of the cheese samples were determined using the TA.XT Plus Texture Analyzer texture measuring device (Mcmahon et al., 2009). Samples were cut into 2.0 cm cubes. A 2 cm diameter spherical head was used in the oppression. Compression speed was set to 1 mm.sec⁻¹, with a total processing time of 10 sec. The compression process was carried out so that 25% of the original size of the samples was compressed.

2.5. Statistical Analysis

Results of some physicochemical properties of Kars Gravyer, Swiss-Gruyere and Emmental cheese were expressed with the standard normal distribution (Kissell and Poserina, 2017). All analyses were conducted with JMP Pro 15.

3. Results and Discussion

The physicochemical and textural values of Kars Gravyer cheese and Swiss Gruyere and Emmental cheeses were given in Table 1, Table 2, and Table 3.

3.1. Physicochemical measurements

The normal distribution graphs of the moisture, protein, fat, and ash contents of cheese samples were given in Figure 1. Moisture values of Kars Gravyer cheeses were also found to vary between 29.82-33.52% (Table 1). According to TS 2174 (38%), the moisture value of Kars Gravyer cheese was within the standard values. The moisture value of Kars Gravyer cheese was determined by Ulutas et al. (1993), 31.8%, Kamber et al. (2008)

found 19.8%, Topuk, and Sezer (2015) determined the moisture value of gravyer cheese bought from 40 different sales points between 20.37-36.8%, Çetinkaya, and Öz (2018) determined the moisture value of gravyer cheese in their study. The moisture value of Emmental cheeses was found to be between 35.12-40.52% (Table 1). The moisture value of Gruyere cheeses was

found to be between 28.08-32.60% (Table 1). Zerfiridis et al. (1984) measured the moisture value of Swiss gruyere cheeses matured for six months between 33.96% and 38.61%. Sabanoğlu (2010) found the moisture value of Emmental cheeses to be 37.40% - 39.26%, and Erol (2014) found the moisture value of Emmental cheeses to be 37.75%.

Table 1. Physicochemical values of Kars Gravyer, Swiss Gruyere, and Emmental cheeses

SAMPLE NO	Ash (550)	pH	Moisture	Acidity	Protein	Salt	Fat	WSN
KG-1	5.13	5.66	29.82	1.16	26.38	2.50	32.25	0.11
KG-2	4.39	5.96	33.52	1.02	28.35	1.65	31.50	0.16
KG-3	4.76	5.61	32.91	1.55	27.69	2.05	31.50	0.16
KG-4	4.53	5.66	32.92	1.57	29.96	1.79	28.75	0.19
KG-5	4.59	5.72	32.45	1.67	28.71	1.78	28.50	0.19
KG-6	4.45	5.64	30.45	1.19	29.06	1.62	30.75	0.20
MEAN	4.64±0.27	5.71±0.13	32.01±1.51	1.36±0.27	28.36±1.23	1.90±0.33	30.54±1.56	0.17±0.03
SE-1	3.83	5.99	36.74	1.23	29.92	1.44	27.25	0.19
SE-2	3.36	5.59	37.28	1.29	29.74	0.68	27.00	0.22
SE-3	3.83	5.86	36.78	1.44	27.93	1.37	28.50	0.18
SE-4	3.79	5.79	35.62	1.03	27.41	1.32	28.50	0.14
SE-5	3.79	5.79	35.12	1.24	26.95	1.00	27.75	0.17
SE-6	4.32	5.93	40.80	1.28	28.26	2.11	26.00	0.18
MEAN	3.82±0.30	5.83±0.14	37.06±2.00	1.25±0.13	28.37±1.22	1.32±0.48	27.50±0.96	0.18±0.03
SG-1	3.94	5.56	32.60	1.68	29.21	1.51	32.50	0.23
SG-2	4.18	5.95	30.41	1.63	29.06	1.81	33.50	0.35
SG-3	4.26	5.96	29.88	1.50	29.71	1.79	33.25	0.25
SG-4	3.58	6.76	29.95	1.56	28.51	1.12	36.00	0.33
SG-5	4.31	6.06	28.08	1.28	30.14	1.88	34.50	0.17
SG-6	4.54	6.05	30.59	1.51	28.96	1.99	34.25	0.18
MEAN	4.14±0.33	6.06±0.39	30.25±1.46	1.53±0.14	29.27±0.58	1.68±0.32	34.00±1.21	0.25±0.07

KG: Kars Gravyer SE: Emmental SG: Swiss-Gruyere

The pH value of Kars Gravyer cheese was found to be between 5.61 and 5.96 (Table 1). Kamber (2015) found the pH value of Kars Gravyer cheeses to be 5.73-6.82. Topuk and Sezer (2015) found the average pH value of Kars Gravyer cheeses purchased from 40 different sales points to be 6.02. The pH value of Emmental cheeses was found between 5.59-5.99 (Table 1). The pH value of Gruyere cheeses was found between 5.56-6.76 (Table 1). Zerfiridis et al. (1984) found the pH value of Swiss gruyere cheeses matured for 6 months between 5.35 and 5. Erol (2014) found the pH value of Emmental cheeses to be 5.33. Sabanoğlu (2010) found the pH value of Emmental cheeses to be between 5.42 and 5.76. It was emphasized that the reason for the different results was the raw material content and cheese culture used.

The average ash value of Kars Gravyer cheese is 4.64. In various studies on Kars Gravyer cheese, the ash value of cheeses was determined as 5.4 by Kamber et al. (2008), 3.95-6.61 by Topuk and Sezer (2015), and 4.94 by Ulutaş et al. (1993). The

average ash value of Emmental cheeses was measured as 3.82. The average ash value of Gruyere cheeses was measured as 4.14. Ash values were determined as 3.50 in Emmental cheeses (Langsrud and Reinbold, 1973) and 4.10 in Gruyere cheeses (Kosikowski, 1981).

The acidity value of Kars Gravyer cheese was measured between 1.02-1.67. The acidity value of Kars Gravyer cheese was found to be 1.54 by Kamber et al. (2008) and 1.87 by Ulutas et al. (1993). Çetinkaya and Öz (2018) found the average titration acidity of Gravyer cheese to be 1.12 in their study. They reported that the effect of ripening on titration acidity is significant. Gölge (2009) found 0.35-0.53% acidity value in fresh and ripened kelle cheese. The acidity value of Emmental cheeses was determined between 1.03 and 1.44 (Table 1). The acidity value of Gruyere cheeses was found between 1.28-1.68 (Table 1).

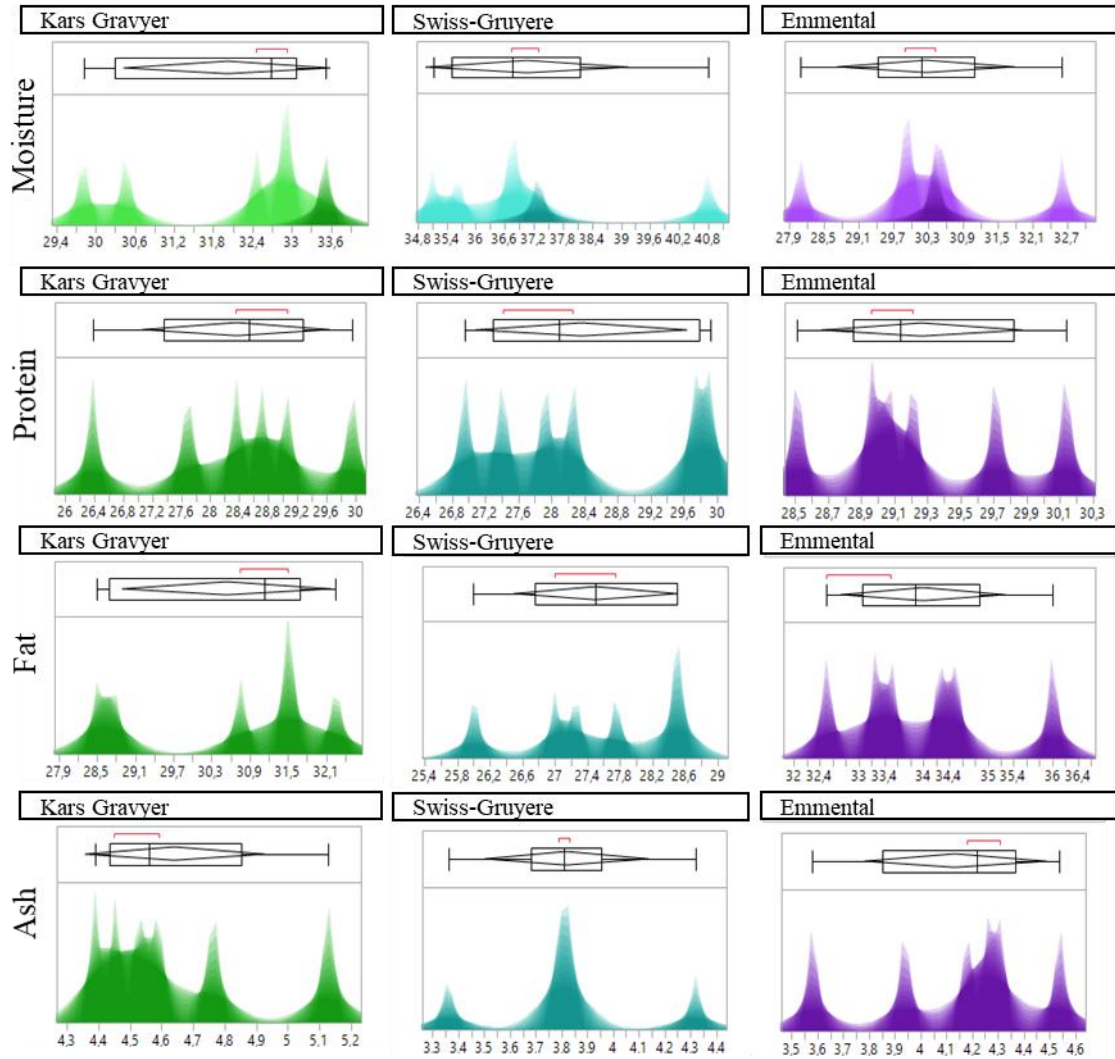


Figure 1. Normal distribution plot of Kars Gravyer, Swiss Gruyere, and Emmental cheeses

In this study, the protein value of Kars Gravyer cheese was found to be between 26.38-29.96 (Table 1). The protein values of Kars Gravyer cheese were found to be 31.3 by Kamber et al (2008), 23.7-33.3 by Topuk and Sezer (2015), 28.95 by Ulutas et al (1993), and 29.65 by Çetinkaya and Öz (2018). The protein value of Emmental cheeses was determined between 26.96-29.92 (Table 1). The protein value of Gruyere cheeses was found to be between 28.51-30.14 (Table 1). Langsrud and Reinbold (1973) determined the protein value of Emmental cheese as 27.50, Kosikowski (1981) determined the protein value of Gruyere cheese as 30.0, and Erol (2014) determined the protein value of Emmental cheese as 27.40. The results of our study show similarities with the studies carried out.

The salt value of Kars gravyer cheese was found to be between 1.62-2.50% (Table 1). In various studies on Kars gravyer cheeses, the salt value of cheeses was determined 11.0 % by Kamber et al. (2008), 1.03-5.57 % by Topuk and Sezer (2015), 3.70 % by Ulutas et al. (1993), and 1.53% by Çetinkaya and Öz (2018). Grappin et al. (1993) reported that salt concentration is quite effective in forming propionic acid fermentation in Gravyer cheese. At the same time, Huc et al. (2014) found that the number and size of pores decreased as the salt concentration increased. The salt value of Emmental cheeses was measured between 0.68-2.11 (Table 1). The salt value of Gruyere cheeses was found

between 1.12-1.99 (Table 1). The salt value in Emmental cheeses was determined as 1.20 by Langsrud and Reinbold (1973) and 2.60 by Erol (2014). Kosikowski (1981) determined the salt value in Gruyere cheese as 1.10 in his study. Our results were slightly lower than the TS2174 (3-10%) Kars Gravyer cheese standard. Salt values in various studies on Kars Gravyer cheese were slightly higher than our results. This is thought to be due to production differences.

The fat value of Kars Gravyer cheese was found to be between 28.50-32.25% (Table 1). The fat values of Kars Gravyer cheese were found as 32.4 by Kamber et al (2008), 23-42 by Topuk and Sezer (2015), 33.45 by Ulutas et al (1993), and 26.67 by Çetinkaya and Öz (2018). The fat value of Emmental cheeses was found to be between 26-28.5 (Table 1). The fat value of Gruyere cheeses was found to be between 32.5-36.0 (Table 1). Fat values in Emmental cheeses were found as 30.5 by Langsrud and Reinbold (1973) and 29.81 by Erol (2014). Fat values in Gruyere cheese were found as 30.0 by Kosikowski (1981). Zerfiridis et al. (1984) determined that the fat value of Gravyer cheese matured for 6 months is relatively high. Our results were within the limit values according to TS2174 (30-48) Kars Gravyer cheese standard.

The WSN value of Kars Gravyer cheese was found to be between 0.11-0.20 (Table 1). The WSN value of Emmental cheeses was determined between 0.14-0.22 (Table 1). The WSN value of Gruyere cheeses varied between 0.17-0.35 (Table 1). Çelebi and Şimşek (2020) found the water-soluble nitrogen rates to be 0.48% on the first day and 0.61% at the end of storage. Water-soluble nitrogen contains peptides, free amino acids, and the non-casein fraction of proteins. The formation of water-soluble nitrogen compounds with maturation gives us clues about proteolysis.

3.2. Color measurements

The L* value of Kars Gravyer cheese was found to be between 71.13 and 79.39 (Table 2.). The L* value of Emmental cheeses was found to be between 71.02-77.29 (Table 2.). The L* value of Gruyere cheeses was found to be between 70.39 and 82.25 (Table 2.). It has been determined that Gruyere cheese is brighter than other cheeses, as the L* value shows the degree of black and whiteness. Kavak and Karabıyık (2019) found the L value of kashar cheese to be between 85.87-87.42 on the first day of storage and between 81.45-83.34 on the end of storage. Metzger et al. (2000) reported that fat globules and casein affect the L value of cheese. A decrease in L* values at the end of ripening was also reported by Dinkci et al. (2011). This decrease in L* value is due to the Maillard reaction between lactose and casein during ripening. (Corzo et al., 2000).

Table 2. Color values of Kars Gravyer, Swiss Gruyere, and Emmental cheeses

SAMPLE NO	L*	a*	b*
KG-1	79.39	-3.63	24.24
KG-2	74.97	-3.01	23.05
KG-3	76.10	-2.83	24.83
KG-4	71.13	-1.46	19.61
KG-5	76.69	-2.97	26.33
KG-6	74.98	-2.87	22.98
MEAN	75,54±2,70	-2,80±0,72	23,51±2,28
SE-1	72.64	-2.34	24.86
SE-2	75.90	-3.32	27.92
SE-3	77.29	-1.71	21.80
SE-4	76.05	-3.09	28.59
SE-5	71.61	-2.93	24.92
SE-6	71.02	-1.47	19.32
MEAN	74,09±2,65	-2,48±0,76	24,57±3,54
SG-1	77.39	-1.63	21.90
SG-2	82.25	-2.46	27.71
SG-3	76.45	-2.98	25.97
SG-4	70.39	-1.45	19.45
SG-5	79.62	-3.11	26.52
SG-6	76.79	-2.89	24.84
MEAN	77,15±3,96	-2,42±0,72	24,40±3,13

KG: Kars Gravyer SE: Emmental SG: Swiss-Gruyere

The a* value of Kars Gavyer cheese was found to be between -1.46--3.63 (Table 2). The a* value of Emmental cheeses was found to be between -1.47--3.32 (Table 2). The a* value of Gruyere cheeses was found to be between 1.45 and -3.11 (Table

2). Kavak and Karabıyık (2019) found the a* value of kashar cheese between -4.32- -3.11 on the first day of storage and between -4.24- -2.78 at the end of storage. Sahan et al. (2008) reported that the reduced-fat cheese samples had a more greenish hue.

The b* value of Kars Gravyer cheese was found to be between 19.61-26.33 (Table 2.). The b* value of Emmental cheeses was found between 19.32-28.59 (Table 2.). The b* value of Gruyere cheeses was found between 19.45-27.71 (Table 2.). Emmental cheeses are the cheeses with the highest average b* value. Therefore, these cheeses have a more yellow appearance than others. Kavak and Karabıyık (2019) found the b* value of kashar cheese to be between 9.61-10.21 on the first day of storage and between 11.23-12.60 at the end of storage. At the same time, Buffa et al. (2004) reported that the b* value of cheese increased at the end of storage, so the yellowness of cheese increased with ripening.

3.3. Textural properties

The hardness value of Kars gravyer cheese was found to be between 3702.33 - 9013.03 g (Table 3).

The hardness value of Emmental cheeses was found between 3163.67-6153.53 g (Table 3). The hardness value of Gruyere cheeses was found to be 2788.33-6974.81 g (Table 3). The hardest one among the cheeses was the sample numbered KG-6. Ozcan et al. (2017) attributed the different textural properties of cheeses to the composition of the milk, heat treatment process, pH, salt content, and different starter cultures in their study. Many researchers have reported that moisture loss, enzymatic activity, and salt content during the ripening stage are effective in the formation of textural features (Fox and Wallace, 1997; Puvaca et al., 2020). Eroglu et al. (2015) reported that the hardness values of 30 different fresh kashar cheeses ranged from 34.76 to 112.6 N. Alam et al. (2016) measured the average hardness value of mozzarella cheese as 138.89. They stated that atmosphere packaging types play an important role in the proteolysis and textural properties of mozzarella cheese. Khanal et al. (2018), in their study on kashar cheese, stated that the texture values of cheeses with added sodium alginate were softer than low-fat kashar cheese.

The long ripening period in Gravyer cheese causes the formation of a hard crust. It has been reported by researchers that the moisture content of this type of cheese affects different characteristics of the cheese, such as texture, aroma, and taste (Fox et al., 2004a; Fox et al., 2004b).

It is also known that because of the enzymatic hydrolysis of casein, the hardness value of cheeses decreases with ripening (Eroglu et al., 2015). The adhesiveness value of Kars Gravyer cheese was found to be between -4.91- -27.28 (Table 3). The adhesiveness value of Emmental cheeses was found between -3.78- -15.85 (Table 3). The adhesiveness value of Gruyere cheeses was found between -9.21- -74.95 (Table 3). Eroglu et al. (2015) examined 30 different fresh kashar cheeses and found the adhesiveness values of their cheeses between -0.310 and -1.176 N.s. Eroglu et al. (2015) reported that the adhesiveness values of kashar cheeses changed between -75.00 – -61.00 on the first day of storage and -14.50 – -5.90 at the end of storage.

The springiness value of Kars Gravyer cheese was found to be between 0.77-0.89 (Table 3). The springiness value of Emmental cheeses was found between 0.78-0.87 (Table 3). The

springiness value of Gruyere cheeses was found between 0.51-0.81 (Table 3). It is known that the decrease in springiness with maturation is due to proteolytic degradation (Sahan et al., 2008; Jaster et al., 2019). Kavak and Karabıyık (2020) found that the springiness value of kashar cheeses varied between 0.76-0.86.

The cohesiveness value of Kars Gravyer cheese was found to be between 0.30-0.53 (Table 3). The cohesiveness value of Emmental cheeses was found between 0.38-0.63 (Table 3). The cohesiveness value of Gruyere cheeses was found between 0.15-0.52 (Table 3). Alam et al. (2016) determined mozzarella cheese's average cohesiveness value as 0.38. It is known that the cohesiveness value decreases due to the increase in lipolysis and proteolysis levels during maturation (Delgado et al., 2011). It has been reported by some researchers that there is a positive relationship between the moisture content and stickiness of cheeses (Koca and Metin, 2004). Yaşar, (2007), Eroğlu et al., (2015), and Çelebi and Şimşek (2020) stated that the cohesiveness values of kashar cheese decreased with ripening.

The gumminess value of Kars Gravyer cheese was found to be between 1461.80 and 4361.92 (Table 3). The gumminess value of Emmental cheeses was found to be between 1614.26 and

3344.37 (Table 3). The gumminess value of Gruyere cheeses was found to be between 981.33 and 1462.33 (Table 3). The gumminess value changes in direct proportion to the cohesiveness and hardness values (Göksel et al., 2013). Eroğlu et al. (2015) reported that the gumminess value of kashar cheeses varied between 20.50 and 66.28. Alam et al. (2016) reported that the average gumminess value in mozzarella cheese was 50.34 N. At the same time, Çelebi and Şimşek (2020) reported that the gumminess value of kashar cheese decreased with ripening.

The chewiness values of Kars gravyer cheese were found to be between 1163.97 and 3895.13 (Table 3). The chewiness values of Emmental cheeses were found to be between 1259.68 and 2648.41 (Table 3). The chewiness values of Gruyere cheeses were found to be between 507.33 and 1159.33 (Table 3). Alam et al. (2016) measured the average chewiness of Mozzarella cheese as 25.17 N.mm. The resilience values of Kars gravyer cheese were found to be between 0.05 and 0.16 (Table 3). The resilience values of Emmental cheeses were found to be between 0.11 and 0.23 (Table 3). The resilience values of the Gruyere cheeses were found to be between 0.03 and 0.17 (Table 3).

Table 3. Textural values of Kars Gravyer, Swiss Gruyere, and Emmental cheeses

SAMPLE NO	Hardness	Adhesiveness	Springiness	Cohesiveness	Gumminess	Chewiness	Resilience
KG-1	8532.44	-17.88	0.82	0.34	1619.48	1214.57	0.09
KG-2	3702.33	-4.91	0.79	0.53	1968.00	1552.33	0.16
KG-3	4033.20	-9.34	0.79	0.36	1461.80	1163.97	0.11
KG-4	7500.04	-19.81	0.77	0.30	2201.00	1708.97	0.05
KG-5	8736.99	-27.28	0.89	0.50	4361.92	3895.13	0.16
KG-6	9013.03	-13.47	0.78	0.35	2230.15	2677.83	0.07
MEAN	6919,67±2420,98	-15,45±7,97	0,81±0,04	0,40±0,09	2307,06±1052,79	2035,47±1062,49	0,11±0,05
SE-1	4940.71	-7.07	0.87	0.42	2045.68	1776.09	0.12
SE-2	3726.00	-3.78	0.84	0.62	2346.67	1961.00	0.23
SE-3	5668.59	-4.20	0.79	0.59	3344.37	2648.41	0.18
SE-4	3163.67	-7.30	0.79	0.63	1989.67	1556.33	0.20
SE-5	6153.53	-5.73	0.83	0.54	3321.19	2780.51	0.12
SE-6	3761.00	-15.85	0.78	0.38	1614.26	1259.68	0.11
MEAN	4568,92±1199,71	-7,32±4,42	0,82±0,04	0,53±0,11	2443,64±727,07	1997,00±604,34	0,16±0,05
SG-1	3514.67	-11.92	0.72	0.41	1462.33	1065.00	0.12
SG-2	6974.81	-74.95	0.62	0.15	1020.02	631.88	0.03
SG-3	3046.33	-9.21	0.70	0.47	1512.67	1051.33	0.15
SG-4	3655.33	-40.39	0.51	0.27	981.33	507.33	0.07
SG-5	2806.00	-19.83	0.79	0.40	1164.50	873.00	0.13
SG-6	2788.33	-28.04	0.81	0.52	1440.00	1159.33	0.17
MEAN	3797,58±1597,58	-30,72±24,46	0,69±0,11	0,37±0,14	1263,48±237,27	881,31±261,57	0,11±0,05

KG: Kars Gravyer SE: Emmental SG: Swiss-Gruyere

4. Conclusions and Recommendations

When the results of the physicochemical analysis were evaluated, the moisture value of the cheeses was found within the standard values. The average protein value of the cheeses was measured the highest in Gruyere cheeses, then in Emmental cheeses, and the lowest in Kars gravyer cheeses. The average salt values of the cheeses were found to be slightly lower than the TS2174 (3-10%) Kars Gravyer cheese standard. The average fat values of the cheeses were within the limit values according to the TS2174 (30-48) Kars Gravyer cheese standard. The mean L* values of the cheeses were measured the highest in Gruyere cheeses, then in Kars Gravyer cheeses, and the lowest in Emmental cheeses. The a* values were highest in Gruyere cheeses, followed by Emmental cheeses, and the lowest in Kars Gravyer cheeses. The b* values were highest in Emmental cheeses, followed by Gruyere cheeses, and the lowest in Kars Gravyer. Since the cheeses with the highest average b* values are Emmental cheeses, these cheeses have a more yellow appearance than others. The average hardness value of the cheeses was the hardest sample KG-6.

As a result, it is thought that the data obtained may increase the chance of competing with the world-famous counterparts of Kars Gravyer cheese, such as similar cheese varieties with high economic potential. At the same time, it is thought that it can contribute to the economy of the region and the country.

5. Acknowledge

This study was carried out with the support of Iğdır University Scientific Research Projects Coordinatorship (Project No: 2020-FBE-A05). We would like to thank the Scientific Research Projects Coordinator of Iğdır University for their support.

References

Alam, T., Saha, N. C., Bhardwaj, A., & Goyal, G. K. (2016). Influence of Modified Atmosphere Packaging (MAP) on textural properties of Mozzarella cheese during refrigeration storage. *Asian Journal of Dairy and Food Research*, 35(2), 103-110.

Anonim, 1978a. TS 3046. Peynirde Yağ Miktarı Tayini (Van Gulik Metodu) Türk Standartları Genel Müdürlüğü. Ankara

Anonim, 1978b. TS 3043, Peynirde Klorür Miktarı Tayini. Türk Standartları Genel Müdürlüğü, Ankara.

Anonim, 2007a. Gıdalarda Ham Protein Tayini. Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi. Ankara.

Anonim, 2007b. Düzey II Bölgeleri Kalkınma Programı, Pazarlama Araştırmaları, Süt ve Süt Ürünleri TRA2, RD-AKKM.419.TR.

Anonim, 2012. Kars 2012 yılı Süt ve Ürünleri Üretim Yıllığı. Kars Tarım İl Müdürlüğü. Kars

Ariuç, K. (2018). Boğatepe Köyü'nde Gravyer peyniri üretimi ve sürdürülebilir gelişme bakımından önemi (Kars/Türkiye). *Türk Coğrafya Dergisi*, (70), 7-18.

Buffa, M., Guamis, B., Saldo, J., & Trujillo, A. J. (2004). Changes in organic acids during ripening of cheeses made from raw, pasteurized or high-pressure-treated goats' milk. *LWT-Food Science and Technology*, 37(2), 247-253. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2003.08.006>.

Çelebi, M., & Şimşek, B. (2020). Taze ve olgunlaşmış kaşar peynirlerinde bazı kimyasal ve tekstürel özelliklerin belirlenmesi. *Yüziüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 64-74.

Çetinkaya, A., & Oz, F. (2018). Changes in cholesterol and free fatty acid content of Kars Gravyer Cheese (A Turkish dairy product produced by the traditional method). *Ukrainian food journal*, (7, Issue 3), 409-420.

Corzo, N., Villamiel, M., Arias, M., Jiménez-Pérez, S., & Morales, F. J. (2000). The Maillard reaction during the ripening of Manchego cheese. *Food Chemistry*, 71(2), 255-258. [http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00166-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00166-7).

Delgado, F. J., González-Crespo, J., Cava, R., & Ramírez, R. (2011). Proteolysis, texture and colour of a raw goat milk cheese throughout the maturation. *European Food Research and Technology*, 233(3), 483-488.

Dinkçi, N., Kesenkaş, H., Seçkin, A. K., Kımık, Ö., & Gönç, S. (2011). Influence of a vegetable fat blend on the texture, microstructure and sensory properties of kashar cheese. *Grasas y aceites*, 62(3), 275-283.

Eroğlu, A., Dogan, M., Toker, O. S., & Yılmaz, M. T. (2015). Classification of kashar cheeses based on their chemical, color and instrumental textural characteristics using principal component and hierarchical cluster analysis. *International Journal of Food Properties*, 18(4), 909-921.

Erol, T. (2014). *Antalya/Manavgat'ta üretilen peynir türlerinin ve bu peynirlerin üretiminde kullanılan sütün mikrobiyolojik kriterlere uygunluğunun belirlenmesi*. (Yüksek lisans tezi). Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda mühendisliği ABD. Antalya.

Fernandes, R. (2008). *Microbiology Handbook Dairy Products*. Leatherhead Publishing. a Division of Leatherhead Food International Ltd, Randalls Road, Leatherhead, Surrey KT22 7RY, UK.

Fox, P. F., & Wallace, J. M. (1997). Formation of flavor compounds in cheese. *Advances in applied microbiology*, 45, 17-86.

Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M., & Guinee, T. P. (2004a). *Cheese chemistry: physics and microbiology (3rd ed., vol. 2, Major Cheese Groups)*. London: Elsevier Academic Pres.

Fox, P. F., McSweeney, P. L. H., Cogan, T. M., & Guinee, T. P. (2004b). *Cheese chemistry: physics and microbiology (3rd ed., vol. 1, General Aspects)*. London: Elsevier Academic Pres.

Fröhlich-Wyder, M.T. & Bachmann, H.P. (2007). Swiss Cheese. *Cheese Problems Solved*. P.L.H.McSweeney, Woodhead Publishing Ltd., England, 246- 267.

Gerz, A., Barjolle, D., & Sautier, D. (2007). Geographical indications, a way forward for local development. *Summary of the International Training Module*, Prangins, Switzerland.

Göksel, A. B., Baytekin, E. P., & Maden, A. G. D. (2013). Kids marketing: an evaluation of Pinars kids marketing operations. *Gumushane University E-Journal of Faculty of Communication*, 2(2), 1.

Gölge, Ö. (2009). *Influence of the starter culture on the characteristics of kelle cheese* (PhD Thesis). Çukurova University, Adana, Turkey.

Grappin, R., Lefier, D., Dasen, A., & Pochet, S. (1993). Characterizing ripening of Gruyère de Comté: influence of time× temperature and salting conditions on eye and slit formation. *International Dairy Journal*, 3(4-6), 313-328. [http://dx.doi.org/10.1016/0958-6946\(93\)90020-Z](http://dx.doi.org/10.1016/0958-6946(93)90020-Z).

- Huc, D., Roland, N., Grenier, D., Challos, S., Michon, C., & Mariette, F. (2014). Influence of salt content on eye growth in semi-hard cheeses studied using magnetic resonance imaging and CO₂ production measurements. *International Dairy Journal*, 35(2), 157-165. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2013.11.010>
- İnal T, Ergün Ö, 1990. Süt ve Süt Ürünleri Teknolojisi. Panzehir Yayınları-1, İstanbul, T
- İnal, T., & Ergün, Ö. (1990). *Süt ve Süt Ürünleri Teknolojisi*. Final Ofset, İstanbul.
- Jaster, H., Judacewski, P., Ribeiro, J. C. B., Zielinski, A. A. F., Demiate, O. M., Los, P. R., Alberti, A., & Nogueira, A. (2019). Quality assessment of the manufacture of new ripened soft cheese by *Geotrichum candidum*: physico-chemical and technological properties. *Food Science and Technology*, 39(1), 50-58. <http://dx.doi.org/10.1590/fst.25717>.
- Kamber, U. (2015). Traditional Turkey cheeses and their classification. *Van Veterinary Journal*, 26(3), 161-171.
- Kamber, U., Elmalı, M., & Yaman, H. (2008). Microbiological and chemical properties of gravier cheeses. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 3(1), 1-7.
- Kavak, D. D., & Karabiyik, H. (2019). Quality evaluation of kashar cheese: influence of palm oil and ripening period. *Food Science and Technology*, 40, 354-360.
- Khanal, B. K. S., Bhandari, B., Prakash, S., Liu, D., Zhou, P., & Bansal, N. (2018). Modifying textural and microstructural properties of low fat Cheddar cheese using sodium alginate. *Food Hydrocolloids*, 83, 97-108.
- Koca, N., & Metin, M. (2004). Textural, melting and sensory properties of low-fat fresh kashar cheeses produced by using fat replacers. *International Dairy Journal*, 14(4), 365-373. <http://dx.doi.org/10.1016/j.idairyj.2003.08.006>.
- Koçulu, İ. (2014). *Alplerden Kafkaslara Kars Peynirciliğinin 150 Yıllık Tarihi*. Boğatepe Çevre ve Yaşam Derneği, Tarih Vakfı. İstanbul.
- Kosikowski, F. V. (1981). *Cheese and Fermented Milk Foods*. Michigan Edwards, Brothards, Inc., USA.
- Kurt, A., (1968). *Erzurum ve Kars İllerinin Genel Sütçülük Durumları Üzerinde Bir Araştırma*, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Zirai Araştırma Enstitüsü Araştırma Bülteni. No: 28. Erzurum.
- Kurt, A., Çakmakçı, S. & Çağlar, A., (2015). *Süt ve mamülleri muayene ve analiz metotları rehberi*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:252, Erzurum.
- Lavanhy, P., Bütikofer, U. (1999). Caractérisation Sensorielle de Fromages à Pâte Dure ou Mi-Dure Fabriqués en Suisse. (Sensory Characterization of Swiss Hard and Semi-Hard Cheeses). *Mitt Lebensmittelunters Hyg* 90 (6): 670-683.5
- McMahon, D.J., Motawee, M.M., And McManus, W.R., 2009. Influence of Brine Concentration and Temperature on Composition, Microstructural and Yield of Feta Cheese. *Journal of Dairy Science*, 92(9):4169-4179
- McMahon, D. J., Motawee, M. M., & McManus, W. R. (2009). Influence of brine concentration and temperature on composition, microstructure, and yield of feta cheese. *Journal of Dairy Science*, 92(9), 4169-4179.
- Metin, M. & Öztürk, G. F. (2002). *Süt ve Mamulleri Analiz Yöntemleri*. Ege Üni. Ege Meslek Yüksekokulu Yayınları. Yayın No:24. Bornova, İzmir.
- Metzger, L. E., Barbano, D. M., Rudan, M. A., & Kindstedt, P. S. (2000). Effect of milk preacidification on low fat mozzarella cheese. O. Composition and yield. *Journal of Dairy Science*, 83(4), 648-658. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(00\)74925-3](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(00)74925-3). PMID:10791779.
- Mitsumoto, M., O'grady, M. N., Keery, J. P., Buckley, D. J. (2005). Addition of tea catechins and vitamin C on sensory evaluation, colour and lipid stability during chilled storage in cooked or raw beef and chicken patties, *Meat Science* 69, 773-779.
- Nath, K. R., & Kostak, B. J. (1986). Etiology of white spot defect in Swiss cheese made from pasteurized milk. *Journal of food protection*, 49(9), 718-723.
- Ozcan, T., Yilmaz-Ersan, L., & Akpinar-Bayizit, A. (2017). Textural properties of Herby cheese. *International Journal of Food Engineering*, 3(1), 23-28.
- Puvača, N., Pelić, D.L., Tomić, V., Radišić, R., Milanović, S., Soleša, D., Budakov, D., Cara, M., Bursić, V., Petrović, A., Vuković, G., Pelić, M., Konstantinović, B., & Carić, M. (2020). Antimicrobial efficiency of medicinal plants and their influence on cheeses quality. *Mljekarstvo* 70 (1), 3-12. <https://doi.org/10.15567/mljekarstvo.2020.0102>
- Langsrud, T., & Reinbold, G. W. (1973). Flavor development and microbiology of Swiss cheese—a review: II. Starters, manufacturing processes and procedures. *Journal of Milk and Food Technology*, 36(11), 531-542.
- Sabanoğlu, S. 2010. *Emmental peynirinin bazı özellikleri üzerine bakır kullanımının etkisi*. (Yüksek Lisans Tezi). Pamukkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Bölümü, Denizli.
- Sahan, N., Yasar, K., Hayaloglu, A. A., Karaca, D. B., & Kaya, A. (2008). Onfluence of fat replacers on chemical composition, proteolysis, texture profiles, meltability and sensory properties of low-fat Kashar cheese. *The Journal of Dairy Research*, 75(1), 1-7. <http://dx.doi.org/10.1017/S0022029907002786>. PMID:17961288.
- Steffen, C., Eberhard, P., Bosset, J. O. & Rüeegg, M. (1993). Swiss-Type Varieties. Cheese: Chemistry, Physics and Microbiology Vol 2: Major Cheese Groups, 2nd Edition, P. F. Fox, CHAPMAN&HALL, London, pp:83-106.
- Topuk, Ş., & Sezer, Ç. (2015). Some quality characteristics of Kars Gravyer cheese. *The Journal of FOOD*, 40(2).
- Ulutas, Z., Çağlar, A. & Kurt, A. (1993). Kars Gravyer Peynirinin Yapılısı. Duyusal. Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. *Gıda* 18(3) 197–202.
- Yaşar, K. (2007). *Farklı pıhtılaştırıcı enzim kullanımının ve olgunlaşma süresinin kaşar peynirinin özellikleri üzerine etkisi*. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Zerfiridis, G. K., Vafopoulou-Mastrogiannaki, A., & Litopoulou-Tzanetaki, E. (1984). Changes during ripening of commercial gruyere cheese. *International Dairy Journal* , 67(7), 1397-1405. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(84\)81454-X](http://dx.doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(84)81454-X).



The Interaction of Daylight with Design and Place in Religious Buildings According to Modern Architecture

Mehmet Sait Cengiz^{1*}

^{1*} Bitlis Eren University, Bitlis, Turkey (ORCID: 0000-0003-3029-3388), msaitcengiz@gmail.com

(First received 10 February 2022 and in final form 25 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1071317)

ATIF/REFERENCE: Cengiz, M.S. (2022). The Interaction of Daylight with Design and Place in Religious Buildings According to Modern Architecture, *European Journal of Science and Technology*, (35), 195-202.

Abstract

The most important external factor that interferes with the perceptual effect is light. In other words, light is the most effective element for the perception of architectural work. Daylight should be considered as a building element in architectural place design. In this way, it is possible to obtain different and original results in building designs. For this purpose, the use of daylight in the well-known religious buildings of 5 famous architects who lived or still live in the recent period was examined, and the relationship of daylight with design and place was analyzed. This analysis has been compared in terms of the incorporation of daylight into the structure (horizontal-vertical or directly-reflected light) and the way it is used (symbolic-physical). In the religious buildings designed by the selected architects, it has been seen that the light is used in the place by referring to a symbol. It has been observed that these architects used daylight as a design principle, sometimes giving physical and sometimes symbolic meanings in their buildings, and daylight was interpreted as an element that would add richness to the designed place. Therefore, the use of daylight as a design element in religious buildings contributed to the emergence of different meanings and original results in the interior.

Keywords: Daylight, Place, Religious buildings, Modern architecture, Symbolic light, Functional light.

Modern Mimariye Göre Dini Yapılarda Günışığının Tasarım ve Mekânla Etkileşimi

Öz

Algısal etkiye müdahale eden en önemli dış faktör ışıktır. Diğer bir deyişle ışık, mimari eserin algılanmasında en etkili unsurdur. Gün ışığı mimari mekân tasarımında bir yapı elemanı olarak düşünülmelidir. Bu sayede bina tasarımlarında farklı ve özgün sonuçlar elde etmek mümkündür. Bu amaçla son dönemde yaşamış ya da yaşamakta olan 5 ünlü mimarın tanınmış dini yapılarında gün ışığının kullanımı incelenmiş, gün ışığının tasarım ve mekânla ilişkisi analiz edilmiştir. Bu analiz, gün ışığının yapıya dahil edilmesi (yatay-dikey veya doğrudan-yansıyan ışık) ve kullanım şekli (sembolik-fiziksel) açısından karşılaştırılmıştır. Seçilen mimarlar tarafından tasarlanan dini yapılarda ışığın bir sembole atıfta bulunularak mekânda kullanıldığı görülmüştür. Bu mimarların günışığını bir tasarım ilkesi olarak kullandıkları, yapılarında bazen fiziksel bazen de sembolik anlamlar yükledikleri, gün ışığının ise tasarlanan mekâna zenginlik katacak bir unsur olarak yorumlandığı gözlemlenmiştir. Bu nedenle dini yapılarda tasarım öğesi olarak gün ışığının kullanılması, iç mekânlarda farklı anlamların ve özgün sonuçların ortaya çıkmasına katkı sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Günışığı, Mekân, Dini yapılar, Modern mimari, Simgesel ışık, İşlevsel ışık.

* Corresponding Author: msaitcengiz@gmail.com

1. Introduction

Architecture is the arrangement of the physical environment according to human needs in the most general way. Since human existence, various types of structures have emerged in line with their needs. One of them is the religious buildings, one of the most important architectural structures throughout history, where people worship collectively according to their own beliefs. The purpose of religious buildings can be expressed as gathering the believers of the same religion together and creating a suitable worship environment for the worship of the believers. Religious structures have different names according to the religion they represent. For example, religious buildings where Muslims perform their worship are called mosques, religious buildings where Christians worship are called churches, and religious buildings where Jews worship are called synagogues (Ünver, 1985:Ataköy, 2018:Yamamoto, 1995, Yıldız, 1995:Yücel, 1981:). Each type of building has been shaped differently within itself in line with the worship styles and needs of the religion it represents. For example, the focal point, which is the most important factor in the positioning of religious buildings and which is considered sacred, differs according to each religion (Ataköy, 2018:Kurtay, 2002:Erarlıtepe et. al. 2011:Cengiz, 2022: Efe and Varhan, 2020:Ünver and Enarun, 1998: Ünver and Enarun, 1999:Karabiber et. al. 2001). It is seen that the Churches are planned in the East-West direction, while the mosques are built towards the Kaaba in Mecca and the synagogues are directed towards Jerusalem. In Figure 1, the prayer performed in Diyarbakir Ulu Camii is in the direction of the Kaaba (Qibla) in Mecca (URL 1,URL 2). In Figure 1, The Kaaba (Qibla) in Mecca and Ulu Mosque of Diyarbakir are seen.

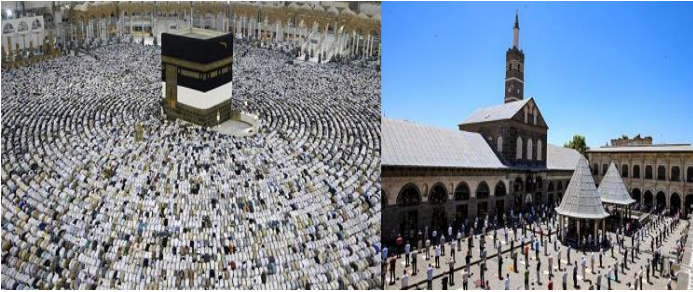


Figure 1. The Kaaba (Qibla) in Mecca and Diyarbakir Ulu Mosque.

Whatever the type of place, light is an important factor for the action to be taken in it. Light is the most important element necessary for the place to be seen, perceived, and used (Cengiz and Cengiz, 2018:Cengiz et. al. 2018:Parlakıyıldız et. al. 2020:Palta et. al. 2017:Yaylak et. al. 2017:Akalp et.al. 2021). Considering daylight as a building element while designing the architectural place creates different and original results in the design. Concepts of daylight, place, design, and perception affect the physical and symbolic design of natural light in architectural places (Ünver, 2003, Fitöz and Erkin, 2007:Arias, 1993:Ünver, 2000:Aksugür, 1977:Djalilova and Sahin, 2020:Köknel Yener, 2002:Ander, 1995). In this context, the use of daylight and its effect on the design of the building should be examined in the context of place. For this purpose, the use of daylight in the designs of modern architects of the recent period has been examined. A selection was made among the main architects who used natural light in various forms in their designs and accepted this as a design principle. By comparing the physical use of daylight, that is, the way the light is taken into place, the places

where the light spreads horizontally and vertically are examined through examples. According to the evaluation made, the differentiation of natural light according to the hours of the day and the seasons creates richness in the place where the light is used. Daylight is used symbolically in some buildings. It is seen that it is used in the example religious buildings of the selected architects by referring to a symbol in the luminous place (Ünver, 2000:Aksugür, 1977:Djalilova and Sahin, 2020:Köknel Yener, 2002:Ander, 1995).

Daylight has always had an important place in human life. The use of natural light, which has psychological and physiological effects, in places of worship and in religious activities has continued since ancient times. In the early ages, the penetration of daylight into the place was provided through small holes in the buildings, but the presence of glass made the use of daylight in the place very effective. With the use of glass, the boundaries between indoor and outdoor environments have weakened. In this way, the use of daylight as a design element in architectural places has led to the emergence of different meanings and original results in the interior environment of religious buildings. Daylight is a building element that gives physical and symbolic meanings to the architectural place. The importance of using daylight in place has increased in today's world when energy policies are directed towards natural resources and serious investments are made in this field. Daylight has been used for centuries not only to create a bright place but also to create behaviorally effective places (Arheim, 1974:Arheim, 1976:Baeze, 1991). Daylight, which has gained new meanings in the designs of master architects, still maintains its mystery today and is a source of inspiration for architects. In this study, the sketches, plans, sections, appearances, etc. of 5 architects selected from among the modern architects who are known for their buildings living in various parts of the world, who successfully use natural light as a design element in their works today and in the recent past, are presented. A detailed comparison was made with the help of drawings and building photographs. The physical or symbolic use of natural light in the sample buildings of these architects, the horizontal or vertical light coming into the place, and the use of light directly or by reflection were analyzed. According to this analysis, the physical and symbolic effects of natural light on the use of place are explained. Finally, it has been understood that light is the most effective element for the perception of architectural work (Louis Kahn, Le Corbusier, Frank L. Wright, Tadao Ando, and Steven Holl are modern architects who include natural light as a design element in their works and realize the designs of world-renowned religious buildings (Balamir, 2000:Erzen, 2003:Kahn, 1991:Tanyeli, 2000: Kahn, 1957:Yamamoto, 1995:Kahn, 1962:Üçüncü, 1995:Kahn, 1968: Tanyeli, 2002:Tümer, 1988: Tying 1984: Kahn, 1971: Curtis, 1992Kahn, 1974Ando, 1990:Ando, 1996:Kahn, 1972: Öztürk, 1997).

2. Interaction of Daylight and Place in Religious Buildings

Daylight is a very effective factor in perceiving and using place. Structure, material, color, and form create the place, but it provides light in relation to the whole and to each other. Therefore, the role of light is important in the visual perception of the place. Daylight is a part of the interior place, and the way the light is taken into the interior, its intensity, the type of building elements, the form of the limiting elements that make up the place are necessary to create the desired semantic effect. With the effect

of daylight in a place, the activities planned to be done in it become easier. In various uses of daylight, it is possible to draw attention to a direction or to the desired point and thus to give this point a meaning other than measurable values. From past to present, architects have sought ways to use daylight more efficiently and effectively in their buildings. With the understanding that emerged in the historical process, the use of daylight to provide brightness and visibility in the place has become widespread, while the use in the symbolic sense is decreasing (Kaynaklı et. al. 2018:Cengiz and Cengiz, 2021: Eren et. al. 2017:Cengiz and Cengiz, 2018:Çıbuk and Cengiz, 2020:Cengiz, 2020:Cengiz, et. al. 2017:Aykal et. al. 2011:Unver et. al. 2003). Because it is more difficult to use light in a symbolic sense.

The most important factor in the realization of the work in a place is the daylight entering the place. Without daylight, the person cannot see the place and the equipment and cannot perform the work he will do. Different levels of light are required for different actions. For example, in a place of worship, a necessary level of illumination is needed to see the environment. When the light is below this level, this place of worship cannot be used effectively. Similarly, when the level of daylight entering is high, the place of worship cannot be used effectively, as people are disturbed by reflection and glare (Caracristi, 1999:Cimcoz, 2001:Fitöz, 2002: Arpacıoğlu, 2012).

The daylight level taken into the place should be well calculated in order to use the place for the activities for which it is designed. In the design of the building, attention should be paid to the aspects of the use and duration of use of the places. The effects of daylight on the use of place can be psychological and physical. Although the effects of light are physiologically the same, it creates different psychological effects (Fontoynt, 1999:Göker, 2006:Klee, 1956:Kortan, 1986). Because light has many meanings according to the psychological state and creates different perceptions according to people with its color, movement, and direction. Light can be grouped as a perceptual, physical, sacred element that varies according to different areas of expertise.

Daylight has lighting and heating properties. In places with a cold climate, where sunlight is not very effective, daylight is a desired design element in the place, while in hot places where the sun is very effective, the disturbing, excessively bright, and warming effect of daylight is tried to be prevented by different methods. Reflective, permeable, or semi-permeable wall materials change the effect of daylight on the place (Kostof, 1995:Ksiazek, 1993:Kuban, 1992). The texture of the materials adds richness to the place with the shadows it creates. Reflective surfaces can provide more luminosity to the place and create impressive places with the animated plays of light, depending on whether the surface is flat or textured. When the light comes to the source or to the place, some of it is swallowed, some of it is broken and reflected. The physical properties of light can be listed as reflection, refraction, and absorption, and the surfaces they come from can be grouped as permeable, impermeable (opaque), semi-impermeable, and reflective (Kutlu, 2001:Cengiz and Cengiz, 2021: Küçükdoğan, 1976:Özdeniz, 1995). These physical features enrich the place in vision, perception, and use. The quality of the light changes when the sunlight enters the place directly, indirectly by reflecting from the cloudy sky or from the floor and surrounding structures. However, even on a cloudy day, much of the light required for visual perception can be obtained from daylight.

2.1. Receiving Daylight to Religious Places

Daylight has given various expressions to the place with its different sources, forms of arrival, tones, reflection, and refraction. The use of natural light in different ways by architects in their designs creates different effects in the interior as well as affects the exterior of religious buildings. Permeable facades or solid masses, window modules, horizontal or vertical shading elements are provided to shape the facade according to the quantity and quality of daylight to be taken into place (Özorhon, 2002:Cengiz and Mamiş, 2015:Kazanasmaz and Örsfirat, 2014: Şerefhanoglu, 1974:Kazanasmaz et. al. 2016:Şerefhanoglu, 1992:Ünver, 1985:Kazanasmaz, 2003:Kazanasmaz et. al. 2009). The religious buildings and designs of 5 architects selected among the architects who used natural light in their designs were examined and compared. The criteria used in the comparison of these 5 architects, who are considered as representatives of modern architecture, are shown below.

- The purpose of using daylight in design,
- Preferred method of taking daylight,
- The way daylight receives light into the place (window type, size, window ratio),
- The desired effect to be created in the place with daylight,
- Elements using daylight shading

Architects, who use daylight as a design element, have also considered the effects of natural light in the selection of horizontal or vertical surface materials. When light hits a surface, the reflected wavelengths reveal the color of the surface. The properties of the materials used to create different visual effects, and since these materials affect the light, they can sometimes be considered as a second light source in places (Yücel, 1981:Mangkuto et. al. 2016:Köknal Yener, 2003:Şerefhanoglu et. al. 1999:Şerefhanoglu, 2005:Arpacıoğlu et. al. 2020:Kurtay and Esen, 2019:Şerefhanoglu and Arifoğlu, 1999:Sözen, 2005).

3. Daylight and Religious Buildings as Design Elements

Louis Kahn, Le Corbusier, Frank L. Wright, Tadao Ando, and Steven Holl are the architects who use daylight as a design element and prefer to use daylight intensively in religious building works. The symbolic or physical use of natural light in religious buildings, the horizontal-vertical arrival of light in the place, or the direct-reflected light reaching the place have been examined comparatively.

In Kahn's designs, in religious building (church) examples, daylight is both symbolic and physical use in accordance with the function of the building that comes to the fore. While taking the natural light into the place, Kahn has established a relationship with the structure of the building and often reflects the natural light from the structure to the place. According to Kahn, who set out from the idea "There can be no place without light", daylight is a very important element for the comfortable use of the building. The architect used different elements in the buildings he realized in different geographies and climates to bring daylight into the place. It indirectly lets the daylight in with the large places it has designed in the buildings it has built-in in countries such as India and Pakistan. It affects the perception of the building with the texture it creates on the deaf walls. The features of modern architecture can be seen in all his works, in which the architect

tried to enter as much sunlight as possible into closed places. Roof lights or skylights are the daylight elements that Architect Kahn used frequently. Seen in the Unitarian Church-Rochester Figure 2, designed by Louis Kahn (URL 2).



Figure 2. Louis Kahn - Unitarian Church-Rochester

Le Corbusier used natural light physically in residences, symbolically in religious buildings, and both functionally and symbolically in public buildings. It is seen that the architect takes the light into the place in horizontal and vertical directions, mostly linear. Le Corbusier used the effect of light and shadow and texture as an architectural element in his buildings by using traces of wood mold on concrete surfaces. The architect creates contrast with concrete surfaces and glass surfaces. It is observed that Le Corbusier used modular band windows in his buildings. Wide eaves are used as shading elements (Notre Dame du Ronchamp). In addition, it is observed that modular shading elements placed on the outer surface are used in their structures, together with the placement of window joinery inside the thick walls. Le Corbusier defines the structure as a machine. According to Le Corbusier, the building must have a purpose. For this reason, a unique style should be designed for each building, but first of all, the functions should be met. The architect expressed the importance of daylight and achieved bright places in his first works by using lane windows, one of the five basic principles he advocated. Later, he gave meaning to the light by using daylight as a design element in La Tourette Monastery and Ronchamp Sapeli. Le Corbusier created the facade view of the buildings by repeating the window module horizontally and vertically. In addition, shading elements are used on the facades. Le Corbusier created a dim environment suitable for function in the religious buildings he designed. In this way, he wanted to give a mystical effect to the light entering the place (Notre Dame du Ronchamp). Contrasting with small deep windows and skylights, he defined the structure of the building with daylight. From time to time, he used wide eaves as shading elements or deep windows as in La Tourette Abbey. It can be seen in Sainte Marie de La Tourette Figure 3 (URL 4)., designed by Le Corbusier, and Notre Dame du Ronchamp Figure 4 (URL 5)., also designed by Le Corbusier.



Figure 3. Le Corbusier - Sainte Marie de La Tourette



Figure 4. Le Corbusier - Notre Dame du Ronchamp

Wright used natural light in a symbolic sense in the religious buildings he designed. While he used physical light in residences, he used to light both physically and symbolically in offices. It is observed that Wright usually takes the natural light vertically and directly into the place. The architect has consciously established a balance between artificial light and daylight. In his works designed in an open plan, it is seen that the walls do not extend to the ceiling, thus the place feels open and receives more light. In climates where the sun is irritating, Wright used large windows but optimally blocked excess light with wide eaves as shading elements. The windows in buildings designed by Wright are at a human scale. Wright masterfully brings the light used by a professional photographer to illuminate the shadows from the windows into the place. First Christian Church designed by Frank L. Wright seen in Figure 5 (URL 6)..

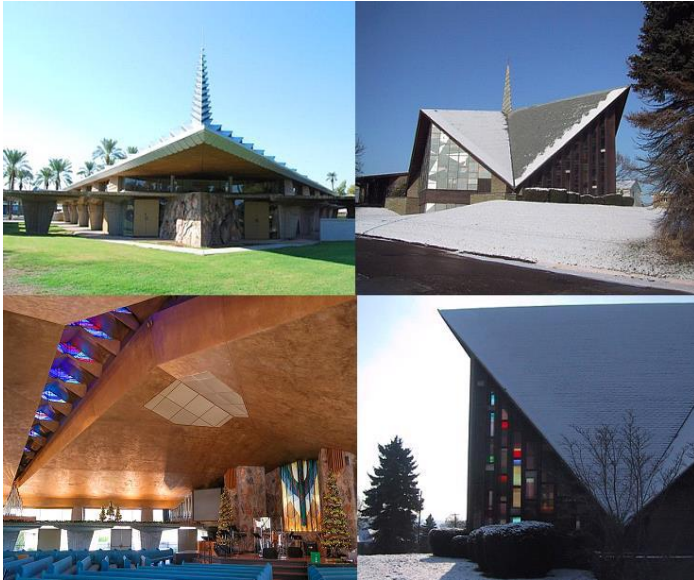


Figure 5. Frank L. Wright- First Christian Church

It has been observed that Ando uses daylight symbolically in the examined residential and religious buildings. The architect took the daylight into the place more in the vertical direction and preferred wide glass windows against the concrete surfaces in the horizontal direction. Ando establishes a relationship with nature in his designs, therefore he prefers massive masses in buildings where the function is appropriate, creating a sharp contrast of light and shadow on the walls with the light taken in through long and narrow strip windows. In their buildings, light adds depth to the place. The architect uses glass surfaces as thin horizontal stripes or on large surfaces. In his works, it is seen that his relationship with light design is at the forefront. Seen in Light Church Figure 6, designed by Tadao Ando (URL 7).



Figure 6. Tadao Ando-Light Church

4. Results and Discussion

He carefully observed the works of Ando, Wright, Kahn, and Corbusier and applied some of the elements they used in their designs by passing through his own cultural filter and interpreting them. By reflecting the light from the water element is placed in the exterior, it sometimes brought it into the place from low windows and brought interesting light plays to the place. He used the water element frequently, reflected the sunlight to the structure like a mirror with the water elements used, and tried to control the light reflected from the water.

In his works, Holl used daylight functionally in residences, museums, and dormitories, and symbolically in office and religious buildings. It is seen that he uses daylight horizontally or vertically, linearly or reflected, depending on the meaning he wants to give to the place. The architect uses the most appropriate way by calculating the reflection and refraction of the daylight of the region in his designs. It is observed that he uses human-scale

modular windows in his buildings. Like Ando and Corbusier, he used light by reflecting it from water elements.

Kahn uses daylight in a symbolic sense by taking the place vertically. Ando interprets the light used in the place with the traditions of the East and takes it into the place from the wall and floor combinations in general. In the buildings he designed, dim places attract attention. On the other hand, Holl is seen to create a soft and colorful atmosphere by reflecting the sunlight to the place. It is observed that Holl and Le Corbusier sometimes use colored glasses or reflect them on colored surfaces while taking the sunlight into the place. Kahn, while giving symbolic meaning to daylight, used it in accordance with the function of the place. Wright balanced daylight and daylight by considering function. By using light, Le Corbusier brought luminosity and Ando poetry to the place. Holl used daylight physically or symbolically according to the effect he wanted to create in the place.

Since Le Corbusier lived on the shores of the Mediterranean, he considered the issue of protection from the disturbing effects of daylight, especially in summer, as a design criterion in his buildings. In his designs, Le Corbusier used horizontal band windows and corner windows by retracting the load-bearing structure on the façade in order to let the daylight into the place as much as possible. Similarly, Ando and Wright made designs that would not be affected by the summer conditions of the climate they lived in. On the one hand, while using vertical windows throughout the place to let the daylight in as much as possible, wide eaves and fixed shading elements were designed to control the disturbing effect of the sun. It is seen that all architects pay attention to the occupancy-place ratios in their facade designs.

It is observed that Le Corbusier used the golden ratio and designed the façade to benefit as much as possible from daylight. It is seen that all architects try to include sunlight indirectly in their buildings in hot climates. For this purpose, the slits and gaps left on the façade and their balance with each other are important.

5. Conclusions and Recommendations

While examining the effects of natural light in place design, modern period architects who used natural light as an architectural element in their designs and had world-renowned buildings were examined. These architects are distinguished architects specializing in their fields such as Frank L. Wright, Le Corbusier, Louis Kahn, Steven Holl, and Tadao Ando. Kahn and Ando used daylight in the religious buildings they designed, generally symbolically and by reflecting the daylight. In Holl's and Le Corbusier's designs, the use of daylight by reflecting it from colored surfaces was used more intensely. Wright, on the other hand, used natural light in his projects by reflecting it or taking it into the place linearly by the functions. Architects, who used daylight as a design element and included it in their works, were able to transform the indoor environment into an architectural place with daylight. In this way, they have brought unique qualities to their designs. In other words, daylight has gained a unique meaning on the surfaces by reflecting in the interior.

Daylight, which is used as a symbol, is taken into place at a low level in some religious buildings, and a mystical atmosphere is created. In some, the light is taken into the place from all directions, making people feel the fact that "Allah" is everywhere and sees everything. In these works, daylight illuminates the place on a human scale, symbolizing that sacred life is intertwined with daily life.

References

- Akalp, O., Özbay, H., Efe, S.B. 2021. Design and Analysis of High-Efficient Driver Model for Led Luminaires, *Light & Engineering*, 29(2), 96–106.
- Ander, G.D. 1995. *Daylighting Performance and Design*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Arnheim, R. 1974. *Art and the Visual Perception, A Psychology of the Creative Eye*, University of California Press, Berkeley, p.225-264-268-271.
- Arpacioglu, U. 2012. An Important Factor for Spatial Quality and Comfort is: Daylight. *Architecture*, 368, 48–53.
- Arpacioglu, Ü., Çalışkan, C.İ., Şahin, B., Ödevci, N. 2020. Mimari Planlamada, Günışığı Etkinliğinin Artırılması için Kurgusal Tasarım Destek Modeli, *Tasarım Kuram*. 2020, 16, #29, 53-78.
- Arnheim, R. 1966. *Toward a Psychology of Art*, University of California Press., Berkeley and Los Angeles, p. 225.
- Ataköy, S. 2018. Camilerde Günışığı Aydınlığı ve Örnek İncelemeler, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Baeza, A. C. 1991. L'Architecture D'Aujord'hui, 274, 90-93.
- Balamir, A. 2000. Tadao Ando'nun Japonca Modernizmi, Tadao Ando, 73-75, Boyut Yayın Grubu, İstanbul.
- Kurtay, C. Design of the External Environment for Proper Daylight in Indoor Volumes, *Gazi University Journal of the Faculty of Engineering and Architecture*, 2002, 17,3, 75–87.
- Erlalelitepe, I., Aral, D., and Kazanasmaz, T. 2011. Investigation of Educational Structures in Terms of Natural Lighting Performance, *Megaron*, 6, #1, 39-51.
- Cengiz M.S., 2022. Human-Centered Architectural Lighting Design in Prisons. *Light Engineering*. 30(2) (Inpress).
- Efe, S.B., Varhan, D. 2020. Interior Lighting of a Historical Building By Using Led Luminaires: A Case Study Of Fatih Paşa Mosque, *Light & Engineering* 28(4), 77–83.
- Cengiz M.S. 2022. Using Artificial Lighting to Support Daylighting in Architectural Building Designs. *Light Engineering*, 30(1), 113–123.
- Karabiber, Z. ve Ünver, R., Çelik, E. 2001. Lighting and Acoustical Performance of a Worship Space: Kadırga Sokullu Mosque, 2. International Congress on Studies in Ancient Structures, 24-27 Temmuz 2001, İstanbul, 941-950.
- Cengiz M.S., Cengiz Ç. 2018. Numerical analysis of tunnel lighting maintenance factor. *International Islamic University Malaysia Journal*, 19(2):154-163.
- Cengiz M. S., Mamiş M. S., Yurci Y. 2018. Providing Electrical Power Increase by Stimulating Temperature Difference at Low Temperatures. *Sigma Journal of Engineering and Natural Sciences*. 36(1), 87-97.
- Parlak yıldız, Ş., Gençoğlu, M.T., Cengiz M.S. 2020. Analysis of Failure Detection and Visibility Criteria in Pantograph-Catenary Interaction, *Light & Engineering*, 28(6), 127–135.
- Palta, O., Yıldırım, S., Yapıcı, İ., Eren, M., İlcihan, Z., Aybay, E., Gencer, G. 2017. Cost Comparison in Lighting and Selection Criteria in Leds, *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 12(6) Ver.III, 5-10.
- Fitoz, İ. ve Erkin G. , 2007. Space, Light and Beliefs, *The Use of Daylighting in Churches and Mosques*,
- Arias, Ernesto G., 1993. *The Meaning and Use of Housing: International Perspectives, Approaches, and Their Applications*, Aldershot, Avebury.
- Ünver, R., 2000. *Aydınlatma ve Dini Yapılar*, *Tasarım Dergisi*, 102: 138-145.
- Aksugür, E. 1977. *Renk Çesitlerinin Özellikleri Ayrı İki Isık Kaynağı Altında, Mekânın Algılanan Büyüklüğüne Etkisi*, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Djalilova, L., Sahin, B.E. A Review on the Applications of Daylight Usage in Sustainable School Design, *Artium*, 2020, Vol. 8, #1, pp. 44-60.
- Arpacioglu, U., Çalışkan, C.I., Sahin, B., Odevci, N. In *Architectural Planning, A Fictional Design Support Model for Increasing Daylight Efficiency*, *Design Theory*, 2020, Vol. 16, #29, pp. 53-78.
- Köknel Yener, A. Daylight Analysis in Classrooms with Solar Control, *Architectural Science Review*, 2002, Vol. 45, #4, pp. 311–316.
- Ander, G.D. 1995. *Daylighting Performance and Design*, Van Nostrand Reinhold, New York.
- Arnheim, R. 1974. *Art and the Visual Perception, A Psychology of the Creative Eye*, University of California Press, Berkeley, p.225-264-268-271.
- Arnheim, R. 1966. *Toward a Psychology of Art*, University of California Press., Berkeley and Los Angeles, p. 225.
- Baeza, A. C. 1991. L'Architecture D'Aujord'hui, 274, 90-93.
- Balamir, A. 2000. Tadao Ando'nun Japonca Modernizmi, Tadao Ando, 73-75, Boyut Yayın Grubu, İstanbul.
- Erzen, J. N. 2003. Tadao Ando Yeryüzü ve Evren Arasında, *Arredamento Mimarlık*, 2003-9, s.43-46.
- Kahn L. 1991. *Architecture: Silence and Light*, London
- Tanyeli, U. 2000. Ando, Modernizm ve "Japonizm", Tadao Ando, Boyut Yayın Grubu, İstanbul.
- Kahn, L. 1957. *Order in Architecture, Perspecta*, The Yale Architectural Journal, U.S.A., 89
- Kahn, L.I. 1962. *The Notebooks and Drawings of Louis I Kahn*, Falcon Press, Philadelphia.
- Üçüncü, G. 1995. *Günışığı Kullanımı Açısından Le Corbusier, Alvar Aalto ve Tadao Ando Arasındaki Benzerlikler ve Farklılıklar*, Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Kahn, L.I. 1968. *Architecture: Silence and Light* Guggenheim Müzesi'nde bir konferanstan. (Brownlee, D.B. (1991), s.127.
- Kahn, L.I. 1971. *The Room, the Street and Humari Agreement*, bir konuşmadan, Detroit, s.33.
- Curtis, W.J.R. 1992. *Le Corbusier Ideas And Forms.*, Phaidon Press Ltd., London.
- Kahn, L.I. 1974. *Credo*, in *Architectural Design*, 5, p.280.
- Ando, T. 1990. *Materials, Geometry and Nature*, Academy Editions, London.
- Ando, T. 1996. *The Colours of Light*, T. Heneghan Phaidon Press Inc., London.
- Kahn, L.I. 1972. *I Love Beginning* Uluslararası Dizayn Konferansı, Aspen, Colorado, Temmuz 19
- Öztürk, B. 1997. *Büyük Açıklıklı Yapılarda Çatı Isıklıkları*, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, s.24-26.
- Caracristi, Paul J., 1999. *The Presence Of Light: A Model for Architectural Design and Criticism*, Master Thesis, Dalhousie University-Caltech, Halifax, Nova Scotia.
- Cengiz Ç., Cengiz M.S. 2021. *The Relationship Between Shadow and Visional Comfort in Indoor Areas. II. International Halich Congress On Multidisciplinary Scientific Research*, 29-30 October 2021, İstanbul

- Cengiz M.S., Cengiz Ç. 2018. Numerical analysis of tunnel lighting maintenance factor. *International Islamic University Malaysia Journal*, 19(2):154-163.
- Kaynaklı, M., Palta, O., Cengiz Ç. 2018. Solar Radiation and Temperature Effects on Agricultural Irrigation Systems, *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 6(1), 53-58.
- Çıbuk, M., Cengiz, M.S. 2020. Determination of Energy Consumption According to Wireless Network Topologies in Grid-Free Lighting Systems, *Light & Engineering*, 28(2), 67–76, 2020
- Cengiz M.S. 2022. Role of Functional Lighting Urban Beautification: Qatar-Doha Road Lighting Case. *Light Engineering*, V30.
- Cengiz Ç., Cengiz M.S. 2021. Using Symmetric and Asymmetric Lens In Urban Lighting. II. International Halich Congress On Multidisciplinary Scientific Research, 29-30 October 2021, Istanbul.
- Cimcoz, N. 2001. Mekânda Gün Işığı, *Ege Mimarlık*, İzmir, 38-39, s.18-31.
- Fitoz, I. 2002. Mekân Tasarımında Belirleyici Bir Etken Olarak Yapay Isık için Aydınlatma Tasarımı Modeli, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Fontoynt, M. 1999. Daylight Performance of Buildings, James & James (Science Publishers) for the European Commission, London
- Göker, M. 2006. Mimari Yapılarda Saydamlık ve Mekân Tasarımında Isık Kontrolü, Yüksek Lisans Tezi, Mimar Sinan Üniversitesi Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Klee, P. 1956. *Das Bildnerische Denken*, Ed. Benno Schwabe, Basel (ed. İtaliana Teoria della forma e della figurazione, Ed. Feltrinelli, Milano 1959).
- Kortan, E. 1986. 20. yy. Mimarlığına Estetik Açından Bakış, ODTÜ, Ankara, s.32
- Kostof, S. 1995. *A History of Architecture: Settings and Rituals*, Oxford University Press, New York, p.195-200
- Ksiazek, S. 1993. *Journal of the Society of Architectural Historians*, England, December, 4, p.416-427-429.
- Kuban, D. 1992. Mimarlık Kavramları, Yapı Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.
- Eren, M., Yapıcı, İ., Yıldırım, S., Cengiz, Ç., Gencer, G., Palta, O., Aybay, E., Yurci, Y. 2017. Driver circuit effects in Lighting Systems, Realization of warming in lighting, *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 12(6) Ver.III, 1-4.
- Cengiz, Ç., Cengiz, M.S., Yurci, Y., Kaynaklı, M., Parlakyıldız, Ş., İlcihan, Z. 2017. Realization of warming in lighting, *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 12(6) Ver.II, 83-85.
- Aykal, F.D., Gumuş, B., Unver, F.R., Ozgur, M. 2011. An Approach in Evaluation of Re-Functional Historical Buildings in view of Daylighting A Case Study in Diyarbakir Turkey, *Light and Engineering*, 19, #2, 64–76.
- Unver, F.R., Ozturk, L., Akın Adıgüzel, S., Çelik, O. 2003. The effect of the facade alternatives on the daylight illumination in offices, *Energy and Buildings*, 35, #8, 737–746.
- Kutlu, G.H. 2001. Çağdas Mimarlıkta Isık Kullanımı, *Ege Mimarlık Dergisi*, İzmir, 2001-2, s.13
- Cengiz, M.S., Cengiz, Ç. 2021. The Relationship of Daylight Direction and Color in Architecture. *International Conference On Multidisciplinary Studies*, 23-24 September 2021.
- Cengiz M.S., Cengiz Ç. 2021. The Use of Wall Washing and Wall Grazing Methods on Vertical Surfaces in Architectural Lighting. *International Conference On Multidisciplinary Studies*, 23-24 September 2021.
- Küçükdoğu, M.S. 1976. İklimsel Konfor ve Aydınlik Seviyesine Bağlı Görsel Konfor Gereksinimleri Açısından, Pencereilerin Tasarlanmasında Kullanılabilecek Bir Yöntem, Doktora Tezi, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Özdeniz, B.M. 1995. Güneş ışığı Çalgıcısı Üç Mimar, II. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu, Diyarbakır, 8 Ekim 2003.
- Cengiz, M. & Mamiş, M. 2015. Solution Offers for Efficiency and Savings in Industrial Plants. *Bitlis Eren University Journal of Science and Technology*, 5(1) , 24-28.
- Cengiz, M. & Mamiş, M. 2015. Endüstriyel tesislerde verimlilik ve güneş enerjisi kullanımı, VI. Enerji Verimliliği Kalitesi Sempozyumu ve Sergisi, 21-25, 4-6 Haziran 2015, Sakarya.
- Özorhon, İ.F. 2002. Mimari Mekân Kimliğini Belirleyen Yönüyle Dogal Isık, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kazanasmaz, T., Örs Fırat, P. 2014. Comparison of advanced daylighting systems to improve illuminance and uniformity through simulation modelling. *Light & Engineering*, 22(3), 56-66.
- Serefhanoglu, M. 1974. Türkiye'de yapıların düzey yüzeylelerinin güneşlenme durumları, İstanbul
- Kazanasmaz, T., Grobe L.O., Bauer, C., Krehel, M., Wittkopf S. 2016. Three approaches to optimize optical properties and size of a South-facing window for spatial Daylight Autonomy, *Building and Environment*. 102, 243-256.
- Serefhanoglu, M. 1992. Yapıların iç aydınlatmasında gün ışığı ile lamba ışığının temel özellikleri ve ayrımları, Yıldız Teknik Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Unver, R. 1985. Yapıların içinde ısı- renk ilişkisi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Kazanasmaz, T. 2013. Fuzzy logic model to classify effectiveness of daylighting in an Office with a movable blind system, *Building and Environment*. 69, 22-34.
- Kazanasmaz, T., Günaydin, M. and Binol, S. 2009. Artificial neural networks to predict daylight illuminance in office buildings. *Building and Environment*, 44(8), 1751-1757.
- Yıldız, G. 1995. Dogal Işığın Mimari Mekânı Biçimlendirmesi ve Anlam Boyutu Üzerine : (Louis I Kahn ve Tadao Ando), Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yücel, A. 1981. Mimarlıkta Biçim ve Mekânın Dilsel Yorumu Üzerine, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.
- Mangkuto, R. A., Rohmah, M., Asri, A.D. 2016. Design optimization for window size, orientation, and wall reflection regarding various daylight metrics and lighting energy demand: A case study of buildings in the tropics, *Applied Energy*. 164, 211–219.
- Köknel Yener, A. 2003. Performance Analysis of Window Glazing from Visual Comfort and Energy Conservation Points of View, *Architectural Science Review*. 46, #4, pp. 395–401.
- Şerefhanoglu Sözen, M., Arıcı, P. 1999. İstanbul Aydınlatma Master Planı Kapsamında Haliç Bölgesi- Dini Yapılar, Yapı Fiziği Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul. 1999.
- Şerefhanoglu Sözen, M. 2005. Kent Güzelleştirme ve Aydınlatma Master Planı, CIE, Division 5. TC 21 City Beautification. 2005.
- Kurtay, C., Esen, O. 2019. Ofis yapıları için ışık rafı tasarımında 30° ve 45° enlemlerinde optimum verim sağlanması için bir yöntem. *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*. 34, #2, 835–844.

- Şerefhanoğlu Sözen, M., Arifoğlu, N. 1999. İstanbul Aydınlatma Master Planı Hazırlık Çalışmaları Galata-Pera-Beyoğlu Bölgesi, Yapı Fiziği Kongresi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Sözen, Ş.M. 2005. Kent güzelleştirme ve aydınlatma master planı. III. Ulusal Aydınlatma Sempozyumu ve Sergisi Bildirileri, 23-25 Kasım 2005. 11-18.
- Tanyeli, U. 2002. Steven Holl: Kavramsal Mimarlığın Yeni Ürünleri, *Arredamento Mimarlık*, 2002/02, 41-55.
- Tümer, E. 1988. Louis Kahn, Argos, Aralık, Günes Yayınları, ss. 116-117.
- Tyng, A. 1984. Beginnings: Louis I Kahn's Philosophy of Architecture, Wiley-Interscience, New York, 129-130-133-137.
- URL 1, <https://www.cnnturk.com/yasam/kabe-nedir-neden-kutsaldir-kabe-nerededir-ne-zaman-kim-tarafindan-yapilmistir> (Accessed date: 4 December 2021)
- URL 2, <https://www.mucadelegazetesi.com.tr/haber-diyarbakir-ulu-camii-105233.html> (Accessed date: 4 December 2021)
- URL 3, <https://exploringupstate.com/first-unitarian-church-rochester-ny/> (Accessed date: 4 December 2021)
- URL 4, <https://www.arkitera.com/haber/mekanin-ruhu-la-tourette-manastiri/> (Accessed date: 4 December 2021)
- URL 5, <https://www.arkitektuel.com/ronchamp/> (Accessed date: 4 December 2021)
- URL 6, <https://www.t2buck.com/folded.htm> (Accessed date: 4 December 2021)
- URL 7, <https://www.arkitektuel.com/isik-kilisesi/> (Accessed date: 4 December 2021)
- Ünver, R. 1985. Yapıların içinde ışık-renk ilişkisi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ünver, R., 2003. Some Examples on the Lighting Specifications of Ancient Worship Spaces, 25th Session of the CIE, CIE Publication No. 152-2003, 25 Haziran-2 Temmuz 2003, San Diego.
- Ünver, R., Enarun, D. 1998. Lighting of Mosques, a Historical Overview, CIBSE National Lighting Conference 1998, 5-8 Nisan 1998. Lancaster, 3-11.
- Ünver, R., Enarun, D., 1999. A Comparative Investigation of Lighting of Mosques and Churches in İstanbul”, 24Th. Session of the CIE, CIE Publication No. 133, 24-30 Haziran 1999, Warsaw, 288-292.
- Yamamoto, T., 1995, *Çağdaş Mimarlar 1*, Tadao Ando, 9-15, YEM Yayın, İstanbul
- Yaylak, M., Kaynaklı, M., Ceylan., H., Cengiz, M.S., Aybay, E. 2017. Academic Study Trends in Engineering and Basic Science, *IOSR Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 12(6) Ver.III, 49-55.
- Yıldız, G., 1995. Doğal Işığın Mimari Mekanı Biçimlendirmesi ve Anlam Boyutu Üzerine: (Louis I Kahn ve Tadao Ando), Yüksek Lisans Tezi, I.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yücel, A., 1981. Mimarlıkta Biçim ve Mekanın Dilsel Yorumu Üzerine, I.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.



Biotechnological Advancements in Coriander (*Coriandrum sativum* L.)

Abdurrahim Yılmaz^{1*}, Hilal Yılmaz², Sibel Turan³, Ali Celik⁴, Muhammad Azhar Nadeem⁵,
Fatih Demirel⁶, Serap Demirel⁷, Barış Eren⁶, Orkun Emiralioğlu¹, Mehmet Arslan³

^{1*} Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Bolu, Turkey,
(ORCID AY: 0000-0001-9991-1792), ayilmaz88@hotmail.com, (ORCID OE: 0000-0001-8021-2844) orkun.emiralioğlu@ibu.edu.tr

² Kocaeli University, İzmit Vocational High School, Plant and Animal Production Program, Kocaeli, Turkey,
(ORCID: 0000-0001-9138-3382), hilal.yilmaz@kocaeli.edu.tr

³ Erciyes University, Seyrani Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Kayseri, Turkey,
(ORCID ST: 0000-0003-1233-0077), sibelturan@erciyes.edu.tr (ORCID MA: 0000-0002-0530-157X), mehmetarslan@erciyes.edu.tr

⁴ Bolu Abant İzzet Baysal University, Faculty of Agriculture, Department of Plant Protection, Bolu, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5836-8030), alicelik@ibu.edu.tr

⁵ Sivas University of Science and Technology, Faculty of Agricultural Sciences and Technologies, Department of Plant Protection, Sivas, Turkey,
(ORCID: 0000-0002-0637-9619), azharjoiya22@gmail.com

⁶ Iğdır University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Biotechnology, Iğdır, Turkey,
(ORCID FD: 0000-0002-6846-8422), fatih.demirel@igdir.edu.tr, (ORCID BE: 0000-0002-3852-6476), baris.eren@igdir.edu.tr

⁷ Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Van, Turkey,
(ORCID: 0000-0002-1877-0797), serapdemirel@yyu.edu.tr

(First received 12 February 2022 and in final form 22 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1072325)

ATIF/REFERENCE: Yılmaz, A., Yılmaz, H., Turan, S., Celik, A., Nadeem, M. A., Demirel, F., Demirel, S., Eren, B., Emiralioğlu, O., & Arslan, M. (2022). Biotechnological Advancements in Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *European Journal of Science and Technology*, (35), 203-220.

Abstract

Coriander (*Coriandrum sativum* L.), one of the oldest essential oil-bearing spice and medicinal plants in the world, is widely used in folk medicine and seasoning in food. Thanks to its phytochemicals that have various bioactivity, recently, lots of studies have been conducted on coriander breeding. Classical breeding studies led to the development of new varieties over time. These studies could not accelerate the improvements in some of the plant parameters such as essential oil yield, biotic-abiotic stress resistance, and some other quality characteristics. In this respect, it is very important to conduct basic research on modern breeding programs to determine the yield and quality performance of coriander. Although coriander cultivation is carried out in different parts of the world today, genetic studies on coriander breeding are limited. Studies conducted with genome sequencing technology and molecular markers, the genetic diversity and population structure of the coriander were investigated, and a certain amount of progress was obtained for coriander breeding. This review aims to highlight the importance of biotechnological advancements for coriander breeding. In the light of this information, biotechnological solutions can be enhanced coriander breeding. The review will provide practical information for coriander breeders.

Keywords: Medicinal and aromatic plants, Coriander, Modern breeding, Biotechnology, *Coriandrum sativum* L.

Kişniş (*Coriandrum sativum* L.) Bitkisi'nde Biyoteknolojik Gelişmeler

Öz

Dünyanın en eski uçucu yağ içeren şifalı ve baharat bitkilerinden biri olan kişniş (*Coriandrum sativum* L.), halk hekimliğinde ve yemeklerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Çeşitli biyoaktivitelere sahip fitokimyasalları sayesinde son zamanlarda kişniş yetiştiriciliği konusunda çok sayıda çalışma yapılmıştır. Klasik ıslah çalışmalarını zamanla yeni çeşitlerin geliştirilmesine yol açmıştır. Bu çalışmalar, uçucu yağ verimi, biyotik-abiyotik stres direnci ve diğer bazı kalite özellikleri gibi bitki parametrelerindeki iyileştirmeleri hızlandıramamıştır. Bu bakımdan kişnişin verim ve kalite performansının belirlenmesi için modern ıslah programları üzerinde temel araştırmaların yapılması oldukça önemlidir. Günümüzde dünyanın birçok bölgesinde kişniş yetiştiriciliği yapılsa da kişniş ıslahı ile ilgili genetik çalışmalar sınırlı kalmıştır. Genom dizileme teknolojisi ve moleküler belirteçler ile yapılan çalışmalarda kişnişin genetik çeşitliliği ve populasyon yapısı araştırılmış ve kişniş ıslahında belli bir ilerleme kaydedilmiştir. Bu derleme kişniş yetiştiriciliğinde biyoteknolojik ilerlemelerin önemini vurgulamayı amaçlamaktadır. Bu bilgiler ışığında kişniş yetiştiriciliğinde biyoteknolojik çözümler geliştirilebilir. Derleme, kişniş ıslahçılarına pratik bilgiler sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Tıbbi ve aromatik bitkiler, Kişniş, Modern ıslah, Biyoteknoloji, *Coriandrum sativum* L.

* Corresponding Author: ayilmaz88@hotmail.com

1. Introduction

Medicinal and aromatic plants are used to prevent and treat diseases and to maintain health in medicines or as by-products for cosmetics, body care, incense, and nutrition (Yilmaz and Ciftci 2021). The trend for these plants is increasing with the enhancement interest of people in natural resources day by day (Yilmaz et al., 2021a; Yilmaz and Karik 2022). Coriander (*Coriandrum sativum* L.), whose seeds and fresh herb are used for both spice and medicinal purposes, is a medicinal and aromatic plant from the *Apiaceae* family (Mhemdi et al., 2011). The origin of coriander is uncertain, some authors suggesting that its origin is from the Near East (Diederichsen, 1996; Arif et al., 2014), the Mediterranean (Bhat et al., 2013), and the Middle Eastern regions (Laribi et al., 2015). Vavilov (1992) and Mengesha (2010) stated that the origin of coriander was very broad including Central Asia, the Near East, and Abyssinia. However, it is also grown successfully in a wide variety of climates, such as in North Africa, Central Europe, and Asia (Seidemann, 2005).

Since antiquity, coriander has been used for a wide variety of purposes, including spice, folk medicine, fragrances, dyeing, jewelry, repellents, food industries as aromas and flavoring substances (Nadeem et al., 2013). It contains an essential oil that constitutes 0.03-2.6% of its seed total weight. Linalool is the main volatile compound, constitutes approximately 60-70% of the essential oil, and is located in the stem, leaves, and fruits of coriander (Teneva et al., 2016; Beyzi et al., 2017). Other compounds are geraniol, pinene, limonene, geranyl acetate, terpinene, and borneol (Nadeem et al., 2013). The coriander has biological activities such as antioxidant, anti-inflammatory, analgesic, antibacterial, antifungal, and insecticidal properties (Kiralan et al., 2009; Lo Cantore et al., 2004). In addition, coriander seeds are a good source of secondary plant metabolites such as polyphenols, especially phenolic acids, and flavonoids (Tylewicz et al., 2018). Polyphenols, catechin, 3,4-dimethoxycinnamic acid, coumaric acid, daidzein, ferulic acid, sinapic acid, and transferulic acid are some of the defined compounds in the coriander seeds (Zeković et al., 2016). Barros et al. (2012) reported that the main polyphenol was quercetin derivatives, while the main flavonoid was quercetin-3-O-rutinoside in the fresh coriander herb. In addition, the seeds contain 19-21% crude oil and the main fatty acids detected in this oil are petroselinic, linoleic, oleic acid, and palmitic acids (Kleiman and Spencer, 1982; Diederichsen, 1996; Ramadan and Morsel, 2002; Ramadan and Morsel, 2003). The main component of this oil (up to 80%) forms petroselinic acid (18: 1 n-12) and is used in the perfume, cosmetics, and soap industries (Aluko et al., 2001; Kleiman and Spencer, 1982). Dietary petroselinic acid has been reported to effectively reduce the level of arachidonic acid in the heart and liver (Weber et al., 1995;1999).

Although coriander has a wide range of uses such as spices, cosmetics, fresh herbs, and medicine it does not receive much attention deserves in agriculture (Beemnet and Getinet, 2010; Kalidasu et al., 2015). In addition, the limited number of scientific groups working on coriander breeding around the world makes the coriander breeding strategy developments slow. However, the rapid development of molecular breeding methods in recent years is promising for coriander. The purpose of this article is to provide information about the genetic and molecular studies performed on the cultivation, use, and breeding of coriander.

2. History of Coriander Research

The use of coriander seeds in burial was recorded in 1550 BC. Hippocrates, Romans, and other Greek doctors have documented its use. It is known that the Chinese have grown this plant since the fourth century. Its use in Europe and India dates to ancient times (Caballero et al., 2003).

Reported variations in and between the coriander germplasm have been primarily based on descriptive assessments of morphological, agronomic, and chemical features. (Lopez et al., 2008; Diederichsen et al., 2020). So far, quite a lot of studies have been carried out on the yield and quality of coriander (Gil et al., 2002; Zheljaskov et al., 2008; Ghobadi and Ghobadi 2010; Akhiani et al., 2012; Dyulgerov and Dyulgerova 2013; Duarte et al., 2016; Silva et al., 2019; Kačaniová et al., 2020; Amiripour et al., 2021). As fruit quality significantly affects the market price, therefore, breeders aimed to improve fruit quality characteristics as well as the content and composition of the essential oil (Diederichsen et al., 2020). Most of the morphological features are affected by environmental conditions and the resulting genotype-environment interactions reduce breeding success (Jindla et al., 1985; Sastri et al., 1989; Bhandari and Gupta 1991; Angelini et al., 1997; Ali et al., 1999). In recent years, the emergence of molecular markers based on DNA polymorphisms that are not affected by environmental conditions has enabled them to be used instead of biochemical and morphological markers (Ramanatha and Hodgkin 2002). When the researches are examined, it is seen that molecular studies on coriander are rare and the evaluated molecular features cannot be associated with the related phenotypic characters (Galata et al., 2014; Tomar Rukam et al., 2014).

3. Genetic Resources

Cultivation of the coriander, one of the known oldest species for humankind, is thought to date back to 8000 years ago. When some Sanskrit (Sand script) texts are examined, it was mentioned about coriander cultivation in ancient India about 7000 years ago. When the origin of this plant is investigated, archaeological excavations give us some information. These excavations have been evidence that it was grown in ancient times (Diederichsen, 1996). Coriander was named after a list of medicinal plants found in an Egyptian papyrus dating from 1550 BC (Harten, 1974), and coriander fruits were found in Tutankhamun's tomb (Germer, 1989). Coriander is an annual herbaceous dicotyledonous plant that belongs to the family of *Umbelliferae/Apiaceae* (Singh et al., 2017; Arif et al., 2014; Song et al., 2020). In a conducted study conducted on eight coriander genotypes, it was determined that the chromosome number of coriander was $2n = 22$ (Das and Mallick, 1989). The genus *Coriandrum* contains two species: the cultivated species *C. sativum* and the wild species *C. tordylium*. When the studies were examined, there was no evidence found about the domestication of *C. sativum* L. from *C. tordylium* (Diederichsen, 1996). Fruit size enabled coriander to be classified into two main varieties. The large-fruited species commonly grown in tropical and subtropical climates are named *vulgare* or *macrocarpum*. Small fruit species that grown in temperate climates such as Russia, Eastern, and Central European Countries are named *microcarpum* (Silva et al., 2020).

Although coriander cultivation is carried out in different regions of the world, it occurs only on a small scale in many places (Diederichsen, 1996). Today, coriander cultivation has been done

in many different countries such as Turkey, Argentina, India, Spain, Yugoslavia, France, Italy, Holland, Burma, Afghanistan, Pakistan, Morocco, Romania, Russia, Mexico, Canada, Bulgaria, Great Britain, Canada, and the USA (Chahal et al., 2018; Ashwathappa et al., 2019; Kassahun 2020).

Germplasm is the gene pool for characteristics diversity and play a significant role to crop improvement (Yilmaz et al., 2021b). According to The Food and Agriculture Organization of the United Nations lists, there are about 3425 coriander accessions

available in gene banks in different regions of the world such as Germany, India, Vietnam, Pakistan, Portugal, Romania, Russia, Ukraine, and the United States of America (Figure 1, FAO, 2021). There are 1094 coriander accessions in the National Bureau of Plant Genetic Resources gene bank in India (Table 1). These accessions constitute important genetic resources for current and future coriander breeding programs. Unfortunately, accession to these rich genetic resources in coriander breeding studies is very limited.

Table 1. List of worldwide major gene banks available for coriander germplasm (FAO, 2021)

Name of organization	Country	Accession Numbers
National Bureau of Plant Genetic Resources	India	1094
Genebank, Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research	Germany	491
Plant Genetic Resources Program	Pakistan	279
North Central Regional Plant Introduction Station, USDA-ARS, NCRPIS	USA	227
Banco Português de Germoplasma Vegetal	Portugal	144



Figure 1. Collections of coriander germplasm of all institutions in the world (FAO, 2021).

3. Breeding Advancements

3.1. Classical Breeding Advancements

Cultivation of suitable varieties under appropriate climate conditions and correct growing techniques is required to produce qualified and standard-compliant products. It is known that coriander is not able to be emasculated and fertilized mostly selfing (Diederichsen, 1996). This technique gives information about the pollination biology of the plant that is important for

plant breeding. It prevents an arduous emasculation operation and if the male plant has a marker gene it can be used for crossings (Kalidasu et al., 2009). There may not be inbreeding depression in the first generation. However, it is reported that if the pollens of other plants reach stigma, there might be outcrossing (Diederichsen, 1996).

Although coriander breeding studies date back to old times, the plant has never received sufficient interest. According to old coriander studies, El-Ballal and Abou El-Nasr (1987) made breeding studies in Egypt. The focus of this research was defining

phenological earliness and medical features of oil in fruits. Yield and oil features of Bulgarian coriander have been screened in terms of seed and essential oil in Europe (Dimri et al., 1976).

Quality and yield characteristics of a genotype are generally affected by agronomic practices and environmental conditions (Sifola and Barbieri, 2006; Gharib et al., 2008). Seed yield of coriander is usually under the impact of some yield components (1000 seed weight, herb dry weight, plant height, herb fresh weight, essential oil content, number of umbrellas per plant, and number of branches) and they are regarded as the basic determinants of breeding programs (Inan et al., 2014; Katar et al., 2016). Plant height change is associated with genotype x environment interactions. It also might be affected by agronomic practices and ecological conditions (Inan et al., 2014). On the other hand, plant height can be regarded as a significant yield determinant of seed components besides other determinants (Singh et al., 2006). It is reported that plant height might be a negative relationship with seed yield, number of branches, and essential oil content (Katar et al., 2016).

For coriander breeding, it is important to choose fields, locations, and climates for developing varieties (Katar et al., 2016). The main purpose of a breeding program of coriander is to obtain genotypes that have high yield and oil content. To reach this purpose, it is necessary to know the present genetic variations in terms of yield and components (Katar et al., 2016). Relationships between the varieties and their contribution to seed yield are highly important in carrying out thriving breeding programs (Sriti et al., 2009). Differences in terms of seed yield of genotypes might result from the genotypic differences and ecological variations (Moniruzzaman et al., 2014).

It was reported that the oil content of plants is important, and they might decrease or stay the same according to the increasing seed yield (Toncer et al., 1998; Bhuiyan et al., 2009). Researchers indicated that coriander essential oil had a positive correlation with 1000 seed weight (Meena et al., 2013). On the other hand, it was determined that 1000 seed weight was a positive and meaningful relationship with essential oil content, seed yield, and the number of branches (Katar et al., 2016).

Growing coriander for higher essential oil content has always been an important breeding goal. Although studies indicate that coriander with large seeds have lower essential oil and linalool content when compared to the variety with smaller seeds, studies, and reports about variations in seed, flower, and pedicel are insufficient (Verma et al., 2021). It is also reported that there might be different essential oil content according to the color of coriander (Preetiet al., 2014). Dyulgerov and Dyulgerova (2013) mentioned that environmental variations were much higher than genotypic variations. In parallel with this claim, it was reported that the number of branches decreases when water stress increases (Katar et al., 2016) while seed yield and yield components dramatically decrease (Ghamarnia and Daichin, 2013).

Coriander produces a significant amount of nectar; thus, it attracts honeybees and other bugs for pollination which is important both in terms of ecology and economy. Flowers of medicinal plant seeds are very attractive and have high nectar and odor (Krishna Kant et al., 2013). Approximately 500 kg of honey can be collected from a one-hectare coriander field (Verma et al., 2021). The color of the root and flower of the coriander is different from each other. It is reported that the pigment responsible for these characteristics is anthocyanin and this difference can result from this dominant gene (Romanenko, 1990; Pruthi, 2001). These

characteristics can be used as a morphological marker and plants can be used before, they blossom (Verma et al., 2021). The color of the flower can be an element of temptation and it can thus increase pollination percent and yield. These plants with a specific flower color can be used as donors in breeding programs for higher pollination and yield (Verma et al., 2021).

Coriander has the characteristic of allelopathy. It is important to determine the potential allelopathic features of coriander according to the different anthocyanin concentrations in stem and flowers (Verma et al., 2021). Allelopathic plants with high potential are regarded as resources of new molecules with herbicidal effects (Bhowmik et al., 2003). Coriander is rich in terms of anthocyanin and can be grown with breeding programs.

Many different researchers have conducted some studies about coriander in the last decades. For instance, Megeji and Korla (2002) focused on leaf yield, Nair et al. (2012), focused on chlorophyll content, plant height and plant yield, Meena et al. (2013) focused on chlorophyll and leaf area, Dhakad et al. (2017) focused on plant height, Bhargava et al. (2007) and Panda et al. (2017), focused on fresh plant weight, leaf-stem ratio and leaf yield per plant, Kujur (2015) focused on dry matter percent and Sriti et al. (2011) focused on its antifungal activity. As a result, all these studies have shown that morphological, physiological, and biochemical variations and environment interactions should be taken into consideration in coriander breeding programs. Thus, it can thus be possible to successfully cultivate the desired coriander genotypes for different purposes.

3.2. Modern Breeding Advancements

3.2.1. Tissue culture

Coriander is a member of the *Apiaceae* family rich in secondary metabolites. These secondary metabolites are produced in desired quantities under in vitro conditions. The biotechnological methods used contribute to the rapid growth and improvement of coriander and the production of its secondary metabolites by combining tissue culture techniques. The initial stage of these techniques is the production, maturation, and transformation of somatic embryos into plants. Somatic embryogenesis is the method of tissue culture used to investigate the initial stages of embryo development and has taken an important place by first appearing in *Daucus carota* and later in various plant species. The first study of coriander was achieved by the formation of embryogenic callus with spherical structures in the medium supplemented with 2,4-D alone without further development, contradicting Murthy et al. (2008) study in which somatic embryogenesis is developed in 2,4-D supplemented medium until the cotyledon stage. Also, it was identified that the embryos transferred to semi-strength MS medium supported the healthy growth of germination seedlings. The continuous method of somatic embryogenesis in coriander is an important tool for gene transfer and enables the reproduction of the modified plants. Embryogenic tissues are tissues that require continuous protection methods for the long-term preservation of coriander provide protection against genetic changes other than desired and have the ability to continuously produce embryos. Somatic embryos play a crucial role in synthetic seed formation, and this artificial seed technology is an important method used to increase the in vitro production of plants. Somatic embryo-derived plantlets generally show characteristics of their species, exhibit genetic integrity, and are significant in advancing transgenic plants for *C. sativum* (Jayanthi and Mandal 2001; Liu et al., 2013). But regenerated

plants that develop from callus show polyploidy, aneuploidy, chromosome abnormalities, and more somaclonal variation as the grown cells occur in sequence changes. Genetic differentiation of regenerated plants induced by the indirect somatic embryogenesis method should be determined. Because of this situation, the use of the flow cytometry method for determining and verifying genome size and ploidy modification in coriander plants is increasing (Mujib et al., 2015).

Somatic embryos have a significant place in synthetic seed production and this synthetic seed technology is used as a complementary method in vitro propagation of small plants. Synthetic seed production after storage of coriander germplasm is considered an important alternative for coriander breeding. Preservation of the elite and important coriander germplasm can be achieved by providing a "short and medium-term" storage area. Marker-assisted selection methods developed to investigate various enzyme activity differences and cellular differentiation in biochemical and in vitro developing tissues will provide significant contributions to *C. sativum* breeding. (Mujib and Tonk 2018; Murthy et al., 2008; Kumar et al., 2015; Mujib et al., 2017).

3.2.2. Mutation breeding

Mutation breeding is important for global agriculture and has reportedly produced approximately 3278 varieties and cultivars among 210 plant species. It has been found that successful mutation induction in plant species varies with the administration of the mutagens and their doses and treatment times, and therefore the selection of the mutagens and optimum doses for a genotype are integral steps in any mutation breeding program (Balloch et al., 2002, Javed et al., 2003, Sangsiri et al., 2005, Sutarto et al., 2009, Mba and Shu 2012, Salve and More 2014). Induced mutagenesis played an important role in mutation research, as chromosome breaks and rearrangements are easily affected by them, despite the remarkable success of chemical mutagens in ionizing radiations. Among ionizing radiations, gamma rays are widely applied in many plants breeding programs, including *C. sativum* for mutation induction (Sengupta and Datta 2004)

A mutagen is usually a physical or chemical agent that alters the DNA of an organism. Physical and chemical mutagen induces physiological changes (injury) gene mutation (point mutations) in the biological material in the M1 generation. Kolhe et al. (2020) used Colchicine, Sodium azide (SA), and Methyl methanesulfonate (MMS) chemical mutagen in four different coriander varieties named Green wonder, Cross-91, Mrudul, and Surabhi. While good results were observed in seeds treated with sodium azide (SA), colchicine was determined to be a better chemical mutagen for mutagen induction. The current research showed the mutagenic susceptibility of gamma irradiations in *C. sativum* (the main commercial spice other than its use as leafy vegetables) to determine appropriate doses in species to amplify the 'plant type' mutation that closely corresponds to the ideotypes sought. The parameters of mutagenic susceptibility evaluated are germination rate and seedling growth in Petri plate condition, mitotic and meiotic chromosomal anomalies, seed germination rate and survival, pollen fertility, seed yield per plant, and seed sterility (Paramanik et al., 2018; Salve and More, 2014). Also, Paramanik et al. (2017) screened a desynaptic plant (2n=22) from copper oxide nanoparticles (CuO-NPs) treated M1 population of *C. sativum* L. It was described that the meiotic configurations of fertile desynaptic mutant plants screened at M1 following copper oxide nanoparticles (CuO-NPs) treatment and M2 from the progenies of M1 plants of *C. sativum* L. In addition, physical and

chemical agents are not lethal but can lead to cytogenetic changes that affect the growth and arrest of seed yield, thus potentially inducing genetic variation in the resulting seeds and mutation may occur in subsequent generations.

Mutations are one of the fundamental sources of overall present genetic variations in any organism involving plants and animals. The induced plant mutagenesis by different approaches plays a notable role in revealing genetic variations for the improvement of desired traits in plants (Kozgar et al., 2012). Several induced mutagenesis methods have been applied in crops (Oladosu et al., 2016). Up to date, numerous physical, chemical, and biological mutagens such as UV, X-ray, sodium azide, ethyl methanesulfonate (EMS), and agrobacterium have been used in mutation breeding and induced mutagenesis (Krishnan et al., 2009). Datta and Sengupta (2002) revealed that viable mutation frequency in two cultivated varieties of *C. sativum* was showed a correlation with the dose of gamma irradiation and EMS. The different plant parts of coriander were affected by a mutation resulting in alteration of the plant ideotype. Choudhary and Ramkrishna (2003) reported that among progeny component of variance was significant for all the characters examined in M4 progenies of three coriander varieties (RCr-41, RCr-436, and RCr-20). The adverse effect of EMS on seed germination of *C. sativum* has been reported by Kumar (2005). Latif et al. (2011) illustrated a dose-dependent increase in the yield of volatile oil percent and bioactive components in coriander seedlings exposed to diverse doses of gamma rays (Latif et al., 2011). Sarada et al. (2015) made an investigation on mutagenic sensitivity of gamma rays, EMS, and their combination in coriander. They demonstrated that germination percentage, shoot length, seedling height, and the number of leaves decreased as depend on the increasing dose of all the mutagen. Jafri et al. (2013) reported gamma rays, EMS, and their combination on *C. sativum* L. var Karishma was a correlation between all mutagen concentrations and percentage of chromosomal abnormalities. The effect of gamma radiation on seed germination, seedling height, and seedling damage of coriander was studied by Salve and More (2014). While the germination percentage of coriander gradually decreased from lower to higher doses of gamma rays, seedling height decreased in all doses of gamma rays. However, the seedling injury was increased with the increased dose of gamma rays. Kumar and Pandey (2015) signified that two different heavy metals (Pb(NO₃)₂ and CdCl₂) caused chromosomal anomalies and Pb(NO₃)₂ showed more genotoxicity than CdCl₂ in the root meristem of coriander. The same researchers determined that mitotic index, seed germination of coriander from lower dose to the higher dose of EMS decreased, but proline content and chromosomal aberrations raised (Kumar and Pandey, 2019b). Another study of researchers revealed that translocation heterozygote of coriander induced with gamma rays showed a mutual exchange of chromosome segments among two non-homologous. Furthermore, they reported that pollen fertility in coriander was declining because of chromosomal anomalies (Kumar and Pandey, 2019a). Salve and More (2019) studied the effect of gamma rays and EMS on several biochemical components of coriander. They illustrated that amount of carbohydrate content was maximum and minimum in tall mutant and dwarf mutant, respectively. They reported also that essential oil content was enhanced in both tall and dwarf mutants of coriander, compared to the control. The desynapsis emerges because spontaneous and/or induced mutations in the gene(s) control programmed meiotic cell division (Hua et al., 2013). Desynapsis was attributed as 'synaptic mutant' (Riley and Law

1965) in plant species having diverse phylogenetic relationships (Koduru and Rao 1981, Datta and Biswas 1985, Gulfishan et al. 2013, Kumbhakar et al., 2017). The coriander mutant seedlings depend on desynapsis reported by Pramanik et al. (2018a) and (2018b) by applying several mutagens. Pramanik et al (2018c) evaluated the effect of gamma irradiations on seed germination, pollen fertility, seedling growth, cell division abnormalities in coriander. They showed that gamma irradiations led to physiological and cytological disorder. Dhanalakshmi et al. (2019) reported that treatments of EMS, gamma rays, and their combination on coriander have generally adverse effects on seed germination, shoot and root length with increasing doses.

3.2.3. Molecular markers studies

Introducing new or better properties to plants is one of the basic elements of plant breeding, and various biotechnological and traditional techniques are mostly applied together in plant breeding. Molecular markers are significant techniques used in plant biotechnology and breeding. Several molecular marker tools have been developed and extensively used in many crops breeding programs (Gupta and Rustgi, 2004). Different molecular markers systems have been established over the years such as AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism), RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA), RFLP (Restriction fragment length polymorphism), SRAP (Sequence Related Amplified Polymorphism), CAPS (Cleaved Amplified Polymorphic Sequences), ISSR (Inter- Simple Sequence Repeat), SSR (Simple Sequence Repeat), and SNP (Single Nucleotide Polymorphism).

Genetic diversity is the essence of the biological world and serves as a natural resource that can help cope with the various challenges of the increasing world population (Karik et al., 2019). Plant genetic resources are vital inputs for the genetic improvement of crops (Ali et al., 2020a). Genetic variations are essential in meeting reproductive needs in any species (Nadeem et al., 2018). Genetic variability between and within populations can be used to develop elite varieties by increasing desirable agricultural traits (Ali et al., 2020b). Many studies have been performed with molecular markers in several crops to determine genetic diversity and molecular characterization. However, there are fewer studies carried out using molecular markers in coriander compared to other plant species. RAPD molecular markers are most extensively used for studies such as genetic mapping (Reiter et al., 1992), genetic diversity analysis (Shidfar et al., 2018), identification of markers linked to traits (Bhutta and Hanif, 2013), population and evolutionary genetic (Jordano and Godoy, 2000) because of its simplicity, technical usefulness, low cost and does not require sequence knowledge. RAPD markers were applied in coriander to explore genetic diversity by Omidbaigi et al. (2009), Nisha et al., (2013), Tomar-Rukam et al. (2014), and Choudary et al. (2019). Singh et al. (2012) used ITS (Internal Transcribed Spacer) markers together with RAPD markers to reveal genetic diversity in Indian coriander varieties. They reported that genetic distances among the varieties of coriander and their geographical places did not correlate. Molecular characterization with markers has been essential for germplasm conservation, detection of genetic relationships among individuals. Molecular characterization through RAPD markers has been revealed in several crop species such as wheat (Bhutta, 2007), rice (Chen et al., 2017), maize (Dev et al., 2007), jasmine (Ghosh et al., 2020), apple (Kaya et al., 2015) and sunflower (Raza et al., 2018). Singh et al. (2013) have been shown that RAPD molecular markers were highly effective and useful in the characterization of coriander varieties. ISSR is one of the molecular markers that generated

DNA fragments approximately between 100 bp and 3000bp. ISSR markers thanks to highly polymorphic have been used in many studies to examine the genetic diversity of several plant species. Studies on the genetic diversity of plant species belonging to the *Apiaceae* family have been conducted using ISSR markers by Kazemeini et al. (2021), Mustafina et al. (2017), Salami et al. (2017), Rostami-Ahmadvandi et al. (2013), Giachino (2020). Melo et al. (2011) reported that ISSRs were effective molecular markers in the determination of the genetic diversity of coriander varieties. Similarly, several researchers have been used a combination of other markers with ISSR markers for molecular characterization in coriander (Ibrahim et al., 2019, Nisha et al., 2013, Tomar-Rukam et al., 2014, Choudhary et al., 2019, Furan and Geboloğlu, 2017). For example, Tomar-Rukam et al. (2014) studied the genetic diversity of collected coriander germplasm from Gujarat using both molecular (ISSR and RAPD) and morphological data. They assigned that the JCO-329 genotype depends on RAPD and CGL-3 genotype depends on ISSR data have extensively different from other genotypes compatible with morphological data. It is essential to reveal the genetic relationship of genotypes for the maintenance and preservation of genetic diversity invaluable germplasm. Other studies using SRAP marker together with ISSR have been revealed that both two marker system was powerful tools to detect the genetic relationship of coriander genotypes collected from a different region of Turkey (Furan and Geboloğlu, 2017). Lopez et al. (2008) investigated 60 coriander accessions at the North Central Regional Plant Introduction Station in Ames. They characterized coriander germplasm using phenotypic, biochemical, and molecular data depending on the AFLP marker. Also, they reported that AFLP data did not reflect the evolutionary history of coriander but was quite efficient in molecular characterization and grouping of coriander cultivars. SSR markers have a high polymorphism level because of the plentiful number of repeat sites in microsatellite regions (Zane et al., 2002). SSRs have been developed, identified, and characterized in important *Apiaceae* plants such as *Ferula sadleriana* (Malkócs et al., 2020), carrot (Cavagnora et al., 2011), fennel (Aiello et al., 2020), dill seed (Kumar et al., 2020). Choudhary et al. (2017) researched the transferability to coriander of SSR markers developed for carrot genome by Cavagnora et al. (2011). They showed successfully applied thirty-nine SSR markers from hundred microsatellite loci, of which 5 of 39 loci are polymorphic. Their results have confirmed that the SSR primers developed in plants can mainly be transferred to closely related plants. iPBS (Inter Primer Binding Site) molecular markers are one of the recently developed retrotransposon-based markers by Kalendar et al. (2010). Alp and Geboloğlu (2017) indicated that iPBS and SSR primers were effective marker systems in revealing the genetic relationship of coriander genotypes having different origins. When all these studies are evaluated, it is concluded that genetic diversity has not been adequately investigated and studies with higher variation content should be conducted.

3.2.4. Ploidy manipulation and karyotype analysis

The genetic resources of plants which are a crucial pool of genetic diversity are essential for sustainable agriculture. Genetic diversity can be generated by several approaches such as plant breeding, intra and inter-specific crossing by spontaneous and human-made transgenic events changes in chromosomes (Moose and Mumm, 2008). In recent several decades, studies related to breeding and biotechnology have been focused on the production

of haploid or polyploidy plants by manipulating ploidy levels of the plant. Although the manipulation of the ploidy levels of plants is mostly carried out by hybridization or mutagenesis, recently different in-vitro techniques have been used frequently for this purpose. Cytogenetic knowledge of the plant genome has significant for generating plants in different levels of ploidy. Cytogenetic manipulation of the chromosome contents of plants is one of the most important methods for introducing new varieties of plants (Gale and Miller 1987). Moreover, the molecular analyses of the chromosomes offer a further comprehension of evolution, genomic events, and karyotype stability of diverse organisms including plants and animals. Given literature searching, there are very limited studies on cytogenetic, manipulation of ploidy, and karyotype analysis in coriander compared with other species of the *Apiaceae* family. As a result of karyomorphological analysis in coriander, chromosome number and ploidy level have been detected as 11 and diploid (B.K, Kaul, 1973). The chromosome number in the cultivars of coriander was reported as 11 by Sengupta (2001), Pramanik et al. (2018c), and Saha (2017). Polyploid induction is one of the most useful tools for the improvement of traits in plant breeding programs. Artificial polyploid induction has been successfully applied in economically important plants likewise caraway (Dijkstra and Speckmann, 1980), peppermint (Rita and Animesh, 2011), culinary ginger (Wohlmuth et al., 2005), hops (Omidbaigi et al., 2010). Sharma and Datta (1957) reported that the length of leaves and stomata was raised in tetraploid coriander seedlings, but the height of plants decreased compared to diploid individuals as a result of artificial polyploidy induction with colchicine treatment. Kalidasu et al. (2009) showed that maleic hydrazide from five gametocides is an effective approach in cumbersome emasculation in coriander.

4. Functional Genomics

4.1. Biotic Stress Agents

The crop health and seed quality are affected by several phytopathological biotic stressors including fungal, bacterial, and viral diseases. Most of the pathogens infect systemic or local associated with coriander seeds externally, internally, extraembryal, intraembryal, as contaminant and inert matter (Leharwan and Gupta, 2019). Knowledge about the actual location of infection and incubation period of the pathogens is essential for disease management.

Up to now several fungal pathogens were reported infecting coriander; *Mortierella isabellina*, *Sclerotinia sclerotiorum*, *Fusarium sambucinum* (*Gibberella pulicaris*), *Umbelopsis isabellina*, *Botrytis cinerea*, and *Thielaviopsis basicola* were isolated by Stakvilevičienė (2003) on Lithuanian coriander seeds. Some of the seed germination suppressor fungal pathogens are *Aspergillus flavus*, *Rhizopus stolonifer*, *A. fumigatus*, *A. niger*, *Cochliobolus lunatus*, *Alternaria alternata*, *Fusarium solani*, and *F. chlamydosporum* (Samota and Singh, 2006). The stem gall pathogen *Protomyces macrosporus* Unger is widespread and one

of the most devastating diseases affecting just about all cultivars from different geographical and ecological areas (Khare et al. 2017). The disease is generally known as tumor of coriander (Khare and Parveen, 2018). The infected fruits are larger and tumor-like hypertrophied swellings appear on the petiole, pedicel, leaves, stem, and fruits. The disease is the reason for 15 to 27 % of damage to the yield of seed (Khan and Ghazala 2016). Footrot disease caused by *Phoma multirostrata* on coriander plant were reported from different regions of the world that play an important role in spreading the diseases over long distances with the help of infected coriander seeds (Hashmi and Gaffar 1991; Toben and Rudolph 1996). *Alternaria alternata* (Fr.) Keissl. known as a pathogen causing diseases on different hosts was also reported in a preliminary seed health test of coriander seeds (Mangwende et al., 2018). Then *Alternaria dauci* was reported infecting coriander in the United States (Poudel and Zhang, 2018). The causal agent of root rot *Fusarium solani* is one of the most important economic barriers to coriander production, especially in subtropical and tropical regions all over the World (Khan et al., 2019). Various pesticide combinations have been attempted to control *F. solani* including systemic and contact fungicide (Singh et al., 2000; Chavan et al., 2009; Soni and Varma 2010). Some of the other fungi infecting coriander plants are *Macrophomina phaseolina* (Rodeva et al., 2010), *Pythium ultimum* (Garibaldi et al., 2010; Gilardi et al., 2011), *Pythium aphanidermatum* (Ashwathi et al., 2017), *Rhizoctonia solani* (Koike et al., 2017).

Bacterial leaf spot caused by *Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola* was reported from different parts of the world with numerous spot symptoms on margins and leaf blades (Refshauge and Nayudu, 2001; Cazorla et al., 2005; Cerkauskas 2009; Gupta et al., 2013; Kikuchi et al., 2019). The seed-borne pathogen spreads to the foliage of seedlings, commonly in consequence of sprinkler irrigation and rain (Cazorla et al., 2005). Severe losses are observed in pathogen-infected coriander production areas and yield losses rise from year to year (Toben and Rudolph 1996). Copper-based pesticide treatments are not profitable for pathogen control and the effects of treatments are abortive when the disease infests all fields (Denis and Wilson, 1997). *Xanthomonas campestris* pv. *coriandri* reported by Lee et al. (2004) is also one of the major bacterial diseases of coriander.

Many types of research have been conducted on virus diseases of coriander plants from different parts of the world. Coriander was reported as a natural host for the Groundnut ringspot virus (GRSV) in Brazil (Lima et al., 1999). A systemic Carrot virus Y (CarVY) infection was found in an experimental study carried out to determine the potential hosts of CarVY (Jones et al., 2005). In California Apium virus Y (ApVY) was detected on *C. sativum* plants showing symptoms of mosaic, vein clearing, and stunting (Tian et al., 2008). The 9573-nucleotide genome of a potyvirus was sequenced in India associated with vanilla dissertation mosaic disease infecting coriander (Adams et al., 2014).

Different types of methods including genetic transformation have been used to scrap plant disease and the use of pesticides (Bhandari, 2014). However, some of these approaches are the reasons for big arguments on environmental (Aktar et al., 2009) and consumer fears (Ferreira et al., 2012). Many attempts have been applied to control pathogens of coriander plants and disease management. Supplementing biocontrol agents' assay was used for decreasing the yield losses caused by coriander pathogens (Dabbas et al., 2009; Kumar et al., 2014; Khan and Parveen, 2018) It is a phenomenon that the best way to control diseases in a plant is to cultivate resistant varieties to avoid pathogen infection. Up to now, several tests were performed to screen resistance varieties for coriander diseases (Singh et al., 2003; Datta and Choudhuri, 2006; Khan and Ghazala, 2016). The use of advanced techniques is essential to identify resistant genetic resources single or multiple pathogens. Molecular-based advanced plant breeding approaches may help develop superior coriander varieties. On the other hand, pathogen-free regions should be selected for the disease-free seeds. An eco-friendly disease management system like forecasting diseases is also essential for decreasing yield losses.

4.1. Abiotic Stress Agents

Abiotic stress factors are important physiological events that negatively affect crop productivity. Especially in the last century due to global changes; It is caused by combinations of drought, salinity, high or low temperatures, radiation, heavy metals, etc. that limit the genetic potential of the plant (Wang and Frei, 2011). The long-term effects of abiotic stress factors on the plant cause permanent genomic changes in the plant. For this reason, plants develop genomic mechanisms that will physiologically affect their developmental activities (Guo et al., 2003).

In the previous studies, it has been shown that there was a decrease in the overall yield of the coriander affected by drought stress (Khorasaninejad et al., 2011). In addition, it was determined that the water stress on the coriander caused a decrease in plant growth, seed quality, and nutrient content, but it was neutral in terms of fatty acid and essential oil ratio (Unlukara et al., 2016). Heat stress is a factor that can damage plant cells and their activities. Optimum temperatures affect physiological activities such as photosynthesis and respiration in plants. Some studies showed that melatonin treatments had a protective role in coriander plants against heat stress combination (Martinez et al., 2018). It has been reported that the pre-treatment using sodium hydrosulfide (NaHS) in the coriander reduced the malondialdehyde content and electrolyte leakage caused by copper stress (Karam and Keramat, 2017). Also, by regulating the exogenous hydrogen sulfide and ascorbate-glutathione cycle; It has also been reported to alleviate oxidative damage under copper stress. Some studies have been reported an increase in arginase activity against abiotic stress in the coriander plant. This reveals that coriander can be a model plant for studies to be conducted to determine arginine activity in plants (Siddappa et al., 2018). In a study investigating the effects of arsenic (AS) elements on

coriander plants; It has been determined that the arsenic element had negative effects on the coriander plant in terms of productivity. Triacntanol (TRIA) and nitric oxide (NO) applications have been determined to have a significant effect on reducing arsenic damage (Asadi Karam et al., 2017; Yadav et al., 2011; Xiong et al., 2010). On the other hand, it has been determined that lead (Pb) has a positive effect on coriander in terms of growth and nutrient content. (Fatemi et al., 2021).

Salinity stress has been reported to cause significant reductions in essential oil yield and fatty acid content in coriander plants. It was determined that the increase in salt concentration causes a decrease in the saturated and unsaturated fatty acid content (Neffati and Marzouk, 2008). Polyunsaturated fatty acids (PUFA) are very significant in diet programs. In the study with coriander, a significant decrease in the PUFA ratio was observed under salt stress (Neffati and Marzouk, 2008).

Functional genomics enables gene analysis with genetic interaction at the cellular and organism levels. Important information about genetic structures is obtained by analyzing the data obtained with functional genomics. With genome sequence projects, data about the critical functions of genes can be obtained. With genome-wide approaches, it is easier to reveal the functions of each gene and the link between genes. Microarray, RNA sequencing, Expressed Sequence Tags (EST), etc. It contributed to the characterization of signaling network candidate genes and determination of their effect on stress tolerance with analysis (Pandey et al., 2016). All these features of the coriander plant suggest it as a model plant. Coriander Genomics Database (CGDB) was developed to reveal the genomic sequences of the coriander plant and to determine the critical functions of the data. Sequence data on the CGDB base allow for gene expression analysis (Song et al., 2020). It will enable the characterization of mutant assays with genomic expressions against different stress conditions. It has been demonstrated that signal networks for stress perception and tolerance have evolved in some plants. Functionally illuminating the genes responsible for stress factors will allow the development of stress-tolerant plants (Ramegowda and Senthil-Kumar, 2015).

5. Transcriptomics

It is now easier to access genetic information with the development of highly efficient new generation sequencing technologies. At the same time, transcriptome analysis is an important technology for identifying unknown genes and determining the functionality of existing genes.

The coriander and carrot (*Daucus carota* L.) genomes are reference genomes for the evolutionary process of the *Apiaceae* family. Song et al. (2020b) improved the Coriander Genomics Database (CGDB, <http://cgdb.bio2db.com/>) to accumulate and combine genome, transcriptome, metabolome, and gene annotation data. This database includes RNA-seq and four tissue and three cycles of *C. sativum* and *D. carota* metabolic database. Coriander Genomics Database also contains a great size of genome analysis data, for example, gene annotations,

transcription factors, and repeat sequences. It was stated that the genome, gene expression, and metabolome set in the CGDB database were created from normal analysis and bioinformatics programs. In addition, CGDB is a significant database for genome comparisons and evolutionary analysis of coriander and plants belonging to the same family. The relationship between Coriander and *Daucus carota* in the database on the website is given in Figure 2. Additionally, Song et al. (2020b) sequenced and assembled the complete genome of the *C. sativum* using Pacific Biosciences, Illumina, 10X Genomics, and HiC next-generation sequence technologies. They determined that the sequenced

genome was 2118.31 Mb, the length of the contig N50 was determined to be 604.13 kb, and scaffold N50 was obtained as 160.99 Mb. The sequenced genome was reported into the CGDB database as a reference genome. In recent years, many types of research have been conducted on the biotic stress, metabolites and gene expression, and annotation of *C. sativum*. Song et al. (2020a) determined that 1249 specific gene families control the taste and aroma of coriander. In addition, it has been concluded two tetraploid events in the study. It was reported that these two tetraploid events likely provided a high level of crossbreeding and enhanced the rapid divergence of ancestral plants.

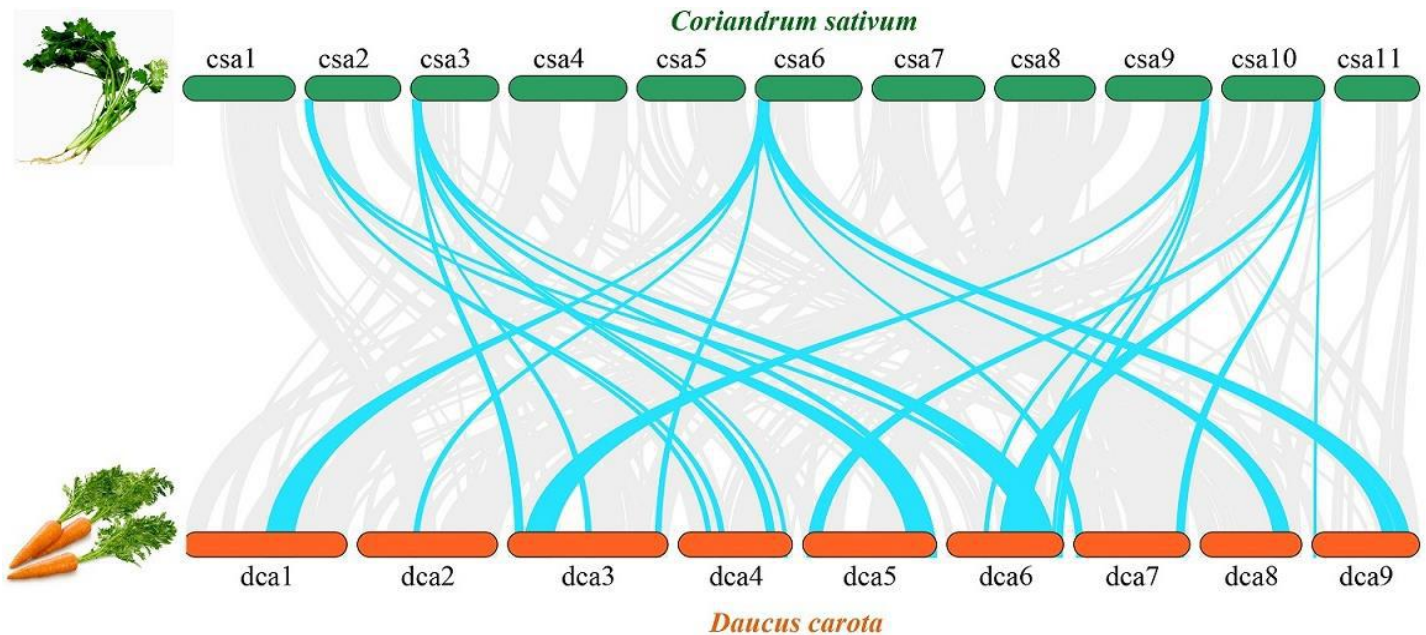


Figure 2. Syntenic figure between coriander and *D. carota* (<http://cgdb.bio2db.com>).

Numerous studies have also used transcriptome analysis to discover unknown genes in plants and to examine different mechanisms. Transcriptome sequencing is an essential tool for the discovery of new genes, gene expression, and the development of molecular markers. Tulsani et al. (2019) reported that obtained by using different plant organs (flowers, leaves, and seeds) *C. sativum* pre-transcriptome sketch using Ion S5 next-generation sequencing system. They obtained a total of 2.34 million reads (almost 2 GB) were created from flowers, leaves, and seeds. The 37,500 unigenes and EST-SSRs detected by transcriptome in the study are important consequences for the coriander genome and are thought to be a major step forward in the description of the coriander genome. It has been stated that it would support the discovery of new genes that have various economically important characteristics and were responsible for growth and development pathways. Similarly, Yang et al. (2020) determined that the fatty acid contents of coriander were analyzed for the first time in six developmental stages, and then reported that rapid petroclicinic acid accumulation was performed in three stages. An important role in the biosynthesis of a coriander acyl-acyl transporter protein desaturase was determined more than twenty years ago, but it has been identified that there has been little work in this area since then. Also, to investigate and elucidate acid biosynthesis and the mechanism of the petroselinic collection of petroselinoyl-rich oils, the fruits that developed coriander were accumulated in three stages for RNA sequencing. So, sequenced and assembled transcriptomic data and differentially expressed genes (DEGs)

were found to reveal new genes requiring petroclicinic acid biosynthesis in coriander.

Choudhary et al. (2019) made up transcriptome profiling of *C. sativum* L. for a dual-purpose crop that unravels stem gall resistance genes. Stem gall (*Protomyces macrosporus* Unger) is a dangerous disease that affects many different tissues of coriander and causes significant yield loss. In the study, transcriptome analysis of stem gall resistance (ACr-1) and sensitive (CS-6) leaf samples in coriander were performed using Illumina next-generation sequencing system. It was determined that the low-quality readings were trimmed resulting in a total of 49,163,108 and 43,746,120 readings. It has also been reported that the assembly resulted in verified transcripts of 59,933 and 56,861. They showed that most of the differently expressed genes were expressed with the estimated 13,123 CDS; of these, 431 and 400 genes were importantly upregulated and downregulated; It is stated here that for the R genes, there are stress-induced transcription factors (ERF, NAC, bZIP, MYB, DREB, and WRKY e.g.) and novel genes related to the antifungal trait. According to obtained results, transcriptome profiles are commonly used in determining associated genes stem gall in coriander.

6. Conclusions and Recommendations

General traits in coriander including quality and essential oil factors, yield parameters, stress resistance factors have been thoroughly explored and our understanding of the information

underlying these traits has deeply increased. Coriander has become one of the most popular medicinal and aromatic plants in the world entrance this period of increasing genetic research. Many efforts have been conducted with several genetic resources and tools that provide an impetus to find out coriander properties for the benefit of producers during recent years. Several molecular markers, QTLs, and functional genomics have also been linked to these traits. Nowadays these traits can be used in coriander breeding programs. The expectations for the future are to use this information for the effective development of coriander with a molecular breeding perspective. In addition, we think that it is necessary to extend the breeding path with MAS (Marker Assisted Selection) applications and multidisciplinary studies, and on this occasion, the popularity of coriander will increase even more.

7. Acknowledge

We would like to apologize to those individuals whose relevant publications could not be cited because of space constraints.

References

- Adams, I. P., Rai, S., Deka, M., Harju, V., Hodges, T., Hayward, G., ... & Boonham, N. (2014). Genome sequence of vanilla distortion mosaic virus infecting *Coriandrum sativum*. *Archives of virology*, 159(12), 3463-3465. <https://doi.org/10.1007/s00705-014-2215-z>
- Aiello, D., Ferradini, N., Torelli, L., Volpi, C., Lambalk, J., Russi, L., & Albertini, E. (2020). Evaluation of cross-species transferability of SSR markers in *Foeniculum vulgare*. *Plants*, 9(2), 175. <https://doi.org/10.3390/plants9020175>
- Akhani, A., Darzi, M. T., & Hadi, M. H. S. (2012). Effects of biofertilizer and plant density on yield components and seed yield of coriander (*Coriandrum sativum*). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences (IJACS)*, 4(16), 1205-1211.
- Aktar, W., Sengupta, D., & Chowdhury, A. (2009). Impact of pesticides use in agriculture: their benefits and hazards. *Interdisciplinary toxicology*, 2(1), 1-12. <https://dx.doi.org/10.2478%2Fv10102-009-0001-7>
- Ali, S.A., Chaurasia, S.C., Yadav, L.N., Jaiswal, R.K., & Upadhyay, P.C. (1999) Phenotypic stability of seed yield and its attributes in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Intern. J Trop Agric* 17:125–130. <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-007-9232-7>
- Ali, F., Nadeem, M. A., Habyarimana, E., Yilmaz, A., Nawaz, M. A., Khalil, I. H., Ercişli, S., Chung, G., Chaudhary, H.J., & Baloch, F. S. (2020a). Molecular characterization of genetic diversity and similarity centers of safflower accessions with ISSR markers. *Brazilian Journal of Botany*, 43(1), 109-121. <https://doi.org/10.1007/s40415-019-00574-7>
- Ali, F., Yilmaz, A., Chaudhary, H. J., Nadeem, M. A., Rabbani, M. A., Arslan, Y., Nawaz, M. A., Habyarimana, E., & Baloch, F. S. (2020b). Investigation of morphoagronomic performance and selection indices in the international safflower panel for breeding perspectives. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 44(2), 103-120. <https://doi.org/10.3906/tar-1902-49>
- Alp, F. M., & Gebologlu, M. D. (2017). Two different molecular markers (SSR & IPBS) assessment on *Coriandrum sativum* L. with capillary electrophoresis. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26, 4568-4573.
- Aluko, R. E., McIntosh, T., & Reaney, M. (2001). Comparative study of the emulsifying and foaming properties of defatted coriander (*Coriandrum sativum*) seed flour and protein concentrate. *Food research international*, 34(8), 733-738. [http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969\(01\)00095-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0963-9969(01)00095-3)
- Amiripour, A., Jahromi, M. G., Soori, M. K., & Mohammadi Torkashvand, A. (2021). Changes in essential oil composition and fatty acid profile of coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves under salinity and foliar-applied silicon. *Industrial Crops and Products*, 168, 113599. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113599>
- Angelini, L.G., Moscheni, E., Colonna, G., Belloni, P., & Bonari, E. (1997) Variation in agronomic characteristics and seed oil composition of new oilseed crops in Central Italy. *Industr Crops Prod* 6:313–323. [http://dx.doi.org/10.1016%2FS0926-6690\(97\)00022-8](http://dx.doi.org/10.1016%2FS0926-6690(97)00022-8)
- Arif, M., Khurshid, H., & Khan, S. (2014). Genetic structure and green leaf performance evaluation of geographically diverse population of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *European Acedemic Research*, 2(3): 3269–3285.
- Asadi Karam, E., Keramat, B., Asrar, Z., & Mozafari, H. (2017). Study of interaction effect between triacontanol and nitric oxide on alleviating of oxidative stress arsenic toxicity in coriander seedlings. *Journal of Plant Interactions*, 12(1), 14-20. <http://dx.doi.org/10.1080/17429145.2016.1267270>
- Ashwathappa, K. V., Venkataravanappa, V., Reddy, L. R. C. N., Polam, S., & Manem, K. R. (2019). Multigene characterization of a ‘Candidatus Phytoplasma australasia’ related strain associated with phyllody disease of coriander in India. *Phytopathogenic Mollicutes*, 9(2), 278-289. <http://dx.doi.org/10.5958/2249-4677.2019.00126.9>
- Ashwathi, S., Ushamalani, C., Parthasarathy, S., & Nakkeeran, S. (2017). Morphological, pathogenic and molecular characterisation of *Pythium aphanidermatum*: A causal pathogen of coriander damping-off in India. *The Pharma Innovation*, 6(11, Part A), 44.
- Balloch, A. W., Soomro, A. M., Javed, M. A., Bughio, H. R., Bughio, M. S., Mohammed, T. and Mastoi, N. N. (2002). Development of high yielding rice mutant variety through gamma rays irradiation. *Nucleus* 39: 227–231.
- Barros, L., Dueñas, M., Dias, M. I., Sousa, M. J., Santos-Buelga, C., & Ferreira, I. C. (2012). Phenolic profiles of in vivo and in vitro grown *Coriandrum sativum* L. *Food Chemistry*, 132(2), 841-848. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.11.048>
- Beemnet, M., & Alemaw, G. (2010). Variability in Ethiopian Coriander Accessions for Agronomic and Quality Traits. *Afr. Crop Sci. J.*, 18(2): 43–49.
- Beyzi, E., Karamanb, K., Gunesc, A., & Beyzid, S.B. (2017). Change in some biochemical and bioactive properties and essential oil composition of coriander seed (*Coriandrum sativum* L.) varieties from Turkey. *Ind Cro Prod.*, 109: 74–78.
- Bhandari, M.M., & Gupta, A. (1991) Variation and association analysis in coriander. *Euphytica* 58:1–4. <http://dx.doi.org/10.1007/bf00035333>
- Bhandari, G. (2014). An overview of agrochemicals and their effects on environment in Nepal. *Applied Ecology and Environmental Sciences*, 2(2), 66-73. <http://dx.doi.org/10.12691/aces-2-2-5>
- Bhargava, A., Shukla, S., & Ohri, D. (2007). Genetic variability and interrelationship among various morphological and quality traits in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Field*

- Crops Research*, 101(1), 104-116. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.10.001>
- Bhat, S., Kaushal, P., Kaur, M., & Sharma, H. K. (2014). Coriander (*Coriandrum sativum* L.): Processing, nutritional and functional aspects. *African Journal of plant science*, 8(1), 25-33. <http://dx.doi.org/10.5897/AJPS2013.1118>
- Bhowmik, P. C. (2003). Challenges and opportunities in implementing allelopathy for natural weed management. *Crop protection*, 22(4), 661-671. [https://doi.org/10.1016/S0261-2194\(02\)00242-9](https://doi.org/10.1016/S0261-2194(02)00242-9)
- Bhuiyan, M. N. I., Begum, J., & Sultana, M. (2009). Chemical composition of leaf and seed essential oil of *Coriandrum sativum* L. from Bangladesh. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 4(2), 150-153. <https://doi.org/10.3329/bjp.v4i2.2800>
- Bhutta, W. M. (2007). Biochemical and molecular characterization of wheat genotypes determined by RAPD analysis. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 57(4), 335-341. <https://doi.org/10.1080/09064710601029406>
- Bhutta, W. M., & Hanif, M. (2013). Identification of RAPD markers linked to salinity tolerance in wheat. *African Journal of Biotechnology*, 12(17). <https://doi.org/10.5897/AJB09.973>
- BK, K. (1973). Karyomorphological studies in *Coriandrum sativum* L. and *Cuminum cyminum* L. *Cytologia*, 38(2), 211-217. <http://dx.doi.org/10.1508/cytologia.59.17>
- Caballero, B., Trugo, L., & Finglas, P. (2003). Encyclopedia of food sciences and nutrition: Volumes 1-10., (Ed. 2).
- Cavagnaro, P. F., Chung, S. M., Manin, S., Yildiz, M., Ali, A., Alessandro, M. S., ... & Simon, P. W. (2011). Microsatellite isolation and marker development in carrot-genomic distribution, linkage mapping, genetic diversity analysis and marker transferability across Apiaceae. *BMC genomics*, 12(1), 1-20. <https://doi.org/10.1186/1471-2164-12-386>
- Cazorla, F. M., Vázquez, M. A., Rosales, J., Arrebola, E., Navarro, J., Pérez-García, A., & De Vicente, A. (2005). First report of bacterial leaf spot (*Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola*) of coriander in Spain. *Journal of phytopathology*, 153(3), 181-184. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2005.00946.x>
- Cerkauskas, R. F. (2009). Bacterial leaf spot of cilantro (*Coriandrum sativum*) in Ontario. *Canadian journal of plant pathology*, 31(1), 16-21. <https://doi.org/10.1080/07060660909507567>
- Chahal, K. K., Singh, R., Kumar, A., & Bhardwaj, U. (2018). Chemical composition and biological activity of *Coriandrum sativum* L.: A review. *Indian Journal of Natural Products and Resources (IJNPR) [Formerly Natural Product Radiance (NPR)]*, 8(3), 193-203.
- Chavan, S. C., Hegde, Y. R., & Prashanthi, S. K. (2009). Management of wilt of patchouli caused by *Fusarium solani*. *Journal of Mycology and Plant Pathology*, 39(1), 32.
- Chen, C., He, W., Nassirou, T. Y., Nsabiymva, A., Dong, X., Adedze, Y. M. N., & Jin, D. (2017). Molecular characterization and genetic diversity of different genotypes of *Oryza sativa* and *Oryza glaberrima*. *Electronic Journal of Biotechnology*, 30, 48-57. <https://doi.org/10.1016/j.ejbt.2017.08.001>
- Chislova, L.S. (2001) Sosdanie sortov koriandra dlja uslovij central'no-cherosemnogo regiona. Avtoreferat dissertacii, Krasnodar. <http://earthpapers.net/sozdanie-sortov-koriandra-dlya-uslovij-tsentralno-chernozernogo-regiona>
- Choudhary, P., & Ramkrishna, K. (2003). An analysis of polygenic variation in the M4 families of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Indian J. Genet*, 63(2), 181-182.
- Choudhary, S., Jethra, G., Sharma, R., & Verma, A. K. (2017). Microsatellite in coriander: a cross species amplification within Apiaceae family. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 5, 2714-2721. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.605.304>
- Choudhary, S., Naika, M. B., Sharma, R., Meena, R. D., Singh, R., & Lal, G. (2019). Transcriptome profiling of coriander: a dual purpose crop unravels stem gall resistance genes. *Journal of genetics*, 98(1), 1-11. <http://dx.doi.org/10.1007/s12041-019-1064-7>
- Choudhary, S., Sharma, R., Jethra, G., Vishal, M. K., & Tripathi, A. (2019). Molecular diversity in coriander (*Coriandrum sativum*) using RAPD and ISSR markers. *Indian J Agric Sci*, 89, 193-198.
- Couillerot, J.P., Windels, D., Vazquez, F., Michalski, J.C., Hilbert, J.L., & Blervacq, A.S. (2012) Pretreatments, conditioned medium and co-culture increase the incidence of somatic embryogenesis of different. *Cichorium* species *Plant Signal Behav* 7(1):1-11. <https://dx.doi.org/10.4161%2Fpsb.7.1.18637>
- Dabbas, M. R., Singh, D. P., & Prakash, H. G. (2009). Management of stemgall of coriander through IDM practice. *International Journal of Plant Protection*, 2(2), 255-257.
- Das, A., & Mallick, R. (1989). Variation in 4C DNA content and chromosome characteristics in different varieties of *Coriandrum sativum* L. *Cytologia*, 54(4), 609-616. <https://dx.doi.org/10.1508/cytologia.54.609>
- Datta, A. K. & Biswas, A. K. (1985). A EMS-induced bushy mutant of *Nigella sativa* L. with desynaptic behaviour of chromosomes. *Cytologia* 50: 535-543.
- Datta, A. K., & Sengupta, K. (2002). Induced viable macromutants in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Indian J Genet*, 62(3), 273-274.
- Datta, S., & Choudhuri, P. (2006). Evaluation of coriander germplasm under terai zone of West Bengal. *Haryana Journal of Horticultural Sciences*, 35(3/4), 348-349. <https://doi.org/10.1508/cytologia.50.535>
- De Almeida Freires, I., Murata, R. M., Furletti, V. F., Sartoratto, A., de Alencar, S. M., Figueira, G. M., ... & Rosalen, P. L. (2014). *Coriandrum sativum* L. (coriander) essential oil: antifungal activity and mode of action on *Candida* spp., and molecular targets affected in human whole-genome expression. *PLoS One*, 9(6), e99086. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099086>
- Dennis, J., & Wilson, J. (1997). Disease control in coriander and other spice seeds. RIRDC.
- Dev, J., Jeberson, S., Sharma, M., Rathour, R., & Thakur, S. R. (2007). Molecular Characterization of Hill Maize Inbreds Using RAPD Markers. *Indian Journal of Plant Genetic Resources*, 20(1), 48-53.
- Dhakad, R. S., Sengupta, S. K., Lal, N., & Shiurkar, G. (2017). Genetic diversity and heritability analysis in coriander. *The Pharma Innovation Journal*, 6(8), 40-46.
- Dhanalakshmi, K., Arulmozhiyan, R., Chitra, K., Sivabalan, K. C., & Vijayakumari, K. K. (2019). Sensitivity analysis in Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 2019; SP2: 990-993
- Diederichsen, A. (1996). Coriander. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 3. In: *Spices*, Vol. 2; Purseglove, J.W.; Brown, E.G.; Green, C.L.; Robbins, S.R.J.; Eds.; Longman: New York; p. 736-788.

- Diederichsen, A. (1996). Coriander: *Coriandrum Sativum* L. (Vol. 3). Bioersivity International.
- Diederichsen, A., Banniza, S., Armstrong-Cho, C., & Sander, T. (2020). *Coriandrum sativum* L.–Coriander. In *Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants* (pp. 265-281). Springer, Cham.
- Dijkstra, H., & Speckmann, G. J. (1980). Autotetraploidy in caraway (*Carum carvi* L.) for the increase of the aetheric oil content of the seed. *Euphytica*, 29(1), 89-96. <https://doi.org/10.1007/BF00037252>
- Dimri, B. P., Khan, M. N. A., & Narayana, M. R. (1976). Some promising selections of Bulgarian coriander (*Coriandrum sativum* L.) for seed and essential oil with a note on cultivation and distillation of oil. *Indian Perfumer*, 20(1), 13-21. <https://dx.doi.org/10.1080%2F14786410903132316>
- Duarte, A., Luís, Á., Oleastro, M., & Domingues, F. C. (2016). Antioxidant properties of coriander essential oil and linalool and their potential to control *Campylobacter* spp. *Food Control*, 61, 115-122. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.foodcont.2015.09.033>
- Dyulgerov, N., & Dyulgerova, B. (2013). Variation of yield components in coriander (*Coriandrum Sativum* L.). *Agricultural Science & Technology* (1313-8820), 5(2).
- El-Ballal, A.S.I., & Abou El-Nasr, T.H. (1987). Selection for Earliness and Phytotherapeutic value in coriander. *Acta Horticulturae*, 208, 179-196.
- Eriksson, N., Wu, S., Do, C. B., Kiefer, A. K., Tung, J. Y., Mountain, J. L., ... & Francke, U. (2012). A genetic variant near olfactory receptor genes influences cilantro preference. *Flavour*, 1(1), 1-7. <https://doi.org/10.1186/2044-7248-1-22>
- Fatemi, H., Pour, B. E., & Rizwan, M. (2021). Foliar application of silicon nanoparticles affected the growth, vitamin C, flavonoid, and antioxidant enzyme activities of coriander (*Coriandrum sativum* L.) plants grown in lead (Pb)-spiked soil. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(2), 1417-1425. <https://doi.org/10.1007/s11356-020-10549-x>
- Ferreira, J. J., Del Castillo, R. R., Perez-Vega, E., Plans, M., Simó, J., & Casanas, F. (2012). Sensory changes related to breeding for plant architecture and resistance to viruses and anthracnose in bean market class Fabada (*Phaseolus vulgaris* L.). *Euphytica*, 186(3), 687-696. <http://dx.doi.org/10.1007/s10681-011-0540-9>
- Furan, M. A., & Geboloğlu, M. D. (2017). Yetiştiriciliği Yapılan Bazı Türk Kışniş (*Coriandrum Sativum* L.) Çeşitlerinde Genetik Çeşitliliğin ISSR ve SRAP Markörleri Yardımıyla Değerlendirilmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(2), 245-251. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.309548>
- Galata, M., Lukman, S., Saqrker, S., Soheil, S., & Mahmoud, S. (2014) Transcriptome profiling, and cloning and characterization of the main monoterpene synthases of *Coriandrum sativum* L. *Phytochemistry* 102:64–73. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2014.02.016>
- Gale, M. D., & Miller, T. E. (1987). The introduction of alien genetic variation in wheat. In *Wheat breeding* (pp. 173-210). Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-009-3131-2_7
- Garibaldi, A., Gilardi, G., & Gullino, M. L. (2010). First report of collar and root rot caused by *Pythium ultimum* on coriander in Italy. *Plant disease*, 94(9), 1167-1167. <https://doi.org/10.1094/PDIS-94-9-1167B>
- Germer, R. (1989). Die Pflanzenmaterialien aus dem Grab des Tutanchamon. Gerstenberg Verlag, Hildesheim
- Ghamarnia, H., & Daichin, S. (2013). Effect of different water stress regimes on different coriander (*Coriander sativum* L.) parameters in a semi-arid climate. *International Journal of Agronomy and Plant Production*, 4(4), 822-832.
- Gharib, F. A., Moussa, L. A., & Massoud, O. N. (2008). Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (*Majorana hortensis*) plant. *International Journal of Agriculture and Biology*, 10(4), 381-387.
- Ghobadi, M. E., & Ghobadi, M. (2010). The effects of sowing dates and densities on yield and yield components of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal of Agricultural and Biosystems Engineering*, 4(10), 725-728. <https://doi.org/10.5281/zenodo.1079068>
- Ghosh, S., Ganga, M., Soorianathasundaram, K., & Kumar, A. (2020). Molecular characterization of jasmine genotypes using RAPD and ISSR markers. *Indian Journal of Horticulture*, 77(1), 149-157. <http://dx.doi.org/10.5958/0974-0112.2020.00016.X>
- Giachino, R. R. A. (2020). Investigation of the genetic variation of anise (*Pimpinella anisum* L.) using RAPD and ISSR markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 67(3), 763-780. <https://doi.org/10.1007/s10722-019-00861-y>
- Gil, A., De La Fuente, E. B., Lenardis, A. E., López Pereira, M., Suárez, S. A., Bandoni, A., ... & Ghersa, C. M. (2002). Coriander essential oil composition from two genotypes grown in different environmental conditions. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(10), 2870-2877. <https://doi.org/10.1021/jf011128i>
- Gilardi, G., Amatulli, M. T., Gullino, M. L., & Garibaldi, A. (2011). Attacks of *Pythium ultimum* on coriander in Italy. *Protezione delle Colture*, (1), 26-27.
- Gulfishan, M., Jafri, I. F., Khan, A. H., & Bhat, T. A. (2013). Methyl methane sulphonate induced desynaptic mutants in *Capsicum annum* L. *Chromosome Bot.* 8: 59–62.
- Guo, W. J., Bundithya, W. & Goldsbrough, P. B. (2003). Characterization of the Arabidopsis metallothionein gene family: tissue-specific expression and induction during senescence and inresponse to copper. *New Phytol.* 159, 369-381. <https://doi.org/10.1046/j.1469-8137.2003.00813.x>
- Gupta, M., Bharat, N., Chauhan, A., & Vikram, A. (2013). First report of bacterial leaf spot of coriander caused by *Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola* in India. *Plant disease*, 97(3), 418-418. <https://doi.org/10.1094/pdis-03-12-0257-pdn>
- Gupta, P. K., & Rustgi, S. (2004). Molecular markers from the transcribed/expressed region of the genome in higher plants. *Functional & Integrative Genomics*, 4(3), 139–162. DOI 10.1007/s10142-004-0107-0. <https://doi.org/10.1007/s10142-004-0107-0>
- Harten, A.M. van. (1974). Coriander: the history of an old crop [in Dutch]. *Landbouwk. Tijdschr.* 86:58-64.
- Hashmi, M. H., & Ghaffar, A. (1991). Seed-borne mycoflora of *Coriandrum sativum* L. *Pakistan Journal of Botany*, 23(2), 165-172.
- Hua, Y., Woehler, A., Kahms, M., Haucke, V., Neher, E., & Klingauf, J. (2013). Blocking endocytosis enhances short-term synaptic depression under conditions of normal availability of vesicles. *Neuron*, 80(2), 343-349. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.08.010>
- Ibrahim, M., Bekhit, M., Hassan, N., Refaat, M., & El-Akkad, T. (2019). C-Banding Karyotype and Molecular Characterization of Cumin, Caraway and

- Coriander. *Caraway and Coriander* (April 10, 2019). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3388044>
- Inan, M., S. Kirici, E. S., Giray, M., Turk & Taghikhani H. (2014). Determination of suitable coriander (*Coriandrum sativum* L.) cultivars for eastern mediterranean region. *Turk. J Field Crops* 19(1): 1-6. <https://doi.org/10.17557/tjfc.05577>
- Jafri, I. F., Khan, A., & Gulfishan, M. (2013). Genomic damage induced by individual and combination treatment of gamma rays and ethyl methane sulphonate in *Coriandrum sativum* L. var. Karishma. *Int. J. Bot. Res.*, 3(2), 79-85.
- Javed, M. A., Siddiqui, M. A., Khan, M. K. R., Khatri, A., Khan, I. A., Dahar, N. A., Khanzada, M. H. & Khan, R. (2003). Development of high yielding mutants of *Brassica campestris* L. cv. Toria selection through gamma rays irradiation. *Asian J. Plant Sci.* 2: 192–195.
- Jayanthi M, Mandal PK (2001) Plant regeneration through somatic embryogenesis and RAPD analysis of regenerated plants in *Tylophora indica* (Burm. f. Merrill.). *In Vitro Cell Dev Biol-Plant* 37:576–580. <http://dx.doi.org/10.1007/s11627-001-0101-3>
- Jindla LN, Singh TH, Rang A, Bansal ML (1985) Stability for seed yield and its components in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Indian J Genet* 45:358–361
- Jones, R. A. C., Smith, L. J., Gajda, B. E., Smith, T. N., & Latham, L. J. (2005). Further studies on Carrot virus Y: hosts, symptomatology, search for resistance, and tests for seed transmissibility. *Australian journal of agricultural research*, 56(8), 859-868. <http://dx.doi.org/10.1071/AR05028>
- Jordano, P., & Godoy, J. A. (2000). RAPD variation and population genetic structure in *Prunus mahaleb* (Rosaceae), an animal-dispersed tree. *Molecular Ecology*, 9(9), 1293-1305. <http://dx.doi.org/10.1046/j.1365-294x.2000.01009.x>
- Kačaniová, M., Galovičová, L., Ivanišová, E., Vukovic, N. L., Štefániková, J., Valková, V., ... & Tvrda, E. (2020). Antioxidant, antimicrobial and antibiofilm activity of coriander (*Coriandrum sativum* L.) essential oil for its application in foods. *Foods*, 9(3), 282. <https://doi.org/10.3390/foods9030282>
- Kalendar, R., Antonius, K., Smýkal, P., & Schulman, A. H. (2010). iPBS: a universal method for DNA fingerprinting and retrotransposon isolation. *Theoretical and Applied Genetics*, 121(8), 1419-1430. <https://doi.org/10.1007/s00122-010-1398-2>
- Kalidasu, G., Suryakumari, S., Sarada, C., Rajani, A., Rao, N.H., Pandravada, S.R., & Naidu, L.N. (2015). Exploiting genetic divergence for crop improvement in coriander (*Coriandrum sativum* L.): A neglected and underutilized crop. *Indian J. Plant Genet. Resour.*, 28(2): 222–228. <http://dx.doi.org/10.14662/ARJASR2020.555>
- Kalidasu, G., Sarada, C., Reddy, P. V., & Yellam, T. (2009). Use of male gametocide: an alternative to cumbersome emasculation in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Horticulture and Forestry*, 1(7), 126-132.
- Karık, Ü., Nadeem, M. A., Habyarimana, E., Ercişli, S., Yildiz, M., Yilmaz, A., Yang, S. H., Chung, G. & Baloch, F. S. (2019). Exploring the genetic diversity and population structure of Turkish laurel germplasm by the iPBS-retrotransposon marker system. *Agronomy*, 9(10), 647. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100647>
- Kassahun, B. M. (2020). Unleashing the exploitation of coriander (*Coriander sativum* L.) for biological, industrial and pharmaceutical applications. *Academic Research Journal of Agricultural Science and Research*, 8(6), 552-564.
- Katar, D., Nimet, K. A. R. A., & Katar, N. (2016). Yields and quality performances of coriander (*Coriandrum sativum* L.) genotypes under different ecological conditions. *Turkish Journal of Field Crops*, 21(1), 79-87. <https://doi.org/10.17557/tjfc.77478>
- Kaya, T., Balta, F., & Şensoy, S. (2015). Fruit quality parameters and molecular analysis of apple germplasm resources from Van Lake Basin, Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 39(6), 864-875. <http://dx.doi.org/10.3906/tar-1406-24>
- Kazemeini, F., Asri, Y., Mostafavi, G., Kalvandi, R., & Mehregan, I. (2021). Assessment of genetic diversity, population structure and morphological analyses in an Iranian endemic species *Rhabdosciadium aucheri* Boiss. (Apiaceae) using ISSR markers. *Biologia*, 76(2), 441-451. <https://doi.org/10.1007/s11033-020-06028-8>
- Khan, M. M. M., Habib, A., Abdullah, A., Manzoor, A., Tahir, Z., Zahid, K., Asghar, J., Latif, S., & Mushtaq, M. S. (2019). Seed associated mycoflora of coriander (*Coriandrum sativum* L.) its effect on seed germination and management through seed treatment chemical. *The Int. J. Biol. Res.*, 2, 101-117.
- Khan, M. R., & Ghazala, P. (2016). Screening of some recently developed coriander varieties against stem gall disease caused by *Protomyces macrosporus*. *Journal of Plant Pathology and Microbiology*, 7(8). <https://doi.org/10.4172/2157-7471.1000375>
- Khan, M. R., & Parveen, G. (2018). Supplementing biocontrol agents with botanicals improved growth and yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.) infected with *Protomyces macrosporus* Unger. *Current plant biology*, 15, 44-50. <https://doi.org/10.1016/j.cpb.2018.10.005>
- Khare, M. N., Tiwari, S. P., & Sharma, Y. K. (2017). Disease problems in the cultivation of coriander (*Coriandrum sativum* L.) and their management leading to production of high quality pathogen free seed. *International Journal of Seed Spices*, 7(1), 1-7.
- Khorasaninejad, S., Mousavi, A., Soltanloo, H., Hemmati, K., & Khalighi, A. (2011). The effect of drought stress on growth parameters, essential oil yield and constituent of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Medicinal Plants Research* Vol. 5 (22), 5360-5365.
- Kikuchi, A., Suzuki, M., & Takikawa, Y. (2019). First Report of Bacterial Leaf Spot of Coriander Caused by *Pseudomonas syringae* pv. coriandricola in Japan. *Plant Disease*, 103(11), 2942-2942. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-19-0731-PDN>
- Kiralan, M., Calikoglu, E., Ipek, A., Bayrak, A., & Gurbuz, B. (2009). Fatty acid and volatile oil composition of different coriander (*Coriandrum sativum*) registered varieties cultivated in Turkey. *Chemistry of Natural compounds*, 45(1), 100-102. <http://dx.doi.org/10.1007/s10600-009-9240-2>
- Kleiman, R., & Spencer, G. F. (1982). Search for new industrial oils: XVI. Umbelliflorae—seed oils rich in petroselinic acid. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 59(1), 29-38. <https://doi-org.libproxy.viko.lt/10.1007/BF02670064>
- Koduru, P. R. & Rao, M. K. (1981). Cytogenetics and synaptic mutants in higher plants. *Theor. Appl. Genet.* 59: 197–214. <https://doi.org/10.1007/bf00265494>
- Koike, S. T., Daugovish, O., Martin, F. N., & Ramon, M. L. (2017). Crown and Root Rot Caused by *Rhizoctonia solani* on Cilantro in California. *Plant Disease*, 101(12), 2148. <https://doi.org/10.1094/PDIS-04-17-0567-PDN>
- Kolhe, P.N., Varne, M.D., Deshmukh, S.N., Harke, S.N., & Wagh, S.G. (2020). Assessment of Mutagenicity Induced by

- Different Mutagens in Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Biotechnology Journal International* 24(5): 12-21. <https://doi.org/10.9734/bji/2020/v24i530114>
- Kozgar, M. I., Khan, S., & Wani, M. R. (2012). Variability and correlations studies for total iron and manganese contents of chickpea (*Cicer arietinum* L.) high yielding mutants. *American Journal of Food Technology*, 7(7), 437-444. <https://dx.doi.org/10.3923/ajft.2012.437.444>
- Krishnan, A., Guiderdoni, E., An, G., Yue-ie, C. H., Han, C. D., Lee, M. C., ... & Pereira, A. (2009). Mutant resources in rice for functional genomics of the grasses. *Plant physiology*, 149(1), 165-170. <https://doi.org/10.1104/pp.108.128918>
- Kujur, A. (2015). Collection, evaluation and identification of suitable genotypes of khedha (*Amaranthus dubius* Mart.) under Chhattisgarh plain condition (Doctoral dissertation, Indira Gandhi Krishi Vishwavidyalaya Raipur).
- Kumar A. (2005). Role of ethyl methane sulphonate on the germination of *Coriandrum sativum* L. *Int. J. Mendel*, 22: 29.
- Kumar, G., & Pandey, A. (2015). Heavy metal induced genomic distortion in root meristems of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal of Research in Plant Science*, 4(5), 47-53.
- Kumar, G., & Pandey, A. (2019a). Cytogenetical Investigation of a Translocation Heterozygote Induced by Gamma Rays in *Coriandrum sativum* L. *Cytologia*, 84(3), 211-214. <http://dx.doi.org/10.1508/cytologia.84.211>
- Kumar, G., & Pandey, A. (2019b). Ethyl methane sulphonate induced changes in cyto-morphological and biochemical aspects of *Coriandrum sativum* L. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(4), 469-475. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2018.03.003>
- Kumar, G., Yadav, S. K., Patel, J. S., Sarkar, A., & Awasthi, L. P. (2014). Management of stem gall disease in coriander using *Pseudomonas* and *Trichoderma* (bioagents) and fungicides. *J Pure Appl Microbiol*, 8(6), 4975-4978.
- Kumar, S., Gandham, P., Palve, A., & Rathore, A. (2020). Survey sequencing and in-silico development and validation of genomic SSR markers in Indian dill seed. *Journal of King Saud University-Science*, 32(1), 862-866. <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2019.04.006>
- Kumbhakar, D. V., Datta, A. K., Das, D., Gupta, S., Saha, A., Ghosh, B. & Pramanik, A. (2017). Cadmium sulphide nanoparticles induced desynapsis in *Nigella sativa* L. (black cumin): a pioneer report. *Cytologia* 82: 293-296. <http://dx.doi.org/10.1508/cytologia.82.293>
- Laribi, B., Kouki, K., M'Hamdi, M., & Bettaieb, T. (2015). Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and its bioactive constituents. *Fitoterapia*, 103, 9-26. <https://doi.org/10.1016/j.fitote.2015.03.012>
- Latif H. H., Abdalla M. A. & Farag S. A. (2011). Radio-stimulation of phytohormones and bioactive components of coriander seedlings, *Turk J Biochem*.36: 230-236.
- Lee, Y. A., Liu, Y. H., & Liu, H. L. (2004). First report of bacterial leaf blight of coriander caused by *Xanthomonas campestris* pv. *coriandri* in Taiwan. *Plant disease*, 88(8), 910-910. <https://doi.org/10.1094/pdis.2004.88.8.910a>
- Leharwan, M., & Gupta, M. (2019). Stem Gall of Coriander: A Review. *Agricultural Reviews*, 40(2), 121-128. <https://arccjournals.com/journal/agricultural-reviews/R-1885>
- Lima, M. F., De Ávila, A. C., da G. Wanderley Jr, L. J., Nagata, T., & Da Gama, L. J. W. (1999). Coriander: a new natural host of Groundnut ring spot virus in Brazil. *Plant disease*, 83(9), 878-878.
- Liu, W., Liang, Z., Shan, C., Marsolais, F. & Tian L (2013) Genetic transformation and full recovery of alfalfa plants via secondary somatic embryogenesis. *In Vitro Cell Dev Biol-Plant* 49:17-2. <http://dx.doi.org/10.1007/s11627-012-9463-y>
- Lo Cantore, P., Iacobellis, N. S., De Marco, A., Capasso, F., & Senatore, F. (2004). Antibacterial activity of *Coriandrum sativum* L. and *Foeniculum vulgare* Miller var. *vulgare* (Miller) essential oils. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(26), 7862-7866. <https://doi.org/10.1021/jf0493122>
- López, P. A., Widrechner, M. P., Simon, P. W., Rai, S., Boylston, T. D., Isbell, T. A., ... & Wilson, L. A. (2008). Assessing phenotypic, biochemical, and molecular diversity in coriander (*Coriandrum sativum* L.) germplasm. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 55(2), 247-275. <http://dx.doi.org/10.1007/s10722-007-9232-7>
- M. Ali, A. Mujib, D. Tonk, & N. Zafar, (2017) Plant regeneration through somatic embryogenesis and genome size analysis of *Coriandrum sativum* L, *Protoplasma* 254 343-352. <https://doi.org/10.1007/s00709-016-0954-2>
- M. Ali, A. Mujib, D. Tonk, & N. Zafar, (2018) Somatic embryogenesis, biochemical alterations and synthetic seed development in two varieties of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Adv. Hort. Sci.*, 32(2): 239-248. <https://www.doi.org/10.13128/ahs-22287>
- Malkócs, T., Laczkó, L., Bereczki, J., Meglécz, E., Szövényi, P., & Sramkó, G. (2020). Development and characterization of novel SSR markers in the endangered endemic species *Ferula sadleriana*. *Applications in plant sciences*, 8(2), e11321. <https://dx.doi.org/10.1002%2Faps3.11321>
- Mangwende, E., Kritzing, Q., Truter, M., & Aveling, T. A. S. (2018). *Alternaria alternata*: A new seed-transmitted disease of coriander in South Africa. *European Journal of Plant Pathology*, 152(2), 409-416. <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-018-1484-x>
- Martinez, V., Nieves-Cordones, M., Lopez-Delacalle, M., Rodenas, R., Mestre, T. C., Garcia-Sanchez, F., & Rivero, R. M. (2018). Tolerance to stress combination in tomato plants: New insights in the protective role of melatonin. *Molecules*, 23(3), 535. <https://doi.org/10.3390/molecules23030535>
- Mba, C., & Shu, Q. Y. (2012). Gamma Irradiation. In: Shu, Q., Forster, B. P. and Nakagawa, H. (eds.). *Plant Mutation Breeding and Biotechnology*. Wallingford, Oxfordshire. pp. 91-98. <http://dx.doi.org/10.1079/9781780640853.0091>
- Meena, B.S., Dhaka, B.L., & M.K. Poonia. (2013). Assessment of yield, quality and economics of coriander (*Coriandrum sativum* L.) genotypes in south-eastern plains of Rajasthan under irrigated condition. *International Journal of Seed Spices*, 3: 58-60.
- Meena, Y. K., Jadhao, B. J., & Kale, V. S. (2013). Genetic variability, heritability and genetic advance in coriander. *Agric. for Sustainable Dev*, 1, 31-33. <http://dx.doi.org/10.5958/2348-7542.2016.00104.2>
- Megeji, N.W. & B.N. Korla 2002. Heritability in coriander. *Haryana j. of Horti. Sci.*, 31:292-293.
- Melo, R. D. A., Resende, L. V., Menezes, D., Beck, A. P. A., Costa, J. C. D., Coutinho, A. E., & do Nascimento, A. V. S. (2011). Genetic similarity between coriander genotypes using ISSR markers. *Horticultura Brasileira*, 29(4), 526-530. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362011000400014>

- Mengesha, B. (2010). Characteristics of Ethiopian Coriander: Phenotypic Characterization of Ethiopian Coriander (*Coriandrum sativum* L.) Accessions. VDM Verlag Dr. Muller Aktengesellschaft & Co. KG Publishing, Germany. 103 pp. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.28448.61445>
- Mhemdi, H., Rodier, E., Kechaou, N., & Fages, J. (2011). A supercritical tuneable process for the selective extraction of fats and essential oil from coriander seeds. *J. Food Engg.* 105(4):609-616. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2011.03.030>
- Moniruzzaman, M., Rahman, M. M., Hossain, M. M., Karim, A. S., & Khaliq, Q. A. (2014). Response of coriander (*Coriandrum sativum* L.) foliage to different rates and methods of nitrogen application. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 39(2), 359-371. <https://doi.org/10.3329/bjar.v39i2.20445>
- Moose, S. P., & Mumm, R. H. (2008). Molecular plant breeding as the foundation for 21st century crop improvement. *Plant physiology*, 147(3), 969-977. <http://dx.doi.org/10.1104/pp.108.118232>
- Murthy, H.N., Hahn, E.J., & Paek, K.Y. (2008) Recurrent somatic embryogenesis and plant regeneration in *Coriandrum sativum* L. *Sci Hortic* 118: 168–171. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2008.05.037>
- Mustafina, F. U., Kim, E. H., Son, S. W., Turginov, O. T., Chang, K. S., & Choi, K. (2017). Assessment of genetic diversity of *Prangos fedtschenkoi* (Apiaceae) and its conservation status based on ISSR markers. *Korean Journal of Plant Taxonomy*, 47(1), 11-22. <https://doi.org/10.1104/pp.108.118232>
- Nadeem, M. A., Aasim, M., Kırcı, S., Karik, Ü., Nawaz, M. A., Yılmaz, A., Maral, H., Khawar, K. M., & Baloch, F. S. (2018). Laurel (*Laurus nobilis* L.): A less-known medicinal plant to the world with diffusion, genomics, phenomics, and metabolomics for genetic improvement. Biotechnological approaches for medicinal and aromatic plants, 631-653. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy9100647>
- Nadeem, M., Anjum, F. M., Khan, M. I., Tehseen, S., El-Ghorab, A., & Sultan, J. I. (2013). Nutritional and medicinal aspects of coriander (*Coriandrum sativum* L.): A review. *British Food Journal*.
- Nair, B., Sengupta, S. K., Naidu, A. K., Mehta, A. K., Singh, K. P., & Jain, P. K. (2012). Assessment of heritability and genetic advance in coriander germplasms. *JNKVV Research Journal*, 46(3), 317-321.
- Neffati, M., & Marzouk, B. (2008). Changes in essential oil and fatty acid composition in coriander (*Coriandrum sativum* L.) leaves under saline conditions. *Industrial crops and products*, 28(2), 137-142. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2008.08.004>
- Nisha, P., Jakhar, M. L., & Malik, C. P. (2013). A comparative analysis of RAPD and ISSR markers for studying genetic diversity among Coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties. *Phytomorphology*, 63(1/2), 1-9.
- Oladosu, Y., Rafii, M. Y., Abdullah, N., Hussin, G., Ramli, A., Rahim, H. A., ... & Usman, M. (2016). Principle and application of plant mutagenesis in crop improvement: a review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30(1), 1-16. <https://doi.org/10.1080/13102818.2015.1087333>
- Omidbaigi, R., Mirzaee, M., Hassani, M. E., & Sedghi Moghadam, M. (2012). Induction and identification of polyploidy in basil (*Ocimum basilicum* L.) medicinal plant by colchicine treatment. *International Journal of Plant Production*, 4(2), 87-98. <https://dx.doi.org/10.22069/ijpp.2012.686>
- Omidbaigi, R., Rahimi, S., & Naghavi, M. R. (2009). Evaluation of molecular and essential oil diversity of coriander (*Coriandrum sativum* L.) landraces from Iran. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 12(1), 46-54. <https://doi.org/10.1080/0972060X.2009.10643690>
- Panda, R. K., Mishra, S. P., Nandi, A., Sarkar, S., Pradhan, K., Das, S., ... & Padhiary, A. K. (2017). Genetic variability and varietal performance in vegetable amaranthus (*Amaranthus* sp.). *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(6), 1250-1256.
- Pandey, G. K., Pandey, A., Prasad, M., & Böhmer, M. (2016). Abiotic stress signaling in plants: functional genomic intervention. *Frontiers in plant science*, 7, 681. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00681>
- Poudel, B., & Zhang, S. (2018). First report of *Alternaria* leaf spot of cilantro (*Coriandrum sativum*) caused by *Alternaria dauci* in the United States. *Plant Disease*, 102(4), 822-822. <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-17-1297-PDN>
- Pramanik, A., Datta, A. K., Ghosh, B., Das, D. & Kumbhakar, D. V. (2017). Cytological assessment of seed producing cultivar of *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae). *Int. J. Res. Ayurveda Pharm.* 8: 204–206.
- Pramanik, A., Datta, A. K., Gupta, S. & Ghosh, B. (2018b). Copper oxide nanoparticles induced fertile desynaptic mutant line in *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae). *Cytologia* 83: 103–107. <http://dx.doi.org/10.1508/cytologia.83.103>
- Pramanik, A., Datta, A. K., Gupta, S., Ghosh, B., Das, D., & Kumbhakar, D. V. (2018a). Cadmium sulfide nanoparticles and gamma irradiations induced desynapsis with associated phenotypic marker trait in *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae). *Cytologia*, 83(3), 307-310. <https://doi.org/10.1508/cytologia.85.179>
- Pramanik, A., Datta, A. K., Gupta, S., Ghosh, B., Das, D., Kumbhakar, D. V., & Hore, M. (2018c). Gamma irradiation sensitivity in *Coriandrum sativum* L. (coriander). *Cytologia*, 83(4), 381-385. <http://dx.doi.org/10.1508/cytologia.83.381>
- Pramanik, A., Datta, A.K., Ghosh, B., Das, D. & Kumbhakar, D.V. (2017). Cytological assessment of seed producing cultivar of *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae). *Int. J. Res. Ayurveda Pharm.* 8 (Suppl 3):204-206.
- Preeti, V., Vibha, D., Punia, S. S., Minakshi, D., & Mashiat, A. (2014). White flower coriander (*Coriandrum sativum* L.): yet to be explored. *Annals of Biology*, 30(1), 162-165.
- Pruthi, J. S. (2001). Minor Spices and Condiments crop Management and post harvest Technology. Directorate of Information and Publication of Agriculture, Indian council of Agril. Res. Krishi Anusandhan Bhaban, Pusha, New Delhi, 162-185.
- Ramadan, M. F., & Morsel, J. T. (2002). Oil composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit-seeds. *European Food Research and Technology*, (2002) 215:204–209. <http://dx.doi.org/10.1007/s00217002-0537-7>
- Ramadan MF, Mörsel JT (2003). Analysis of glycolipids from black cumin (*Nigella sativa* L.), coriander (*Coriandrum sativum* L.) and niger (*Guizotia abyssinica* Cass.) oilseeds. *Food Chem.*, 80: 197–204. <https://doi.org/10.1021/jf0346713>
- Ramanatha, R.V., & Hodgkin, T. (2002) Genetic diversity and conservation and utilization of plant genetic resources. *Plant Cell, Tissue Organ Cult* 68:1–19. <https://doi.org/10.1023/A:1013359015812>

- Ramegowda, V., & Senthil-Kumar, M. (2015). The interactive effects of simultaneous biotic and abiotic stresses on plants: mechanistic understanding from drought and pathogen combination. *Journal of plant physiology*, 176, 47-54. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2014.11.008>
- Raza, A., Shaikat, H., Ali, Q., & Habib, M. (2018). Assessment of RAPD markers to analyse the genetic diversity among sunflower (*Helianthus annuus* L.) genotypes. *Turkish journal of agriculture-Food science and technology*, 6(1), 107-111. <http://dx.doi.org/10.24925/turjaf.v6i1.107-111.1710>
- Refshauge, S. J., & Nayudu, M. (2001). Invasion by *Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola* is responsible for bacterial blight of coriander. *Plant Science*, 161(3), 621-625. [http://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452\(01\)00461-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0168-9452(01)00461-7)
- Reiter, R. S., Williams, J. G. K., Feldmann, K. A., Rafalski, J. A., Tingey, S. V. & Scolnik, P. A. Global and local genome mapping in *Arabidopsis thaliana* by using recombinant inbred lines and random amplified polymorphic DNAs. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 89, 1477-1481, 1992. <https://doi.org/10.1073/pnas.89.4.1477>
- Riley, R., & Law, C. N. (1965). Genetic variation in chromosome pairing. *Adv. Genet.* 13: 57-114. <https://doi.org/10.1007/BF00127204>
- Rita, P., & Animesh, D. K. (2011). An updated overview on peppermint (*Mentha piperita* L.). *International Research Journal of Pharmacy*, 2(8), 1-10.
- Rodeva, R., Dacheva, S., & Stoyanova, Z. (2010). Wilting and root rot of coriander caused by *Macrophomina phaseolina* in Bulgaria. In *The Proceeding of 45th International Symposium on Agriculture*.
- Romanenko, L. G. (1990). Inheritance of white coloration of the corolla in coriander. 5 Vsesoyuznyĭ simpozium "Osnovnye napravleniya nauchnykh issledovaniĭ po intensifikatsii ėfiromaslichnogo proizvodstva", Kishinev, 17-19 sentyabrya, 1990: Tezisy dokladov., 41-42.
- Rostami-Ahmadvandi, H., Cheghamirza, K., Kahrizi, D., & Bahraminejad, S. (2013). Comparison of morpho-agronomic traits versus RAPD and ISSR markers in order to evaluate genetic diversity among *Cuminum cyminum* L. accessions. *Australian Journal of Crop Science*, 7(3), 361-367.
- Saha, A. (2017). Mitotic and Meiotic Studies in Two Cultivars of *Coriandrum sativum* L. (Apiaceae). *Journal of Plant Development Sciences Vol*, 9(9), 871-874.
- Salami, M., Rahimmalek, M., & Ehtemam, M. H. (2017). Genetic variability of outcross and selfed fennel based on morphological and ISSR markers. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19 (1), 157-172.
- Salve, K. M., & More, A. D. (2014). Effect of Gamma radiation on Seed Germination, Seedling Height and Seedling Injury in *Coriandrum sativum* Linn. *Int. J. of Life Sciences*, 2(3): 223-225.
- Salve, K. M., & More, A. D. (2019). Biochemical investigation of Tall and Dwarf mutants in Coriander. <http://ijrar.com/> Volume 6 Issue 2 April-June, e ISSN 2348 –1269, Print ISSN 2349-5138.
- Samota, R. K., & Singh, S. D. (2006). Pathogenic potential of seed mycoflora of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Journal of Mycology and Plant Pathology*, 36(1), 62-63.
- Sangsiri, C., Sorajjapinun, W. & Srinivese, P. 2005. Gamma radiation induced mutations in mungbean. *Sci. Asia* 31: 251–255.
- Sastri, E. V. D., Singh, D., Sharma, K. C., & Sharma, R. K. (1989). Stability analysis in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Indian J Genet*, 49:151–153
- Seidemann, J. (2005). *World spice plants: economic, usage, botany, taxonomy*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag; 591.
- Sengupta, K. (2001). *Studies on the Cytogenetical Aspects of Induced Mutation and Autotetraploidy of Coriander (Coriandrum sativum L.)*. Ph.D. thesis 92– 93. <http://dx.doi.org/10.7897/2277-4343.083200>
- Sengupta, S. & Datta, A. K. (2004). Desirable macromutants induced by chemical mutagens in sesame (*Sesamum indicum* L.). *Cytologia* 69: 291–295. <http://dx.doi.org/10.1508/cytologia.69.291>
- Sharma, A. K., & Datta, P. C. (1957). Artificial Polyploidy in Coriander (*Coriandrum sativum* L.) (with 6 figures). *Caryologia*, 10(1), 152-158. <https://doi.org/10.1080/00087114.1957.10797618>
- Shidfar, M., Keskin, S., Khah, E. M., Petropoulos, S., Ozdemir, F. A., & Gokcen, I. S. (2018). RAPD Markers Reveal Genetic Variation between *Cichorium spinosum* L. and *Taraxacum* sp.: A Substantial Medicinal Plants of Greece. *Progress Nutr*, 20, 153-159. <https://doi.org/10.23751/pn.v20i1-S.5993>
- Siddappa, S., Basrur, V., Rai, V. R., & Marathe, G. K. (2018). Biochemical and functional characterization of an atypical plant l-arginase from Cilantro (*Coriandrum sativum* L.). *International journal of biological macromolecules*, 118, 844-856. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomac.2018.06.096>
- Sifola, M. I., & Barbieri, G. (2006). Growth, yield and essential oil content of three cultivars of basil grown under different levels of nitrogen in the field. *Scientia Horticulturae*, 108(4), 408-413. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.02.002>
- Silva, F., Caldera, F., Trotta, F., Nerín, C., & Domingues, F. C. (2019). Encapsulation of coriander essential oil in cyclodextrin nanospheres: A new strategy to promote its use in controlled-release active packaging. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 56, 102177. <http://doi.org/10.1016/j.ifset.2019.102177>
- Silva, F., Domeño, C., & Domingues, F. C. (2020). *Coriandrum sativum* L.: Characterization, Biological Activities, and Applications. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (pp. 497-519). Academic Press.
- Singh, P., Mor, V.S., Kumar, S., & Bhuker, A. (2017). Correlation and regression analysis of viability and vigour parameters in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *International Journal of Plant and Soil Science*, 20(2):1–8. <http://dx.doi.org/10.9734/IJPSS/2017/37222>
- Singh, D., Jain, U. K., Rajput, S. S., Khandelwal, V., & Shiva, K. N. (2006). Genetic variation for seed yield and its components and their association in coriander (*Coriandrum sativum* L.) germplasm. *Journal of Spices and Aromatic Crops*, 15(1), 25-29.
- Singh, H. B., Singh, A., Tripathi, A., Rai, S. K., Katiyar, R. S., Johri, J. K., & Singh, S. P. (2003). Evaluation of Indian coriander accessions for resistance against stem gall disease. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 50(4), 339-343. <https://doi.org/10.1023/a:1023938232340>
- Singh, N. I., Devi, R. T., & Devi, P. P. (2000). Effect of fungicides on growth and sporulation of *Fusarium solani*. *Indian Phytopathology*, 53(3), 327-328.
- Singh, R. K., Verma, S. S., Meena, R. S., & Kumar, R. (2013). Characterization of coriander (*Coriandrum sativum* L.) varieties using SDS-PAGE and RAPD markers. *African Journal of Biotechnology*, 12(11), 1189-1195.

- Singh, S. K., Kakani, R. K., Meena, R. S., Pancholy, A., Pathak, R., & Raturi, A. (2012). Studies on genetic divergence among Indian varieties of a spice herb, *Coriandrum sativum*. *Journal of environmental biology*, 33(4), 781.
- Song, X., Nie, F., Chen, W., Ma, X., Gong, K., Yang, Q., ... & Wang, X. (2020b). Coriander Genomics Database: a genomic, transcriptomic, and metabolic database for coriander. *Horticulture research*, 7(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41438-020-0261-0>
- Song, X., Wang, J., Li, N., Yu, J. et al. (2020a). Deciphering the high-quality genome sequence of coriander that causes controversial feelings. *Plant Biotechnology Journal* 18, pp. 1444–1456. <https://doi.org/10.1111/pbi.13310>
- Soni, K. K., & Verma, R. K. (2010). A new vascular wilt disease of aonla (*Emblica officinalis*) and its management. *J. Mycol. Pl. Pathol*, 40(2), 187-191.
- Sriti, J., Talou, T., Wannas, W. A., Cerny, M., & Marzouk, B. (2009). Essential oil, fatty acid and sterol composition of Tunisian coriander fruit different parts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(10), 1659-1664. <https://doi.org/10.1002/jsfa.3637>
- Sriti, J., Wannas, W. A., Talou, T., Vilarem, G., & Marzouk, B. (2011). Chemical composition and antioxidant activities of Tunisian and Canadian coriander (*Coriandrum sativum* L.) fruit. *Journal of Essential Oil Research*, 23(4), 7-15. <https://doi.org/10.1080/10412905.2011.9700462>
- Stakvilevičienė, S. (2003). Microfungi on the overground part of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Vagos*, (58), 39-42.
- Sutarto, I., Agisimanto, D. & Supriyanto, A. (2009). Development of Promising Seedless Citrus Mutants through Gamma Irradiation. In: Shu, Q. Y. (ed.). *Induced Plant Mutations in the Genomics Era*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. pp: 306–308.
- Suthanthirapandian, I. R., Shaw, H. A., & Muthuswami, S. (1980). Genetic variability in coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Madras Agricultural Journal*, 67(7), 450-452.
- Teneva, D., Denkova, Z., Goranov, B., Denkova, R., Kostov, G., Atanasova, T., & Merdzhanov, P. (2016). Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from black pepper, cumin, coriander and cardamom against some pathogenic microorganisms. *Food Technol.*, 2: 39–52. <http://dx.doi.org/10.1515/aucf-2016-0014>
- Tian, T., Liu, H. Y., & Koike, S. T. (2008). First report of *Apium virus Y* on cilantro, celery, and parsley in California. *Plant disease*, 92(8), 1254-1254. <https://doi.org/10.1094/pdis-92-8-1254b>
- Toben, H. M., & Rudoph, K. (1996). *Pseudomonas syringae* pv. *coriandricola*, incitant of bacterial umbel blight and seed decay of coriander (*Coriandrum sativum* L.) in Germany. *Journal of Phytopathology*, 144(4), 169-178. http://dx.doi.org/10.14601/Phytopathol_Mediterr-2788
- Tomar Rukam, S., Kulkarni, G. U., Parakhia, M. V., Thakkar, J. R., Ratod, V. M., Solanki, R. K., & Golakiya, B.A. (2014). Genetic diversity analysis in coriander (*Coriandrum sativum*) genotypes through morphological and molecular characterization. *Res J Biotechnol* 9:1–3
- Toncer, O., Tansi, S., & Kizil, S. (1998). The effect of different sowing time on essential oil of coriander in GAP region. *Anadolu*, 8(2), 101-105.
- Tulsani, N. J., Hamid, R. & Jacob, F. et al. (2019). Transcriptome landscaping for gene mining and SSR marker development in Coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Genomics* 9:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ygeno.2019.09.004>
- Tylewicz, U., Nowacka, M., Martín-García, B., Wiktor, A., & Caravaca, A. M. G. (2018). Target sources of polyphenols in different food products and their processing by-products. In *Polyphenols: Properties, Recovery, and Applications* (pp. 135-175). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-813572-3.00005-1>
- Unlukara, A., Beyzi, E., Ipek, A., & Gurbuz, B. (2016). Effects Of Different Water Application on Yield and Oil Contents of Autumnally Sowed Coriander (*Coriandrum Sativum* L.). *Turk J. Field Crops*. 21(2), 200-209. <https://doi.org/10.17557/tjfc.46160>
- Vavilov, N.I. (1992). The phyto-geographical basis for plant breeding-studies of the original material used for plant breeding. Cambridge university press, Cambridge. p.316–366.
- Verdeil, J. L., Alemanno, L., Niemenak, N., & Tranbarger, T.J. (2007). Pluripotent versus totipotent plant stem cells: dependence versus autonomy? *Trends Plant Sci* 12:245–252. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2007.04.002>
- Verma, P., Solanki, R. K., & Tak, H. M. Y. (2021). Variable expression of anthocyanin in flower and stem of coriander (*Coriandrum sativum* L.): Breeding implications. *IJCS*, 9(1), 1180-1183. <https://doi.org/10.22271/chemi.2021.v9.i1q.11384>
- Wang, Y., & Frei, M. (2011). Stressed food—The impact of abiotic environmental stresses on crop quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 141(3-4), 271-286. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agee.2011.03.017>
- Weber, N., Kiewitt, I., & Mukherjee, K. D. (1999). Modulation of brain lipids of rats by various dietary oils: sunflower, high-oleic sunflower, olive, rapeseed or coriander oil. *Nutrition Research*, 19(7), 997-1007. [https://doi.org/10.1016/S0271-5317\(99\)00060-3](https://doi.org/10.1016/S0271-5317(99)00060-3)
- Weber, N., Richter, K. D., Schulte, E., & Mukherjee, K. D. (1995). Petroselinic acid from dietary triacylglycerols reduces the concentration of arachidonic acid in tissue lipids of rats. *The Journal of nutrition*, 125(6), 1563-1568. <https://doi.org/10.1093/jn/125.6.1563>
- WIEWS (2018) World Information and Early Warning System (WIEWS) on plant genetic resources for food and agriculture. <http://www.fao.org/wiews/data/ex-situ-sdg-251/search/en/>
- Wohlmuth, H., Leach, D. N., Smith, M. K., & Myers, S. P. (2005). Gingerol content of diploid and tetraploid clones of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(14), 5772-5778. <https://doi.org/10.1021/jf050435b>
- Xiong, J., Fu, G., Tao, L., & Zhu, C. (2010). Roles of nitric oxide in alleviating heavy metal toxicity in plants. *Archives of biochemistry and biophysics*, 497(1-2), 13-20. <https://doi.org/10.1016/j.abb.2010.02.014>
- Yadav, S., David, A., & Bhatla, S. C. (2011). Nitric oxide accumulation and actin distribution during auxin-induced adventitious root development in sunflower. *Scientia horticulturae*, 129(1), 159-166. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2011.03.030>
- Yang, Z., Li, C., Jia, Q., Zhao, C., Taylor, D. C., Li, D., & Zhang, M. (2020). Transcriptome Analysis Reveals Candidate Genes for Petroselinic Acid Biosynthesis in Fruits of *Coriandrum sativum* L. *J. Agric. Food Chem.*, 68, 5507-5520. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01487>
- Yilmaz, A., & Ciftci, V., (2021). Genetic relationships and diversity analysis in Turkish laurel (*Laurus nobilis* L.)

- germplasm using ISSR and SCoT markers. *Mol. Biol. Rep.* 1–11. <https://doi.org/10.1007/s11033-021-06474-y>.
- Yilmaz, A., Guler, E., Soydemir, H.E., Demirel, S., Mollahaliloglu, S., Karadeniz, T., & Ciftci, V., (2021a). Miracle plant: aronia (*Aronia melanocarpa*). *MAS J. Appl. Sci.* 6, 83–94. <https://doi.org/10.52520/masjaps.20>.
- Yilmaz, A., Yeken, M. Z., Ali, F., Barut, M., Nadeem, M. A., Yilmaz, H., Naeem, M., Hacıoglu, B.T., Arslan, Y., Kurt, C., Aasim, M., & Baloch, F. S. (2021b). Genomics, Phenomics, and Next Breeding Tools for Genetic Improvement of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). In *Oil Crop Genomics* (pp. 217-269). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-70420-9_11
- Yilmaz, A., & Karik, Ü. (2022). AMF and PGPR enhance yield and secondary metabolite profile of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Industrial Crops and Products*, 176, 114327. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114327>
- Zane, L., Bargelloni, L., & Patarnello, T. (2002). Strategies for microsatellite isolation: a review. *Molecular ecology*, 11(1), 1-16. <https://doi.org/10.1046/j.0962-1083.2001.01418.x>
- Zeković, Z., Pavlič, B., Cvetanović, A., & Đurović, S. (2016). Supercritical fluid extraction of coriander seeds: Process optimization, chemical profile and antioxidant activity of lipid extracts. *Industrial crops and products*, 94, 353-362. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2016.09.008>
- Zheljzkov, V. D., Pickett, K. M., Caldwell, C. D., Pincock, J. A., Roberts, J. C., & Mapplebeck, L. (2008). Cultivar and sowing date effects on seed yield and oil composition of coriander in Atlantic Canada. *Industrial crops and products*, 28. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.indcrop.2008.01.011>



Detection of Aflatoxins in Tomato and Pepper Pastes Sold in Market Places of Istanbul, Turkey

Leyla Oner¹, Duygu Elif Yilmaz^{2*}, Hasan Demirci³, Tulin Ozbek⁴, Sezgin Celik⁵

¹ Yildiz Technical University, Department of Molecular Biology and Genetics, Istanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9749-9092), leylaoner34@gmail.com

^{2*} Charité – Universitätsmedizin Berlin, Department of Nephrology and Medical Intensive Care, Berlin, Germany, (ORCID: 0000-0002-1110-8389), duygu-elif.yilmaz@charite.de

³ Charité – Universitätsmedizin Berlin, Institute for Functional Anatomy, Berlin, Germany, (ORCID: 0000-0001-7730-9653), hasan.demirci@charite.de

⁴ Yildiz Technical University, Department of Molecular Biology and Genetics, Istanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6858-7045), arasoglu@yildiz.edu.tr

⁵ Yildiz Technical University, Department of Molecular Biology and Genetics, Istanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7467-7717), scelik@yildiz.edu.tr

(First received 15 February 2022 and in final form 16 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1074060)

ATIF/REFERENCE: Oner, L., Yilmaz, D. E., Demirci, H., Ozbek, T. & Celik, S. (2022). Detection of Aflatoxins in Tomato and Pepper Pastes Sold in Market Places of Istanbul, Turkey. *European Journal of Science and Technology*, (35), 221-226.

Abstract

The aim of this study is to determine the amount of total aflatoxins and aflatoxin B1 (AFB1) in tomato and pepper pastes sold in local market places in Istanbul to evaluate whether aflatoxin levels were within the standards regarded as safe ($<5 \mu\text{g kg}^{-1}$). For this purpose, a total of 64 samples, including 26 tomato pastes, 15 paprika pastes, and 23 chili pastes, were analysed using two different detection methods, enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) and high-performance liquid chromatography (HPLC). By ELISA, total aflatoxins were detected in 27 samples ($1-2.5 \mu\text{g kg}^{-1}$), and AFB1 was detected at a level of $1 \mu\text{g kg}^{-1}$ in 20 samples. Furthermore, 21 of 64 samples were found to contain total aflatoxins ($0.21-2.34 \mu\text{g kg}^{-1}$), with 16 of them contaminated with AFB1 ($0.22-2.34 \mu\text{g kg}^{-1}$) by HPLC. The obtained results showed that both methods were suitable for aflatoxin determination in tomato and pepper paste samples and the samples have been proven to be within the standards considered as safe.

Keywords: Aflatoxin, Tomato Paste, Pepper Paste, ELISA, HPLC.

İstanbul Semt Pazarlarında Satılan Domates Ve Biber Salçalarında Aflatoksin Tespiti

Öz

Bu çalışmanın amacı, İstanbul'daki semt pazarlarında satılan domates ve biber salçalarında bulunan toplam aflatoksin ve aflatoksin B1 (AFB1) miktarını belirlemek ve aflatoksin düzeylerinin güvenli kabul edilen standartlar ($<5 \mu\text{g kg}^{-1}$) içinde olup olmadığını değerlendirmektir. Bu amaçla 26 adet domates salçası, 15 adet acı biber salçası ve 23 adet biber salçası olmak üzere toplam 64 numune, enzim bağlantılı immünoabsorban tahlili (ELISA) ve yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) olmak üzere iki farklı tespit yöntemi kullanılarak analiz edildi. ELISA ile 27 örnekte ($1-2.5 \mu\text{g kg}^{-1}$) aflatoksin, 20 örnekte AFB1 ($1 \mu\text{g kg}^{-1}$) bulunduğu tespit edildi. Ayrıca, HPLC sonuçlarına göre, 64 numuneden 21'inin aflatoksin ($0.21-2.34 \mu\text{g kg}^{-1}$) içerdiği ve bunların 16'sının AFB1 ($0.22-2.34 \mu\text{g kg}^{-1}$) ile kontamine olduğu bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, domates ve biber salçası örneklerinde aflatoksin tayini için her iki yöntemin de uygun olduğu görülmüş ve numunelerin güvenli kabul edilen standartlar içinde olduğu kanıtlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Aflatoksin, Domates Salçası, Biber Salçası, ELISA, HPLC.

* Corresponding Author: duygu-elif.yilmaz@charite.de

1. Introduction

Aflatoxins are one of the main groups of mycotoxins synthesised as secondary metabolites by filamentous fungi, including *Aspergillus*, *Penicillium*, *Alternaria* and *Fusarium* species. Among all mycotoxins, aflatoxins are the most toxic secondary metabolites (Colak et al., 2012; Kovač et al., 2018; O'Riordan and Wilkinson, 2007). More than 20 different aflatoxins are found in nature; however, aflatoxin B1 (AFB1), B2 (AFB2), G1 (AFG1), and G2 (AFG2) are particularly hazardous to humankind and other animals (Rushing and Selim, 2019; Udovicki et al., 2018). Long-term or chronic exposure to aflatoxins is known to be tumorigenic, mutagenic, teratogenic, immunosuppressive, and nephrotoxic (Güntekin, 2007). Furthermore, AFB1 is classified as group I carcinogen by the International Agency for Research on Cancer (IARC, 2002). For this reason, food control, as well as periodical detections, are of vital importance since fungal contamination leads to aflatoxins' accumulation, which can occur due to temperature and humidity conditions on feed and food during growth, processing, post-harvest operations and/or storage (Ardic et al., 2009; Aydin et al., 2007). The most notable aflatoxin contamination can be found in food and feed, such as nuts, dried fruits, cereals, spices, crude vegetable oils, cacao beans, and dairy products (Kabak and Var, 2006; Oruç, 2005; Yentür and Er, 2012). Due to the risk of contamination, tolerance levels of aflatoxin regulations have been enacted in most countries, including Turkey (Colak et al., 2012). According to the Turkish Food Codex, total aflatoxins and AFB1 amounts must not exceed 10 µg kg⁻¹ and 5 µg kg⁻¹, respectively (Turkish Food Codex, 2011).

Tomato (*Solanum lycopersicum*) and pepper (*Capsicum spp.*) are usually consumed either fresh or after processing into various products and are two of the essential ingredients in most cultures' cuisines. Besides the consumption of fresh fruits, tomato and pepper pastes are important elements of the daily human diet since paste making is a widely used technique to preserve the food for future use. On the other hand, tomato and pepper consumption has been proposed to reduce the risk of several chronic diseases, such as cardiovascular diseases and certain types of cancer, because of their antioxidant content (Capanoglu et al., 2008; Zhang et al., 2015). According to 2017 statistics, Turkey is the 3rd largest tomato and pepper (including chilies) producer globally, producing 12.7 million tons of tomato and 2.6 million tons of pepper and chilies per year (FAOSTAT, 2017). Due to the large use of these products by the population, as well as all health aspects, possible presence of mycotoxins, particularly aflatoxins, are of great interest as a public health issue.

Various instrumental techniques have been developed to detect total aflatoxins and particularly AFB1 in a variety of samples, including gas chromatography (GC), high-performance liquid chromatography (HPLC), enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA), and LC coupled with tandem mass spectrometry (LC-MS/MS). However, these methods can require precise equipment, professional technicians, and generally long hours or days to obtain data. Therefore, it is necessary to opt for the best method for specific conditions (Feng et al., 2020). Even though several aflatoxin detection techniques exist, due to strict regulations of the authorities, it is essential for food and feed producing companies to opt for a rapid, reliable, sensitive, convenient, and cost-effective techniques to detect aflatoxins

while they must monitor their products regularly to ensure that aflatoxin levels are below regulatory limits. In this regard, HPLC and ELISA techniques have been used for the past two decades; however, the available information on comparing these techniques is limited (Beyene et al., 2019; Chiavaro et al., 2001, Set and Erkmen, 2010). In recent years, studies on comparative immunoaffinity and chromatography techniques to detect aflatoxin contamination, has been a topic of interest (Maggira et al., 2022)

In this study, 64 different tomato, paprika, and chili pastes collected from local Istanbul marketplaces were analysed for their total aflatoxins and AFB1 contents. This study aims to reveal the sanitary conditions of highly demanded commercial products: tomato, pepper, and chili pastes. In this context, total aflatoxins and AFB1 contents were investigated using ELISA and HPLC methods to ensure the consistency of these extensive techniques.

2. Material and Method

In this study, 64 different tomato and pepper pastes were collected from local marketplaces in Istanbul and investigated in terms of their aflatoxin and AFB1 contents via ELISA and HPLC.

2.1. Sample Collection

Research material was obtained from local market places of 12 different districts in the city of Istanbul, Turkey. Exact localities are shown in Figure 1. Briefly, 26 different tomato pastes, 15 different paprika pastes, and 23 different chili pastes were collected to be investigated for their aflatoxin and AFB1 content. As soon as the materials were collected, each sample was kept in a closed container and stored at +4°C until the time of analysis.

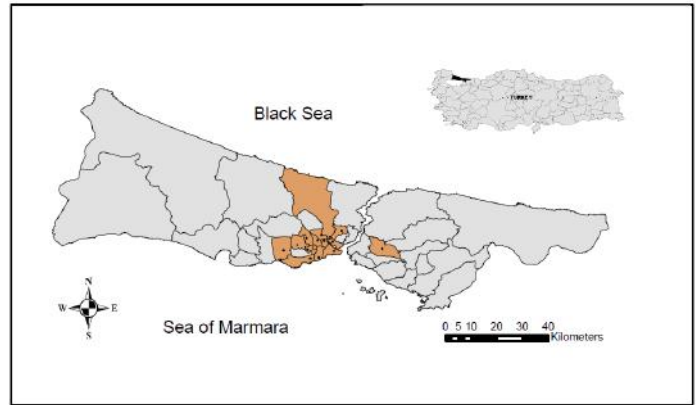


Figure 1. Sample material was collected from marked districts in Istanbul, Turkey. Şekil 1. Numuneler İstanbul'daki işaretli ilçelerden toplanmıştır.

2.2. Sample preparation and determination of total aflatoxins and AFB1 by ELISA

Each sample was weighed as 10 g and dissolved in 50 mL 80% acetonitrile at a ratio of 1:5 (w/v). The samples were shaken vigorously at 300 rpm for 5 min using a laboratory shaker. Homogenous extracts were filtered through a filter paper (Whatman N°1). Then, an aliquot of the filtrate was diluted in a ratio of 1:10 with a wash buffer, which is phosphate-buffered saline (PBS).

Each sample was analysed using a commercial kit, namely, Helica Low Matrix Total Aflatoxin and Aflatoxin B1 Kits (Helica Biosystems, Inc., Santa Ana, CA, USA) according to the manufacturer's protocol. The resulting color's optical density (OD) was measured at 450 nm by an ELISA plate reader (BioTek, Power Wave XS2 ELISA plate reader). Standards without any aflatoxin were defined as 100% maximum binding value. The remaining standards (0.02, 0.5, 0.1, 0.2, and 0.4 ng mL⁻¹) and the samples' mean values were defined according to Equation 1. All the samples were analysed in duplicate.

$$\frac{\text{Standard or sample absorbance value}}{\text{Maximum binding absorbance value}} \times 100 = \frac{\%B}{B_0} \quad (1)$$

2.3. Sample preparation and determination of total aflatoxin and AFB1 by HPLC

HPLC analysis of samples was carried out according to the standard AOAC 999.07 method. Stock solutions of the standards (Supelco, Inc) containing 1000 ng mL⁻¹ AFB1, 200 ng mL⁻¹ AFB2, 1000 ng mL⁻¹ AFG1, and 200 ng mL⁻¹ AFG2 were dissolved in 98:2 toluene-acetonitrile (v/v) solution. Working solutions were diluted from these stocks freshly according to the method of Stroka et al. (2000).

To prepare the samples for HPLC, each 50 g of the paste sample was mixed with 5 g NaCl and dissolved in 300 mL methanol:water (80:20, v/v) solution. The solution was homogenised by blending at 22000 rpm for 3 minutes.

3. Results and Discussion

In the present study, total aflatoxins and AFB1 contents of 64 different tomato and pepper paste samples were evaluated using ELISA and HPLC. Statistically, a comparison of the quantitative analysis of total aflatoxin standards by ELISA and HPLC exhibited a good correlation with a correlation coefficient value of >0.96.

Limit of detections (LOD) for aflatoxins B1, B2, G1 and G2 were 0.2, 0.1, 0.3, 0.5 ng mL⁻¹, respectively by HPLC. These results were calculated with empirical methods. The chromatogram in Figure 2 demonstrates the standard retention times (min): 8.966, 10.242, 12.135, 14.009 for AFG2, AFG1, AFB2 and AFB1, respectively.

Subsequently, extracts were cleared by filter paper (Whatman No. 1). From each sample, 10 mL of the extract was taken and diluted in 60 mL PBS, and filtered through an immunoaffinity column (Vicam AflaTest). The flow rate was adjusted to approximately 3 drops/second. Afterward, 15 mL of ultra pure water was passed through the column for washing; the air was drawn until dry. After the wash, aflatoxins were firstly eluted by passing 0.5 mL and then 0.75 mL of methanol through the column, 1 minute apart. Finally, the eluate was diluted with 1.75 mL of HPLC water and vortexed well to homogenise. A 100 µL of the aliquote was injected into the HPLC system (Agilent 1100, Agilent Technologies). Detector excitation and emission wavelengths were fixed to 360 nm and 430 nm, respectively. The eluate was passed through a C18 column (Supelco 250 mm × 4.6 mm, 5 µm particle size). The mobile phase was composed of water:acetonitrile:methanol in the ratio of 6:2:3 (v/v/v). The flow rate was adjusted to 1 ml min⁻¹ and the current to 100 µA. All the samples were analysed in duplicate. Quantification of each aflatoxin was obtained by calculating peak areas at their retention times and comparing them with their relevant standard calibration curve.

2.4. Statistical analysis

Deviations between the two methods were shown with a confidence interval of 95% (p<0.05). The standard results of ELISA and HPLC were compared with each other using correlation analysis.

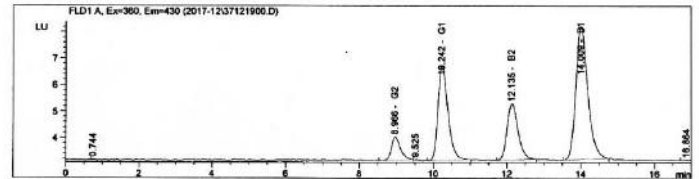


Figure 2. HPLC chromatogram indicates standard peaks of AFG2, AFG1, AFB2 and AFB1. **Şekil 2.** HPLC kromotogramı aflatoksin AFG2, AFG1, AFB2 ve AFB1 standart piklerini gösterir.

Recovery percentages ranged from 82.71 to 105.57%, with a mean value 98.62% and relative standard deviation (RSD) value for ELISA was 9.2% (Table 1). For HPLC, the recovery was between 94.35 and 117.12%, with an average of 102.43%. On the other hand, RSD value of HPLC was found to be 8.69% (Table 1). These results coincide with the previously announced criteria of RSD ≤ 15%, which regarded as a good precision of the methods Omar et al. (2020). The mean recovery rate of HPLC was higher

Table 1. Recovery rates of aflatoxins in standards by ELISA and HPLC methods. Tablo 1. Aflatoksin standartlarının ELISA ve HPLC metotlarından elde edilen geri kazanım oranları

ELISA		HPLC	
Standard (ng mL ⁻¹)	Recovery (%)	Standard (ng mL ⁻¹)	Recovery (%)
0.02	99.66	0.960	117.12
0.05	101.04	2.880	99.51
0.1	105.57	4.800	94.35
0.2	104.12	6.720	98.93
0.4	82.71	8.640	102.24

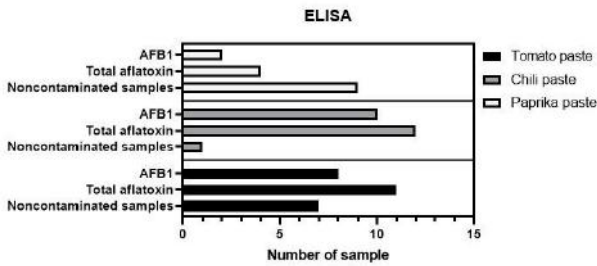
and more stable than the percent recovery rate obtained from ELISA. However, there was no significant difference found in the

recovery rate between both methods. This result was also reported by Beyene et al. (2019).

Our data revealed that, total aflatoxins were identified in 11 tomato, 12 chili and 4 of the paprika paste samples (42.2% of all samples) according to ELISA results ranged from 1 to 2.5 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Furthermore, of the total aflatoxin-contaminated products, 8 tomato, 10 chili, and 2 paprika paste samples (74.1% of total aflatoxin-contaminated samples) were proven to be contaminated with AFB1 at the level of 1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (Figure 3 a, Table 2).

On the other hand, HPLC results revealed that 7 tomato (0.21-1.66 $\mu\text{g kg}^{-1}$), 11 chili (0.22-2.18 $\mu\text{g kg}^{-1}$) and 3 of the paprika (0.35-2.34 $\mu\text{g kg}^{-1}$) paste samples (32.8% of all samples) were contaminated with total aflatoxins in a range of 0.21 to 2.34 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Among these, 6 tomato (1.27-0.33 $\mu\text{g kg}^{-1}$), 8 chili (0.22-1.14 $\mu\text{g kg}^{-1}$), and 2 paprika paste (0.68-2.34 $\mu\text{g kg}^{-1}$) samples (59.3% of total aflatoxin-contaminated samples) were proven to be contaminated with AFB1 at a level ranged between 0.22-2.34 $\mu\text{g kg}^{-1}$ (Figure 3 b, Table 2). As such, no samples exceeded the maximum limit of the Turkish Food Codex (<5 $\mu\text{g kg}^{-1}$).

a.



b.

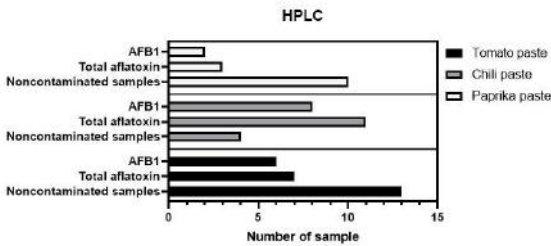


Figure 3. a. Number of noncontaminated samples and contaminated samples containing total aflatoxin and AFB1 according to ELISA results. b. Number of noncontaminated samples and contaminated samples containing total aflatoxins and AFB1 according to HPLC results. Şekil 3. a. ELISA sonuçlarına göre toplam aflatoksin ve AFB1 içeren kontamine örnek ve kontamine olmayan örnek sayısı. b. HPLC sonuçlarına göre toplam aflatoksin ve AFB1 içeren kontamine örnek ve kontamine olmayan örnek sayısı.

Total aflatoxin and AFB1 detection by ELISA and HPLC were compared in Table 2. A substantial part of both results were consistent in terms of total aflatoxins and AFB1. However, there were also some differences, such as in samples 18, 33, 34, 35, 64, and 72, where 1 $\mu\text{g kg}^{-1}$ of total aflatoxins was detected by ELISA; on the contrary, no aflatoxins were detected by HPLC. Similarly,

sample numbers 36, 48, 65, and 72 were detected to be AFB1 positive by ELISA but failed by HPLC. Moreover, our data show that ELISA assay results were mostly higher than HPLC, which was also stated by Colak et al. (2006). This disparity in the results could be caused by limitations of the ELISA assay. As also stated by Rossi et al. (2012), immunoassays such as ELISA can show inflated results since the sample matrix can contain similar epitopes, resulting in unspecific antibody binding.

Even though ELISA offers many advantages, for instance, a short analysis time, simple sample preparation, and low cost, suspicious or irreproducible results must be confirmed with additional and more accurate techniques (e.g., HPLC). (Kos et al. 2016).

Mariutti and Soares (2009) also evaluated the existence of aflatoxins in different tomato-based products, including ketchup, pulp paste, and puree. According to their results, all aflatoxin levels of the samples were found to be within recommended limits. Similarly, in Italy, Mutti et al. (1992) detected 70 commercially available tomato products and none of them were contaminated with aflatoxins more than 1 $\mu\text{g kg}^{-1}$. To our knowledge, there are only a few studies addressing aflatoxin investigation in tomato products via ELISA and HPLC. In this regard, our study will serve to extend the up to date literature to this context.

Furthermore, Yentür et al. (2012) has inspected 90 different pepper pastes which were collected from supermarkets in Ankara and analysed for AFB1 by ELISA. According to the results of this study, 69 of 90 samples were detected to contain AFB1 lower than 1.25 $\mu\text{g kg}^{-1}$, 16 samples were between 1.25-2.00 $\mu\text{g kg}^{-1}$, and only 5 of the samples were contaminated at a relatively higher level varying from 2.00 to 4.00 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Similarly, none of the samples exceeded the level of 5 $\mu\text{g kg}^{-1}$. In contrast, Aydin et al. (2007) examined 100 powdered red pepper samples collected from Istanbul markets and found that 18 of 100 samples were contaminated with AFB1 above the maximum limit (>5 $\mu\text{g kg}^{-1}$). Gambacorta et al. (2017) reported that 31% of 45 pepper samples collected from a variety of cities in Italy were found to be aflatoxin-contaminated, and 2 of the samples were above the European Union limit (<5 $\mu\text{g kg}^{-1}$) with a result up to 12.8 $\mu\text{g kg}^{-1}$ for AFB1. According to Garduño-García et al. (2017), 95% (51/54) of pepper samples were found to be contaminated with AFB1, and only 9.26% of the samples were under the Mexican legislation limit. In another study carried out in Pakistan by Iqbal et al. (2017), total aflatoxin contamination of 312 chili samples, including crushed chili, chili powder, chili sauce, and whole chili samples were evaluated: 56.4% (176/312) of the samples were positive for aflatoxins. Acaroz (2019) found that, in Afyonkarahisar, Turkey, 49 of the 76 pepper samples (64.47%) contained aflatoxins (1.76-42.72 $\mu\text{g kg}^{-1}$) and 5 of the samples (6.58%) exceeded the regulatory limits in Turkey and the European Union. These results show that aflatoxins are a worldwide concern in agriculture, food processing, and human health. This regard demonstrates the importance of regular monitoring of aflatoxin content in food products.

Table 2. Average amount of total aflatoxins and AFB1 in positive samples. Tablo 2. Pozitif numunelerdeki ortalama aflatoksin ve AFB1 miktarları

Sample Nr.	Product Type	ELISA		HPLC	
		Total aflatoxin ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Aflatoxin B1 ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Total aflatoxin ($\mu\text{g kg}^{-1}$)	Aflatoxin B1 ($\mu\text{g kg}^{-1}$)
17	Tomato paste	1	1	1.66	0.9
18	Tomato paste	1	<LOD	<LOD	<LOD
24	Tomato paste	1-2.5	1	0.33	0.33
33	Tomato paste	1	<LOD	<LOD	<LOD
34	Tomato paste	1	<LOD	<LOD	<LOD
47	Tomato paste	1	1	1.27	1.27
53	Tomato paste	1	1	0.61	0.61
65	Tomato paste	1	1	0.21	<LOD
69	Tomato paste	1	1	0.64	0.64
72	Tomato paste	1	1	<LOD	<LOD
78	Tomato paste	1	1	0.93	0.93
25	Chili paste	1	1	0.98	0.98
35	Chili paste	1	<LOD	<LOD	<LOD
36	Chili paste	1	1	0.56	<LOD
39	Chili paste	1	1	0.84	0.84
44	Chili paste	1	1	0.22	0.22
48	Chili paste	1-2.5	1	2.18	<LOD
51	Chili paste	1	<LOD	0.8	<LOD
54	Chili paste	1	1	0.65	0.65
66	Chili paste	1	1	1.14	1.14
79	Chili paste	1	1	0.54	0.54
81	Chili paste	1	1	0.78	0.78
84	Chili paste	1-2.5	1	0.59	0.59
61	Paprika paste	1-2.5	1	2.34	2.34
64	Paprika paste	1	<LOD	<LOD	<LOD
26	Paprika paste	1	<LOD	0.35	<LOD
67	Paprika paste	1	1	0.92	0.68

4. Conclusions and Recommendations

In summary, by both ELISA and HPLC, none of the samples' aflatoxin concentrations exceeded the limit of the Turkish Food Codex (maximum $5 \mu\text{g kg}^{-1}$). This outcome is quite important to ensure the safety of consumers. Since even a small amount of mycotoxin-contaminated food is known to cause carcinogenic effects with long-term consumption, aflatoxin-contaminated food poses a high risk to human health. Therefore, their regular detection in products of high demand is crucial. Moreover, this research demonstrates the validation of ELISA and HPLC for the detection and quantification of aflatoxins in tomato and pepper pastes available in the marketplaces in Turkey. It was found that, both ELISA and HPLC are appropriate techniques for aflatoxin detection since these two approaches are strongly correlated with each other. The selection of analytical methods mostly depends on the availability, cost, and the number of samples. ELISA has some advantages, such as rapid testing, lower cost, and simplicity however, HPLC is more accurate and specific compared to ELISA.

5. Acknowledge

This research was supported by Yildiz Technical University Scientific Research Projects Coordinatorship (YTU/BAPSIS) under the project: 2015-01-07-KAP04.

We would like to thank Martin Thomson for language editing and Yasar Demirci for map design.

References

- Acaroz, U. (2019). Determination of the total aflatoxin level in red pepper marketed in Afyonkarahisar, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 28(4 A), 3276-3280.
- Ardic, M., Karakaya, Y., Atasever, M. & Adiguzel, G. (2009). Aflatoxin M1 levels of Turkish white brined cheese. *Food control*, 20(3), 196-199. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.04.003>
- Aydin, A., Erkan, M. E., Başkaya, R. & Ciftcioglu, G. (2007). Determination of aflatoxin B1 levels in powdered red pepper. *Food control*, 18(9), 1015-1018. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2006.03.013>
- Beyene, A. M., Du, X., Schrunck, D. E., Ensley, S. & Rumbelha, W. K. (2019). High-performance liquid chromatography and Enzyme-Linked Immunosorbent Assay techniques for detection and quantification of aflatoxin B 1 in feed samples: a comparative study. *BMC research notes*, 12(1), 1-6. <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4538-z>
- Capanoglu, E., Beekwilder, J., Boyacioglu, D. & Hall, R. (2008). Changes in Antioxidant and Metabolite Profiles during Production of Tomato Paste. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56, 3, 964-973. <https://doi.org/10.1021/jf072990e>
- Chiavaro, E., Dall'Asta, C., Galaverna, G., Biancardi, A., Gambarelli, E., Dossena, A. & Marchelli, R. (2001). New reversed-phase liquid chromatographic method to detect aflatoxins in food and feed with cyclodextrins as fluorescence enhancers added to the eluent. *Journal of Chromatography A*,

- 937(1-2), 31-40. [https://doi.org/10.1016/S0021-9673\(01\)01300-0](https://doi.org/10.1016/S0021-9673(01)01300-0)
- Colak, H., Bingol, E. B., Hampikyan, H. & Nazli, B. (2006). Determination of aflatoxin contamination in red-scaled, red and black pepper by ELISA and HPLC. *Journal of Food and Drug Analysis*, 14(3):292-296.
- Colak, H., Hampikyan, H., Bingol E. B., Cetin, O., Akhan, M. & Turgay, S. I. (2012). Determination of mould and aflatoxin contamination in tarhana, a Turkish fermented food. *The Scientific World Journal*, 2012:218679. <https://doi.org/10.1100/2012/218679>
- Feng, Y., He, L., Wang, L., Mo, R., Zhou, C., Hong, P. & Chengyong, L. (2020). Detection of Aflatoxin B1 Based on a Porous Anodized Aluminum Membrane Combined with Surface-Enhanced Raman Scattering Spectroscopy. *Nanomaterials*, 10(5):1000. <https://doi.org/10.3390/nano10051000>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). (2017). Retrieved on March 07, 2020 from FAO Website: <http://www.fao.org/faostat/en/>
- Gambacorta, L., Magistà, D., Perrone, G., Murgolo, S., Logrieco, A. F. & Solfrizzo, M. (2018). Co-occurrence of toxigenic moulds, aflatoxins, ochratoxin A, Fusarium and Alternaria mycotoxins in fresh sweet peppers (*Capsicum annuum*) and their processed products. *World Mycotoxin Journal*, 11(1), 159-174. <https://doi.org/10.3920/WMJ2017.2271>
- Garduño-García, J. I., Carvajal-Moreno, M., Rojo-Callejas, F. & Ruiz-Velasco, S. (2017). Detection of aflatoxins, mutagens and carcinogens in black, white and green peppers (*Piper nigrum L.*). *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 9(3), 95-104. <https://doi.org/10.4172/1948-5948.1000350>
- Güntekin, S. (2007). Tüketime sunulan kırmızı pul biberde aflatoksin B1 miktarlarının ELISA yöntemiyle araştırılması [Determination of aflatoxin B1 quantity in red pepper flakes sold in Turkey via ELISA] (In Turkish). Ankara, Turkey: Gazi University, MSc Thesis.
- IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (2002). Some traditional herbal medicines, some mycotoxins, naphthalene and styrene. *IARC monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans*, 82, 1–556.
- Iqbal, S. Z., Asi, M. R., Mehmood, Z., Mumtaz, A. & Malik, N. (2017). Survey of aflatoxins and ochratoxin A in retail market chilies and chili sauce samples. *Food Control*, 81, 218-223. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2017.06.012>
- Kabak, B., Var, I. (2006). Ülkemiz açısından sorun olan mikotoksinler ve riskli gıda maddeleri [Mycotoxins and risky food for our country]. Congress of: Türkiye 9. Gıda Kongresi: Bolu, Turkey 681-684. (In Turkish).
- Kos, J. J., Hajnal, E. J., Jajic, I., Krstovic, S., Mastilovic, J., Šarić, B. & Jovanov, P. (2016). Comparison of ELISA, HPLC-FLD and HPLC-MS/MS methods for determination of aflatoxin M1 in natural contaminated milk samples. *Acta Chimica Slovenica*, 63(4), 747-756. <http://dx.doi.org/10.17344/acsi.2016.2451>
- Kovač, M., Šubarić, D., Bulaić, M., Kovač, T. & Šarkanj, B. (2018). Yesterday masked, today modified; what do mycotoxins bring next?. *Archives of Industrial Hygiene and Toxicology*, 69(3) 196-214. <https://doi.org/10.2478/aiht-2018-69-3108>
- Legislation about determination of maximum levels of certain contaminants in foods. (2011). Turkish Food Codex, Başbakanlık Basımevi, Ankara, Turkey.
- Maggira, M., Sakaridis, I., Ioannidou, M., & Samouris, G. (2022). Comparative Evaluation of Three Commercial Elisa Kits Used for the Detection of Aflatoxins B1, B2, G1, and G2 in Feedstuffs and Comparison with an HPLC Method. *Veterinary Sciences*, 9(3), 104. MDPI AG. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.3390/vetsci9030104>
- Mariutti, L. R. B., Soares, L. M. V. (2009). Survey of aflatoxin in tomato products. *Journal of Food Science and Technology*, 29(2), 431-434. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612009000200031>
- Mutti, P., Dellapina, G. & Spotti, E. (1992). Aflatoxin production, stability, diffusion and screening in tomato products. *Industria Conserve* 67-1, 39-41.
- O'Riordan, M. J., Wilkinson, M. G. (2008). A survey of the incidence and level of aflatoxin contamination in a range of imported spice preparations on the Irish retail market. *Food Chemistry*, 107(4), 1429-1435. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.09.073>
- Omar, S. S., Haddad, M. A. & Parisi, S. (2020). Validation of HPLC and Enzyme-Linked Immunosorbent Assay (ELISA) Techniques for Detection and Quantification of Aflatoxins in Different Food Samples. *Foods*, 9(5), 661. <https://doi.org/10.3390/foods9050661>
- Oruç, H. H. (2005). Mycotoxins and diagnosis (In Turkish with an abstract in English). *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi* 24.1-2-3-4: 105-110.
- Rossi, C. N., Takabayashi, C. R., Ono, M. A., Saito, G. H., Itano, E. N., Kawamura, O., Hirooka, E. Y. & Ono, E. Y. S. (2012). Immunoassay based on monoclonal antibody for aflatoxin detection in poultry feed. *Food Chemistry*, 132(4), 2211-2216. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.12.067>
- Rushing, B. R., Selim, M. I. (2019). Aflatoxin B1: a review on metabolism, toxicity, occurrence in food, occupational exposure, and detoxification methods. *Food and Chemical Toxicology*, 124, 81–100. doi: 10.1016/j.fct.2018.11.047
- Set, E., & Erkmen, O. (2010). The aflatoxin contamination of ground red pepper and pistachio nuts sold in Turkey. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 48(8-9), 2532–2537. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2010.06.027>
- Stroka, J., Anklam, E., Jörissen, U. & Gilbert, J. (2000). Immunoaffinity column cleanup with liquid chromatography using post-column bromination for determination of aflatoxins in peanut butter, pistachio paste, fig paste, and paprika powder: collaborative study. *Journal of AOAC INTERNATIONAL*, 83(2), 320-340. DOI:10.1093/JAOAC/83.2.320
- Udovicki, B., Audenaert, K., De Saeger, S. & Rajkovic, A. (2018). Overview on the Mycotoxins incidence in Serbia in the period 2004-2016. *Toxins*, 10:279. <https://doi.org/10.3390/toxins10070279>
- Yentür, G., Er, B. (2012). The evaluation of the aflatoxin presence in foods. *Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi*, 69(1):41-52 (In Turkish with an abstract in English). DOI ID: 10.5505/TurkHijyen.2012.54154
- Zhang, Y. J., Gan, R. Y., Li, S., Zhou, Y., Li, A. N., Xu, D. P. & Li, H. B. (2015). Antioxidant Phytochemicals for the Prevention and Treatment of Chronic Diseases. *Molecules*, 20(12):21138-21156 DOI: <https://doi.org/10.3390/molecules201219753>



Biogenic Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using *Saponaria officinalis* L., Characterisation and Antibacterial Activities

Hamdi Kamçı¹, Hasan Ufuk Celebioğlu², Recep Taş^{3*}, Ebru Koroglu⁴

¹ Bartın Universtisy, Faculty of Science, Department of Biotechnology, Bartın, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9255-2125), hkamci@bartin.edu.tr

² Bartın Universtisy, Faculty of Science, Department of Biotechnology, Bartın, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7207-2730), hcelebioglu@bartin.edu.tr

^{3*} Bartın Universtisy, Faculty of Science, Department of Biotechnology, Bartın, Turkey, (ORCID: 0000-0002-3743-7770), rtas@bartin.edu.tr

⁴ Bartın Universtisy, Faculty of Science, Department of Biotechnology, Bartın, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9357-4668), eburkoroglu@gmail.com

(First received 17 February 2022 and in final form 25 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1075292)

ATIF/REFERENCE: Kamçı, H., Celebioğlu, H. U., Taş, R. & Koroglu, E. (2022). Biogenic Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using *Saponaria officinalis* L., Characterisation and Antibacterial Activities. *European Journal of Science and Technology*, (35), 227-234.

Abstract

The bioactivity exhibited by nanoparticles is of great interest by researchers worldwide. Phytogetic synthesis of zinc oxide nanoparticles (ZnO NPs) has been an environmentally friendly approach due to its low toxicity and biological potential. Today, ZnO NPs are frequently the subject of research due to their usability in many different fields such as biomedicine, water treatment, environmental improvement, and their applicability in the food industry and cosmetic products. It is known that ZnO produced by biosynthesis methods exhibits various nanostructures with antimicrobial, antioxidant, and anticancer properties. For this reason, studies on the antioxidant and antibacterial activity of ZnO NPs produced by green synthesis methods are increasing day by day. In this study, the biosynthesis of ZnO NPs was carried out by evaluating the root parts of the *Saponaria officinalis* plant with high polyphenol content used in the food industry, bread making, and soap making in the cosmetics sector. Nanoparticle characterizations were performed by UV-VIS absorption spectroscopy, FT-IR, XRD, and SEM analysis. These Green-ZnO NPs were shown to have antibacterial activity against the tested bacterial strains.

Keywords: Green synthesis, ZnO, Nanoparticles, *Saponaria officinalis*, Antibacterial activity.

Saponaria officinalis L. Kullanılarak Çinko Oksit Nanopartiküllerin Biyojenik Sentezi, Karakterizasyon ve Antibakteriyel Aktiviteler

Öz

Nanopartiküllerin sergilediği biyoaktivite, dünya çapındaki araştırmacılar tarafından büyük ilgi görmektedir. Çinko oksit nanoparçacıklarının (ZnO NP'ler) fitojenik sentezi, düşük toksisitesi ve biyolojik potansiyeli nedeniyle çevre dostu bir yaklaşım olmuştur. ZnO NP'ler günümüzde biyomedikal, su arıtma, çevre iyileştirme gibi çok farklı alanlarda kullanılabilirliği, bunun yanında gıda sektöründe ve kozmetik ürünlerde uygulanabilirliği nedeniyle çok sık araştırma konusu yapılmaktadır. Biyosentez yöntemleriyle üretilen ZnO'nun antimikrobiyal, antioksidan ve antikanser özelliklere sahip çeşitli nanoyapılar sergilediği bilinmektedir. Bu nedenle yeşil sentez yöntemleriyle üretilen ZnO NP'lerin antioksidan ve antibakteriyel aktivitesi üzerine yapılan çalışmalar her geçen gün artmaktadır. Bu çalışmada, gıda endüstrisinde, ekmek yapımında ve kozmetik sektöründe sabun yapımında kullanılan yüksek polifenol içeriğine sahip *Saponaria officinalis* bitkisinin kök kısımları değerlendirilerek ZnO NP'lerin biyosentezi gerçekleştirilmiştir. Sentezlenen Nanopartiküllerin karakterizasyonu UV-VIS absorpsiyon spektroskopisi, FT-IR, XRD ve SEM analizi ile gerçekleştirilmiştir. Bu Green-ZnO NP'lerinin test edilen bakteri suşlarına karşı antibakteriyel aktiviteye sahip olduğu gösterildi.

Anahtar Kelimeler: Yeşil sentez, ZnO, Nanopartiküller, *Saponaria officinalis*, Antibakteriyel aktivite.

* Corresponding Author: hkamci@bartin.edu.tr

1. Introduction

From the material science point of view nanoparticles are scalarly defined as (the commonly cited definition) particles with at least one of the dimensions measured in 1-100 nm range (Aitken, Creely, & Tran, 2004; Buzea, Pacheco, & Robbie, 2007; Linsinger, Roebben, Solans, & Ramsch, 2011). In the unit definition, the name nanoparticle refers to individual small single-unit materials that can be measured at the nanoscale. (Linsinger et al., 2011). Based on this information, the common denominator in the definition of nanomaterials is that the dimensions are limited to the nanoscale.

Concerning nanoparticles, the term “enhanced surface to volume ratio at the nanoscale” is usually misinterpreted. Proper terminology instead is the "specific surface area" (SSA) (Linsinger et al., 2011), which is rarely used. By simple reasoning on this correct term (SSA), we can conclude that a small decrease in the radius of any nanoparticle will lead to a large increase in the SSA score; i.e.; as we change the size of the nanoparticle by any small step, the specific surface area changes by a significant amount at the nanoscale (Guo, Xie, & Luo, 2014). Consequently the whole potential of the atoms making up a single nanoparticle will be more prominently reflected as nanoparticle size decreases due to higher SSA. A comparison between gold nanoparticles and gold nanodots may serve as an appropriate example at this point.

Metal oxide NPs (especially ZnO NPs) are utilised as antibacterial and antifungal agents in research, cosmetics, medicine and food industry. Main cause for special interest on zinc oxide nanocrystals, (i.e., zinc oxide nanoparticles) as antimicrobial agents might be attributed to its' non-toxicity to eukaryotic cells at therapeutic dosages. Metal oxides can be classified as inorganic-type antimicrobial agents and are better than antibiotics in terms of stability. (Padmavathy & Vijayaraghavan, 2008).

Since both some of the plant secondary metabolites and metal oxides possess antimicrobial activities, it is possible to combine the antimicrobial effects of both in the form of surface activated NPs coated with phytochemicals. Thus metal oxide nanoparticles synthesised through green route (Green-MetOx NPs) were reported to show dose-dependent bacteriostatic and bactericidal activities against a number of microorganisms tested (Elumalai & Velmurugan, 2015; Manzoor et al., 2016; Padmavathy & Vijayaraghavan, 2008; Zarrindokht Emami-Karvani, 2012).

An important aspect to mention during Green-NP synthesis is that, during synthesis, metal oxides generated would probably modify the bioactive compounds found in the biologic extracts (Bargebid & Khabnadideh, 2020). So to say, at the end of the green synthesis, both the nature of the metal oxide and the active antimicrobial agent may be.

Environmentally friendly nature and elimination of toxic byproducts during synthesis of Green-NPs are the first noticeable postulations of scientific reports. Considerable amounts among them note the use of various plants (with distinct therapeutic properties) as reducing and capping agents during NP synthesis. These NPs functionalized with plant extracts are foreseen as promising nano-therapeutic agents of the future (Vijayakumar, Mahadevan, Arulmozhi, Sriram, &

Praseetha, 2018; Wahab et al., 2011; Zarrindokht Emami-Karvani, 2012).

Compared to other metal oxide nanoparticles (CuO, TiO, FeO, etc.) ZnO has a prominent place, especially from an antimicrobial perspective, due to its nontoxic behavior on eukaryotic cells. The cost of synthesizing both green and chemical ZnO NPs is reasonable (Abdul Salam, Sivaraj, & Venckatesh, 2014; Bargebid & Khabnadideh, 2020; Chamjangali & Boroumand, 2013; Elumalai & Velmurugan, 2015; Yuvakkumar, Suresh, Nathanael, Sundrarajan, & Hong, 2014; Zarrindokht Emami-Karvani, 2012).

Widely applied procedure in both chemical synthesis and green synthesis methods is reduction of Zinc ions into Zinc-Oxide at high pH aqueous environment. In these methods two different sources of Zinc routinely used are Zinc Acetate ($Zn(CH_3CO_2)_2$) or Zinc Nitrate ($Zn(NO_3)_2$). Divergent methods distinguished from the above-stated aqueous synthesis are sol-gel synthesis (da Silva et al., 2020) and mechanochemical synthesis methods (Manzoor et al., 2016). In sol-gel synthesis method zinc nitrate mixed with gelatin is reduced to ZnO in the presence of KOH in aqueous, dried at 100°C and calcinated at 1000°C. Whereas in mechanochemical synthesis, zinc chloride ($ZnCl_2$) and sodium carbonate (Na_2CO_3) salts are thermally converted to ZnO and CO_2 at different temperatures. Scientific reports in which synthesis is made in aqueous media differ in terms of the use of different viscous agents (Anžlovar, Crnjak Orel, Kogej, & Žigon, 2012; Brayner et al., 2006) or condensing agents such as polyols (Krishnan & Pradeep, 2009), methanol (Cheng, Shi, Russell-Tanner, Zhang, & Samulski, 2006), or differ from one another in terms of annealing methods such as high pH (Krishnan & Pradeep, 2009) baking (Halbus, Horozov, & Paunov, 2020), calcination (Padmavathy & Vijayaraghavan, 2008) and autoclave at 70°C (Cheng et al., 2006). If we focus solely on green synthesis method we more frequently hit scientific papers that use zinc nitrate ($Zn(NO_3)_2$) than zinc acetate ($Zn(CH_3CO_2)_2$) as the zinc source. In these reports zinc ion reduction into zinc oxide precipitate usually catalyzed at around 60°C in continuous mixing conditions. The yielding zinc oxide precipitates are then annealed through calcination (Azizi et al., 2016; Hassan et al., 2018) or roasting (Selim, Azb, Ragab, & H. M. Abd El-Azim, 2020) at differing temperatures. Still some scientific reports diverge from the rest through usage of microwave radiation during the catalysis of reduction reaction in the presence of aqueous plant extracts (Sutradhar & Saha, 2015).

Because metal oxides are amphoteric, different charged metal oxides and phytochemicals are gradually stacked on top of each other as the nanoparticle develops. As we all know plant extracts hold plethora of bioactive chemicals with different ionized states with changing pH. And consequently, every NPs synthesized through green route possibly differ from one another on their particle size, activity, surface coatings, capping and hence structure, function and physical properties. For supporting this phenomenon we may refer to *Banerjee* who pointed out the effect of pH on properties of NP synthesized (Banerjee, Dubey, Gautam, Chattopadhyaya, & Sharma, 2019).

Besides its use as food additive (as emulsifier and foaming agent) *S. officinalis* plant parts have been used in folk medicine for numerous disease complications. And in research *S. officinalis* extracts are used as antioxidant, anticancer, antimicrobial agent (Chandra, Rawat, & Bhatt, 2021). Aerial

parts, seeds, and root parts of *S. officinalis* are used separately as sources of bioactive phytochemicals.

Aerial sections contain antimicrobials that are effective against many bacteria (Sengul et al., 2011). Important phytochemicals found in the above-ground parts of this plant can be summarized as flavonoids (which have potent antioxidant and antimicrobial activities), saponins, alkaloids, tannins, and vitamin C (Endonova, Antsupova, Zhamsaranova, & Lygdenov, 2015). Among these major phytochemicals sponging are ubiquitous agents found in seeds and root sections. *S. officinalis* seed sponins were shown to be effective protective agent in rats against ionizing radiation. (Kucukkurt et al., 2011). Root sections on the other hand are rich in saponins, and contain triterpene glycosides (Endonova et al., 2015), fatty acid (Slobodianiuk, Budniak, Marchyshyn, Kostyshyn, & Zakharchuk, 2021), tannin and phenolics (Jurado Gonzalez & Sørensen, 2020). The most abundant component found in root contents is stated as saponins (Sadowska et al., 2014; Tănase et al., 2021).

It is important to account for a specific property of the saponin of this plant. Unlike other detergents and surfactants saponins from *Saponaria* do not self-assemble into micellar structures (Tănase et al., 2021). That is, it is not an easy task to agglomerate metal oxides into NPs when saponins from *Saponaria* is used. Foam liberated at the start of synthesis may not die away even at the end of 20 hrs duration and may probably interfere with mixing of metal ions with the phytochemical content (Jurado Gonzalez & Sørensen, 2020). These two points will be touched later in discussion section.

2. Material and Method

2.1. Preparation of Plant Extracts

S. officinalis roots were collected from Bartın (Elevation: 9.574 Time Zone: Europe/Istanbul Latitude: 41° 38' 15.3672" N Longitude: 32° 20' 1.7196" E) at Ağdacı district. Collected roots were then thoroughly washed with distilled water and dry blotted on filter paper. Then, the dry root sections were first cut into small pieces and crushed into powder in a mortar. An aqueous crude bioactive phytochemical suspension was prepared on magnetic stirrer with 10 g of *S. officinalis* root powder in 100 ml of distilled water at room temperature. The plant tissue precipitate of the suspension was separated from the solution through filtration with filter paper. The resulting cloudy suspension-solution was stored at +4 °C in a dark glass bottle till use.

2.2. Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles

The green ZnO NP synthesis in this study was devised from modifying the chemical synthesis method used by Halbus et al., (Halbus et al., 2020). Zinc nitrate ($Zn(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O$) was used as zinc ion source for synthesis of ZnO. In order to reduce zinc ions into zinc oxide with *S. officinalis* extracts, 0.1 M 100 ml $Zn(NO_3)_2 \cdot 6 H_2O$ solution was titrated dropwise with 50 ml of *S. officinalis* extract on magnetic stirrer. Development of ZnO was continued at 500 rpm stirring at room temperature for 24 hrs.

The usually accepted light to dark color transition in NP synthesis reaction mixture was also observed in our experimental setup. Developing color was prominently observable at the end of 15 min following addition of plant extract. At the end of 24 hrs resulting NPs yielded from the

reaction was sedimented through centrifugation at 8000 rpm for 15 minutes. The nanoparticles sedimented were separated from the supernatant and thoroughly washed with pure water twice. Whole sediment vacuum dried in the oven at 70°C for 12 hrs. In the final step of our Green-NP synthesis procedure NP annealing was performed in the furnace at 450°C for 3 hrs. Whole procedure in detail is schematized as flowchart in figure 1.

Annealed NPs were stored in tight closed test tubes at room temperature till characterizing and evaluation steps.

2.3. Characterization of zinc nanoparticles

UV-Visible absorbance spectrum (200-800 nm) analysis of the NPs' synthesized were made with THERMO Multiscaner-Go instrument. FTIR analysis were performed to diagnose available functional groups on the surface of nanocrystals. Fourier Transform Infrared Spectrophotometer analysis were performed with Shimadzu IRAffinity-1S. Particle morphology and size measurements were made with TESCAN, MAIA3 XM high-resolution scanning electron microscope. Crystallinity and particle size analysis of the synthesized ZnO NPs were evaluated through XRD analysis with Rigaku-Smartlab benchtop power X-Ray diffraction (XRD) instrument

2.4. Testing Anti-Bacterial Effects of Nanoparticles

Broth Micro-Dilution Assay was devised to test NPs' antibacterial activities (Brandt et al., 2010). Both gram-negative and gram-positive bacteria were used in the tests namely *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Both bacteria were retrieved from -20°C stocks. After an initial refreshment in Nutrient Broth (NB) at 37°C, both bacteria were subcultured again in NB to achieve 0.5 McFarland Unit bacterial concentration for later use as the tester bacterial stock solution.

Antibacterial affect tests of the ZnO NPs were performed as follows. Whole test were performed with 200 µL microtiter plates. Each 200 µL well was first inoculated with 20 µL of test bacterial stock solution and aided with 160 µL NB media to support bacterial growth. And as the antimicrobial agent 20 µL solution of NP with varying concentrations of ZnO in it (in 50% DMSO) was added to each well.

Bacterial growths were detected with Thermo Scientific™ Multiskan GO Microplate Spectrophotometer instrument. For this optical density measurement values were recorded (as absorbance values as at 600 nm (OD_{600})) at culture start (zero hrs) and after 24 hrs of incubation at 37°C.

Evaluation antibacterial effects of NPs' were done through comparison of bacterial growths' optical density scores. During comparison of antibacterial effects, growth scores of positive control groups (that does contain any NPs but NB and DMSO) were referenced as full growth. Based on these measurements bacterial growth inhibitions were devised as percent depression against the full growth measure

2.5. Statistical Analysis

Statistical analysis of antibacterial tests were performed through one-way ANOVA or Students' t-test. Experimental score differences that fit into probabilities below 0.05 ($p < 0.05$) were considered statistically significant.

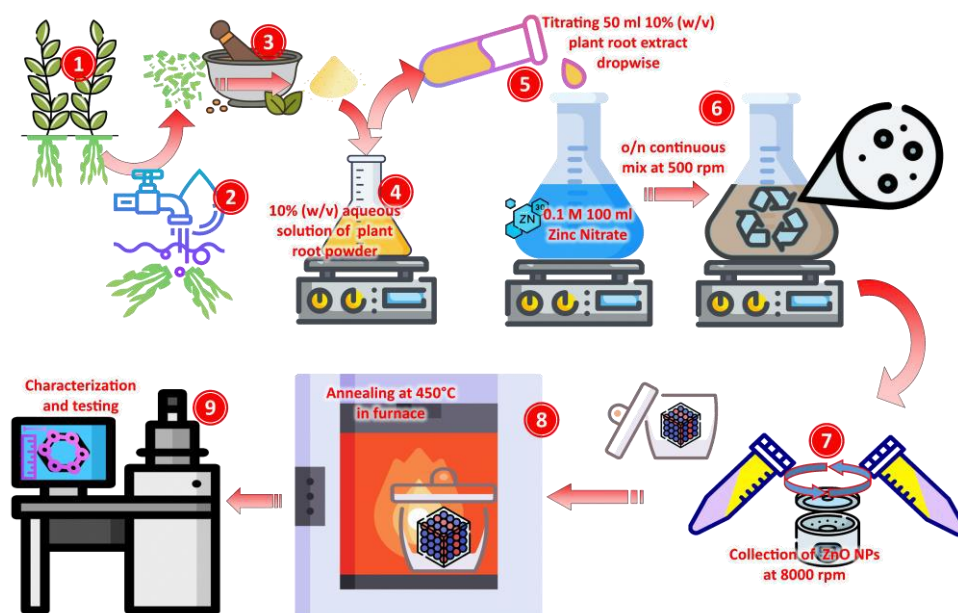


Figure 1. Schematics of Green ZnO NP synthesis employed in our work: Collection of *S. officinalis* roots and cleaning thoroughly with distilled water and blotting dry (1 & 2). Crushing the root sections into fine powder (3). Preparation of aqueous crude extract; 10 g powder/ 100 ml of distilled H₂O (4). Titrating 0.1 M 100 ml Zn(NO₃)₂.6H₂O solution with 50 ml of plant root extract and development of ZnO precipitate o/n at 500 rpm (5 & 6). Sedimentation of ZnO crystals in centrifuge (8000 rpm), collection and annealing at 450°C in furnace (7 & 8). Analysis diagnostics and tests of NPs synthesized (9). This Figure has been designed using the free resources from Flaticon.com

3. Results and Discussion

3.1. UV–Visible Absorption Spectrum Analysis

Synthesized ZnO nanoparticles were confirmed by the absorption maxima at the wavelength of 370 nm. The use of UV-Vis spectrophotometer stimulates the localized surface plasmon resonance in the metal, creating an electric field and resonance at a specific wavelength, which causes strong beam scattering at that wavelength. By this way, evaluation of spectrophotometric measurements; the scale used in different wavelengths colorly or colorimetrically is evaluated. *S. officinalis* extract provided reduction of zinc ion in ZnO NP complex, stimulation of surface plasmon resonance and consequently measurement was made in UV-Vis spectrophotometer (figure 2) (Nayak, Ashe, Rauta, Kumari, & Nayak, 2016).

3.2. Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Analysis

FTIR spectrum analysis shows the relationship of absorption bands with chemical compounds in *S. officinalis* and ZnO NPs. The presence of functional groups of ZnO NPs are given in Figure 3 and the absorption peaks in the spectrum is seen at 3436 cm⁻¹, 1628 cm⁻¹, 1150 cm⁻¹, 1145 cm⁻¹, 875 cm⁻¹, 614 cm⁻¹ and 570 cm⁻¹. The wide peak observed at 3436 cm⁻¹ is due to O-H stress vibrations (Luo, Yang, Chen, Megharaj, & Naidu, 2016). Metal oxides form an absorption peak in the region between 600-400 cm⁻¹ due to inter-atomic vibrations. The characteristic peak corresponding to the Zn-O stress band showing ZnO formation was observed in the wave number of 570 cm⁻¹ (Anžlovar et al., 2012).

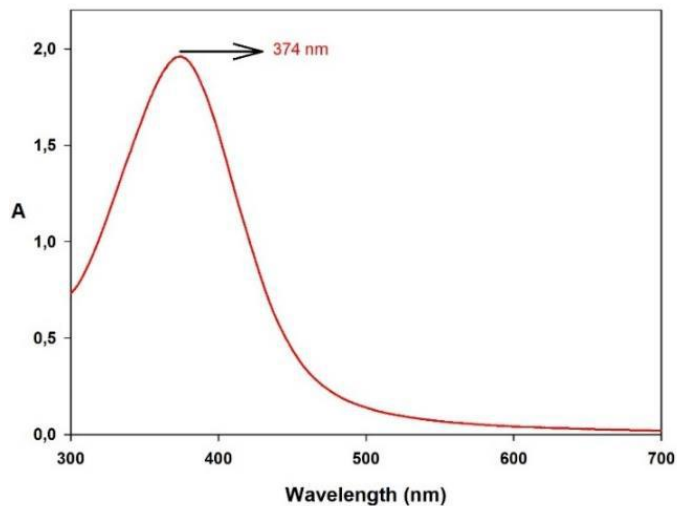


Figure 2. UV-visible spectrum (200-800 nm) absorbance scan of ZnO nanoparticles synthesised with *S. officinalis* root extracts

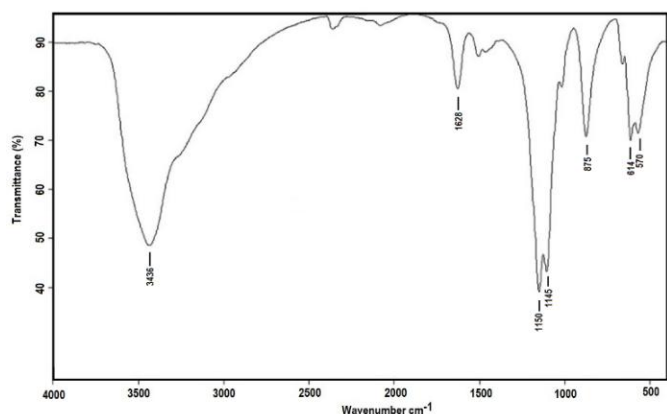


Figure 3. FTIR spectra of synthesised ZnO nanoparticles by *S. officinalis* extract. Synthesized ZnO nanoparticles were confirmed by the absorption maxima.

3.3. Scanning Electron Microscopy (SEM) Analysis of ZnO NPs

The structure, shape and size of ZnO NPs obtained by the green synthesis method were determined by SEM images. SEM images obtained with 50 kx, 100 kx and 200 kx magnifications show that the synthesized ZnO NPs have a spherical structure. The data obtained are similar to some studies (Chamjangali & Boroumand, 2013; Yuvakkumar et al., 2014). The optical performance of zinc nanoparticles may be affected by morphological form for real applications. SEM images (figure 4) of the *S. officinalis* mediated zinc nanoparticles established the presence of very small and uniformly spherical nanoparticles.

Chemical purity, elemental composition and stoichiometry of ZnO NPs were determined by EDX analysis. In EDX spectra shown in figure 4, it is seen that the peaks belong only to Zn and O. Therefore, it is confirmed that the synthesized ZnO NPs are of high purity. The stoichiometric mass percentage for Zn and O was 75.73219% and 24.26781%, respectively. It is seen that these results are consistent with the results of other studies in the literature (Abdul Salam et al., 2014)

3.4. XRD analysis

The XRD diffraction peaks of the ZnO NP samples obtained by the green synthesis method are shown in figure 5. Characteristic peaks of ZnO NPs at $2\theta = 31.80^\circ, 34.60^\circ, 36.24^\circ, 47.49^\circ, 56.65^\circ, 62.82^\circ, 68.17^\circ$, respectively (100), (002), (101), (102), (110), (103) and (112) planes. These data are matched with the JCPDS Data Card No: 65-3411 in the Joint Committee on Powder Diffraction Standards (JCPDS) database (Manzoor et al., 2016). In addition, since all the peaks seen in the graphic are characteristic peaks of ZnO, it confirms that they do not contain impurities. Crystal size measurement for synthesized ZnO NPs was calculated using the Debye-Scherrer equation (equation 1) (Aladpoosh & Montazer, 2015).

$$D = \frac{K\lambda}{\beta \cdot \cos\theta} \quad \text{Equation 1}$$

D: crystal size,
K: Debye Scherrer constant (0.94),
 λ : Cu-K α radiation (1.54 Å),

β : half length width of maximum peak (FWHM),
 θ : it is the Bragg angle value obtained from the 2θ value of the maximum peak in the XRD diffraction pattern.

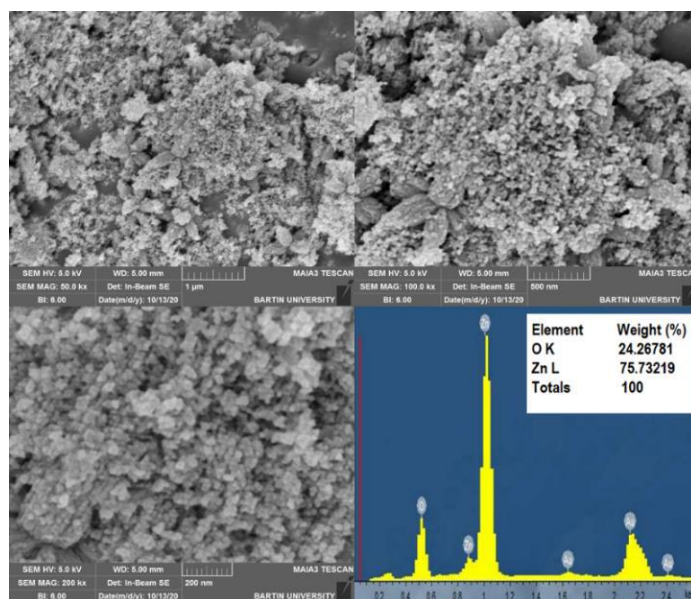


Figure 4. SEM images of ZnO NPs at different magnifications and EDX spectrum

The average crystal size of ZnO NPs was calculated to be approximately 14.83 nm according to the Debye-Scherrer formula. FWHM values are shown for each peak point determined to calculate the particle size in Table 1. The sharp bands of the Bragg peak confirm that the particles are in the nanoscale and are stabilized by the reducing agents contained in the plant root extract (Gnanadesigan et al., 2012).

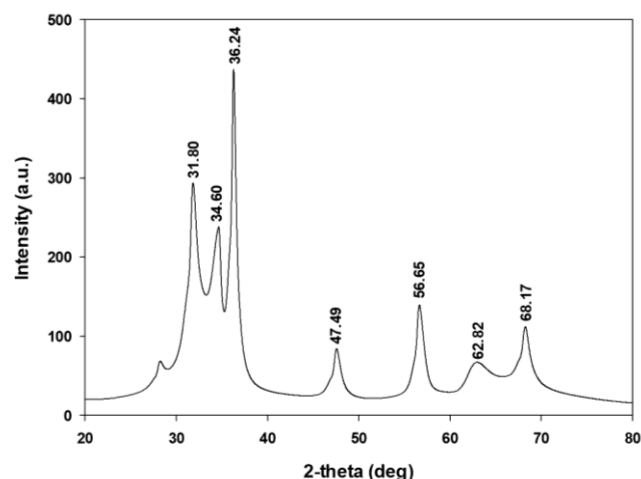


Figure 5. X-ray diffractogram of *S. officinalis* root extract-reduced ZnO NPs

3.5. Antibacterial Activity Tests

In the present study, we examined the anti-bacterial effects of ZnO nanoparticles synthesized using green synthesis with *S. officinalis* L. The results showed that this nanoparticle had slight anti-bacterial effect against very common bacterium *E. coli* (Figure 6A). Around 40% inhibition was observed in the bacterial growth of *E. coli* at 30 mM final ZnO NP concentration tested, which was the maximum used. Furthermore, MIC for *E. coli* was extrapolated as 73.0 ± 2.6 mM.

Table 1. Crystal sizes and peak values of ZnO NPs. XRD diffraction peaks of the ZnO NP samples obtained by the green synthesis

2 θ	h k l	FWHM	D (nm)
31.80	100	0.65	13.28
34.60	002	0.77	11.30
36.24	101	0.28	31.20
47.59	102	0.52	17.45
56.65	110	0.66	14.29
62.82	103	1.47	6.62
68.17	112	1.04	9.64

On the other hand, the nanoparticle greatly inhibited (90% decrease compared to control) the growth of *S. aureus* when used at maximum (30 mM) in our experimental setup. (Figure 6B). MIC for this bacterium was extrapolated as 33.5 ± 2.3 mM.

A previous study showed that bacteriostatic (MIC) activities of ZnO nanoparticles were found as 0.5 mg/mL (i.e. 6.14 mM) and 1.0 mg/mL (i.e. 12.3 mM) for *E. coli* and *S. aureus*, respectively (Zarrindokht Emami-Karvani, 2012). On the other hand, bactericidal (Minimum bactericidal concentration, MBC) effects were found as 16 mg/mL (196.6 mM) for *E. coli* and 8 (98.3 mM) mg/mL for *S. aureus*. These results also confirm that ZnO nanoparticles are more effective for *S. aureus* than *E. coli* (Zarrindokht Emami-Karvani, 2012).

Another study examined that ZnO nanoparticles that have the size of approximately 13 nm showed complete inhibition of *E. coli* growth at concentrations higher than 3.4 mM, but concentrations higher than 1 mM completely inhibited the growth of *S. aureus* (Reddy et al., 2007).

Augmented levels of ROS produced with MetOx is also considered Among the molecular mechanisms that nanoparticles show their anti-bacterial action. From the same respect in a number of scientific report on antibacterial effects of ZnO nanoparticles, researchers point out these ROS generated by NPs as the cause of antibacterial activity. (Brayner et al., 2006; Huang et al., 2008; Padmavathy & Vijayaraghavan, 2008; Sawai et al., 1998; Xia et al., 2008).

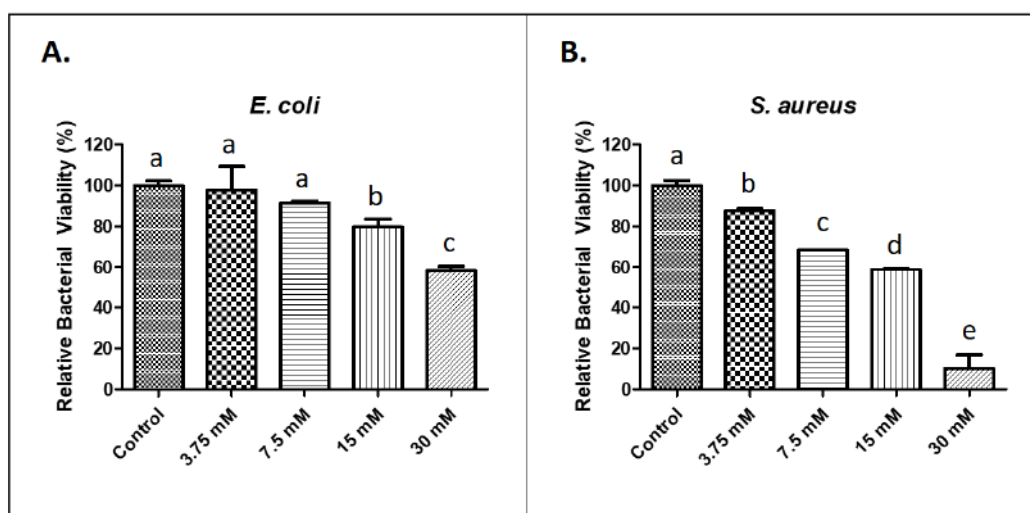


Figure 6. Anti-bacterial effects of ZnO nanoparticle synthesized with *S. officinalis* L. on (A) *Escherichia coli* and (B) *Staphylococcus aureus*. Different lower-case letters indicate the difference is statistically significant ($p < 0.05$) according to Tukey's multiple comparison test.

4. Conclusions and Recommendations

In this study we report green synthesis of ZnO NP with *S. officinalis* L. root extracts. At the end of synthesis, particles' UV-Visible absorption spectrum analysis revealed that particles generated are Zn nanoparticles.

SEM and XRD data suggests that NP synthesised showed almost spherical structures with the mean diameter of ~15 nm. We can state that *S. officinalis* L. root extracts are suitable for obtaining structurally and morphologically proper ZnO nanoparticles. In the FTIR spectrum graph with the measurement ranging from 3000 cm^{-1} to 1500 cm^{-1} , there was an apparent transmittance depression (approximately %22 depression) at 1628 cm^{-1} . This depression was attributed to polycyclic

aromatic compounds in literature where in our case this depression can be attributed to the saponins. Below 1500 cm^{-1} wavelength, in the fingerprint spectrum region, metal oxides are known to show their specific interatomic vibrations at $600\text{-}400 \text{ cm}^{-1}$ range. In this range, ZnO NPs are known for their Zn-O bond vibrations at 570 cm^{-1} wavelengths (Anžlovar et al., 2012), as is also seen in our FTIR data.

In this study, in vitro susceptibilities of both gram-positive and gram-negative bacterium against ZnO NPs synthesized from *S. officinalis* L. root extracts were determined by broth dilution method. Antibacterial activity of NPs may vary depending on microbial species. The most important growth inhibiting action of NP is thought to be exerted through the fusion of metal nanoparticles with negatively charged bacterial cell wall.

Combiend with ROS generation, such close interaction of NPs is assumed as the actual attack collapsing the bacterial cell wall and integrity. Considerable variation between cell wall structures of *E. coli* and *S. aureus*, can be regarded as the cause of diverging antibacterial action of the Green-ZnO NPs against gram negative and gram positive bacteria. The experimental results gathered in this report also supports the idea that ZnO NP can be regarded as alternative antibacterial agents with dual action modes as bactericidal or bacteriostatic.

When using green synthesis nomenclature, we implicitly imply that the reducing and capping power comes only from biological materials. But, the protein content from crude biological extracts may not be sufficient as capping agents (Elumalai & Velmurugan, 2015). At this stage, chemical capping may assist (Maruthupandy et al., 2017) green synthesis for better yields and results. From this respect, pure biochemical agents may also aid in our near future Green-NP synthesis.

5. Acknowledge

This study was partly supported by Bartin University.

References

- Abdul Salam, H., Sivaraj, R., & Venkatesh, R. (2014). Green synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles from *Ocimum basilicum* L. var. *purpurascens* Benth.-Lamiaceae leaf extract. *Materials Letters*, *131*, 16–18. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2014.05.033>
- Aitken, R. J., Creely, K. S., & Tran, C. L. (2004). Nanoparticles : An occupational hygiene review Prepared by the Institute of Occupational Medicine Nanoparticles : An occupational hygiene review. *Crown Copyright*, 7–18.
- Aladpoosh, R., & Montazer, M. (2015). The role of cellulosic chains of cotton in biosynthesis of ZnO nanorods producing multifunctional properties: Mechanism, characterizations and features. *Carbohydrate Polymers*, *126*, 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.03.036>
- Anžlovar, A., Crnjak Orel, Z., Kogej, K., & Žigon, M. (2012). Polyol-mediated synthesis of zinc oxide nanorods and nanocomposites with poly(methyl methacrylate). *Journal of Nanomaterials*, *2012*. <https://doi.org/10.1155/2012/760872>
- Azizi, S., Mohamad, R., Bahadoran, A., Bayat, S., Rahim, R. A., Ariff, A., & Saad, W. Z. (2016). Effect of annealing temperature on antimicrobial and structural properties of bio-synthesized zinc oxide nanoparticles using flower extract of *Anchusa italica*. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, *161*, 441–449. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2016.06.007>
- Banerjee, S., Dubey, S., Gautam, R. K., Chattopadhyaya, M. C., & Sharma, Y. C. (2019). Adsorption characteristics of alumina nanoparticles for the removal of hazardous dye, Orange G from aqueous solutions. *Arabian Journal of Chemistry*, *12*(8), 5339–5354. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2016.12.016>
- Bargebid, R., & Khabnadideh, S. (2020). ZnO in ionic liquid under microwave irradiation: A novel medium for synthesis of phloroglucide derivatives as antimicrobial agents. *Indian Journal of Chemistry - Section B Organic and Medicinal Chemistry*, *59*(12), 1893–1902.
- Brandt, A. L., Castillo, A., Harris, K. B., Keeton, J. T., Hardin, M. D., & Taylor, T. M. (2010). Inhibition of *Listeria monocytogenes* by Food Antimicrobials Applied Singly and in Combination. *Journal of Food Science*, *75*(9), M557–M563. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01843.x>
- Brayner, R., Ferrari-Iliou, R., Brivois, N., Djediat, S., Benedetti, M. F., & Fiévet, F. (2006). Toxicological impact studies based on *Escherichia coli* bacteria in ultrafine ZnO nanoparticles colloidal medium. *Nano Letters*, *6*(4), 866–870. <https://doi.org/10.1021/nl052326h>
- Buzea, C., Pacheco, I. I., & Robbie, K. (2007). Nanomaterials and nanoparticles: Sources and toxicity. *Biointerphases*, *2*(4), MR17–MR71. <https://doi.org/10.1116/1.2815690>
- Chamjangali, M. A., & Boroumand, S. (2013). Synthesis of flower-like Ag-ZnO nanostructure and its application in the photodegradation of methyl orange. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, *24*(8), 1329–1338. <https://doi.org/10.5935/0103-5053.20130168>
- Chandra, S., Rawat, D. S., & Bhatt, A. (2021). Phytochemistry and pharmacological activities of *saponaria officinalis* L.: A review. *Notulae Scientia Biologicae*, *13*(1), 1–13. <https://doi.org/10.15835/nsb13110809>
- Cheng, B., Shi, W., Russell-Tanner, J. M., Zhang, L., & Samulski, E. T. (2006). Synthesis of Variable-Aspect-Ratio, Single-Crystalline ZnO Nanostructures. *ChemInform*, *37*(17), 1208–1214. <https://doi.org/10.1002/chin.200617225>
- da Silva, E. C., de Moraes, M. O. S., Brito, W. R., Passos, R. R., Brambilla, R. F., da Costa, L. P., & Pocrifka, L. A. (2020). Synthesis of ZnO Nanoparticles by the Sol-Gel Protein Route: A Viable and Efficient Method for Photocatalytic Degradation of Methylene Blue and Ibuprofen. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, *31*(8), 1648–1653. <https://doi.org/10.21577/0103-5053.20200050>
- Elumalai, K., & Velmurugan, S. (2015). Green synthesis, characterization and antimicrobial activities of zinc oxide nanoparticles from the leaf extract of *Azadirachta indica* (L.). *Applied Surface Science*, *345*, 329–336. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2015.03.176>
- Endonova, G. B., Antsupova, T. P., Zhamsaranova, S. D., & Lygdenov, D. V. (2015). Study of flavonoid and antioxidant activity of *saponaria officinalis* L. that occurs in Buryatia. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, *12*(3), 2017–2021. <https://doi.org/10.13005/bbra/1869>
- Gnanadesigan, M., Anand, M., Ravikumar, S., Maruthupandy, M., Syed Ali, M., Vijayakumar, V., & Kumaraguru, A. K. (2012). Antibacterial potential of biosynthesised silver nanoparticles using *Avicennia marina* mangrove plant. *Applied Nanoscience (Switzerland)*, *2*(2), 143–147. <https://doi.org/10.1007/s13204-011-0048-6>
- Guo, D., Xie, G., & Luo, J. (2014). Mechanical properties of nanoparticles: Basics and applications. *Journal of Physics D: Applied Physics*, *47*(1). <https://doi.org/10.1088/0022-3727/47/1/013001>
- Halbus, A. F., Horozov, T. S., & Paunov, V. N. (2020). Surface-Modified Zinc Oxide Nanoparticles for Antialgal and Antiyeast Applications. *ACS Applied Nano Materials*, *3*(1), 440–451. <https://doi.org/10.1021/acsnm.9b02045>
- Hassan, H. S., Elkady, M. F., El-Sayed, E. M., Hamed, A. M., Hussein, A. M., & Mahmoud, I. M. (2018). Synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles using green and chemical synthesis techniques for phenol decontamination. *International Journal of Nanoelectronics*

- and *Materials*, 11(2), 179–194.
- Huang, Z., Zheng, X., Yan, D., Yin, G., Liao, X., Kang, Y., ... Hao, B. (2008). Toxicological effect of ZnO nanoparticles based on bacteria. *Langmuir*, 24(8), 4140–4144. <https://doi.org/10.1021/la7035949>
- Jurado Gonzalez, P., & Sørensen, P. M. (2020). Characterization of saponin foam from *Saponaria officinalis* for food applications. *Food Hydrocolloids*, 101(August 2019). <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105541>
- Krishnan, D., & Pradeep, T. (2009). Precursor-controlled synthesis of hierarchical ZnO nanostructures, using oligoaniline-coated Au nanoparticle seeds. *Journal of Crystal Growth*, 311(15), 3889–3897. <https://doi.org/10.1016/j.jcrysgro.2009.06.019>
- Kucukkurt, I., Ince, S., Enginar, H., Eryavuz, A., Fidan, A. F., & Kargioglu, M. (2011). Protective effects of *Agrostemma githago* L. and *Saponaria officinalis* L. extracts against ionizing radiation-induced oxidative damage in rats. *Revue de Medecine Veterinaire*, 162(6), 289–296.
- Linsinger, T. P. J., Roebben, G., Solans, C., & Ramsch, R. (2011). Reference materials for measuring the size of nanoparticles. *TrAC - Trends in Analytical Chemistry*, 30(1), 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2010.09.005>
- Luo, F., Yang, D., Chen, Z., Megharaj, M., & Naidu, R. (2016). One-step green synthesis of bimetallic Fe/Pd nanoparticles used to degrade Orange II. *Journal of Hazardous Materials*, 303, 145–153. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2015.10.034>
- Manzoor, U., Siddique, S., Ahmed, R., Noreen, Z., Bokhari, H., & Ahmad, I. (2016). Antibacterial, structural and optical characterization of mechano-chemically prepared ZnO nanoparticles. *PLoS ONE*, 11(5), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154704>
- Maruthupandy, M., Zuo, Y., Chen, J. S., Song, J. M., Niu, H. L., Mao, C. J., ... Shen, Y. H. (2017). Synthesis of metal oxide nanoparticles (CuO and ZnO NPs) via biological template and their optical sensor applications. *Applied Surface Science*, 397, 167–174. <https://doi.org/10.1016/j.apsusc.2016.11.118>
- Nayak, D., Ashe, S., Rauta, P. R., Kumari, M., & Nayak, B. (2016). Bark extract mediated green synthesis of silver nanoparticles: Evaluation of antimicrobial activity and antiproliferative response against osteosarcoma. *Materials Science and Engineering C*, 58, 44–52. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2015.08.022>
- Padmavathy, N., & Vijayaraghavan, R. (2008). Enhanced bioactivity of ZnO nanoparticles - An antimicrobial study. *Science and Technology of Advanced Materials*, 9(3). <https://doi.org/10.1088/1468-6996/9/3/035004>
- Reddy, K. M., Feris, K., Bell, J., Wingett, D. G., Hanley, C., & Punnoose, A. (2007). Selective toxicity of zinc oxide nanoparticles to prokaryotic and eukaryotic systems. *Applied Physics Letters*, 90(21), 10–13. <https://doi.org/10.1063/1.2742324>
- Sadowska, B., Budzyńska, A., Wieckowska-Szakiel, M., Paszkiewicz, M., Stochmal, A., Moniuszko-Szajwaj, B., ... Różalska, B. (2014). New pharmacological properties of *Medicago sativa* and *Saponaria officinalis* saponin-rich fractions addressed to *Candida albicans*. *Journal of Medical Microbiology*, 63(PART 8), 1076–1086. <https://doi.org/10.1099/jmm.0.075291-0>
- Sawai, J., Shoji, S., Igarashi, H., Hashimoto, A., Kokugan, T., Shimizu, M., & Kojima, D. (1998). Factor in Zinc Oxide. *Journal of Fermentation and Bioengineering*, 86(5), 521–522.
- Selim, Y. A., Azb, M. A., Ragab, I., & H. M. Abd El-Azim, M. (2020). Green Synthesis of Zinc Oxide Nanoparticles Using Aqueous Extract of *Deverra tortuosa* and their Cytotoxic Activities. *Scientific Reports*, 10(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-60541-1>
- Sengul, M., Ercisli, S., Yildiz, H., Gungor, N., Kavaz, A., & Çetina, B. (2011). Antioxidant, antimicrobial activity and total phenolic content within the aerial parts of *artemisia absinthum*, *artemisia santonicum* and *saponaria officinalis*. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 10(1), 49–56. <https://doi.org/10.22037/ijpr.2010.877>
- Slobodianiuk, L., Budniak, L., Marchyshyn, S., Kostyshyn, L., & Zakharchuk, O. (2021). Analysis of carbohydrates in *Saponaria officinalis* L. using GC/MS method. *Pharmacia*, 68(2), 339–345. <https://doi.org/10.3897/PHARMACIA.68.E62691>
- Sutradhar, P., & Saha, M. (2015). Synthesis of zinc oxide nanoparticles using tea leaf extract and its application for solar cell. *Bulletin of Materials Science*, 38(3), 653–657. <https://doi.org/10.1007/s12034-015-0895-y>
- Tănase, M. A., Marinescu, M., Oancea, P., Răducan, A., Mihaescu, C. I., Alexandrescu, E., ... Cinteza, L. O. (2021). Antibacterial and photocatalytic properties of ZnO nanoparticles obtained from chemical versus *Saponaria officinalis* extract-mediated synthesis. *Molecules*, 26(7). <https://doi.org/10.3390/molecules26072072>
- Vijayakumar, S., Mahadevan, S., Arulmozhi, P., Sriram, S., & Praseetha, P. K. (2018). Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using *Atalantia monophylla* leaf extracts: Characterization and antimicrobial analysis. *Materials Science in Semiconductor Processing*, 82(March), 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.mssp.2018.03.017>
- Wahab, R., Kaushik, N. K., Verma, A. K., Mishra, A., Hwang, I. H., Yang, Y. B., ... Kim, Y. S. (2011). Fabrication and growth mechanism of ZnO nanostructures and their cytotoxic effect on human brain tumor U87, cervical cancer HeLa, and normal HEK cells. *Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 16(3), 431–442. <https://doi.org/10.1007/s00775-010-0740-0>
- Xia, T., Kovoichich, M., Liong, M., Mädler, L., Gilbert, B., Shi, H., ... Nel, A. E. (2008). Comparison of the mechanism of toxicity of zinc oxide and cerium oxide nanoparticles based on dissolution and oxidative stress properties. *ACS Nano*, 2(10), 2121–2134. <https://doi.org/10.1021/nn800511k>
- Yuvakkumar, R., Suresh, J., Nathanael, A. J., Sundrarajan, M., & Hong, S. I. (2014). Novel green synthetic strategy to prepare ZnO nanocrystals using rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) peel extract and its antibacterial applications. *Materials Science and Engineering C*, 41, 17–27. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.04.025>
- Zarrindokht Emami-Karvani. (2012). Antibacterial activity of ZnO nanoparticle on Gram-positive and Gram-negative bacteria. *African Journal of Microbiology Research*, 5(18), 1368–1373. <https://doi.org/10.5897/ajmr10.159>



Classroom Attendance Scale Development and Validation Study

Adem Akkuş^{1*}

^{1*} Muş Alparslan University, Faculty of Education, Department of Science Education, Muş, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9570-3582), ademakkus@gmail.com

(First received 26 January 2022 and in final form 22 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1063599)

ATIF/REFERENCE: Akkuş, A. (2022). Classroom Attendance Scale Development and Validation Study. *European Journal of Science and Technology*, (35), 235-242.

Abstract

Classroom Attendance Scale (CAS) was prepared with 14 items. Prepared CAS consisted of items with likert type. Sample of the study for the exploratory factor analysis consisted of 318 college students who were studying at education faculty at science education and primary education programs along with students studying at engineering faculty. Principal axis factoring with orthogonal rotation (varimax) was used for exploratory factor analysis. Factor eigenvalues were obtained and corrected-item total correlations analyzed. Items which did not serve the purpose of scale were omitted from CAS. Thus, analyses with same procedure were reconducted several times until reaching to a final version of the CAS. Obtained factors were crosschecked with Monte Carlo Parallel Analysis Simulations. A confirmatory factor analysis with Maximum Likelihood was applied to a different sample (N=229) and CAS is approved by most common fit indices values. Total sample of the study consists of 547 participants. Finalized CAS consisted of 8 items and scale's Cronbach's alpha value was .923.

Keywords: Attendance, Classroom attendance, Classroom attitude, Scale development.

Derse Devam Ölçeği Geliştirme ve Geçerlik Çalışması

Öz

Derse Devam Ölçeği (DDÖ) 14 maddeden oluşturulmuştur. DDÖ için oluşturulan maddeler likert tipli maddelerdir. Araştırmanın açılımlayıcı faktör analizi için örneklemini eğitim fakültesi fen bilgisi öğretmenliği ve sınıf öğretmenliği bölümlerinde ve mühendislik fakültesinde öğrenim görmekte olan toplamda 318 üniversite öğrencisi oluşturmaktadır. Açılımlayıcı faktör analizi için principal axis factoring, orthogonal döndürme (varimax) ile birlikte kullanılmıştır. Faktör özdeğerleri ve düzeltilmiş-madde ölçek korelasyonları incelenmiştir. Ölçeğin amacına hizmet etmeyen maddeler DDÖ'den çıkarılmıştır. Bu nedenle DDÖ'nün nihai hali oluşuncaya dek aynı analizler tekrarlanmıştır. Elde edilen faktörler Monte Carlo Paralel Analiz Simülasyonları kullanılarak kontrol edilmiştir. Farklı bir örneklem ile (N=229) Maximum Benzerlik kullanılarak doğrulayıcı faktör analizi yapılmış ve DDÖ bir çok yaygın fit indis değerlerince onaylanmıştır. Çalışmanın toplam örneklemini 547 kişi oluşturmaktadır. Nihai DDÖ 8 maddeden oluşmakta ve .923 Cronbach's alpha iç güvenilirlik değerine sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Devam, Derse devam, Ders tutumu, Ölçek geliştirme.

* Corresponding Author: ademakkus@gmail.com

1. Introduction

A good learning environment might be defined with several variables. One of the variables is the qualified teachers using different instructional methods (Amoo & Swart, 2018). Other variable might be suggested as course materials which are enriched by means of technology such as available online materials (slides, videos, voice recordings, lecturers' notes and online assignment works) to enhance and enrich learning. On the other hand, a good learning environment was also defined by outcomes of it i.e. learning and retention of knowledge. Taking a glance upon the retention of knowledge, it was revealed that students with high classroom attendance rates do significantly better on retention tests than rest of the students. Thus, classroom attendance is part of good learning environment (Hemyari, Zomorodian, Sahraian, Mardani, Sarkari & Ahmadi, 2017).

Most of the studies done on the relationship between classroom attendance and exam grades have found a positive relationship between them (Chen & Lin, 2008). Although many studies point out such results, few studies focus on the reason, and rest of the studies just make inferences on the case or why such results occur. When reasons for absentees are examined, one might mention that it depends on course days or even course hours while others may claim opposite (Gump, 2005). Even, there is an argument on classroom size as one of the factors affecting the attendance (Devadoss & Foltz, 1996). In addition to those arguments on classroom sizes, few researchers state that students attend assistants' lectures more often than professors' (Friedman, Rodriguez & McComb, 2001). Along with reasons stated above, factors affecting students' success might be listed as perceived stress, academic satisfaction and hours spent on studying. Be that as it may, classroom attendance is to have most significant observable effect on academic success. Low attendance rate might have long term effect on individuals' life such as, unemployment, discontinuing education, not being well adjusted to social and state norms (Jha, Kumar, Kumar & Singh, 2017).

1.1. Classroom Attendance and Motivation

There are some proximate variables within the success. In fact, attendance is part of a large equation (Gump, 2005). Researches have already illustrated that attendance is affected by motivation. For that reason, increasing the motivation or enhancing the beliefs on benefits of classroom attendance will eventually drive the behavior to attend the class. Then, perhaps focus on other instruments such as instruction techniques, course materials, projects, course programs etc. will provide much better learning environments. Thus, explaining the participation and decisions leading to participate lie in the focus (Ajzen, 2005b; Pryor, 1990).

Instructors may not pay much attention on their students' attendance. Perhaps the reason is to give students the autonomy of their choice on their behavior. However, researches have already shown that classroom attendance is strongly related to classroom performance and thus to better grades, so to comprehension of the materials covered in the courses. Classroom attendance and motivation have bidirectional relationship. High student motivation brings classroom attendance whose positive relationship with grades is already shown with various studies. Even the traditional instruction

methods help students to comprehend the course material when attendance is compulsory (Crede, Roch & Kieszczynka, 2010). To that end, importance of classroom attendance has not changed with respect to its relationship with grades (Crede et al., 2010). On the other hand, it must be noted that attending classes must be worthy of students' time. There is no point in following an instructor who follows up the textbook closely if they already have the course materials. Classrooms should provide insights of the material which is given in the textbook if not, then students will not have enough motivation for attendance. Absences in the classroom may create unpleasant surrounding for instructors and students. It also harms dynamic learning environment. It is noteworthy to point out that instructors who are seen successful in teaching, attract more students to classrooms (Devadoss & Foltz, 1996). Consequently, students' aptitude towards courses might also be included as one of the factors affecting the attendance. Academic performance has a positive relationship with classroom attendance and, classroom attendance is affected by motivation (Devadoss & Foltz, 1996).

In addition to the factors stated previously, which affect classroom attendance, there are other factors which might be listed as disliking the instructor, finding the classroom boring, or not useful, or having disliked members in the classroom. Be that as it may, one must note that finding out the reasons why students have absenteeism is important as much as why students attend classrooms. Studies show that inner motivation factors are effective on classroom attendance and not many researches are done on inner factors. As a consequence, self regulatory behaviors are among the concerns within classroom attendance. Yet, researches on self regulatory behaviors have not been done enough in numbers (Van Blerkom, 1992).

1.2. Self Regulatory Behaviors and Attitudes

Behaviors are related with attitudes and attitudes are affected by feelings (Ajzen, 2005a). Choosing the pleasurable activities instead of going to class is one of the main reasons for absenteeism. Disliking the course or instructor (in some cases both) is another reason. A similar reason is getting socialized or using opportunity to socialize instead of going to class. Understanding the values of students will also enable researchers/instructors to determine students' priority values which might be used in developing positive attitudes and long term motivational objects (Demirutku & Tekinay, 2016).

Attitudes have reasonable effect on behaviors so, they might be used to predict them. Theory of reasoned action might be used for predicting and explaining the determinants of volitional behaviors. Comprehensive approach of theory toward behaviors has already its success in many researches (Trafimow, 2009). Theory of planned behavior, a descendant of theory of reasoned action, introduced perceived behavioral control in order to explain the observed behavior. In fact, first study was related to students' classroom attendance. Although both theories have their strengths and weaknesses, they are still useful to predict the behaviors and, both theories include attitude as a component of the behavior. Theory of planned behavior indicates attitudes are effective on behaviors. Thus, a student doing homework might have positive attitude toward classroom and exhibit the behavior of attending the classroom. For that reason, it could be used to identify factors effective on behavior and used for changing behavior (Teo & Lee, 2010; Ajzen, 2005a).

For that reason, these models could be used to produce strategies to change the behavior. However, to do that one must know what to change, in other words how and how much attitude should be changed (Madden, Ellen & Ajzen, 1992). Thus, knowing students' attitude towards class attendance is important (Devadoss & Foltz, 1996).

1.3. Importance of Study

Questionnaires might be used to collect data in order to understand one's perception (Deshpande, 2004; Francis et. al., 2004; Hinkin, 1998; Wong & Lian, 2003) so that, effective measures might be taken into account for the purpose (Hinkin, 1998; Hinkin, Tracey, Enz, 1997). However, number of scale development studies to measure students' attitudes toward classroom attendance is limited. Literature review on Google Scholar returns with zero results for "classroom attendance scale". Although the search with term "class attendance scale" return with few results, taking a glance upon the results reveal that those results direct to "classroom engagement scales". In addition, each scale has a different theoretical aspect since it is constructed in its studied culture, thus a mere translation of existing scales may not be valid for local purposes (Francis et. al., 2004). Thus, purpose of this study is to create a classroom attendance scale (CAS) in order to fill the gap in the literature.

2. Material and Method

2.1. Research Design

Methodological research design was used for developing the classroom attendance scale due to its useful design in sustaining data quality and appropriateness in survey development or scale adaptation studies (Madans, 2001).

2.2. Preparation of Draft Scale

To achieve the purpose of the study, researches on classroom attendance were reviewed. Suggestions from literature were taken into account to elicit the required domain (Ajzen, 2005a; Ajzen, 2005b; Ajzen, 2005c; Amoo & Swart, 2018; Brinkman, 2009; Cabrera-Nguyen, 2010; Chen & Lin, 2008; Cohn & Johnson, 2006; Crede et al., 2010; Demirutku & Tekinay, 2016; Deshpande, 2004; Devadoss & Foltz, 1996; Durden & Ellis, 1995; Fjortoft, 2005; Francis et. al., 2004; Friedman et al., 2001; Gump, 2005; Hemyari et. al., 2017; Hilal Bati et al., 2013; Hinkin, 1998; Hinkin et. al., 1997; Hof, 2012; Jha et. al., 2017; Johanson & Brooks, 2010; Pryor, 1990; Van Blerkom, 1992), and some guide lines were determined. Those guidelines were;

- a) In order to avoid bias items should be constructed with respect to the applied samples' schemes
- b) Respondents should position themselves while answering
- c) Only a single behavior or response must be addressed in items
- d) In order to avoid different interpretations vague items must not be used
- e) Items should not lead the responses
- f) Target group must be familiar with language and information provided in items

g) Items should not contain double negative and/or sensitive sentences

h) Control items should not awake the respondents' previous answers (i.e interval between item and control item should be appropriate)

i) Scale items should reach/construct the related domain

Thurstone's method of equal-appearing intervals, likert scale, semantic differential scales were analyzed and it was decided that a likert type scale would provide more easy compilation and generalization for the purpose of the study (Brinkman, 2009; Hof, 2012; Johanson & Brooks, 2010; Lovelace & Brickman, 2013). To ensure the content quality, number of items were decided with respect to the attention time. In order to ensure sufficient variances and internal consistency, items' response was coded with respect to 5 level response style (Ajzen, 2005b; Brinkman, 2009; Francis et. al., 2004; Hinkin et al., 1997; Hinkin, 1998; Lovelace & Brickman, 2013). For triggering the vigilance of respondents reversed coded sentences were appropriately used so that respondents wouldn't choose options at the edges or in the same direction (Francis et. al., 2004; Hinkin, 1998; Hof, 2012)

CAS was developed to measure a general class attendance attitude thus had a generalized intention to measure the motivation. For that purpose, items questioning the reasons for absenteeism were not included in the draft CAS. For that reason, items such as "I was ill", "Someone needed my help", "I had a transportation problem" or "I fell asleep" etc were not included in the CAS since, those items regarded by the researcher as not motivational factors but humane or unavoidable reasons. Consequently, similar statements could violate the integrity of CAS and hence they were not included in the scale.

2.3. Classroom Attendance Scale (CAS)

Prepared draft scale was analyzed by two scholars who have the experience of teaching and has researches on the related issues since specialist could value the prepared scale on content domain (Hinkin et al., 1997). After determining the items, their numbers and scale's content, a pilot study was done with five students. Since the feedback from the students did not reveal any problem then, the scale was finalized. Created classroom attendance scale (CAS) consisted of 14 items. Created CAS consisted of four reversed questions (items) which were CAS3, CAS9, CAS10 and CAS12.

2.4. Sampling Method

In order to gather data easily, participants were selected through the instructors who agreed to distribute the questionnaire (CAS) to their students who were taking lectures from those lecturers. Thus, sampling method of the study was convenience sampling.

2.5. Sample

CAS was applied to 318 college students who were studying at education faculty at science education and primary education programs along with students studying at engineering faculty. Literature suggests 1:2 to 1:10 for item and sampling ratio for scale development purposes (Anthoine et al., 2014; Cabrera-Nguyen, 2010; Hinkin, 1998; Hinkin et al., 1997). Since item-respondent proportion exceeded 1:10 ratio, it was considered that sample size was good enough to develop CAS.

3. Results and Discussion

3.1. Reliability Analysis

Initial analysis of the data was done with respect to internal consistency and Cronbach's α was found as .736 which is "acceptable". Corrected item-total correlation values of the items were analyzed and items which were below the desired value of .2 (Johnson & Morgan, 2016) were omitted from the scale. As a consequent, CAS2, CAS3, CAS9, CAS10, CAS12 and CAS14 were immediately excluded from the scale. New Cronbach's α was found as .923 "excellent" (Kalaycı, 2010) for the final version of CAS.

3.2. Exploratory Factor Analyses

Principal axis was conducted on the 8 items with orthogonal rotation (varimax) through SPSS program to reveal the factors within the created scale since it was suggested for more reliable scale evaluation (Field, 2009; Hof, 2012). The Kaiser-Meyer-Olkin measure verified the sampling adequacy for the analysis, KMO=.916 ("marvelous" according to Kalaycı, 2010) which was above the acceptable limit of .5 (Field, 2013) and Bartlett's test of sphericity was found significant ($X^2(28) = 1934.966, p = .00 < .05$). Since KMO value already signaled that sample size might be enough for the purpose, then analysis of each CAS item was initiated.

An initial analysis was run to obtain eigenvalues for each factor in the data. One factor emerged having an eigenvalue of 4.933 over Kaiser's criterion of 1 and explained % 61,660 of the variance. The scree plot (Figure 1) is obtained and it was decided that scale has one factor with respect to convergence of scree plot and Kaiser's criterion on this value. Table 1 shows the factor loadings and extracted communalities after rotation.

Table 1. Extracted communalities and factor loadings

Items	h^2	Factor loading
CAS1	.483	.695
CAS4	.768	.876
CAS5	.819	.905
CAS6	.847	.920
CAS7	.716	.846
CAS8	.669	.818
CAS11	.297	.545
CAS13	.334	.578

For further analysis reliability of the factor was calculated as suggested (Field, 2013; Francis et. al., 2004) and CAS's Cronbach's $\alpha = .923$ found as "excellent" (Kalaycı, 2010). For detailed analysis an independent t samples test was run for every item in the CAS to compare the up and down %27 of the sample since it was advised a good way of interpreting the scale items' discrimination power (Moore & Foy, 1997). Item-total correlation and $t_{up-down} (\%27)$ results and items' new codings are shown in Table 2.

Table 2. Item-total correlation and $t_{up-down} (\%27)$ results

Old item coding	New item coding	Mean	Standard Deviation	Corrected-item total correlation	$t_{up-down} (\%27)$
CAS1	CAS1	3.33	1.601	.673	19.085*
CAS4	CAS2	3.38	1.554	.835	29.316*
CAS5	CAS3	3.44	1.546	.860	35.120*
CAS6	CAS4	3.47	1.558	.873	40.730*
CAS7	CAS5	3.33	1.509	.809	27.869*
CAS8	CAS6	3.29	1.512	.783	25.782*
CAS11	CAS7	3.28	1.338	.532	13.255*
CAS13	CAS8	3.25	1.382	.564	12.881*

* $p < .05$

The finalized CAS consists of 8 items and it is given in Appendix A. For international readers an English translation of CAS was done by the researcher and translation was approved by the professionals who have the adequate proficiency in English. Thus, an English version of CAS is also provided in the Appendix B. A discussion was provided in Discussion section. Not to confuse readers discussion is based on old item codings.

3.3. Confirmatory Factor Analyses

For confirmatory factor analysis (CFA) data were collected from a different sample. The sample consisted of university students who were studying at early childhood education, elementary mathematics teaching, and religious culture and moral teaching departments. The number of sample was 229 in total. Confirmatory factor analyses run through Amos 24.0 software. Initial analysis results revealed that χ^2/DF ratio is 2,114 RMSEA value is .070; GFI value is .954; CFI value is .959; SRMR value is .0509; NFI value is .927; AGFI value is .918; IFI value is 0.960; PNFI value is 0.662; NNFI (TLI) value is 0.943. The confirmatory factor analysis result is shown in Figure 2. The confirmatory factor analysis fit indice values and their acceptable values are shown in Table 3.

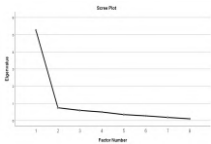


Figure 1. Scree Plot

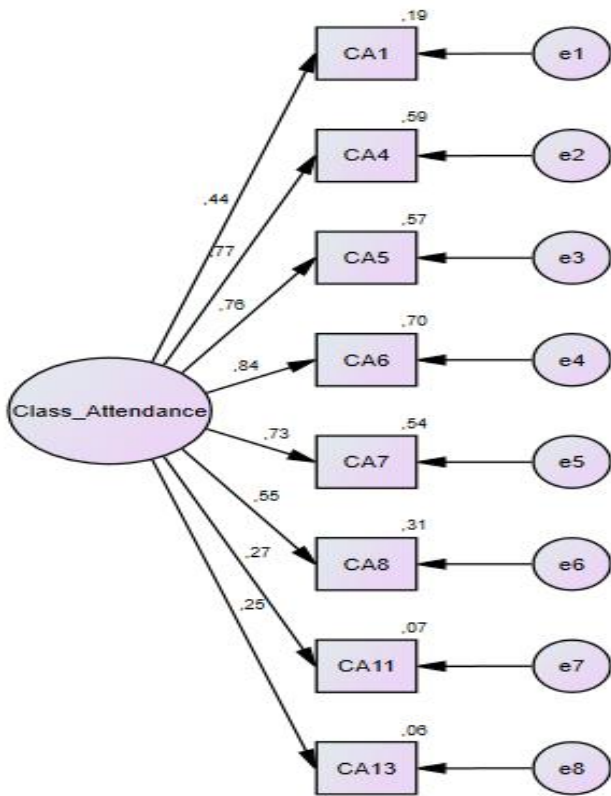


Figure 2. Confirmatory Factor Analysis Result

Table 3. CFA Fit indice Values and acceptable values

Indice Name	CFA indice	Acceptable indice value in literature	Literature
Chi Square	2,114	<3	Yıldırım & Selvi, 2015
GFI	.954	.90	Hooper, Coughlan, & Mullen, 2008
AGFI	.918	.90	Hooper, Coughlan, & Mullen, 2008
IFI	.960	.95	Baumgartner & Homburg, 1996; Bentler, 1980
RMSEA	.070	≤ 0.1	Browne and Cudeck, 1993; Carlbäck & Wong, 2018; Shadfar & Malekmohammadi, 2013
SRMR	.0509	< .08	Hooper, Coughlan, & Mullen, 2008
IFI	.960	.95	Hooper, Coughlan, & Mullen, 2008
CFI	.959	.95	Hooper, Coughlan, & Mullen, 2008

CFA fit indice of CAS was; χ^2/DF ratio was 2,114 and it was regarded that the model had a good fit since Chi-square (χ^2) / degree of freedom (df) ratio was < 3 (Yıldırım & Selvi, 2015). GFI value was .954 and AGFI value was .918 and both values were greater than .90 thus model has good fit (Hooper, Coughlan, & Mullen, 2008; Sümer, 2000). IFI value was .960 and greater than .95 (Baumgartner & Homburg, 1996; Bentler, 1980), RMSEA value was .070 and model has a good fit since $RMSEA \leq 0.1$ (Browne & Cudeck, 1993; Carlbäck & Wong, 2018; Shadfar & Malekmohammadi, 2013). SRMR value was .0509 and since it was < .08, model–data fit was acceptable. IFI value was .960 and CFI value was .959 and it was accepted that model has a good fit since CFI and IFI $\geq .95$ (Hooper, Coughlan, & Mullen, 2008; Hu & Bentler, 1999).

4. Discussion

Standardized academic achievement tests may show that students with varying attendance rate have similar scores. Thus,

one may think that attendance does not play a significant role on the achievement. On the other hand, few researches show that students with low attendance rate also do worse on standardized tests. Perhaps, contradicting results occur due to some variables such as frequency of attendance, previously taken courses (past experiences) or previous experience of comprehension of the related material. Attendance has a nonlinear relationship with academic achievement, which means its effect is observed after a percentage of absenteeism. In fact, essay type exams reveal that students with better attendance rate comprehend the course material better and have better essay type exam results than the students having less attendance rate. Absenteeism is a blocking instrument in the comprehension of the material (Durden & Ellis, 1995). Taking a glance upon the t values may provide further insights.

Highest t value is obtained from CAS6 (40.730). It is concluded from the t value, students with high positive attitude toward class attendance think that attending to classes is important to understand the course material (CAS6). Students having higher motivation toward understanding the course material also have higher motivation for better grades. Low t value obtained from CAS11 (13.255) already indicates the behavioral pattern of completing “homework assignments on time” is attitude related. Likewise, CAS1 (“importance of getting high grades”, $t = 19.085$) exhibits similar pattern with CAS11. Lowest t value obtained from CAS13 (12.881) which is “expectation of teacher from the students” reveal the students’ ideas about their image in the eyes of teacher. CAS13 reveals the reflection of motivation since students don’t think attending classes is important for the teacher. Effect of motivation on student performance is very strong, and perhaps reason for high class attendance among the high grade getters may be explained through motivation (Cohn & Johnson, 2006) which might be shaped by some factors. For that reason, teachers’ encouragement towards learning and attendance is important.

Fjortoft (2005) reports five factors are effective on attendance. Those factors are listed as classroom size, personal logistics, faculty behavior, lesson content and class scheduling. Gump (2005) indicates classroom size might be affective on attendance. Akkus (2013) reports logistics could cause absenteeism. Lesson contents which are informative also increase attendance. On the other hand, if handouts are not inclusive or, faculty or instructors do not provide the insight of the course materials then absenteeism rates increase. It is widely accepted that expertise of the instructors has effect on attendance. However, it should be noted that expertise also means skill of the instructors to pass experiences, real life settings and meaning of the material to the students (Fjortoft, 2005). Not surprisingly, instructors who are experts on the topics are not always regarded as good instructors by the students. Perhaps, course material might be enriched and become more meaningful if different techniques and approaches are used in the classrooms. Supporting lectures with complementary methods such as video assisted lectures, or recitation hours by research assistants might be helpful in increasing the meaningful learning. There are many motivational factors which are effective on attendance. Even, parents’ attitudes toward attendance are effective on students’ attitudes toward attendance (Hilal Bati et. al., 2013).

Understanding the effective factors on students’ attendance could provide better attendance rates. For example, attendance rate is also affected by class scheduling. Hour breaks must be

placed between courses, classes etc. Placing same grade level courses to follow up each other is a general tendency for faculty managements in order to increase both attendance and efficiency of the faculties and students. On the other hand, this policy may (will) in fact have a reverse effect causing more absenteeism rates. Similarly, placing breaks more than 2 hours will also increase the absenteeism which is also affected by study habit of students. Students who do not have a planned study design, or simply do not study regularly have more absenteeism rates contrary to regular studiers (Fjortoft, 2005). Students with high management skills of time management also have better academic achievement (Hilal Bati et. al., 2013).

Conditioning the behavior to a specific outcome requires motivational factors. Changing the attitudes and behaviors may be achieved through changing the beliefs. For that reason, it is important to understand one's beliefs and attitudes to reveal the behaviors (Ajzen, 2005a). For some colleges, in order to change the behaviors, students are obliged to obtain a certain level of attendance. For example, university students in Turkey are obliged to provide a minimum %70 attendance rate in order to pass the course. Not surprisingly, a limited number of studies already indicate that student absenteeism in Turkish colleges is already approximately %32. Moreover, instructors and college directors inform students that they have %30 "absenteeism right". A misdirected communication language used by individuals approves the misguided behavior. Thus, students apprehend certain amount of absenteeism as their "right". Even items (questions) used in the scales approve this misguided behavior. Most scales direct the question of reason for absenteeism as "to use my absenteeism right". However, this apprehension drives the long-term motivational lack on both attendance and its importance on comprehension of the course material (Demirutku & Tekinay, 2016). High inner motivation might prevent such conditioning and help both students and instructors to avoid such conditioned behaviors. Be that as it may, any attempt asking the reason for absenteeism or introducing penalties for a certain level of absenteeism might be regarded as an attack on personal choices or rights, which may (will) catastrophically condition the behavior in the opposite desired direction. Thus, it is believed, either compulsory attendance should be cancelled or reinforcements should be introduced. For example, introducing points for % 10 attendance rate might encourage the students to attend the course. Doing so, not only will condition the behavior in the desired direction but also will let students to think that they are making their own choice and feeling of attacks on personal rights might be avoided (Senemoglu, 2013).

Lastly, Clark & Watson (1995) indicate a unidimensional scale obtained through a factor analysis is a good scale. Having both high internal consistency ($\alpha=.923$) and one factor structure, it is believed CAS is a powerful scale for its purpose. As a final note, confirmatory factor analyses results confirmed that Class Attendance scale has a valid structure.

5. Conclusions and Recommendations

In order to increase the efficiency and quality of education, instructors should know their students' attitudes towards attendance since it is one of the key elements of a good learning environment. For that reason, researchers and teachers might use the created scale and observe their students' needs and attitudes, and naturally, they can use interventions and may offer solutions.

For that reason, it is believed that created classroom attendance scale will be helpful for researchers and educators who want to use it in educational and social purposes. Perhaps through such studies, identifying problems and creating solutions will be possible more easily. It is also believed that created CAS might be used in neighborhood regions/states since they have similar cultural context with the sample. To this aim, both original CAS and an English version of it are provided in the appendixes. CAS with different samples is also welcome to compare the results and to validate its purpose. Consequently, researchers, instructors and educators may develop new scales based on CAS and add features related to specific outcomes such as attending to a specific course, or may add features to determine the factors for attendance/absenteeism. Hence, adding new dimensions and sharing the results are also encouraged. However, in such case reliability and factor structure of the scale should be restudied.

References

- Ajzen, I. (2005a). Behavioral interventions based on the theory of planned behavior: Brief description of the theory of planned behavior. <http://people.umass.edu/aizen/pdf/tpb.intervention.pdf>
- Ajzen, I. (2005b). Constructing a theory of planned behavior questionnaire: Brief description of the theory of planned behavior. <http://people.umass.edu/aizen/pdf/tpb.measurement.pdf>
- Ajzen, I. (2005c). Sample TpB questionnaire. <http://people.umass.edu/aizen/pdf/tpb.questionnaire.pdf>
- Akkus, A. (2013). Informing Science and Technology Teachers About Cooperative Learning Model, Application of the Model in the Classroom and Evaluation of the Obtained Data: Case of MUŞ [Unpublished Doctorate Thesis]. Ataturk University, Turkey.
- Amoo, A. O., & Swart, A. J. (2018, 17-20 April). The influence of class attendance on the throughput rates of students at a FET college in South Africa [Paper presentation]. IEEE Global Engineering Education Conference: EDUCON, Tenerife, Spain. <https://doi.org/10.1109/EDUCON.2018.8363101>
- Anthoine, E., Moret, L., Regnault, A., Sébille, V., & Hardouin, J.-B. (2014). Sample size used to validate a scale: a review of publications on newly-developed patient reported outcomes measures. *Health and Quality of Life Outcomes*, 12, 2. <http://doi.org/10.1186/s12955-014-0176-2>
- Brinkman, W-P. (2009). Design of a questionnaire instrument, handbook of mobile technology research methods (pp. 31-57). Nova Publisher
- Cabrera-Nguyen, P. (2010). Author guidelines for reporting scale development and validation results in the Journal of the Society for Social Work and Research. *Journal of the Society for Social Work and Research*, 1 (2), 99-103.
- Chen, J., & Lin, T.-F. (2008). Class Attendance and Exam Performance: A Randomized Experiment. *The Journal of Economic Education*, 39 (3), 213-227. <http://doi.org/10.3200/jece.39.3.213-227>
- Chen, S. (2006). Development of a instrument to assess views on nature of science and attitudes toward teaching science. *Science Education*, 90 (5), 803-819. <http://doi.org/10.1002/sce.20147>
- Clark, L.A. & Watson, D. (1995). Constructing validity: Basic issues in objective scale development. *Psychological Assessment*, 7 (3), 309-319.

- Cohn, E. & Johnson, E. (2006) Class attendance and performance in principles of economics. *Education Economics*, 14 (2), 211-233. <http://doi.org/10.1080/09645290600622954>
- Crede, M., Roch, S. G., & Kieszczynka, U. M. (2010). Class Attendance in College: A meta-analytic review of the relationship of class attendance with grades and student characteristics. *Review of Educational Research*, 80 (2), 272-295. <http://doi.org/10.3102/0034654310362998>
- Demirutku, K. & Tekinay, S. (2016). The relationships between human values, absenteeism attitudes and reasons. *Hacettepe University Journal of Education*, 31 (3), 505-519. <http://doi.org/10.16986/HUJE.2016016667>
- Deshpande, L. (2004, December 13-17). Challenges in measurement of scientific attitude [Paper presentation]. epiSTEME-1: An International Conference to Review Research on Science Technology And Mathematics Education, Goa, India.
- Devadoss, S., & Foltz, J. (1996). Evaluation of Factors Influencing Student Class Attendance and Performance. *American Journal of Agricultural Economics*, 78 (3), 499 – 507. <http://doi.org/10.2307/1243268>
- Durden, G.C. & Ellis, L.V. (1995). The effects of attendance on student learning in principles of economics. *The American Economic Review*, 85 (2), 343-346
- Eryılmaz., A. (2014). The Development of the Scales of Classroom Engagement for University Students. *Usak university of Journal of Social Sciences*, 7 (2), 203-214
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics (4th Edition)*. SAGE
- Francis, J., Eccles, M. P., Johnston, M., Walker, A. E., Grimshaw, J. M., Foy, R., Kaner, E. F. S., Smith, L. and Bonetti, D. (2004). *Constructing questionnaires based on the theory of planned behaviour: A manual for health services researchers*. UK: Centre for Health Services Research, University of Newcastle upon Tyne
- Fjortoft, N. (2005). Students' motivations for class attendance. *American Journal of Pharmaceutical Education*, 69 (1), 107-112.
- Friedman, P., Rodriguez, F., & McComb, J. (2001). Why Students Do and Do Not Attend Classes. *College Teaching*, 49 (4), 124-133. <http://doi.org/10.1080/87567555.2001.10844593>
- Gump, S. E. (2005). The Cost of Cutting Class: Attendance As A Predictor of Success. *College Teaching*, 53 (1), 21-26. <http://doi.org/10.3200/ctch.53.1.21-26>
- Hemyari, C., Zomorodian, K., Sahraian, A., Mardani, Z., Sarkari, B. & Ahmadi, N. (2017). Impact of students' class attendance on recalling previously acquired information. *Journal of Medical Education*, 16 (4), 208-214.
- Hilal Bati, A., Mandiracioglu, A., Orgun, F. & Govsa, F. (2013). Why do students miss lectures? A study of lecture attendance amongst students of health science. *Nurse Education Today*, 33, 596-601. <http://doi.org/10.1016/j.nedt.2012.07.010>
- Hinkin, T. R. (1998). A brief tutorial on the development of measures for use in survey questionnaires. *Organizational Research Methods*, 2 (1), 104-121 <http://doi.org/10.1177/109442819800100106>
- Hinkin, T. R., Tracey, J. B., & Enz, C. A. (1997). Scale construction: Developing reliable and valid measurement instruments. *Journal of Hospitality & Tourism Research*, 21 (1), 100-120. <http://doi.org/10.1177/109634809702100108>
- Hof, M.W. (2012). Questionnaire Evaluation with Factor Analysis and Cronbach's Alpha: An Example. <http://www.let.rug.nl/nerbonne/teach/rema-stats-meth-seminar/student-papers/MHof-QuestionnaireEvaluation-2012-Cronbach-FactAnalysis.pdf>
- Hooper, D., Coughlan, J., & Mullen, M. R. (2008). Structural equation modeling: Guidelines for determining model fit. *Journal of Business Research Methods*, 6 (1), 53-60. <http://www.ejbrm.com/issue/download.html?idArticle=183>
- Hu, L., & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6 (1), 1-55. <http://doi.org/10.1080/10705519909540118>
- Jha, K., Kumar, Y., Kumar, T. & Singh, R. (2017). Does stressor and class attendance affect academic performance of medical students? A cross sectional study. *Global Journal for Research Analysis*, 6 (11), 373-375.
- Johanson, G.A., & Brooks, G.P. (2010). Initial scale development: Sample size for pilot studies. *Educational and Psychological Measurement*, 70 (3), 394-400. <http://doi.org/10.1177/0013164409355692>
- Johnson, R.L. & Morgan, G.B. (2016). *Survey scales: Investigating scale quality*. The Guilford Press.
- Kalaycı, Ş. (2010). *SPSS uygulamalı çok değişkenli istatistik teknikleri*. (5. Baskı) [SPSS applications multivariate statistical techniques (5th edition)]. Asil Yayın Dağıtım Ltd. Şti.
- Lovelace, M. and Brickman, P. (2013). Best practices for measuring students' attitudes toward learning science. *CBE-Life Sciences Education*, 12 (4), 606-617. <http://doi.org/10.1187/cbe.12-11-0197>
- Madans, J. H. (2001). Health Surveys. *International Encyclopedia of the Social & Behavioral Sciences*, 6619-6627. <http://doi.org/10.1016/b0-08-043076-7/03903-6>
- Madden, T. J., Ellen, P. S., & Ajzen, I. (1992). A Comparison of the Theory of Planned Behavior and the Theory of Reasoned Action. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 18 (1), 3-9. <http://doi.org/10.1177/0146167292181001>
- Moore, R.W. & Foy, R.L.H. (1997). The scientific attitude inventory: A revision (SAI II). *Journal of Research in Science Teaching*, 34 (4), 327-336.
- Pryor, B. W. (1990). Predicting and Explaining Intentions to Participate in Continuing Education: An Application of the Theory of Reasoned Action. *Adult Education Quarterly*, 40 (3), 146-157. <http://doi.org/10.1177/0001848190040003003>
- Teo, T. & Lee, C. B. (2010). Examining the efficacy of the Theory of Planned Behavior (TPB) to understand pre-service teachers' intention to use technology. In C.H. Steel, M.J. Keppell, P. Gerbic & S. Housego (Eds.), *Curriculum, technology & transformation for an unknown future*. Proceedings ascilite Sydney 2010 (pp.968-972) <http://ascilite.org.au/conferences/sydney10/procs/Teo-concise.pdf>
- Senemoglu, N. (2013). Gelişim, öğrenme ve öğretim. Kuramdan uygulamaya [Development, learning and instruction. From theory to application]. Yargı Publications
- Sümer, N. (2000). Structural equation models: Basic concepts and sample applications. *Turkish Psychological Articles*, 3 (6), 49-74. https://www.researchgate.net/publication/281981476_Yapid_otslessal_esitlik_modelleri_Temel_kavramlar_ve_ornek_uygulamalar

- Trafimow, D. (2009). The Theory of Reasoned Action. *Theory & Psychology*, 19 (4), 501–518.
<http://doi.org/10.1177/0959354309336319>
- Van Blerkom, M. L. (1992). Class Attendance in Undergraduate Courses. *The Journal of Psychology*, 126 (5), 487–494.
<http://doi.org/10.1080/00223980.1992.10543382>
- Watkins, M. W. (2000). Monte carlo PCA for parallel analysis [computer software]. State College, PA: Ed & Psych Associates.
- Wong., M. & Lian, S. (2003). Development of a self-efficacy scale for assessing secondary school students' science self-efficacy beliefs.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.472.8479>
- Yıldırım, B., & Selvi, M. (2015). Adaptation of STEM attitude scale to Turkish. *Turkish Studies: International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 10 (3), 1117–1130.
<https://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.7974>

6. Appendix

6.1. Appendix A: Original CAS

Madde	Ders Devam	Kesinlikle Katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle Katılıyorum
1	Yüksek not almak benim için önemlidir	1	2	3	4	5
2	Derslere devam önemlidir	1	2	3	4	5
3	Derslere katılmak önemlidir	1	2	3	4	5
4	Derslere devam, dersi daha iyi anlamamı sağlar	1	2	3	4	5
5	Derslere devam etmem, derslerden yüksek not almamı sağlar	1	2	3	4	5
6	Derslere katılım disiplinli biri olmamı sağlar	1	2	3	4	5
7	Verilen ödevleri zamanında yaparım	1	2	3	4	5
8	Ders hocası bütün derse devamımı ister/düşünür	1	2	3	4	5

6.2. Appendix B: English Version of CAS

Item	Class Attendance	Strongly Disagree	Disagree	Not Sure	Agree	Strongly Agree
1	Getting high grades is important for me	1	2	3	4	5
2	Attending the courses is important	1	2	3	4	5
3	Participating to lecture is important	1	2	3	4	5
4	Attending the lecture helps me to understand course material better	1	2	3	4	5
5	Attending the lecture helps me to get higher grades	1	2	3	4	5
6	Participating to the lecture helps me to become a more disciplined person	1	2	3	4	5
7	I do the homework assignments on time	1	2	3	4	5
8	Course instructor wants me (think I should) to attend all the lectures	1	2	3	4	5



Raylı Sistemler için Asenkron Cer Motor Tasarımı ve Performans Analizi

Enes Ulu¹, Kamuran Nur Bekiroğlu², Fatma Keskin Arabul³, Ahmet Yiğit Arabul^{4*},

¹ ELK Motor, Tekirdağ, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6006-8638), uluenes95@gmail.com

² Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3814-7684), nbekir@yildiz.edu.tr

³ Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9573-8440), fkkeskin@yildiz.edu.tr

^{4*} Yıldız Teknik Üniversitesi, Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0003-2058-6742), arabul@yildiz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 28 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 25 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1064303)

ATIF/REFERENCE: Ulu, E., Bekiroğlu, K.N., Keskin Arabul, F. & Arabul, A.Y. (2022). Raylı Sistemler için Asenkron Cer Motor Tasarımı ve Performans Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 243-251.

Öz

Asenkron motorlar geçmişten günümüze kadar birçok farklı alanda kullanılan; basit yapıları, ucuz maliyetleri ve bakım masraflarının az olması sebebiyle her daim kullanıcı tarafından sıklıkla tercih edilen bir motor tipidir. Sektörde asenkron motorlar kompresör, asansör, yürüyen merdiven, pompa, vinç ve konveyör uygulamaları gibi birçok farklı alanda kullanılmış, raylı sistem uygulamaları da asenkron motorların bu kullanım alanlarından biri olmuştur. Bu çalışmada, daha düşük bir giriş gücüyle daha yüksek bir performans sergileyen, azalan motor işletim maliyetleriyle kullanıcıya ekonomik yönden avantaj sağlayan, yerli ve milli imkânlarla üretilebilecek olan üç fazlı sincap kafesli yüksek verimli bir asenkron cer motorunun tasarımı gerçekleştirilmiştir. Tasarım başlangıcında ilk olarak bir referans asenkron cer motoru belirlenmiştir. Belirlenen referans motor öncelikle bilgisayar destekli tasarım programlarından biri olan ANSYS programı kullanılarak modellenmiştir. Ardından seçilen referans motor için en uygun sac tipi, stator ve rotor parametreleri ile hava aralığı uzunluğunun belirlenip motorda maksimum verim değerine ulaşılabilmesi için tasarım ve analizler gerçekleştirilmiştir. Analizi yapılan her bir tasarımda sadece bir parametre değiştirilmiş ve diğer parametreler sabit tutularak değiştirilen parametrenin motor verimine olan etkisi net bir şekilde gözlemlenmiştir. Sonuç olarak seçilen referans motor ile iyileştirmeler yapılmış nihai motorun analiz çıktıları karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde asenkron cer motorunda kullanılan sac tipi; motorun stator, rotor ve hava aralığı gibi tasarım parametrelerinde yapılacak iyileştirmeler ile motor veriminin artırılabilceği görülmüştür. Sonuç olarak, uygulanan tasarım yaklaşımlarıyla yüksek enerji verimliliğine ve düşük motor kayıplarına sahip yeni bir üç fazlı sincap kafesli asenkron cer motoru tasarımı elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Raylı Sistemler, Asenkron Motor, Cer Motor, Motor Tasarımı.

Induction Traction Motor Design and Performance Analysis for Railways

Abstract

Induction motors have been used in many different areas from past to present. It has always been one of the most preferred motor types by users due to their simple structure, low price and low maintenance costs. Induction motors have been used in many areas such as compressor, elevator, escalator, pump, crane and conveyor applications in the industry. Railway system applications are also one of these usage areas of induction motors. In this study, a three phase squirrel cage high efficiency induction traction motor, which exhibits a higher performance with a lower input power, provides economic advantages to its user with reduced motor operating costs, and can be produced with domestic and national resources, has been designed. At the beginning of the design, a reference induction traction

* Sorumlu Yazar: arabul@yildiz.edu.tr

motor was determined. The determined reference motor was modeled using the ANSYS program, which is one of the computer aided design programs. Designs and analyzes were carried out in order to reach the maximum efficiency value in the motor. The most suitable sheet type, the stator parameters, rotor parameters and the air gap length were determined subsequently. Only one parameter was changed in each analyzed design. And by keeping the other parameters constant, the effect of the changed parameter on the motor efficiency has been clearly observed. As a result, the final motor design were compared with the first determined reference motor design. When the results obtained are examined, it has been seen that the motor efficiency can be increased and losses can be minimized with improvements to be carried out in the design parameters of the motor such as sheet type, stator, rotor and air gap. As a result, a new three phase squirrel cage induction traction motor design with high energy efficiency and low motor losses has been obtained with the applied design approaches.

Keywords: Railways, Induction motor, Traction motor, Motor Design.

1. Giriş

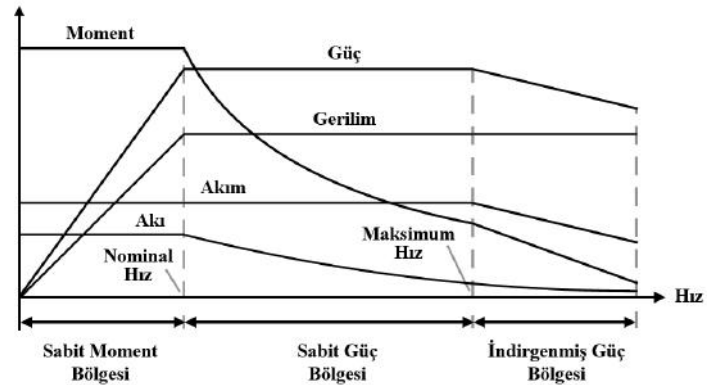
Geride bıraktığımız son yüz yıllık dönemde dünya hiç olmadığı kadar hızlı bir kalkınma süreci yaşamıştır. Gelişmekte olan ülkelerde nüfusun hızlı bir şekilde giderek artması, kırsal kesimlerden kentlere yaşanan göçler beraberinde büyük şehirlerde ulaşım problemlerini ortaya çıkarmıştır. Bu yüzden günümüzde, hem şehir içindeki hem de şehirlerarasındaki ulaşım ihtiyacı giderek artmaktadır. Ayrıca ulaşımın hızlı, güvenilir, ekonomik ve olabildiğince konforlu bir şekilde gerçekleştirilmesi istenmektedir. Bu da tren, tramvay ve metro gibi raylı ulaşım sistemlerine olan ihtiyacı öne çıkarmaktadır (Acar et al., 2018; Gürdal, 2015; Kuci et al., 2020; Manoharan et al., 2009). Geçmişten günümüze demiryolu taşımacılığı çeşitli süreçlerden geçmiş ve demiryolu taşıma araçlarında birçok değişim yaşanmıştır. Önceleri yük ve yolcu taşımacılığında sırasıyla buharlı ve dizel çekiş sistemleri kullanılırken günümüzde bunlar yerini giderek hibrit ve elektrikli çekiş sistemlerine bırakmaktadır (Kang et al., 2021).

Elektrikli çekiş sistemini meydana getiren tüm bileşenler, sistemin genel verimliliği dikkate alınarak tasarlanmalıdır. Tasarımlar sırasında demiryolu aracının kullanılacağı hat, aracın sahip olduğu toplam yolcu kapasitesi ve sistemin gerektirdiği cer gücü ihtiyacına dikkat edilmelidir. Demiryolu taşıtında kullanılacak olan elektrikli cer motorunun tasarımı ise sistem verimliliği açısından oldukça önemlidir. Elektrik motorları demiryolu araçlarında 100 yılı aşkın bir süredir kullanılmaktadır (De Pancorbo et al., 2015). Elektrikli demiryolu taşıtlarının tahrik edilmesi için kullanıldıklarından dolayı cer (traksiyon) motorları olarak da adlandırılmaktadır. Elektrikli çekiş sistemi uygulamalarında kullanılan bir cer motorunun sahip olduğu karakteristiğın aracın ivmelenmesi, yokuş çıkma kabiliyeti ve ulaşabileceği maksimum hız limiti üzerinde büyük bir etkisi vardır (Zhao & Schofield, 2016). Bu nedenle, elektrikli çekiş sistemlerinde en iyi performansı ve en iyi verimi alabilmek için birçok farklı elektrik motoru tipleri denemeler yapılmıştır (Kobelev et al., 2020). Doğru akım motorları (DAM), sürekli mıknatıslı senkron motorlar (SMSM), relüktans motorları (RM) ve asenkron motorlar (ASM) piyasada kullanılan cer motoru tiplerindedir (Enache et al., 2020; Ikeda et al., 2019; Murthy et al., 2006). Elektrikli çekiş sistemlerinde kullanılacak cer motorunun belirlenmesi için yapılan araştırmalardan bazıları şu şekilde sıralanabilir.

R.S. Figueiredo yaptığı araştırmanın bir bölümünde genel olarak traksiyon uygulamalarında kullanılan doğru akım motorları ile asenkron motorları karşılaştırmıştır. Yapılan karşılaştırmada güç elektroniği kontrol yöntemlerinin gelişmesi ve asenkron motorların daha verimli ve kompakt bir yapı kazanması sayesinde doğru akım motorlarına göre daha avantajlı bir duruma geldiğinden bahsedilmiştir (Figueiredo, 2015). Nategl

ve arkadaşları tarafından cer motorları hakkındaki eğilimleri konu alan araştırmanın sonucunda düşük maliyetleri, gelişmiş teknolojileri ve yüksek güvenilirlikleri göz önünde bulundurulduğunda asenkron motorların, en azından önümüzdeki on yılda hâkim motor topolojisi olmaya devam edeceğini öne sürmüştür (Nategl et al., 2018). Pancorbo ve arkadaşları tarafından cer motorlarının karşılaştırılması konu alan araştırmada, asenkron motorlar hem motor işletim güvenilirliği hem de tek bir inverter kullanılarak iki motorun birden kontrol edilebilmesi gibi avantajlarından dolayı sürekli mıknatıslı senkron motorlara ve senkron relüktans motorlara (SRM) kıyasla daha tercih edilebilir bulunmuştur (De Pancorbo et al., 2015). Popescu ve arkadaşları tarafından elektrikli taşıtların çekiş sistemlerinde kullanılan cer motoru tipleri hakkında yapılan araştırmadaysa, sürekli mıknatıslı senkron motorlardan daha düşük bir verimlilik ve tork yoğunluğu sunsa bile asenkron cer motorlarının ulaşım ve taşıma sektöründe kullanılan araçlar için hala cazip bir seçenek olduğundan bahsedilmektedir (Popescu et al., 2019). Monoharaun ve arkadaşları tarafından yapılan farklı bir araştırmada ise motorda alüminyum bara ve uç halkası içeren rotor yapısı yerine bakır bara ve uç halkası içeren rotor yapısının kullanılması halinde rotor kayıplarının %35.4 oranında azaltılabileceği ifade edilmiştir (Manoharan et al., 2009).

Cer motorları çekiş uygulamalarında kullanılacakları için sistemin anlık yüksek güç ihtiyacını karşılayabilmeli, düşük hızlarda yüksek moment sağlayabilmeli, geniş bir hız-moment aralığında yüksek verimlilikte çalışabilmelidir (Polat & Akıncı, 2020). Ayrıca kullanılan motorun düşük maliyetli, güvenilir ve sağlam bir yapıya sahip olması da istenmektedir. Bir cer motorunun sahip olması gereken hız moment karakteristiği Şekil 1'dekine benzer olmalıdır (Masuku et al., 2019).



Şekil 1. Örnek bir cer motoru hız moment karakteristiği (Murthy et al., 2006)

Yapılan tüm bu literatür araştırmaları sonucunda, cer motorlarının tasarımı yapılırken aşağıda sıralanan hususlara

dikkat edilmesi gerektiği anlaşılmaktadır (Abouzeid et al., 2020; Calin et al., 2012; Polat & Akıncı, 2020).

- Uygun çekiş karakteristiği
- Güç ve moment yoğunluğu
- Düşük boyut/ağırlık/hacim (kompakt yapı)
- Verimlilik
- Üretilirlik
- Kolay kontrol
- Geniş hız moment aralığı
- Düşük üretim maliyeti
- Düşük bakım ve işletme maliyeti
- Uzun çalışma ömrü
- Dayanıklı/sağlam yapı
- Kısa süreli aşırı yüklenme kapasitesi
- Düşük gürültü/titreşim/moment dalgalanması
- Tasarım uygunluğu
- Geliştirilebilirlik
- Termal dayanım

Günümüzde demiryolu taşıtlarında kullanılacak olan cer motorunun tasarımı yapılırken dikkat edilmesi gereken hususlar dikkatlice incelendiğinde bu temel gereksinimlerinin çoğunu karşılayan, mevcut raylı sistem uygulamalarında sıklıkla kullanılan, yerli ve milli imkânlarla üretilebilecek olan motor tiplerinin başında asenkron cer motorlarının geldiği söylenebilmektedir.

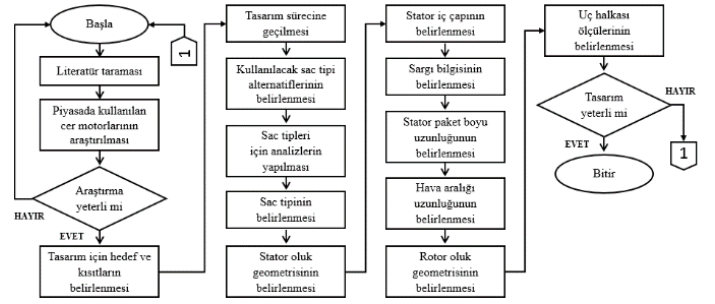
Bu çalışma kapsamında, tramvay araçlarında kullanılan ve referans olarak seçilen bir asenkron cer motorunun sac malzemesi, stator parametreleri, hava aralığı uzunluğu ve rotor parametreleri gibi tasarım değerlerinin bilgisayar destekli tasarım programlarından biri olan ANSYS programı yardımıyla optimize edilerek asenkron cer motoru verim değerinin artırılması amaçlanmıştır. Böylece daha düşük bir giriş gücüyle daha yüksek bir performans sergileyen, azalan motor işletim maliyetleriyle kullanıcıya ekonomik yönden avantaj sağlayan, yerli ve milli imkânlarla üretilebilecek olan üç fazlı sincap kafesli asenkron cer motorunun tasarımı gerçekleştirilecektir.

Çalışma sırasında motorun çıkış gücü değeri, nominal gerilimi, frekansı, stator dış çapı, stator ve rotor oluk sayısı, mil çapı, havalandırma kanallarının sayısı ve ölçüleri sabit tutulacaktır. Sırasıyla analizleri gerçekleştirilecek her bir tasarımda sadece bir parametre değiştirilecek ve diğer parametreler sabit tutularak değiştirilen parametrenin motor verimine ve motor toplam kayıplarına olan etkisi net bir şekilde gözlemlenecektir. Yapılan tasarımlar arasından motor verimini maksimize edecek en uygun değerler belirlenecektir. Çalışma sonucunda belirlenen referans motora kıyasla daha yüksek bir verim değerinde olan, yüksek performanslı, azalan motor işletim maliyetleri sayesinde kullanıcıya ekonomik yönden avantaj sağlayacak bir asenkron cer motoru tasarımının elde edilmesi hedeflenmektedir.

2. Motor Tasarım Süreci

Motor tasarım sürecinde teorik yaklaşımlara dayalı olan metodoloji kullanılır. Bu kapsamda yapılan hesaplama, analiz ve benzetim çalışmalarında Sonlu Elemanlar Yöntemi (SEY) sıklıkla tercih edilmektedir (Smith, 2000). Böylece karmaşık geometriler, makinada oluşan girdap akımları ve lineer olmayan malzeme yapıları gibi parametrelerin dikkate alınması sağlanmaktadır. Ayrıca tasarım sonunda hedeflenen çıktılara en doğru ve en kısa

sürede ulaşmak için ise uygun bir akış diyagramı oluşturulmalı ve izlenmelidir. Çalışma boyunca izlenen süreçler Şekil 2'deki akış diyagramında gösterilmiştir.



Şekil 2. Tasarım sürecinde izlenen adımlar

Gerçekleştirilen çalışması süresince her bir tasarım parametresinin belirlenmesi sırasında öncelikle tasarım hedeflerine ve kısıtlarına dikkat edilmiştir. Belirlenen tasarım stratejisi doğrultusunda analizler gerçekleştirilmiştir. Analiz sonuçları tasarım hedefleri ve kısıtları açısından değerlendirildikten sonra uygun bulunursa nihai tasarım parametrelerine karar verilmiştir. Tasarım parametrelerinin nihai değerini belirlerken sıklıkla yinelemelere ihtiyaç duyulmaktadır. Uygun tasarım metodolojisinin kullanılması olası zaman gecikmelerinin önüne geçerek tasarım sürecini hızlandırmaktadır.

2.1. Cer Motoru Tasarım Kriterleri

Motor ağırlığını minimize ederek yapılan bir tasarım sayesinde, aks ağırlığı dolayısıyla demiryolu aracı toplam kütlesi azalmaktadır. Aracı hareket ettirmek için gerekli olan moment ve güç ihtiyacı düşmektedir. Farklı bir açıdan bakıldığında ise güç ve moment yoğunluğu daha düşük bir sisteme göre aynı güç tüketimiyle daha fazla yolcu veya yük taşınabilmektedir. Ayrıca motorun ağırlığının minimize edilmesi motor imalatında daha az ham madde kullanımı demektir. Böylece motor imalatı daha ekonomik bir hale gelmektedir.

Raylı sistem uygulamalarında kullanılan ekipmanlar araç üzerinde kısıtlı çalışma alanına sahiptir. Ekipman ve motor hacimlerinin en aza indirilmesi araçtaki yolcu taşıma kapasitesinin artırılmasına, araç boyutlarının küçülmesine veya araç güzergâhlarında daha küçük çaplı tünellerin kullanılabilmesine olanak tanımaktadır (Kreuawan, 2008). Bu yüzden tünel içi veya yeraltı demiryolu sistemleri gibi inşa maliyeti yüksek olan projelerde kompakt bir yapıya sahip, güç ve moment yoğunluğu yüksek olan daha düşük hacimli cer motorlarının tercihi sistemin inşa maliyetini olumlu yönde etkilemektedir.

Demiryolu sisteminde kullanılan ekipmanların güvenilirliği yüksek olmalıdır (Kreuawan, 2008). Yolculuk veya nakliyat işlemleri sırasında araçta beklenilmedik herhangi bir arıza olması istenmemektedir. Bu olası zaman kayıplarına ve mağduriyetlere yol açabilmektedir. Ayrıca demiryolu trafiğini de olumsuz etkilemektedir. Demiryolu aracı üzerinde fazla bakım gerektirmeyen, kolay arızalanmayan, dayanıklı ve sağlam ekipmanların kullanımı bu yüzden önemlidir. Sistemin güvenilirliği açısından acil durumlara karşı her zaman alternatif bir plan bulundurulmalıdır.

Demiryolu taşıtı, kalkış yaparken veya yokuş çıkarken düşük hızda yüksek momente ihtiyaç duymaktadır. Yüksek hızlara çıkılan uzun mesafeli hatlarda ise cer motorunun sistemin yüksek

güç ihtiyacını karşılaması beklenmektedir. Bu yüzden cer motorundaki sabit güç ve sabit moment bölgelerinin, geniş bir hız aralığına sahip olması beklenmektedir.

Demiryolu sistemleri için sıralanan tüm bu sebeplerden dolayı motor tasarımı kullanıcılar ve işletmeler açısından büyük bir öneme sahiptir. Motor tasarımı sırasında verim değerini arttırmak, motor üretim maliyetini düşürmek, harmoniklerin neden olduğu titreşim ve gürültüleri minimize etmek, moment dalgalanmasını azaltmak amacıyla birçok çalışma yapılmaktadır. Bu çalışmalar esnasında dikkat edilen başlıca hususlar aşağıdaki gibi sıralanabilir (Keskin Arabul et al., 2020; Mushid & Dorrell, 2017).

- Stator ve rotor konfigürasyonları
- Stator ve rotor oluk yapıları
- Stator sargı yapısı
- Rotor bara ve uç halkası yapısı
- Soğutma kanallarının konumu, ölçüleri ve sayısı
- Materyal seçimi
- Hava aralığı uzunluğu

Sıralanan tüm bu tasarım parametreleri birlikte motor karakteristiğini ortaya çıkarmaktadır. Yüksek verimli bir asenkron cer motoru tasarlayabilmek ve böylece motorun işletme maliyetlerini minimize edebilmek için ise motor tasarımı sırasında en uygun sac malzemesi, stator ve rotor parametreleri ile motorun hava aralığı uzunluğu belirlenmelidir.

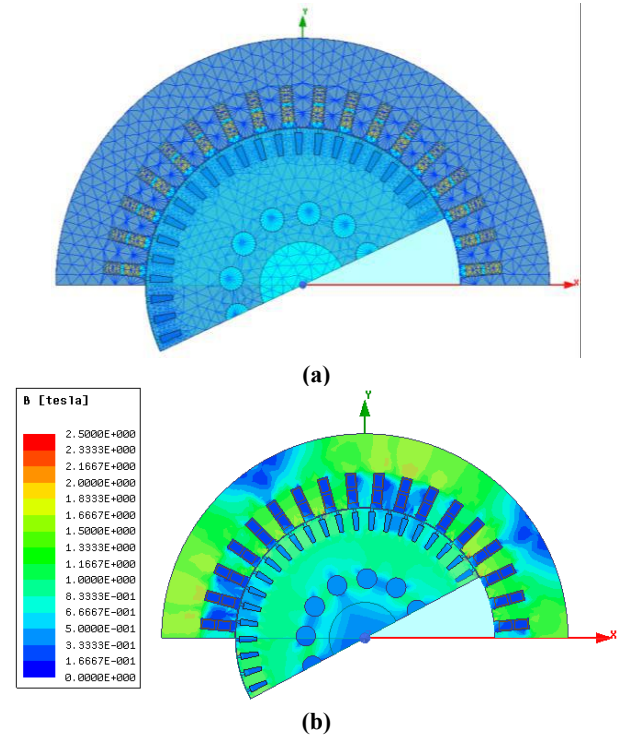
3. Benzetim Çalışmaları

Tasarlanan motorun sayısal (nümerik) analizleri için çözümlerinde sonlu elemanlar yöntemi kullanan ANSYS Maxwell 2D modülünden yararlanılmıştır. Çalışma kapsamında, ilk olarak bir referans asenkron cer motoru belirlenmiştir. Belirlenen referans motor ANSYS Maxwell 2D modülü kullanılarak modellenmiştir. Ardından seçilen referans motorunun çıkış gücü değeri, nominal gerilimi, frekansı, stator dış çapı, stator ve rotor oluk sayısı, mil çapı, havalandırma kanallarının sayısı ve ölçüleri sabit tutularak motor için en uygun sac tipi, stator ve rotor parametreleri ile hava aralığı uzunluğunun belirlenip motorda maksimum verim değerine ulaşılabilmesi için tasarım ve analizler yapılmıştır. Analizler sırasında öncelikle sac malzemesi için ardından ise sırasıyla motorun stator, hava aralığı ve rotor parametreleri için motor verimini maksimize edecek en uygun değerler belirlenmiştir.

3.1. Referans Motor Detayları

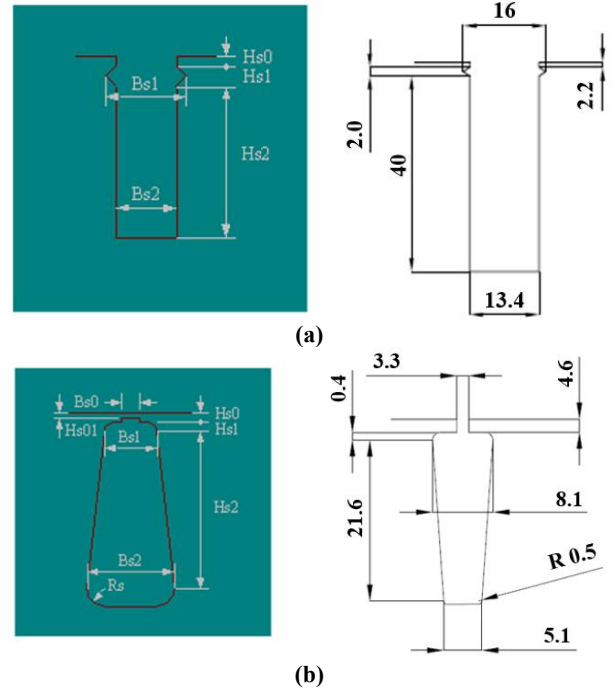
Tasarım çalışmasında referans noktası olarak raylı sistem uygulamalarında kullanılan bir sincap kafesli asenkron cer motoru seçilmiştir (Koushan, 2020). Verim iyileştirmesi yapılacak olan referans motorun ANSYS Maxwell 2D modülünde modellendiğinde programdan elde edilen tasarım çıktıları Tablo 1'de gösterildiği gibidir. Ayrıca referans motorun ANSYS Maxwell 2D modülü ile modellendiğinde mesh yapısı Şekil 3(a)'da ve motorun yüklü durumda çalışırken sahip olduğu manyetik akı yoğunluğu dağılımı ise Şekil 3(b)'de gösterilmiştir.

Referans motorun stator ve rotor laminasyonlarında 1.5T manyetik akı yoğunluğu ve 50Hz frekandaki nüve kaybı değeri 6.00W/kg olan 0.50mm kalınlığındaki 50JN600 kodlu silisli çelik sac malzemesi kullanılmıştır. Motorda, şaftta monte edilmiş bir fan vasıtasıyla kendinden havalandırılmalı bir soğutma sistemi tercih edilmiştir.



Şekil 3. Referans motor (Rev.00); (a) ağ atılmış geometri, (b) manyetik akı yoğunluğu dağılımı

Belirlenen referans motorun stator oluk geometrisi Şekil 4(a)'da ve rotor oluk geometrisi Şekil 4(b)'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4. Referans motor; (a) stator oluk geometrisi, (b) rotor oluk geometrisi

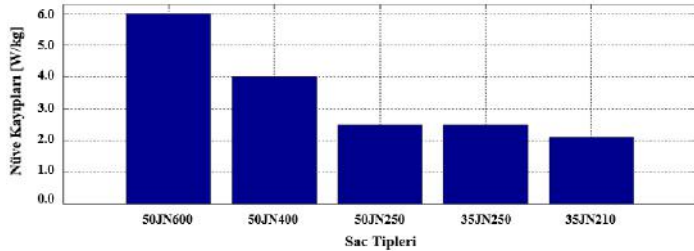
Belirlenen referans motorun; bilgisayar destekli modelleme, tasarım ve analiz çalışmaları için tasarımcılar tarafından sıklıkla tercih edilen ANSYS firması tarafından geliştirilen ANSYS Maxwell 2D tasarım modülünde modellendiğinde ortaya çıkan tasarım değerleri Tablo 1'deki gibidir.

Tablo 1. Referans motorun (Rev.00) ANSYS Maxwell 2D modülünde modellendiğinde elde edilen tasarım parametreleri

Motor Parametreleri	Değer	Birim
Çıkış Gücü	100	kW
Nominal Gerilim	360 (Y)	V
Nominal Akım	206.8	A
Güç Faktörü	0.83	
Devir Sayısı	1475	d/d
Moment	649.4	Nm
Verim	%93.21	
Toplam Kayıplar	7285	W
Frekans	50	Hz
Hava Aralığı	1.2	mm
Sac Tipi	50JN600	
Toplam Demir Kaybı	1701	W

3.2. Sac Tipi Analizi

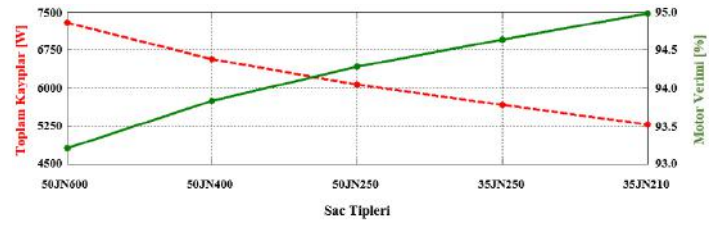
Tablo 1’de motor parametreleri verilen referans motorun tasarımı incelenmiş, toplam kayıplar içerisinde nüve (demir) kayıplarının %23.35’lük bir paya sahip olduğu görülmüştür. Yapılan tasarım çalışması kapsamında, ilk olarak mevcut motorda (Rev.00) kullanılan 1.5T manyetik akı yoğunluğu ve 50Hz frekanstaki nüve kaybı değeri 6.00W/kg ve sac kalınlığı 0.50mm olan 50JN600 kodlu sac tipinin yerine motor performans değerlerini iyileştirecek ideal bir sac tipi belirlenecektir. ANSYS Maxwell 2D modülü kullanılarak yapılan çalışma sırasında, aralarında referans motorda kullanılan 50JN600 sac tipinin de dâhil olduğu toplamda 5 farklı sac tipi için analizler yapılmıştır. Analizler sırasında, kullanılan sac tipinin haricindeki diğer mevcut motor parametrelerinde herhangi bir değişiklik yapılmamıştır. Sac paketi boyu da dâhil olmak üzere diğer parametreler sabit tutulmuştur. Böylece sac tipi değişiminin motor verim değeri ve motor kayıpları üzerindeki etkisinin daha net bir şekilde anlaşılabilmesi amaçlanmıştır. Analizi yapılan sac tiplerinin 1.5T manyetik akı yoğunluğu ve 50Hz frekanstaki imalatçı firma tarafından beyan edilen maksimum nüve kaybı değeri Şekil 5’te gösterildiği gibidir. Şekil 5’teki grafikte belirtilen nüve kaybı değerleri JFE Steel Corporation firmasının yayınladığı teknik katalogdan alınmıştır (Steel Corporation, n.d.).



Şekil 5. Manyetik sac tiplerinin 1.5 Tesla ve 50 Hz’deki nüve kayıpları

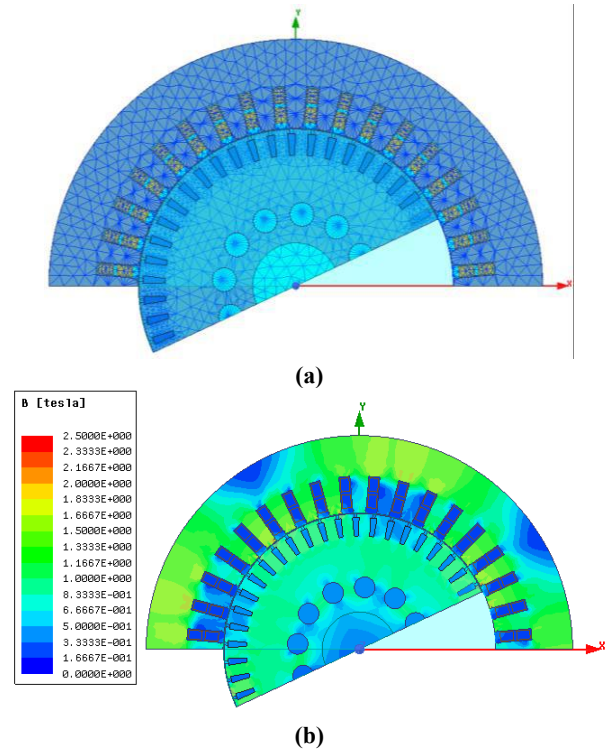
Sac imalatı yapan firmaların yayınladığı teknik kataloglarda beyan edilen 50JN600, 50JN400, 50JN250, 35JN250, 35JN210 gibi kodlama ifadeleri sacın teknik özelliklerinden faydalanılarak belirlenmiştir. Kodlamadaki ilk iki karakter sac malzemesinin milimetre cinsinden kalınlığını göstermektedir. Kodlamadaki son üç karakter ise sacın 1.5T manyetik akı yoğunluğu ve 50Hz frekanstaki nüve kaybı değerini belirtmektedir. Nüve kayıpları beyan edilen 5 farklı sac tipi için ANSYS Maxwell 2D modülü

kullanılarak yapılan analizlerde referans motorunun verim değerinde ve motor toplam kayıplarındaki değişimler Şekil 6’da gösterilen grafikteki gibidir.



Şekil 6. Kullanılan sac tipinin motor verimine etkisi

Yapılan analiz çalışmasında 1.5T manyetik akı yoğunluğu ve 50Hz frekanstaki nüve kaybı değeri 2.10W/kg olan 0.35mm kalınlığındaki 35JN210 sac tipinin kullanılmasıyla en yüksek verim ve en düşük kayıp değerine ulaşılmıştır. Referans motorda sac kalınlığı daha ince ve nüve kaybı daha düşük bir sac tipi kullanıldığında nüve kaybında %44.68, toplam kayıplarda ise %27.45 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Referans motorun verim değeri ise %93.21 değerinden %94.98 değerine yükselmiştir. Motor veriminde yaklaşık %1.90 oranında bir artış yaşanmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde yapılan yüksek verimli asenkron motor tasarımı çalışmasında sac tipi olarak 1.5T manyetik akı yoğunluğu ve 50Hz frekanstaki nüve kaybı değeri 2.10W/kg olan 0.35mm kalınlığındaki 35JN210 sac tipinin kullanılmasına karar verilmiştir. Ayrıca analizler sonucunda ortaya çıkan Rev.01 tasarımının mesh yapısı Şekil 7(a)’da ve motorun yüklü durumda çalışırken sahip olduğu manyetik akı yoğunluğu dağılımı ise Şekil 7(b)’de gösterilmiştir.



Şekil 7. Referans motor; (a) ağ atılmış geometri, (b) manyetik akı yoğunluğu dağılımı

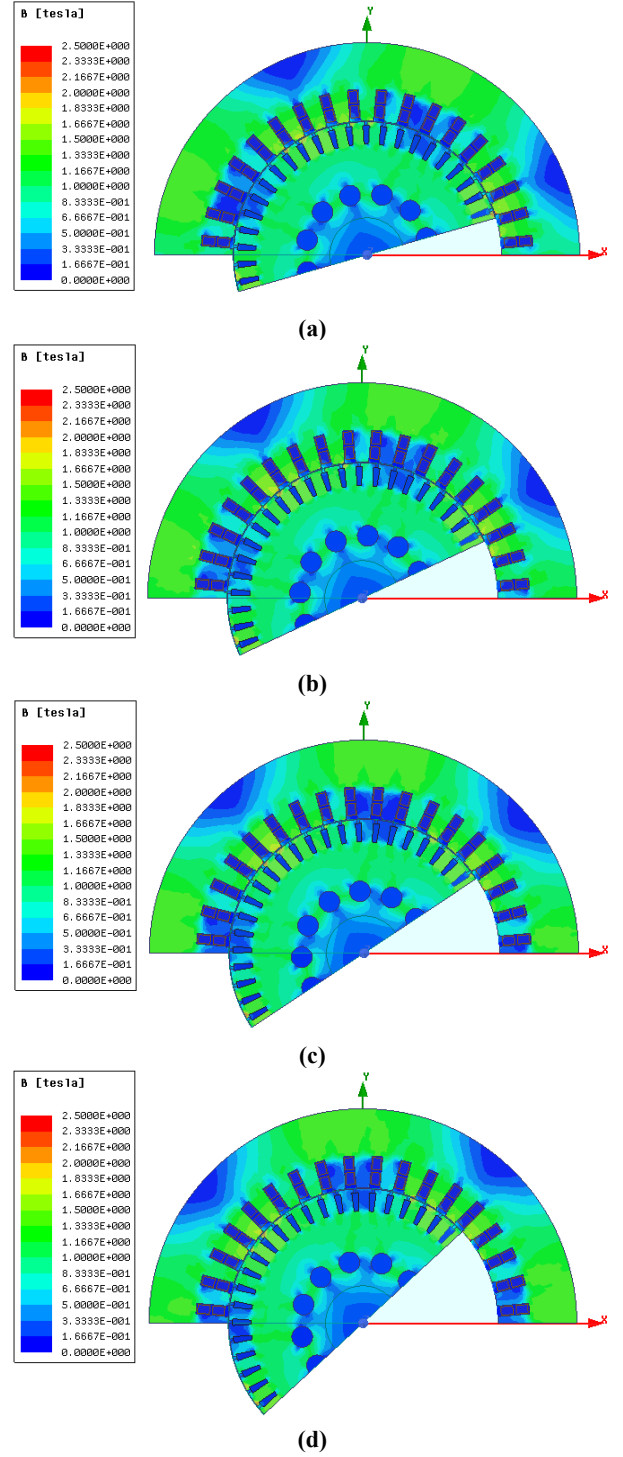
3.3. Stator Parametrelerinin Analizi

Stator parametrelerinin belirlenmesi için yapılan çalışma sırasında referans motorun stator dış çapı, kutup sayısı ve stator oluk sayısı parametreleri sabit tutulmuştur. Sırasıyla oluk

geometrisi, stator iç çapı, sargı bilgisi ve stator paket boyu uzunluğu parametrelerinin belirlenmesi için analizler yapılmıştır. Analizi yapılan parametre için bir değer belirlendiğinde bu değer artık kalıcı olmuş ve akabinde diğer parametreler için yapılan analizler boyunca sabit tutulmuştur.

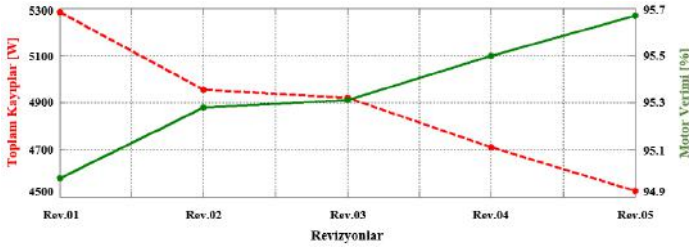
Tasarımlar arasında motor verim değerini maksimize eden stator oluk geometrisi ölçüleri seçilmiştir. Hs0, Hs1, Hs2, Bs1 ve Bs2 oluk geometrisi ölçüleri için belirlenen parametreler sırasıyla 1.00mm, 1.60mm, 36.0mm, 12.8mm ve 15.2mm değerleridir. Çalışma kapsamında stator oluk geometrisinin belirlenmesinin ardından ortaya çıkan tasarım Rev.02 tasarımı olarak adlandırılmıştır.

Tasarım için en uygun oluk geometrisinin belirlenmesinin ardından aynı yaklaşım tarzıyla stator iç çapı, sargı bilgisi ve stator paket boyu uzunluğu parametrelerinin her biri için analizler gerçekleştirilmiştir. Belirlenen referans motorda stator iç çapı, sargı bilgisi ve stator paket boyu uzunluğu parametreleri için kullanılan ölçüler sırasıyla 330mm, 12.0mm/1.65mm ve 137mm değerleridir. Analizler sonucunda ortaya çıkan Rev.02, Rev.03, Rev.04 ve Rev.05 tasarımlarında motorun yüklü durumda çalışırken sahip olduğu manyetik akı yoğunluğu dağılımı sırasıyla Şekil 8(a), Şekil 8(b), Şekil 8(c) ve Şekil 8(d)'de gösterilmiştir.



Şekil 8. Manyetik akı yoğunluğu dağılımları; (a) Rev.02, (b) Rev.03, (c) Rev.04, (d) Rev.05

Her bir stator parametresinin belirlenmesinin ardından elde edilen analiz sonuçları Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekil 9'da alan Rev.02, Rev.03, Rev.04 ve Rev.05 revizyonları sırasıyla en uygun oluk geometrisi (Rev.02), stator iç çapı (Rev.03), sargı bilgisi (Rev.04) ve stator paket boyu uzunluğu (Rev.05) belirlendikten sonraki tasarımları ifade etmek için kullanılmıştır. Şekil 9'daki sonuçlardan da görülebileceği gibi stator parametreleri en uygun şekilde belirlendiğinde (Rev.05) toplam kayıplar değişim öncesine (Rev.01) kıyasla %14.37 azalmış ve motor verimi %94.98 değerinden %95.67'ye çıkmıştır.

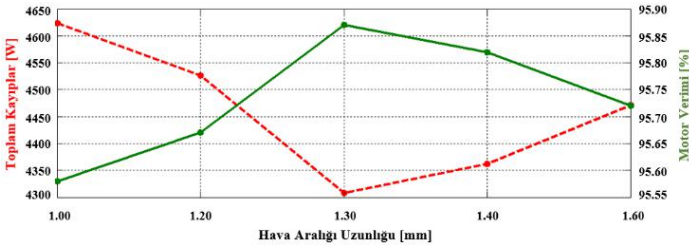


Şekil 9. Stator tasarımının motor verimine etkisi

3.4 Hava Aralığı Uzunluğunun Analizi

Hava aralığının, motorda bozucu etkilere karşı statorla rotor arasında bir filtre görevi gördüğü bilinmektedir. Hava aralığı uzunluğu olması gereken optimum değerinden daha küçük seçildiğinde hem motor harmonik kayıplarında bir artış yaşanmakta hem de mekanik kısıtlamalardan dolayı motorun imalatı zorlaşmaktadır. Hava aralığı uzunluğunun olması gereken optimum değerinden daha büyük seçilmesi durumunda ise aşırı yük kapasitesinde bir artış sağlanmasına, motorun soğutma performansının iyileşmesine ve akustik gürültü seviyesinin azalmasına rağmen motorun nominal ve boşta çalışma akımında bir artış ve güç faktörü değerinde ise bir düşüş meydana gelmektedir. Motorun yüksek akım çekmesi stator bakır kayıplarının ve dolayısıyla motor toplam kayıplarının artmasına ve motor verim değerinin düşmesine sebebiyet vermektedir. Yapılan tasarım çalışmasında hava aralığı uzunluğu belirlenirken yukarıda sıralanan hususlar dikkate alınmış ve tasarım süreci başında amaçlanan motor verimliliğinin artırılması ve motor performans değerlerinin iyileştirilmesi hedefi doğrultusunda analizler gerçekleştirilmiştir.

Yapılan analizlerde hava aralığı uzunluğunun değişimiyle motor toplam kayıplarında ve motor veriminde meydana gelen değişimler Şekil 10'da gösterildiği gibidir.



Şekil 10. Hava aralığı uzunluğunun motor toplam kayıplarına ve verime etkisi

Referans olarak seçilen motorda hava aralığı uzunluğu olarak 1.20 mm değeri kullanılmıştır. Gerçekleştirilen analiz çalışmasının ardından ise motor için en uygun hava aralığı olarak, motor verimi maksimize eden 1.30 mm değeri (Rev.06) belirlenmiştir. 1.00 mm hava aralığı uzunluğundan daha düşük değerler mekanik açıdan motor imalatından problem teşkil edeceğinden analizler sırasında daha küçük hava aralığı uzunlukları denenmemiştir. Belirlenen yeni hava aralığı değeri sayesinde motor kayıpları, değişiklik öncesine (Rev.05) kıyasla %4.28 oranında azalmış ve motor verimi %95.67 değerinden %95.87'ye çıkmıştır.

3.5. Rotor Parametrelerinin Analizi

Sac tipi seçiminin, stator parametrelerinin ve hava aralığı uzunluğunun belirlenmesinin ardından en uygun rotor parametreleri için analizler yapılmıştır. Yapılan tasarım çalışması sırasında rotor dış çapı, mil çapı, rotor oluk sayısı, hava

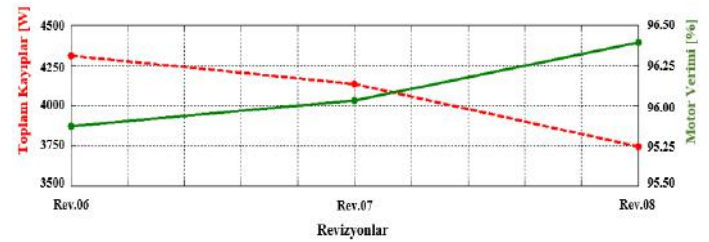
kanallarının sayısı ve ölçüleri sabit tutulmuş; sırasıyla en uygun oluk geometrisi ve uç halka ölçüleri için analizler gerçekleştirilmiştir. Referans alınan motorun rotor oluk geometrisi Şekil 4(b)'de gösterildiği gibidir. Referans motorda rotor oluk geometrisini oluşturan Hs0, Hs1, Hs2, Bs0, Bs1 ve Bs2 oluk geometrisi ölçüleri için kullanılan parametreler sırasıyla 4.60mm, 0.40mm, 21.6mm, 3.30mm, 8.10mm ve 5.10mm değerleridir.

Uygun rotor oluk geometrisi belirlenirken Şekil 4(b)'de gösterilen Hs0, Hs1, Hs2, Bs0, Bs1 ve Bs2 ölçülerinin her biri için analizler gerçekleştirilmiştir. Bu tasarımlar arasından motor verim değerini maksimize eden rotor oluk geometrisi ölçüleri seçilmiştir. Hs0, Hs1, Hs2, Bs0, Bs1 ve Bs2 oluk geometrisi ölçüleri için belirlenen parametreler sırasıyla 4.75mm, 0.40mm, 27.0mm, 3.30mm, 8.10mm ve 5.10mm değerleridir.

Tasarım için en uygun oluk geometrisinin belirlenmesinin ardından aynı yaklaşım tarzıyla uç halkasını oluşturan uç halkası derinliği, uç halkası yüksekliği ve uç halkası genişliği parametrelerinin her biri için analizler yapılmıştır. Referans alınan motorda rotor uç halkası derinliği, uç halkası yüksekliği ve uç halkası genişliği ölçüleri için sırasıyla 33.0mm, 31.4mm ve 14.0mm değerleri kullanılmıştır.

Analizler arasından motor verim değerini maksimize eden ölçüler seçilmiştir. Rotor uç halkası derinliği, uç halkası yüksekliği ve uç halkası genişliği ölçüleri için belirlenen parametreler sırasıyla 0.00mm, 36.0mm ve 15.0mm değerleridir.

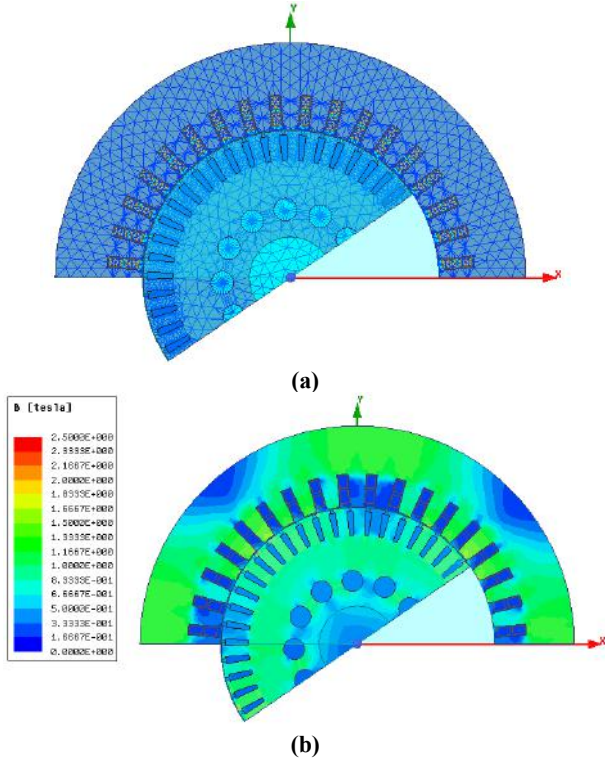
Tüm rotor parametresinin belirlenmesinin ardından elde edilen analiz sonuçlarına Şekil 11'de yer verilmiştir. Şekil 11'de yer alan Rev.07 ve Rev.08 revizyonları sırasıyla en uygun oluk geometrisi (Rev.07) ve uç halkası ölçüleri (Rev.08) belirlendikten sonraki tasarımları ifade etmek için kullanılmıştır. Şekil 11'de yer alan sonuçlardan da görülebileceği gibi belirlenen rotor parametreleri ve uç halkası ölçüleri sayesinde (Rev.08) yapılan değişiklik öncesine (Rev.06) kıyasla toplam kayıplar %13.06 azalmış ve motor verimi %95.87 değerinden %96.39'a çıkmıştır.



Şekil 11. Rotor tasarımının motor verimine etkisi

3.6. Nihai Tasarımın Analizi

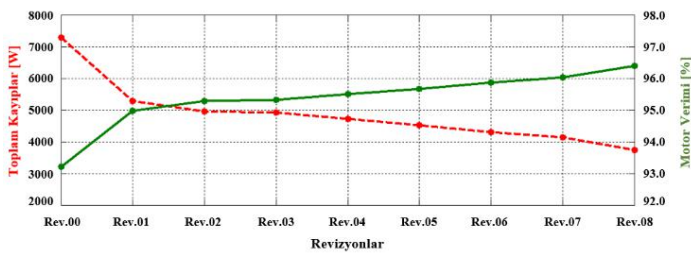
Yapılan analizler sırasında öncelikle sac malzemesi için ardından ise sırasıyla motorun stator, hava aralığı ve rotor parametreleri için motor verimini maksimize edecek ve toplam kayıpları minimize edecek en uygun değerler belirlenmiştir. Rev.08 tasarımı, ANSYS Maxwell 2D modülü kullanılarak yapılan analizler sonucu belirlenen nihai tasarımıdır. Belirlenen nihai tasarımın mesh yapısı Şekil 12(a)'da ve motorun yüklü durumda çalışırken sahip olduğu manyetik akı yoğunluğu dağılımı ise Şekil 12(b)'de gösterilmiştir.



Şekil 12. Nihai tasarım (Rev.08); (a) ağ atılmış geometri, (b) manyetik akı yoğunluğu dağılımı

Motorda dış, boyunduruk veya hava aralığında meydana gelen manyetik doyma motorun verimliliğini etkileyen faktörlerden biridir (Gökhan YETGİN et al., 2012). Şekil 12(b)'de gösterilen Rev.08 tasarımının manyetik akı dağılımı incelendiğinde, stator ve rotor oluk geometrileri ile hava aralığı uzunluğunda yapılan değişikliklerin motorun dış, boyunduruk veya hava aralığında herhangi bir manyetik doymaya yol açmadığı görülmektedir.

Motor için en uygun sac tipi, stator parametreleri, hava aralığı uzunluğu ve rotor parametreleri belirlenirken elde edilen her bir revizyon sonucu motor toplam kayıplarında ve motor veriminde meydana gelen değişimler Şekil 13'te belirtilmiştir.



Şekil 13. ANSYS Maxwell 2D modülünde belirlenen her bir revizyonun motor verimine etkisi

Belirlenen referans motorun ANSYS Maxwell 2D ile analizi (Rev.00) ile yapılan çalışma sonucu elde edilen nihai tasarımın ANSYS Maxwell 2D analizi (Rev.08) karşılaştırıldığında verim değerinde %3.18'lik bir artış olduğu görülmektedir.

4. Sonuç

Kullanıcı ve imalatçı açısından bakıldığında motor performansının iyileştirilmesi ve işletim maliyetlerinin düşürülmesi oldukça önemlidir. Motor toplam maliyetinin büyük

bir bölümünü oluşturan işletme maliyeti ise ancak optimum şekilde tasarımı yapılmış yüksek performanslı motorların kullanılmasıyla azaltılabilir.

Belirlenen referans motor öncelikle ANSYS Maxwell 2D modülü kullanılarak modellenmiştir. Ardından seçilen referans motorun çıkış gücü değeri, nominal gerilimi, frekansı, stator dış çapı, stator ve rotor oluk sayısı, mil çapı, havalandırma kanallarının sayısı ve ölçüleri sabit tutularak motor için en uygun sac tipi, stator ve rotor parametreleri ile hava aralığı uzunluğunun belirlenip motorda maksimum verim değerine ulaşılabilmesi için tasarım ve analizler yapılmıştır. Analizler sonucunda toplam motor kayıplarında ve motor veriminde meydana gelen değişimler verilen grafiklerle belirtilmiştir. ANSYS Maxwell 2D modülü kullanılarak yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen analiz çıktıları ve sonuçları aşağıda belirtildiği gibidir.

- Referans motorda kullanılan 1,5T manyetik akı yoğunluğu ve 50Hz frekanstaki nüve kaybı değeri 6,00W/kg olan 0,50mm kalınlığındaki 50JN600 sac tipi de dâhil olmak üzere 5 farklı sac tipi için analizler yapılmıştır. Bu analizler arasından motor verim değerini maksimize eden 1,5T manyetik akı yoğunluğu ve 50Hz frekanstaki nüve kaybı değeri 1,20W/kg olan 0,35mm kalınlığındaki 35JN210 sac tipinin motorda kullanılmasına karar verilmiştir. Referans motorda sac kalınlığı daha ince ve nüve kaybı daha düşük bir sac tipi kullanıldığında nüve kaybında %44.68, toplam kayıplarda ise %27.45 oranında bir azalma meydana gelmiştir. Referans motorun verim değeri ise %93.21 değerinden %94.98 değerine yükselmiştir. Motor veriminde yaklaşık %1.90 oranında bir artış yaşanmıştır.
- Stator parametrelerinde yapılan değişiklikler sonucunda toplam kayıplar değişiklik öncesine (Rev.01) kıyasla %14.37 azalmış ve motor verimi %94.98 değerinden %95.67'e çıkmıştır.
- Motor için en uygun hava aralığı olarak, motor verimi maksimize eden 1.30 mm değeri belirlenmiştir. Belirlenen hava aralığı ile değişiklik öncesine kıyasla toplam kayıplar %4.28 oranında azalmış ve motor verimi %95.67 değerinden %95.87'ye çıkmıştır.
- Rotor parametrelerinde yapılan değişiklikler sonucunda toplam kayıplar değişiklik öncesine (Rev.07) kıyasla %13.06 azalmış ve motor verimi %95.87 değerinden %96.39'a çıkmıştır.
- Belirlenen referans motorun ANSYS Maxwell 2D ile analizi (Rev.00) ile yapılan çalışma sonucu elde edilen nihai tasarımın ANSYS Maxwell 2D analizi (Rev.08) karşılaştırıldığında verim değerinde %3.18'lik bir artış olduğu görülmektedir.

Ayrıca Maxwell 2D ile elde edilen sonuçlar incelendiğinde, kullanılan yeni sac tipi ile belirlenen yeni stator oluk geometrisi, rotor oluk geometrisi ve hava aralığı uzunluğu ölçülerine bağlı olarak motor nominal akım değerinde ve nominal moment değerinde azalma meydana gelmiştir. Motorun güç faktörü değeri ile nominal devir sayısında ise bir artış yaşanmıştır.

Benzetim çalışmaları yapılmış motorların prototipleri üretilerek sonuçların karşılaştırması ile farklı malzemeler kullanılarak bu malzemelerin motor verimine etkisinin incelenmesi ileride yapılabilecek çalışmalara örnek olarak söylenebilir.

Kaynakça

- Abouzeid, A. F., Guerrero, J. M., Endemaño, A., Muniategui, I., Ortega, D., Larrazabal, I., & Briz, F. (2020). Control Strategies for Induction Motors in Railway Traction Applications. *Energies* 2020, Vol. 13, Page 700, 13(3), 700. <https://doi.org/10.3390/EN13030700>
- Acar, Ç., Soygenç, O. C., & Ergene, L. T. (2018). Endüstriyel Uygulamalarda Kullanılan Asenkron Motorlarda IE2 Verim Sınıfından IE4 Verim Sınıfına Geçiş Amaçlı Bir Çalışma. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(3), 59–65. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/fumbd/issue/39229/461952>
- Calin, M. D., Georgescu, M., & Lungoci, C. (2012). Influence of the magnetic materials on the behavior of traction motors for vehicle propulsion. *2012 International Conference on Applied and Theoretical Electricity, ICATE 2012 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ICATE.2012.6403417>
- De Pancorbo, S. M., Ugalde, G., Poza, J., & Egea, A. (2015). Comparative study between induction motor and Synchronous Reluctance Motor for electrical railway traction applications. *2015 5th International Conference on Electric Drives Production, EDPC 2015 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/EDPC.2015.7323219>
- Enache, S., Campeanu, A., Enache, M. A., Vlad, I., & Popescu, M. (2020). New aspects in optimal design of asynchronous motors used in light railway traction. *2020 International Symposium on Power Electronics, Electrical Drives, Automation and Motion, SPEEDAM 2020*, 606–611. <https://doi.org/10.1109/SPEEDAM48782.2020.9161847>
- Figueiredo, R. (2015). Simulation model for driving dynamics, energy use and power supply. In *undefined*. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa.
- Gökhan YETGİN, A., Turan, M., & İhsan ÇANAKOĞLU, A. (2012). Asenkron Motorun Boyunduruk ve Dış Boyutlarının Motor Performansına Etkileri. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 027, 79–88. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/dpufted/issue/35930/403327>
- Gürdal, O. (2015). *Elektrik Makinalarının Tasarımı*. Bursa Orhangazi Üniversitesi Yayınları. https://www.researchgate.net/publication/335700632_Elektrik_Makinalarinin_Tasarimi
- Ikeda, R., Yusya, S., & Kondo, K. (2019). Study on design method for increasing power density of induction motors for electric railway vehicle traction. *2019 IEEE International Electric Machines and Drives Conference, IEMDC 2019*, 1545–1550. <https://doi.org/10.1109/IEMDC.2019.8785087>
- Kang, L., Jiang, D., Xia, C., Xu, Y., & Sun, K. (2021). Research and Analysis of Permanent Magnet Transmission System Controls on Diesel Railway Vehicles. *Electronics* 2021, Vol. 10, Page 173, 10(2), 173. <https://doi.org/10.3390/ELECTRONICS10020173>
- Keskin Arabal, F., Senol, I., & Oner, Y. (2020). Performance Analysis of Axial-Flux Induction Motor with Skewed Rotor. *Energies*, 13(19), 4991. <https://doi.org/10.3390/EN13194991>
- Kobelev, A., Rozanov, D., & Makarov, L. (2020, October 4). Performance Analysis of Traction Induction Motors of Various Designs for Low-Floor Light Rail Vehicles. *2020 11th International Conference on Electrical Power Drive Systems, ICEPDS 2020 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/ICEPDS47235.2020.9249357>
- Koushan, S. (2020). *High power density variable speed traction motor* [Middle East Technical University]. <https://open.metu.edu.tr/handle/11511/45587>
- Kreuawan, S. (2008). Modelling and optimal design in railway applications [Ecole Centrale de Lille]. In <http://www.theses.fr>. <http://www.theses.fr/2008ECLI0010>
- Kuci, E., Henrotte, F., Geuzaine, C., Dehez, B., Greef, C. De, Versele, C., & Friebel, C. (2020). Design optimization of synchronous reluctance machines for railway traction application including assembly process constraints. *Proceedings - 2020 International Conference on Electrical Machines, ICEM 2020*, 117–123. <https://doi.org/10.1109/ICEM49940.2020.9270859>
- Manoharan, S., Devarajan, N., Deivasahayam, S. M., & Ranganathan, G. (2009). Review on efficiency improvement in squirrel cage induction motor by using DCR technology. *Journal of Electrical Engineering*, 60(4), 227–236.
- Masuku, T. M., Wang, R. J., Botha, M. C., & Gerber, S. (2019). Design Strategy of Traction Induction Motors. *Proceedings - 2019 Southern African Universities Power Engineering Conference/Robotics and Mechatronics/Pattern Recognition Association of South Africa, SAUPEC/RobMech/PRASA 2019*, 316–321. <https://doi.org/10.1109/ROBOMECH.2019.8704761>
- Murthy, S. S., Singh, B., Bhuvaneswari, G., Naidu, K., & Siva, U. (2006). Design of squirrel cage induction motors for traction applications. *2006 International Conference on Power Electronics, Drives and Energy Systems, PEDES '06*. <https://doi.org/10.1109/PEDES.2006.344344>
- Mushid, F. C., & Dorrell, D. G. (2017). Review of axial flux induction motor for automotive applications. *Proceedings - 2017 IEEE Workshop on Electrical Machines Design, Control and Diagnosis, WEMDCD 2017*, 146–151. <https://doi.org/10.1109/WEMDCD.2017.7947738>
- Nategl, S., Lindberg, D., Aglen, O., Brammer, R., & Boglietti, A. (2018). Review and Trends in Traction Motor Design: Electromagnetic and Cooling System Layouts. *Proceedings - 2018 23rd International Conference on Electrical Machines, ICEM 2018*, 2600–2606. <https://doi.org/10.1109/ICELMACH.2018.8506817>
- Polat, M., & Akıncı, R. (2020). Elektrikli Araçlar İçin Eksenel Akıllı Çift Rotorlu Sabit Mıknatıslı Senkron Motor Tasarımı ve Analizi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 32(2), 345–358. <https://doi.org/10.35234/FUMBD.636890>
- Popescu, M., Riviere, N., Volpe, G., Villani, M., Fabri, G., & Di Leonardo, L. (2019). A Copper Rotor Induction Motor Solution for Electrical Vehicles Traction System. *2019 IEEE Energy Conversion Congress and Exposition, ECCE 2019*, 3924–3930. <https://doi.org/10.1109/ECCE.2019.8912248>
- Smith, A. C. (2000). Integrating FE into induction motor design - A marriage of inconvenience? *IEE Colloquium (Digest)*, 13, 17–23. <https://doi.org/10.1049/IC:20000051>
- Steel Corporation, J. (n.d.). *JFE electrical steel sheets*. Retrieved January 28, 2022, from <https://www.jfe-steel.co.jp/en/products/electrical/catalog/flc-001.pdf>
- Zhao, N., & Schofield, N. (2016). An improved induction machine design procedure for electric vehicle traction. *IET Conference Publications*, 2016(CP684). <https://doi.org/10.1049/CP.2016.0127>



Ambalaj Sektörünün Sürdürülebilirliği ve Petrol Bazlı Plastik: Plastik Ambalaj Sektörünün Petrole Olan Bağımlılığının Analizi

Bekir Keskin^{1*}, Şahnaz Koçoğlu²,

^{1*} Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Sosyal Bilimler MYO, Görsel-İşitsel Teknikler ve Medya Yapımcılığı Bölümü, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9552-6272), bekir.keskin@hbv.edu.tr

² Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İşletme Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-2061-1242), sahnaz.kocoglu@hbv.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 18 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 25 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1059720)

ATIF/REFERENCE: Keskin, B., Koçoğlu, Ş. (2022). Ambalaj Sektörünün Sürdürülebilirliği ve Petrol Bazlı Plastik: Plastik Ambalaj Sektörünün Petrole Olan Bağımlılığının Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 252-258.

Öz

Bu çalışmanın amacı ambalaj sektörünün petrole olan bağımlılığının analiz edilmesidir. Yenilenebilir enerjinin yaygınlaşması ve otomotiv sektöründe benzinli arabaların yerini hızla elektrikli arabaların alması, petrol üreticilerinin kendilerine yeni pazarlar aramalarına neden olmaktadır. 2050 yılına gelindiğinde petrol üreticilerinin en büyük pazarının plastik ambalaj üreticilerinden oluşacağı tahmin edilmektedir. Ambalaj sektörünün plastiğe, yani petrole olan bağımlılığı daha önceki çalışmalarda ihmal edilmiş bir konudur. Bu çalışmada, Amerika'da faaliyet gösteren en büyük ambalaj firmalarının hisse senedi getirilerine petrol fiyatlarının ve makroekonomik faktörlerin etkilerinin incelenmesi ile bu sektörün daha iyi anlaşılması amaçlanmaktadır. 2000 Ocak ile 2019 Aralık tarihlerini kapsayan dönem için ambalaj firmalarının aylık hisse senedi fiyatları üstüne S&P500 endeksinin, VIX endeksinin, enflasyonun ve petrol fiyatlarının etkisi Panel ARDL modeli ile analiz edilmiştir. Sonuç olarak ambalaj sektöründeki firmaların hisse senedi fiyatlarına petrol fiyatlarının uzun vadede güçlü negatif etkisi bulunmuştur. Ayrıca VECM Granger testi sonucunda petrol fiyatlarının ambalaj sektöründeki firmaların hisse senedi fiyatlarını tahmin etme gücünün olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Plastik, Ambalaj Sektörü, Petrol Fiyatları, Sürdürülebilirlik, Panel ARDL.

Sustainability of the Packaging Industry and Oil Based Plastic: Analysis of the Plastic Packaging Industry's Dependence on Oil

Abstract

The study aims to analyze the packaging industry's dependence on oil. The widespread use of renewable energy and the replacement of gasoline cars with electric cars cause oil producers to seek new markets. By 2050, it is estimated that the largest market for oil producers will be plastic packaging producers. The dependence of the packaging industry on plastic and petroleum is an issue neglected in the literature. Therefore, we aim to better understand this sector by examining the effects of oil prices and macroeconomic factors on the stock returns of the largest packaging companies operating in the USA. The effects of the S&P500 index, VIX index, inflation, and oil prices on monthly stock prices of packaging companies between January 2000 and December 2019 were analyzed with the Panel ARDL model. The results reveal that oil prices have a strong negative impact on the stock prices of companies in the industry in the long run. Moreover, VECM Granger test proves that oil prices have the power to predict the stock prices of companies in the packaging industry.

Keywords: Plastic, Packaging Industry, Oil Prices, Sustainability, Panel ARDL.

* Sorumlu Yazar: bekir.keskin@hbv.edu.tr

1. Giriş

İklim değişikliği, Paris Antlaşması ile beraber koyulan hırslı hedefler dolayısıyla gelişmiş ülkelerin ajandalarında üst sıraya tırmanmıştır. İklim değişikliği ile mücadele birçok cephede gerçekleşirken, yeni cephe de açılmaya devam etmektedir. Karbondioksit emisyon miktarlarının azaltılması için dünya çapında yürütülen çalışmalar, alternatif enerji kaynaklarının ve teknolojilerinin gelişmesini sağlamaktadır. Tesla Corp. öncülüğünde fosil yakıtlarla çalışan araçların yerini hızla elektrikli araçlar almakta, dünyanın en büyük otomotiv firmaları var olan markalarının elektrikli versiyonları ya da yeni elektrikli araç markalarını pazara sunmaya hazırlanmaktadır. Özellikle otomotiv firmalarının fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltması, ülkelerin enerji üretiminde rüzgâr ya da jeotermal gibi temiz kaynaklara yönelmeleri, petrol üreticilerinin yeni pazar bulma arayışına girmelerine neden olmuştur. Bu arayışlara cevap verebilecek büyüme potansiyeline sahip pazar, plastik ve ambalaj üretimi pazarı gibi görünmektedir.

WEF (2016) 1960'lardan bu yana plastik üretiminin 20 kattan fazla artarak 2014 yılında 311 milyon tona ulaştığını ve 2050 yılında 3 katına çıkacağını öngörmüştür. Plastik kullanımı çevresel sorunlar içerisinde gittikçe büyüyen bir sorun olmuştur ve sadece plastik ile ilgili yeni bir Paris Antlaşması bile gündeme gelmiştir. Ambalaj sanayi ise plastik kullanımında en büyük tüketicidir. Ncube vd. (2020) gıda ambalaj sanayinde özellikle petrokimyasal plastiğin yaygın olarak kullanılmasını materyalin ucuz ve esnek yapıya sahip olmasına ve dış etkenlere karşı etkin bir koruma sağlamasına bağlamaktadır. OECD ve IEA (2018) raporunda son kullanıcı plastik talebinin toplamda %36'sının plastik ambalaj olduğunu ve en büyük talebin de buradan kaynaklı olduğunu belirtmişlerdir. Bir petrokimya ürünü olan plastiğin ham maddesi petroldür ve OECD ve IEA (2018) 2050 yılına gelindiğinde toplam petrol talebinin yarısının petrokimyasallar olacağını tahmin etmiştir. Raporda denizlere her yıl atılan 8 milyon ton plastiğin ana kaynağı olarak ambalaj sektörü gösterilmiştir. Çevre için böylesine büyük bir tehdit oluşturan plastiğin ise %90'dan fazla bir bölümü petrolden üretilmektedir. İklim değişikliği ve çevre kirliliği ile mücadelede fosil yakıtlara olan bağımlılığımızı enerji üretiminde ve otomotiv sektöründe azaltmayı başarırken, her gün tükettiğimiz ürünlerin ambalajlarının yeni bir fosil yakıt bağımlılığı yarattığının farkına varılması gerekmektedir. Ekonomik olarak ise, ambalaj sektörünün petrole bağımlılığı artmakta ve petrol fiyatlarından en çok etkilenen sektörlerden birisi haline gelmektedir. Petrol fiyatları, iklim değişikliği, enflasyon (Gedik, 2021), dalgalı piyasalar ve finansal piyasalarda sektörlerin risk algısı yatırım kararlarını da etkilemektedir (Güngör, 2021).

Petrol fiyatları ile ekonomi arasındaki ilişki Hamilton (1983) çalışmasından bu yana her açıdan literatürde incelenmiştir ve incelenmeye devam etmektedir. Petrol fiyatları ile hisse senedi piyasaları arasındaki ilişki de farklı coğrafyalar, farklı sektörler ve farklı petrol fiyatı şokları için analiz edilmiştir (Arouri ve Rault, 2012; Nguyen ve Bhatti, 2012; Maghyereh, 2006; Arouri, Lahiani ve Nguyen, 2011). Petrol fiyatlarının hisse senedi piyasalarına etkisi değerlendirilirken en çok ilgi gören sektörler petrol ve gaz şirketleri (Sadorsky, 2001; Hammoudeh vd., 2004) ya da enerji firmaları olmaktadır (Henriques ve Sadorsky 2008; Sadorsky, 2012). Petrol fiyatlarının etkisini incelemek amacıyla ön plana

çıkan ilk sektörlerin fosil yakıt üreticisi ya da dağıtıcı şirketler ile enerji firmaları olması oldukça doğaldır. Ancak gelecekte petrol talebinin büyük kısmını oluşturacak olan ve petrole enerji sektöründen daha fazla bağımlı olacak olan ambalaj sektörünün literatürde göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Faff ve Brailsford (1999) Avustralya için yaptıkları çalışmada petrol fiyatı riskine karşı ambalaj, kâğıt ve ulaştırma sektörünün negatif tepki verdiğini ortaya koymuşlardır. Fakat bu yapılan çalışma dışında ambalaj sektörü hisse senedi fiyatlarını inceleyen başka bir çalışma yapılmamıştır. Bu çalışmanın amacı da literatürdeki bu açığı kapatmak ve çevre kirliliği ve plastikle mücadelede kilit rol oynayan bu sektörü daha iyi anlayabilmektir. Çalışmanın ilk bölümünde ambalaj sektörünün genel analizi yapılmıştır. Daha sonra veriler, panel eşbütünleşme, ARDL ve Granger nedensellik testi ile analiz edilmiş ve sonuçlar paylaşılmıştır. Son bölümde analiz sonuçları değerlendirilmiş ve gelecekte yapılacak çalışmalara dair fikirler paylaşılmıştır.

2. Ambalaj Sektörü Analizi

Ambalajlama işlemi ürünlerin, güneş, nem, fiziksel ve kimyasal dış etkilere korunması, taze tutulması amacıyla gerçekleştirilir. Bu işlem sayesinde ürünler, üretim aşamasından başlayarak, taşıma, dağıtım, depolama ve kullanım aşamasında bir bütün olarak kolay bir şekilde işlenmektedirler.

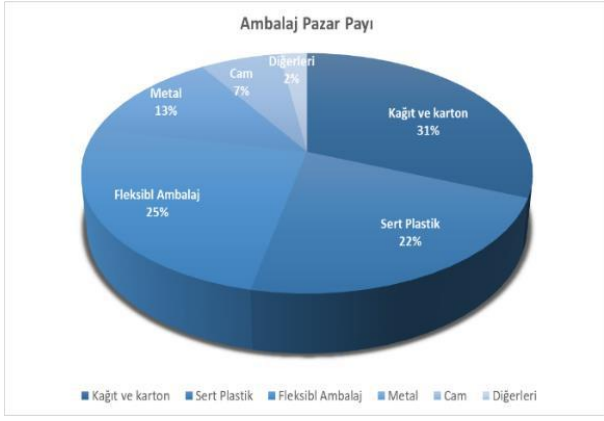
2.1. Ambalaj Sektöründe Önde Gelen Malzemeler

Gelişmemiş toplumlarda cam, toprak kaplar, çuval vb. ambalaj materyalleri kullanılırken gelişen teknoloji ile birlikte artan üretim farklı malzemelerin üretimini ve kullanımını beraberinde getirmiştir. Günümüzde ambalaj malzemesi olarak kâğıt, karton, plastik, cam, ahşap, metal vb. birçok farklı özellikte malzeme kullanılmaktadır (Keskin vd., 2020). Ambalaj malzemesi ambalajlanacak ürünün; türü, kimyasal ve fiziksel özellikleri, istenen ambalaj ömrü, müşteri beklentileri, maliyetler, vb. faktörler doğrultusunda belirlenmektedir. Ambalajlama işleminde kullanılacak malzemeler ve üretim yöntemi ürün kalitesini etkilemektedir (Özomay, 2021; Özomay vd., 2021).

2.2. Ambalaj Pazar Boyutu

Ambalaj pazarı her geçen gün büyüyen ve evrimleşen bir pazar konumundadır. Artan kullanım, gelişen teknoloji, yasal düzenlemeler, küresel ve yerel trendler, müşteri istek ve beklentileri pazara yön vermektedir (Keskin ve diğ., 2018). Ambalaj pazarı büyüklüğü 2015-2019 yılları arasında küresel boyutta yıllık ortalama %2 artışla 843,8 milyar dolardan 914,7 milyar dolara ulaşmıştır. Pazarın büyüklüğünün 2020-2030 yılları arasında büyümeye devam ederek 1,13 trilyon dolara ulaşması beklenmektedir (Simithers Pira, 2020). Birleşmiş Milletler ve sektör raporlarına göre; dünya nüfusu doğrultusunda bir ortalama alındığında, kişi başına yıllık olarak 114 dolar/yıl civarında bir ambalaj tüketimi ortaya çıkmaktadır (Simithers Pira, 2020; Keskin ve diğ., 2018).

Ambalaj pazarı materyal tipleri bakımından incelendiğinde, bu pazarın 5 temel materyal tarafından domine edildiği görülmektedir. Bu materyaller; kâğıt ve karton, plastik, metal, cam ve ahşap olarak sıralanabilir. Bu materyallerin sektörde yüzde olarak payları Şekil 1'de verilmiştir (Industrial Report, 2016).



Şekil 1. Materyal Tiplerine Göre Ambalaj Pazar Payı (Figure 1. Packaging Market Share by Material Types) Kaynak: Industrial Report, 2016.

Şekil 1 incelendiğinde; kâğıt ve karton ambalajlar ile plastik ambalajların en fazla kullanılan ambalajlar oldukları görülmektedir. Artan çevre problemleri ve sürdürülebilirlik kaygıları ambalaj sektöründe materyal tercihini etkilemektedir (Keskin vd., 2018). Bu iki malzemenin daha fazla kullanıldığı ambalaj üretiminde, sürdürülebilirliği sağlayabilmek ve pazarda güçlü olmak adına araştırmalar devam etmektedir.

2.3. Plastik Ambalaj Kullanımı

Ambalaj, plastik ürünlerin kullanıldığı en önemli uygulama alanlarından biridir. Plastik, malzeme kategorisini belirtmek için polimer yerine kullanılır. Tüm plastikler polimerdir, ancak tüm polimerler plastik değildir. Plastiklerin ambalaj olarak kullanımı çoğunlukla II. Dünya savaşından sonra başlamıştır. 1970'lerden sonra ambalaj sektöründe plastik kullanımı daha da yaygınlaşmıştır. Polietilen bu süreçte yaygınlaşan ve hala ambalaj sektöründe kullanılan plastik malzemelerin başında gelir (Selke ve Culter, 2016).

Plastikler, modern ambalaj üretiminde hafif olmaları, bariyer özellikleri, baskı avantajları ve hijyenin korunmasında daha etkili olmaları sebebiyle kullanışlı bir malzeme olarak görülmektedir (Simithers Pira, 2007). Plastik, özellikleri sebebiyle çok farklı şekillerde işlenerek değişik üretim tarzlarıyla ambalaj haline getirilebilir. Gerekliğinde esnek hafif ve yumuşak olarak veya sert bir malzeme olarak işlenebilmektedir. Plastik esaslı ambalajlar, özellik bakımından geçirgen bir ambalaj veya bariyer özellikleri güçlü bir ambalaj olabilirler. Plastik malzeme olarak düşük bir ağırlık/hacim oranına sahiptir (Selke ve Culter, 2016). Bu özellikleri plastik malzemeleri ambalaj sanayisi için ideal, ekonomik ve verimli bir malzeme haline getirmiştir.

Plastikler hem sert hem de esnek ambalajda kullanılır. Plastik ambalaj malzemeleri-şişeler, kasalar, filmler, pil kutuları, yumurta kolileri, kozmetik kaplar, taşıma çantaları, tüpler, elyaf, paletler vb. esnek, hafif, uygun maliyetli, şeffaf, dayanıklı, hijyenik ve güvenlidir (Simithers Pira, 2007). Plastik ambalaj sektöründe yaygın olarak kullanılan malzemeler olarak şu altı tür plastik sıralanabilir:

- Polietilen tereftalat (PET); su ve meşrubat kaplarını ve şişeleri gibi ambalajlar için kullanılır.
- Yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE); süt, meyve suyu, ev kimyasalları, deterjanlar, yağ şişeleri ve plastik torba üretiminde kullanılır.

- Polivinil klorür (PVC); gıda ambalajları, et, bitkisel yağ şişeleri ve blister ambalajlar için kullanılır.
- Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE); giysi, bakkaliye ve evsel atık gibi torbalarda, şirink ve streç filmlerde kullanılır.
- Polipropilen (PP); soğutulmuş kaplarda ve ketçap, şurup, yoğurt gibi işlenmiş gıda maddelerinin paketlenmesinde ve şişe kapaklarının yapımında kullanılır.
- Polistiren (PS); et ambalajında, yumurta kolilerinde vb. ambalajlarda kullanılır.

PET, ambalaj sanayiinde şişe uygulamaları için kullanılan ana polimerdir, PE ise esas olarak filmler ve kaplar için kullanılan polimerdir.

2.4. Plastik Üretimi

Genellikle plastik olarak adlandırılan polimerler, doğada bulunmayan yapay ürünlerdir. Yapay olarak temel organik malzemelerden, ham petrolden, doğal gazdan ve hatta biyokütleden üretilirler. Monomerler olarak adlandırılan ilk ürünler, düşük moleküler ağırlıklı gazlar veya sıvılardır. Düşük moleküler ağırlıklı monomerler, petrol veya doğal gazın fraksiyonel damıtılması ve parçalanması yoluyla üretilir. Monomerlerden plastik sentezinde üç farklı reaksiyon vardır: polimerizasyon, polikondansasyon ve poliadiasyon (Ghosh, 2015).

- Polimerizasyonda, monomerlerin doymamış çift bağları kırılır ve ardından radikaller rastgele bir şekilde yüksek moleküler ağırlıklı plastikler halinde polimerler haline getirilir. Polimerizasyon yöntemiyle üretilen plastiklere örnekler PE, PP ve PVC'dir.
- Polikondansasyonda, monomerler, su gibi düşük moleküler ağırlıklı bir ürünün kaybı yoluyla birbirleriyle reaksiyona girerler ve bir zincir reaksiyonu yoluyla yüksek moleküler ağırlıklı plastikler oluştururlar. Bu şekilde üretilen plastiklere örnekler PA ve PET'dir.
- Son olarak, poliadiasyon sürecinde, monomerlerin moleküler yapısı yeniden düzenlenir ve yüksek moleküler ağırlıklı plastiklere çapraz bağlanarak birbirine bağlanır. Poliüretan, bu tür plastiğin bir örneğidir (Ghosh, 2015).

2.5. Plastik Ambalajların Çevresel Problemlere Etkileri

Çevresel problemler arasında en önemli olanlardan biri olarak görülen iklim değişikliği, karbondioksit başta olmak üzere enerji ve sera gazı emisyonları kaynaklı insan aktivitelerine bağlanmıştır. Bu faaliyetlerin merkezinde; fosil yakıt kullanımı ve sera gazı yayan diğer çeşitli endüstriyel üretim süreçleri vardır (Franchetti ve Apul, 2013).

Ambalaj malzemesi üretimi ve tüketimi dünyanın hemen hemen tüm ülkelerinde büyük ölçüde artmaktadır. Birçok çevresel etki, ambalaj malzemelerinin üretimi, işlenmesi, nakliyesi ve yok edilmesi ile ilişkilidir. Bu bakımdan ambalaj endüstrileri, hava, toprak ve suyun kirlenmesinde dolayısıyla karbon ayak izi miktarında büyük rol oynar (Varun vd., 2016). Karbon ayak izi, doğrudan ve dolaylı olarak bir faaliyetten kaynaklanan veya bir ürünün yaşam aşamaları boyunca biriken özel toplam karbondioksit emisyonu miktarının bir ölçüsü olarak tanımlanmıştır (Wiedmann ve Minx, 2008). Küresel iklim değişikliği ve karbon emisyonlarının iklim değişikliğine nedensel bir faktör olarak giderek artan endişesi nedeniyle, birçok şirket ve kuruluş küresel iklim değişikliğine kendi katkılarını tahmin etmek için karbon ayak izi çalışmaları yürütmektedir (Matthews vd., 2008). Plastik ambalaj kâğıt esaslı ambalaj ile rekabet halindedir.

Ambalaj sektöründe en yaygın kullanılan bu iki malzeme, sağlayacakları sürdürülebilirlik özellikleri doğrultusunda geleceği domine edeceklerdir. Her iki malzeme için farklı yöntemler geliştirilerek pazarda artan sürdürülebilir olma talebini karşılayarak güçlü kalma çalışmaları devam etmektedir. Plastik ambalaj alanında üreticiler sürdürülebilir biyoplastik malzeme geçişlerine yönelik araştırma ve girişimlerini devam ettirmektedir. Tam olarak bir geçişin gerçekleşmemiş olması bakımından petrol bazlı plastik ambalajların kullanımı yoğun olarak devam etmektedir. Petrol bazlı plastik malzeme kullanımı, sürdürülebilirlik kaygılarının yoğunlaştığı ve yasal düzenlemelerle desteklendiği bir dönemde aşılması gereken büyük bir problem olarak görülmektedir.

3. Veri ve Metodoloji

Çalışmada ABD’de borsaya kote olan en büyük ambalaj firmalarından analiz süresince verisi olan Sonoco Products Company, Greif Bros Corporation, Sealed Air Corporation, Ball Corporation, ve Silgan Holdings Inc. firmalarının 2000 Ocak ile 2019 Aralık döneminde aylık fiyat verileri kullanılarak panel veri analizi yapılmıştır. Hisse senedi performansına etki eden faktörler olarak WTI petrol fiyatları, pazarın etkisini ölçmek amacıyla S&P500 fiyat endeksi, Amerika Tüketici Fiyat Endeksi

(Consumer Price Index (CPI)), ve piyasadaki riski değerlendirmek amacıyla VIX endeksi kullanılmıştır. CPI Amerika İşçi İstatistikleri Bürosundan (<https://www.bls.gov/cpi/>) ve diğer veriler investing.com adresinden alınmıştır.

Çalışma kapsamında incelenen şirketlerden Sonoco, tüketici ambalajları başlığı altında plastik ambalaj üretimi gerçekleştirmektedir. Greif Corp., petrokimya ve birçok farklı alanda plastik ambalaj üretimi yapmaktadır. Sealed Air, fleksibl ambalaj alanında hizmetler vermektedir. Ball Corp., 2010 yılına kadar PE, PP, PET vb. plastik ambalaj alanında faaliyet göstermiştir. Silgan, PET, PE ve PP vb. plastik esaslı ambalajlar üretmektedir.

3.1. Birim Kök Testi

Çalışmada verilerin zaman serisi karakterlerini anlayabilmek amacıyla öncelikle birim kök testleri yapılmıştır. Bu amaçla Levin, Lin ve Chu testi (Levin, Lin ve Chu, 2002), Im, Pesaran ve Shin testi (Im, Pesaran ve Shin, 1997), ADF - Fisher Chi-square testi ve PP - Fisher Chi-square testi (Maddala ve Wu, 1999; Choi, 2001) uygulanmıştır ve sonuçlar Tablo 1’de paylaşılmıştır. Sonuçlara göre seviyede seriler durağan ya da durağan olmayan karakteristikler sergilese de, birinci farklarında serilerin tamamı durağanlaşmaktadır. Bu sonuçlara göre, analizin bir sonraki aşamasına geçilebilmektedir.

Tablo 1. Birim Kök Testi Sonuçları (Table 1. Unit Root Test Results)

	Levin, Lin & Chu		Im, Pesaran ve Shin W-stat		ADF - Fisher Chi-square		PP - Fisher Chi-square	
	Sabitli	Sabitli ve trendli	Sabitli	Sabitli ve trendli	Sabitli	Sabitli ve trendli	Sabitli	Sabitli ve trendli
<i>Seviyede</i>								
<i>Ln(Hisse Fiyatı)</i>	-2.9466***	-1.3694*	-0.9576	-2.0063**	12.3465	19.1038**	9.1045	15.9619
<i>Ln(WTI)</i>	-0.7019	0.8334	-1.4163*	0.3542	13.2816	5.2290	13.1745	4.9051
<i>Ln(S&P500)</i>	3.3845	-1.7400**	3.8480	-0.6364	0.4264	9.1820	0.3025	5.7292
<i>Ln(CPI)</i>	-3.3452***	0.5795	0.1916	0.3976	5.5805	5.0883	7.1895	7.4839
<i>Ln(VIX)</i>	-1.5330*	-1.5494*	-3.4074***	-2.6627***	28.9656***	21.7425**	69.1065***	67.1312***
<i>Birinci derece farkı</i>								
<i>Ln(Hisse Fiyatı)</i>	-5.7382***	-6.4180***	-14.2433***	-14.1755***	205.7090***	186.1930***	617.4840***	641.0410***
<i>Ln(WTI)</i>	-16.2096***	-20.8172***	-14.6378***	-14.4137***	213.2880***	189.7830***	514.6480***	511.9910***
<i>Ln(S&P500)</i>	-12.6663***	-15.9266***	-10.5485***	-10.5879***	131.9940***	120.9500***	561.7110***	572.2050***
<i>Ln(CPI)</i>	-16.7459***	-19.9900***	-17.1220***	-17.4218***	266.2410***	249.0270***	247.9680***	225.4330***
<i>Ln(VIX)</i>	-12.8214***	-14.7225***	-18.4372***	-18.5486***	294.6480***	271.8490***	544.2000***	612.2370***

*, **, *** %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyeleri

3.2. Panel Eşbütünleşme Analizi

Verilerin uzun vadeli ilişkilerini incelemek amacıyla Pedroni (1996) panel eşbütünleşme analizi yapılmıştır. Yapılan analiz denklemi;

$$Hisse\ Fiyat_{it} = \alpha_i + \mu_i t + \delta_{ij} S\&P500_{i,t} + x_{ij} WTI_{i,t} + \gamma_{ij} CPI_{i,t} + q_{ij} VIX_{i,t} + \epsilon_{it} \quad (1)$$

i çalışmada kullanılan ambalaj firmalarını, t zamanı temsil etmektedir. Kalıntılar (residual) bulunduktan sonra denklem tekrar test edilmektedir.

$$\epsilon_{it} = \rho_i \epsilon_{it-1} + v_{it} \quad (2)$$

Eşbütünleşme analizi sonuçları Tablo 2’de paylaşılmıştır. Toplam yapılan 11 testten 7 tanesi %5 anlamlılık seviyesinde seriler arasında eşbütünleşik bir ilişkinin varlığını kanıtlamaktadır.

Tablo 2. Pedroni Eşbütünleşme Analizi Sonuçları (Table 2. Pedroni Cointegration Analysis Results)

	Panel (boyut içinde)		Grup (boyutlar arasında)
	Ağırlıklandırılmış		
v-istatistiği	0.9777	1.0486	
rho-istatistiği	-3.1282***	-2.9796***	-2.4728***
PP-istatistiği	-3.0792***	-2.9507***	-2.7769***
ADF-istatistiği	-1.8614**	-1.7559**	-1.4154*

Sabitli ve trendli model seçilmiştir. *, **, *** %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyeleri

3.3. Panel ARDL Analizi

Verilerin tamamı birinci dereceden farkında durağanlaşmaktadır ve veriler Pesaran, Shin ve Smith (1999) tarafından geliştirilen Panel ARDL analizi için uygundur. Yapılan analiz şöyle formüle edilmektedir.

$$Hisse\ Fiyat_{it} = \mu_i + \sum_{j=1}^p \beta_{ij} Hisse\ Fiyat_{i,t-1} + \sum_{j=0}^{q_1} \delta_{ij} S\&P500_{i,t-1} + \sum_{j=0}^{q_2} x_{ij} WTI_{i,t-1} + \sum_{j=0}^{q_3} \gamma_{ij} CPI_{i,t-1} + \sum_{j=0}^{q_4} q_{ij} VIX_{i,t-1} + \epsilon_{it} \quad (3)$$

Tekrar parametrize edilen model

$$\Delta(Hisse\ Fiyat)_{it} = \mu_i + \phi_i (Hisse\ Fiyat_{i,t-1} - \theta_1 S\&P500_{i,t-1} - \theta_2 WTI_{i,t-1} - \theta_3 CPI_{i,t-1} - \theta_4 VIX_{i,t-1}) + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_{ij} \Delta(Hisse\ Fiyat)_{i,t-1} + \sum_{j=0}^{q_1-1} \lambda'_{ij} \Delta(S\&P500)_{i,t-1} + \sum_{j=0}^{q_2-1} \lambda''_{ij} \Delta(WTI)_{i,t-1} + \sum_{j=0}^{q_3-1} \lambda'''_{ij} \Delta(CPI)_{i,t-1} + \sum_{j=0}^{q_4-1} \lambda''''_{ij} \Delta(VIX)_{i,t-1} + \epsilon_{it} \quad (4)$$

Tablo 3’te ARDL analizi sonuçları paylaşılmıştır. Ambalaj firmalarının hisse fiyatları üstünde S&P500 fiyat endeksinin uzun vadede ve anlamlı pozitif bir etkisi vardır. Petrol fiyatlarının ve VIX endeksinin ise hisse fiyatları üstünde uzun vadede olumsuz etkisi vardır. VIX endeksi borsaya karşı risk algısını temsil ettiği için, piyasalar da artan riskin hisse fiyatları üstünde olumsuz etkinin olması beklentiler doğrultusundadır. Petrol fiyatlarındaki bir birim yükseliş, hisse fiyatlarının %37 kadar düşmesine neden olmaktadır. Tüketici fiyat endeksinin ambalaj firmalarının hisse fiyatları üstünde uzun vadede anlamlı bir etkisi yokken kısa vadede artan enflasyon hisse fiyatlarını olumsuz etkilemektedir. Hata düzeltme terimi olan ECT (Error Correction Term) istatistiksel olarak anlamlı ve negatif bulunmuştur ve bu modelin çalıştığının göstergesidir. Kısa vadede oluşan şokların etkisi %7 oranında tekrar dengeye gelmektedir.

Tablo 3. Havuzlanmış Ortalama Grup ARDL Sonuçları (Table 3. Pooled Average Group ARDL Results)

Uzun Vadeli İlişki	Katsayılar	Standart Hatalar	t istatistiği
Ln(S&P500)	0.4037***	0.1509	2.6758
Ln(WTI)	-0.3757**	0.1658	-2.2664
Ln(CPI)	7.0490*	3.6506	1.9309
Ln(VIX)	-0.2010**	0.0940	-2.1381
Kısa vadeli İlişki			
ECT	-0.0671***	0.0247	-2.7167
Δ Ln(S&P500)	0.8582***	0.2080	4.1265
Δ Ln(WTI)	0.0116	0.0308	0.3767
Δ Ln(CPI)	-0.2005***	0.0738	-2.7157
Δ Ln(VIX)	-0.0081	0.0138	-0.5898
Sabit	-2.3025***	0.8407	-2.7388
Trend	-0.0006**	0.0003	-2.2570

Gecikme kriteri olarak Schwarz bilgi kriteri kullanılmıştır. *, **, *** %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyeleri

3.4. Granger Nedensellik Testi

Serilerin uzun vadede eşbütünleşik olmasından dolayı, aradaki kısa vadeli ilişkiyi ölçmek amacıyla VECM Granger testi uygulanmıştır ve sonuçlar Tablo 4’te paylaşılmıştır. Sonuçlara göre, S&P500 ile ambalaj firmaları hisse fiyatları arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bunu yanı sıra petrol fiyatları ile Tüketici Fiyat Endeksi ambalaj firmalarının Granger nedeni olarak ortaya çıkmıştır.

Tablo 4. VECM Granger Nedensellik Testi Sonuçları (Table 4. VECM Granger Causality Test Results)

Bağımlı Değişken	Bağımsız Değişken	
$\Delta \text{Ln}(\text{Hisse Fiyatı})$	$\Delta \text{Ln}(\text{S\&P500})$	27.9048*** (0.0000)
$\Delta \text{Ln}(\text{S\&P500})$	$\Delta \text{Ln}(\text{Hisse Fiyatı})$	11.6656*** (0.0086)
$\Delta \text{Ln}(\text{Hisse Fiyatı})$	$\Delta \text{Ln}(\text{WTI})$	11.6827*** (0.0086)
$\Delta \text{Ln}(\text{WTI})$	$\Delta \text{Ln}(\text{Hisse Fiyatı})$	0.4035 (0.9395)
$\Delta \text{Ln}(\text{Hisse Fiyatı})$	$\Delta \text{Ln}(\text{CPI})$	9.5101** (0.0232)
$\Delta \text{Ln}(\text{CPI})$	$\Delta \text{Ln}(\text{Hisse Fiyatı})$	3.8910 (0.2735)
$\Delta \text{Ln}(\text{Hisse Fiyatı})$	$\Delta \text{Ln}(\text{VIX})$	6.4955* (0.0898)
$\Delta \text{Ln}(\text{VIX})$	$\Delta \text{Ln}(\text{Hisse Fiyatı})$	1.0052 (0.8000)

Gecikme kriteri olarak Schwarz bilgi kr Boz, Z., Korhonen, V., & Koelsch Sand, C. (2020). Consumer considerations for the implementation of sustainable packaging: A review. *Sustainability*, 12(6), 2192. iteri kullanılmıştır. *, **, *** %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyeleri

4. Sonuç ve Değerlendirme

WEF (2016) raporuna göre 2050 yılına gelindiğinde plastik üretimi 3 katına çıkacak ve plastik atıkların çevreye verdiği zarar da bir o kadar artacaktır. Enerji üretiminde fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerjiye doğru yatırımların yönlendirilmesi ve otomotiv sektöründe benzinle çalışan arabaların yerine elektrikli arabaların geçmeye başlaması petrol üreticilerinin üstünde yoğun bir baskı oluşturmaktadır. Yeni pazar arayışlarında ise petrol bazlı plastik üreticileri ön plana çıkmaktadır. Her ne kadar dünyadaki büyük ambalaj firmaları, petrol bazlı plastik üretimini azaltmaya çalışsa da hala ucuz ve sağlam bir materyal olmasından dolayı (Ncube vd., 2020) plastik yaygın olarak kullanılmaya devam etmektedir. Plastik kullanımından dolayı petrole bağımlı olan ve bağımlılığının da artması beklenen bu sektörün, petrol fiyatları ile arasındaki ilişki yalnızca Faff ve Brailsford (1999) tarafından analiz edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı da Amerika'da ambalaj sektöründe faaliyet gösteren en büyük firmaların hisse senedi fiyatına etki eden, petrol fiyatları başta olmak üzere makroekonomik faktörleri incelemektir. Bu amaçla WTI petrol fiyatları, S&P500 fiyat endeksi, CPI ve VIX endeksi faktörler olarak seçilmiştir. Pedroni eşbütünleşme analizi sonucunda tüm faktörlerin uzun vadede eşbütünleşik olduğu bulunmuştur. Panel ARDL testi sonucunda S&P500 endeksinin uzun vadede ve kısa vadede olumlu olarak ambalaj sektöründeki firmaların hisse senedini etkilediği belirlenmiştir. Petrol fiyatlarının ise kısa vadede etkisi görülmezken uzun vadede olumsuz etkisi görülmektedir. Beklentiler doğrultusunda çıkan bu sonuca göre, petrole bağımlı olan ambalaj sektöründeki firmalar petrol fiyatlarındaki artıştan olumsuz etkilenirken, fiyat düşüşlerinden olumlu etkilenmektedirler. CPI ile ölçülen enflasyon ise uzun vadede ambalaj firmalarının hisse senetlerine etki etmezken, kısa vadede olumsuz

bir etkisi olduğu görülmüştür. Piyasadaki korkuyu ölçmek amacıyla hesaplanan VIX endeksindeki artış ise uzun vadede beklentiler doğrultusunda hisse senedi fiyatları üstünde olumsuz bir etki yaratırken, kısa vadede etki göstermemektedir. Nedensellik testi sonuçlarında ise, S&P500 ile ambalaj sektörü firmaları hisse fiyatları arasında çift yönlü bir nedensellik bulunmuştur. Petrol fiyatları ile hisse fiyatları arasında petrol fiyatlarından hisse senedi fiyatlarına doğru tek yönlü nedensellik bulunmuştur. Enflasyon ile tek yönlü CPI'dan hisse senedi fiyatlarına doğru nedensellik ortaya konmuştur.

Sonuç olarak petrol fiyatları ile ambalaj sektöründe faaliyet gösteren Sonoco Products Company, Ball Corporation, Greif Bros Corporation, Sealed Air Corporation ve Silgan Holdings Inc firmalarına ait hisse senetleri hem uzun vadede hem kısa vadede güçlü bir ilişki göstermiştir. Petrol bazlı plastik, çevre için uzun vadede en büyük tehdidi oluşturan faktörler arasında bulunmaktadır. Özellikle denize bırakılan petrol bazlı plastik canlı türlerinin soyunu tehdit etmekte, içme sularını kirleterek insanlar için büyük bir sağlık sorunu teşkil etmektedir. Global petrol üreticilerinin gözlerini çevirdikleri yeni pazar ambalaj pazarıdır ve üreticilerin hem çevresel kaygılar hem de finansal kaygılar dolayısıyla petrole olan bağımlılıklarını azaltmaları gerekmektedir. Çalışma sonucundan anlaşılacağı üzere, petrol fiyatı riskine karşı açık durumda olan firmalar petrol şoklarından en çok etkilenen sektörler arasına girmektedir. Gelecekteki çalışmalarda dünyanın en büyük plastik ambalaj üreticileri olan Avrupa ve Çin'deki firmaların da değerlendirilmesi faydalı olacaktır. Son yıllarda yaşanan petrol şoklarının sektör üstündeki etkisinin de başka modellerle değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çalışma, ambalaj sektöründe faaliyet gösteren ve borsaya kote olan firma sayısının azlığı dolayısıyla kısıtlı firma sayısı ile yapılmıştır. Global düzeyde yapılan bir çalışma ile dünyadaki tüm büyük ambalaj firmalarının petrol fiyatlarından nasıl etkilendiği analiz edilmelidir.

Kaynakça

- Arouri, M. E. H., & Rault, C. (2012). Oil prices and stock markets in GCC countries: empirical evidence from panel analysis. *International Journal of Finance & Economics*, 17(3), 242-253.
- Arouri, M. E. H., Lahiani, A., & Nguyen, D. K. (2011). Return and volatility transmission between world oil prices and stock markets of the GCC countries. *Economic Modelling*, 28(4), 1815-1825.
- Choi, I. (2001). Unit root tests for panel data. *Journal of International Money and Finance*, 20(2), 249-272. [https://doi.org/10.1016/S0261-5606\(00\)00048-6](https://doi.org/10.1016/S0261-5606(00)00048-6).
- Faff, R. W., & Brailsford, T. J. (1999). Oil price risk and the Australian stock market. *Journal of Energy Finance & Development*, 4(1), 69-87.
- Franchetti, M.J., & Apul, D. (2013). *Carbon footprint analysis concepts, methods, implementation, and case studies*. USA: CRC Press.
- Gedik, A. (2021). Enflasyon ve Faiz Oranı İlişkisi: Fisher Hipotezinin Türkiye İçin Geçerliliği, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 615-624.
- Ghosh, A. (2015). *Technology of polymer packaging*. Cincinnati: Hanser Publications.
- Güngör, M. (2021). Döviz Kuru, VIX Korku Endeksi ve Yabancı Portföy Yatırımları Etkileşimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ejosat Özel Sayı 2021 (RDCONF), 1034-1042.

- Hamilton, J. D. (1983). Oil and the macroeconomy since World War II. *Journal of political economy*, 91(2), 228-248.
- Hammoudeh, S., Dibooglu, S., & Aleisa, E. (2004). Relationships among US oil prices and oil industry equity indices. *International Review of Economics & Finance*, 13(4), 427-453.
- Henriques, I., & Sadorsky, P. (2008). Oil prices and the stock prices of alternative energy companies. *Energy Economics*, 30(3), 998-1010.
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for unit roots in heterogeneous panels. *Journal of econometrics*, 115(1), 53-74.
- Industrial Report (All4pack) (2016). *Packaging: market and challenges in 2016*. Erişim adresi <https://www.all4pack.com/content/location/136757>, (Erişim Tarihi: 10.03.2021).
- Investing.com (2020). Erişim Adresi <https://www.investing.com/>
- Keskin, B., Altay, B.N., Akyol, M., Meral, G., Uyar, O., & Fleming, P.D. (2018). Global packaging trends. *6th International Printing Technologies Symposium*, 1-3 November 2018. İstanbul, Türkiye.
- Keskin, B., Altay, B. N., Kurt, A. & Fleming, P. D. (2020). Sustainability in Paper-Based Packaging. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (2), 129-137.
- Levin, A., Lin, C. F., & Chu, C. S. J. (2002). Unit root tests in panel data: asymptotic and finite-sample properties. *Journal of econometrics*, 108(1), 1-24.
- Maddala, G. S., & Wu, S. (1999). A comparative study of unit root tests with panel data and a new simple test. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 61(S1), 631-652.
- Maghyreh, A. (2006). Oil price shocks and emerging stock markets: A generalized VAR approach. In *Global stock markets and portfolio management* (pp. 55-68). Palgrave Macmillan, London.
- Matthews, H.S., Hendrickson, C.T., & Weber, C.L. (2008). The importance of carbon footprint estimation boundaries. *Environmental Science & Technology*, 42, 5839-5842.
- Ncube, L. K., Ude, A. U., Ogunmuyiwa, E. N., Zulkifli, R., & Beas, I. N. (2020). Environmental impact of food packaging materials: a review of contemporary development from conventional plastics to polylactic acid based materials. *Materials*, 13(21), 4994.
- Nguyen, C. C., & Bhatti, M. I. (2012). Copula model dependency between oil prices and stock markets: Evidence from China and Vietnam. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 22(4), 758-773.
- OECD ve International Energy Agency (2018). *The future of petrochemicals towards more sustainable plastics and fertilisers*. Erişim adresi: <https://webstore.iea.org/download/direct/2310>. (Erişim Tarihi 10.11.2020).
- Özomay, M. (2021). Kekik ile Doğal Boyama Yapılan Hatay İpeğinin Haslık Sonuçlarının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemiyle En Uygun Seçeneğinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ejosat 2021 Ek Sayı 1, 531-538.
- Özomay, Z., Şahin, C. & Keskin, B. (2021). Investigation of the Effect of Different Screening Methods on Print Quality in Digital Printing System. *Politeknik Dergisi*, 24(3), 1213-1217. DOI: 10.2339/politeknik.884893
- Pedroni, P. (1996). *Fully modified OLS for heterogeneous cointegrated panels and the case of purchasing power parity*. Manuscript, Department of Economics, Indiana University, 5, 1-45.
- Pesaran, M. H., Shin, Y., & Smith, R. P. (1999). Pooled mean group estimation of dynamic heterogeneous panels. *Journal of the American statistical Association*, 94(446), 621-634. <https://doi.org/10.2307/2670182>
- Sadorsky, P. (2001). Risk factors in stock returns of Canadian oil and gas companies. *Energy economics*, 23(1), 17-28.
- Sadorsky, P. (2012). Correlations and volatility spillovers between oil prices and the stock prices of clean energy and technology companies. *Energy economics*, 34(1), 248-255.
- Selke, S., & Culter, J.D. (2016). *Plastics packaging properties, processing, applications, and regulations*. Cincinnati: Hanser Publications.
- Simithers Pira Report (2007). *Plastic packaging waste: global legislation and regulations*. Pira International Ltd. London, UK.
- Simithers Pira Report (2020). *The future of packaging: long-term strategic forecasts to 2030*. Simithers Pira, USA.
- U.S. Bureau of Labor Statistics (2020). Consumer Price Index. Erişim Adresi <https://www.bls.gov/cpi/>
- Varun, G., Sharma, A., & Himanshu N. (2016). *Environmental impacts of packaging materials*. In *environmental footprints of packaging*. Springer, Hong Kong.



Hibrit Gri Kurt Optimizasyonu ile Geçitli Tekrarlayan Birim Modeli Kullanılarak Zaman Serisi Tahmini

Hüseyin Çağan Kılınç^{1*}, Yunus Öztürk²

^{1*} İstanbul Esenyurt Üniversitesi, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-1848-2856), cgknlnc@gmail.com

² Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8032-9292), ynsemre@kilis.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 25 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 25 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1062777)

ATIF/REFERENCE: Kılınç, H. Ç. & Öztürk, Y. (2022). Hibrit Gri Kurt Optimizasyonu ile Geçitli Tekrarlayan Birim Modeli Kullanılarak Zaman Serisi Tahmini. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 259-267.

Öz

Sürdürülebilir su kaynakları sağlamak için akış tahmini gereklidir. Son zamanların popüler programları arasında yer alan makine öğrenmesi (ML), nehir akışlarını tahmin etmede giderek daha önemli hale gelmiştir. Makine öğrenmesi bu alanda uzun süredir kullanılmaktadır ancak, tahmin kalitesindeki iyileşme halen devam etmektedir. Bu çalışmada, Seyhan Havzası üzerinde yer alan Göksu Himmetli ve Körkün Hacılı akım ölçüm istasyonlarının performansı, GWO (Gri Kurt Algoritması) entegre edilmiş Kapalı Tekrarlayan Birim (GRU) ile oluşturulan hibrit model kıyas modeli olan (GRU) ve Liner Regresyon modeli ile karşılaştırılmıştır. Çalışmada Göksu Himmetli istasyonunun zaman aralığı 2002-2011 yılları arasındadır. Körkün istasyon verileri ise 2003-2012 yılları arasındadır. Veri setleri günlük akış değerlerinden oluşmaktadır. Modelin performansını doğrulamak için, verilerin ilk %80'i eğitim için, verilerin kalan %20'si ise test için kullanıldı. Gözlemlenen ve tahmin edilen akış verileri karşılaştırılarak hangi modelin daha iyi sonuç verdiği incelenmiştir. İstatistiksel değerlendirme kriterleri olarak RMSE, MAE, MAPE, R² ve STD kullanılmıştır. Tüm değerlendirme kriterleri incelendiğinde hibrit modelin performansının başarılı olduğu görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Derin öğrenme, gri kurt algoritması, nehir akımı, tekrarlayan kapalı birim, zaman serisi, hibrit model.

Time Series Forecasting Using a Gated Recurrent Unit Model Hybridized with a Gray Wolf Optimization

Abstract

Flow forecasting is necessary to ensure sustainable water resources. Machine learning (ML), which is among the popular programs of recent times, has become more and more important in predicting river flows. Machine learning has been used in this field for a long time, but the quality of prediction is still improving. In this study, the performance of Göksu Himmetli and Körkün Hacılı flow measurement stations located on the Seyhan Basin were compared with the hybrid model benchmark model (GRU) and Liner Regression model created with GWO (Grey Wolf Algorithm) integrated Gated Repetitive Unit (GRU). In the study, the timespan of Göksu Himmetli station is between 2002-2011. The timespan of the Körkün station is between 2003-2012. The data sets consist of daily flow values. To validate the performance of the model, the first 80% of the data was used for training and the remaining 20% of the data was used for testing. Observed and predicted flow data were compared and it was examined which model gave promise results. RMSE, MAE, MAPE, R² and STD were used as statistical evaluation criteria. When all evaluation criteria were examined, it was seen that the performance of the hybrid model was successful.

Keywords: Deep learning, gray wolf optimization, streamflow, gated recurrent unit.

* Sorumlu Yazar: cgknlnc@gmail.com

1. Giriş

Havzalardaki tahmin çalışmalarının modellenmesi gün geçtikçe daha farklı modellerle yapılmaktadır (Kuru ve Tezer, 2020). Havzalarda geleneksel modellerden farklı olarak maliyeti düşük ve hızlı sonuçlar elde edebilen yapay zekâ ile su kaynaklarının tahmini yapılabilmektedir. Veriye dayalı bu yöntem, fiziksel süreçleri dikkate almadan verimli alternatifler sunabilmekte, ancak bazı uygulamalarda havzaların durağan olmama durumu nedeniyle bu yöntemden sınırlı verim alınmaktadır (Tanyıldızı ve Çelik, 2020). Bu nedenle karşılaşılan problemlerin çözümü için kullanılan metoda bağlı olarak farklı optimizasyonlar havzalarda uygulanmaktadır. Modellerdeki verimliliği artırma amacıyla optimizasyon algoritmaları geliştirilmektedir (Garip vd., 2021). Son yıllarda bu optimizasyon algoritmalarına olan ilgi hızla artmaktadır. Optimizasyon, mühendislik durumunun matematiksel bir modelini oluşturmak için temel bileşenleri yakalamaya yardımcı olur ve modelleme sürecinde daha iyi kararları daha hızlı verme konusunda güven sağlar (Çelik vd., 2019). Bu algoritmalar arasında, zor problemlere daha az vakit harcayarak çözümler üretebilmesi, problemden bağımsız çalışabilmesi ve kolay uygulanabilirliği metasezgisel algoritmalara olan ilgiyi arttırmaktadır (Durgut ve Aydın, 2021). Meta-sezgisel terimi, problemin sınırını tanımlayan arama uzayında daha iyi sonuçlar elde etmek için diğer sezgisel yöntemlere rehberlik etmek için kullanılan üst düzey bir sezgisel terimi tanımlamak için önerilmiştir (Glover, 1986). Meta sezgisel algoritmalar; fiziksel temelli algoritmalar, evrimsel algoritmalar, sürü zekâsı algoritmaları, biyocoğrafik ilhamlı algoritmalar ve doğadan ilham alan diğer algoritmalar olarak sınıflandırılabilirler (Haznedar vd., 2021). Bu algoritmalar başlangıç çözümü veya çözümlerin oluşturduğu popülasyon ile arama sürecine başlar. Algoritmalar, arama sürecinde yeni çözümlerin daha iyiye gidemeyip sıkışıp kaldığı durumlarda (yerel minimuma takılma) arama uzayının farklı konumlarındaki çözümleri kullanmaya çalışır (Kılınc, 2021). Böylece tüm arama uzayı etkin bir biçimde kullanılmış olur (Deliloğlu vd., 2021). Algoritmanın amacı, etkin bir yol ile küresel en uygun çözüme ulaşabilmesidir. Çoğu metasezgisel algoritma her zaman en iyi çözümü bulmaz ve elde edilen sonuçlar yalnızca yaklaşık sonuçlar verir, kesinlik yoktur. Ancak metasezgisel yöntemin en iyi özelliği, çözmeye çalıştığı optimizasyon problemi hakkında herhangi bir özel bilgi gerektirmemesidir. Bu nedenle, genel bir çözüm modeli kavramını tanımlamak için kullanılabilir (Morales vd., 2020). Metasezgisel optimizasyon algoritmalarının etkinliği problem çözümünde büyük önem arz eder. Bir algoritmanın etkinliği çözüm uzayındaki iki temel hareket etme kabiliyetine bağlıdır. Bunlardan ilki arama süreçlerindeki yeni ve iyi çözümleri keşfedebilme (exploration) kabiliyetidir. İkincisi ise elde edilen bilgi ve çözümleri kullanarak (exploitation) geliştirebilme kabiliyetidir. Bu iki kabiliyet arasında denge kurulması gerekmektedir. Aksi takdirde algoritmadan iyi bir performans elde edilemeyecektir. Eğer arama/keşif fazı baskın olursa, algoritma var olan çözümleri geliştirmek için yeterli fırsat bulamayabilir ve yakınsama hızı oldukça yavaşlar. Eğer kullanma/geliştirme fazı baskın olursa, daha iyi çözümler sunabilecek bölgelere ulaşmakta zorlanılır ve algoritma yerel minimuma takılır (Avcu ve Ekmekçi, 2020). Son yıllarda araştırmalarda sıklıkla kullanılan birçok metasezgisel algoritma bulunmaktadır. Bu algoritmalar arasında, Genetik Algoritma, Karınca Kolonisi Optimizasyonu, Parçacık Sürüşü Optimizasyonu, Yapay Arı Kolonisi, Diferansiyel Gelişim Algoritması, Benzetim Tavlama, Yerçekimi

Arama Algoritması, Gaz Brownian Hareketi Optimizasyonu, Isı Transferi Arama, Elektromanyetik Alan Optimizasyonu, Ağırlıklı Süperpozisyon Çekimi, Orman Optimizasyonu Algoritması bulunmaktadır. Bu algoritmalar gerçek dünya optimizasyonu ile başa çıkmak için büyük bir potansiyele sahiptir (Çelik, 2019).

GWO, 2014 yılında Mirjalili tarafından önerilen doğadaki gri kurt temel avlanma prosedüründen ve sosyal hiyerarşisinden esinlenen optimizasyon algoritmasıdır (Mirjalili vd., 2014). Algoritma, gri kurtların çoğunlukla grup halinde yaşamaları ve avlanma stratejileri modellenerek, numerik optimizasyon problemlerine çözüm üretilmesi amacıyla geliştirilmiştir (Banerjee ve Mukhopadhyay, 2019). GWO algoritmasının en önemli dezavantajı yakınsama ve durgunluktur. GWO'da arama süreci her yinelemede en iyi üç kurt (alfa, beta, gama) tarafından motive edilir. Bu yüzden güçlü sömürü meydana gelir ancak arama çeşitliliği etkilenir. Ayrıca çözüm kalitesine bağlı olarak gerçekleştirilen çözüm seçim işlemi arama sürecinin sonlarına doğru rassal hale gelmektedir (Gendreau vd., 2016).

Prosedürün yoğunluğu, yakınsama ve durgunluk düşündüğünde makine öğrenme modeli, GRU ile güçlendirilerek nehir akım tahminlerinin performans durumu gözlenebilir. GRU modelinin yerel optimum noktalarına takılmadan global sonuca ulaşabilme yeteneği model performansında değerlendirilir (Rodriguez, 2021). Ayrıca, bu modeller Tekrarlayan Sinir Ağı (RNN), Kapılı Tekrarlayan Birim (GRU) ve Çok Katmanlı Algılayıcı (MLP) ağı gibi modellere entegre edilerek hibrit bir model oluşturulabilir. Bu yeni yöntem, ileriye yönelik akış tahmini için geçmiş özellikleri yakalayan gecikmeli veri kümelerinin toplanması yoluyla geliştirilmiş bir ilişkiyi tanımlayabilir (Kaltah, 2013).

GRU, bellek ve kümeleme ile ilişkili makine öğrenme görevlerini gerçekleştirmek ve tekrarlayan sinir ağlarında sık görülen bir sorun olan gradyan sorununu çözmek adına sinir ağı giriş modelinin ayarlanmasına yardımcı olur. Uzaysal-zamansal analizi GRU ile birleştiren kısa vadeli bir nehir akışı tahmin modellerinde akış verileri üzerinde zaman korelasyon analizi ve mekansal korelasyon analizi yapıldığında optimal giriş zaman aralığı ve mekansal veri hacmini belirlemek için mekansal-zamansal öznitelik seçim algoritmaları da kullanılır. GRU modeli GWO algoritmasıyla güçlendirildiğinde verimin artması ve doğru yöneme ulaşılması hedeflenir (Kratzert, 2018). Son dönemlerde literatürdeki çözüm üretme odaklı çalışmalar için algoritmaların geliştirme arayışına devam edilmiştir. Gao vd. akış tahmini için GRU ve LSTM modellerini karşılaştırarak performanslarını incelemiştir. Bu modellerin tahmin doğruluğunun, artan zaman adımı ile arttığını ve stabilize olduğunu, GRU modelinin ise LSTM'ye kıyasla daha iyi performans sergilediği görülmüştür. GRU'nun, eğitimi için daha az zaman gerektirmesi sebebiyle kısa vadeli akış tahminlerinde kullanılabilirliği görülmüştür (Xiang ve Demir, 2020). Dai vd. (2018), Uyarlamalı Gürültü ile Komple Ampirik Mod Ayırıştırması ve Modifiye Gri Kurt Optimizasyon Algoritması ile Optimize Edilmiş Destek Vektör Makinesi (CEEMDAN-MGWO-SVM) modellerini analiz etmiştir. Birlikte uygulanan bu algoritmalar olumlu sonuçlar vermiştir. Hou vd. (2021), Bulut Sunucusu Yük Tahmini için GWO-BP Modelinin Optimizasyonu Üzerine Araştırma yapmıştır ve modelin tahmin doğruluğunu verimli bir şekilde desteklemiştir. Mirjalili vd. (2016) GWO ve Çok Amaçlı Gri Kurt Optimizasyon (MOGWO) modellerini tasarlamıştır. Turabieh (2016), GWO ve ANN hibritleşmesinin gücünü araştırmıştır. Kaveh ve Zakian geliştirilmiş bir GWO (IGWO) algoritması ile GWO algoritmasını geliştirmiştir. Her iki algoritmada da başarılı veriler

elde etmiştir. Emary vd. (2016), GWO'nun yeni bir ikili versiyonunu önererek sınıflandırma amaçları için en uygun özellik alt kümesini seçmek için kullanmıştır. Mohanty vd. (2015), kısmi gölgeleme koşulları altında GWO tekniğini kullanan yeni bir maksimum güç noktası izleme (MPPT) tasarımı uygulamıştır. El-Fergany ve Hasanien (2015), GWO ve DE algoritmalarını kullanarak tek ve çok amaçlı optimal modelleri ortaya koymuştur. Tikhamarine vd. (2019), Cezayir'deki Ain Bedra ve Fermatou adlı iki ölçüm istasyonundan aylık akış tahmininde destek vektörü regresyonu (SVR) doğruluğunu iyileştirmek için GWO adı verilen yeni bir meta-sezgisel algoritma uygulamıştır. GWO algoritması, hem tahmin doğruluğu hem de yakınsama açısından diğer algoritmalarından daha iyi performans göstermiştir. Zhao vd. (2021), Shangjingyou istasyonundaki Fenhe Nehri'nin üst kesimlerindeki Fenhe rezervuar çalışmasındaki aylık akış verileriyle GRU modeli tahmin çalışması yapmıştır GRU modeli kullanılarak geçmiş ve gelecek tahminleri arasındaki ilişki inceleyerek aşırı öğrenme makinesi (ELM) ve en küçük kareler destek vektör makinesi (LSSVM) kullanan paralel deneylerle karşılaştırmıştır. GRU modelinin tatmin edici performans sergilediği görülmüştür. Muhammed vd. (2019), LSTM ve GRU modellerinin akım tahmininde karşılaştırılmasını incelemiştir. Çalışmasını ABD'deki on havzanın ardışık 35 yıllık Model Parametre Tahmin Deneyi (MOPEX) veri setini kullanarak hibrit bir model oluşturmuştur. LSTM'nin daha iyi performans göstermesine rağmen, GRU modeli hidrolojik alanlarda verimli ve güvenilir bir yaklaşım olduğu sonucuna ulaşmıştır.

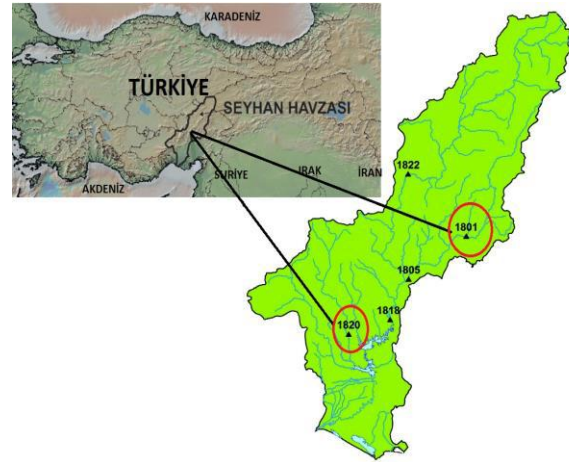
Önerilen çalışma, algoritma temelli tahmin modeli literatürüne katkı sağlamaktadır. Var olan literatüre katkısı, mevcut yöntemlerden daha hızlı ve verimli çözümler üretilmesi için tek bir model kullanmak yerine bir algoritma ile modelin güçlendirilerek uygulanmasıdır. Çalışmada üretilen sonuçlar güncel literatürde yer alan metasezgiseller diğer yöntemler dikkate alınarak karşılaştırılmıştır (Kılınc ve Haznedar, 2022). Önerilen yöntemin literatürdeki yöntemler ile karşılaştırmalarının istatistiksel olarak anlamlılığı da ortaya konulmuştur. Seyhan havzası üzerindeki Zamanti Nehri'nde günlük zaman serileri Akım Gözlem İstasyonu'ndan (AGİ) toplanarak GWO algoritması ile GWO-GRU modeli karşılaştırmalı analiz ile entegre edilerek istatistiksel analiz, akış tahmininde uygulanabilirliğini araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışma Bölgesi

Seyhan Havzası Çukurova'dan Kuzeye doğru kama biçiminde uzanmakta olup yukarı bölümü İç Anadolu, orta ve aşağı bölümü Akdeniz Bölgesi'nde yer almaktadır. Şekil 1'de konumu ve topografyası verilen Seyhan Havzası 36° 30' ile 39° 15' kuzey enlemleri ve 34° 45' ile 37° 00' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havza, Seyhan Nehri ile Göksu ve Zamanti nehrinin kollarının su toplama alanlarını içinde bulundurmaktadır. 22042 km² 'lik yüzölçümüne sahiptir. Türkiye'nin Akdeniz'e dökülen nehirlerinin en büyüklerinden birisidir. Uzunluğu Zamanti ve Göksu Nehirleri başta olmak üzere tüm kollarıyla birlikte 560 km'dir. Seyhan havzası iklim değişikliği dolayısı ile kuraklıktan önemli derecede etkilenecek havzaların başında gelmektedir. Yüzeysel su kaynakları, kar depolaması ve yeraltı suyu potansiyelinde %30'a varan önemli azalışların gerçekleşeceği öngörülmektedir (Ekmekçi, 2008). Akdeniz Bölgesi'nde Akdeniz iklimi, İç Anadolu Bölgesi'nde karasal iklim özelliklerine

rastlanır. Akdeniz ikliminde kışlar ılık ve bol yağmurlu, yazlar sıcak ve kuraktır; karasal iklimde ise kışlar soğuk ve genellikle kar yağışlı, yazlar sıcak ve kuraktır.



Şekil 1. Seyhan havzası ve çalışma istasyonlarının konumu

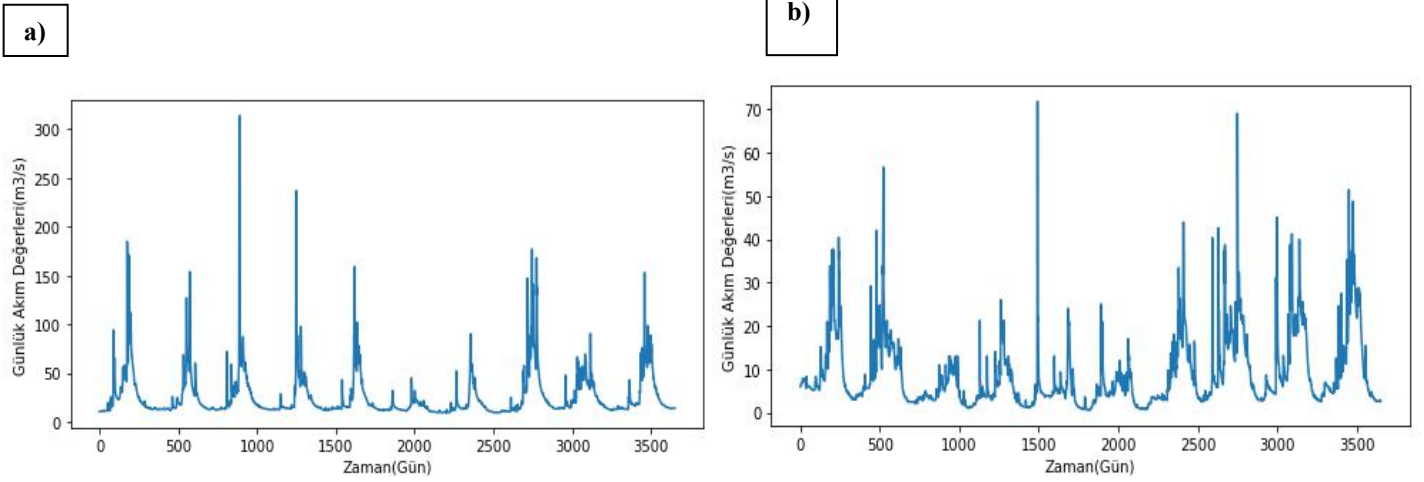
2.2. Veri Kümeleri ve Ön İşleme

Bu çalışmada, uzun vadeli 10 yıllık akış verilerini toplamak için günlük akış ölçüm istasyonları (AGİ'ler) kullanılmıştır. Şekil 2'de gösterilen Seyhan Nehir havzasının çeşitli kollarında bulunma koşullarına göre seçilmiştir.



Şekil 2. Seyhan Nehir havzasındaki AGİ çalışma alanları

Körkün AGİ (E18A020), 37° 17' 44" kuzey enlemi, 36° 09' 17" doğu boylamı koordinatlarında yer alarak oluşturduğu vadi ile özel bir coğrafik alanın oluşmasına neden olmaktadır. Körkün Çayı ve Çakıt Suyu ile bunlara katılan muhtelif dereler, derin vadiler ve yer yer kanyonlar meydana getirmektedir (Paksoy ve Savran, 2011). Körkün alt havzasındaki tek istasyon olan 1820 nolu AGİ'nin akım ve sediment verilerinin düzeltilmeden kullanılabileceği belirlenmiştir. Göksu Himmetli AGİ (E18A001), Türkiye'nin güneyinde bulunan Seyhan Havzası içerisinde 37° 51' 59" kuzey enlemi, 36° 03' 32" doğu boylamı koordinatlarında yer almaktadır. Toplam drenaj alanı yaklaşık olarak 2596,8 km² ve ortalama yüksekliği 665 metredir. Körkün ve Göksu-Himmetli sınırları ile Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ)'ne ait 1820 ve 1801 nolu akım gözlem istasyonlarının konumu Şekil 2'de verilmiştir. Seyhan Nehri üzerindeki istasyonların konumları coğrafi koordinatlar ile Tablo 1'de gösterilmektedir. Şekil 3'te görüldüğü gibi gözlem döneminde, iki nehir istasyonuna ait minimum ve maksimum akış hızları sırasıyla 1.72 m³/s ve 314 m³/s'tür



Şekil 3. (a) Göksu Himmetli ve (b) Körkün Hacılı istasyonları için günlük verileri

Tablo 1. Seyhan Nehri boyunca yer alan AGİ'lere ilişkin genel bilgiler

AGİ	Nehir- AGİ	Koordinatlar		Yağış Alanı (km ²)	Yükseklik(m)	Gözlem(yıl)
		Doğu	Kuzey			
		(° ‘ ‘‘)	(° ‘ ‘‘)			
1801	Göksu Himmetli	36 3 32	37 51 59	2596	665	2002–2011
1820	Körkün Hacılı	35 9 17	37 17 44	1440	167	2003–2012

Oluşturulan hibrit modelde Python programlama dilinin sürümlerinden biri olan Python 3.9, yeni bileşenler ve optimizasyon ile kullanılmıştır. Çalışmada eğitim süreçleri ve tahmin süreçleri için Keras kütüphanesi ve Deep kütüphanesinden yararlanılmıştır. Günlük nehir akış verilerinin analiz edildiği hibrit modelde GWO, eğitim sürecinde GWO-GRU için 100 periyot ve performans analizi için 8 parti büyüklüğünden oluşuyordu. Birçok iyileştirici test aşamasında değerlendirilmiş ve içlerinden optimum koşulu sağlayan ADAM çalışmada kullanılmıştır. Kayıp fonksiyonu olarak ise MSE kullanılmıştır. Veri seti, her gün için doğrudan akış değerlerine bağlanmıştır ve akış değerleri, EİEİ'den (Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü) alınan günlük akımlarından oluşturulmuştur. Akış gözlem istasyonlarından toplanan orijinal veriler, her istasyon için 10 yıllık (3651 gün) operasyon içeriyordu. Verilerin %80'i eğitim seti, kalan %20'si ise test seti olarak elde edilmiştir. Veriler, model içindeki göstergeleri incelemek ve karşılaştırmak için eğitilmiş ve test verileri için hibrit model performansı analiz edilmiştir. Ayrıca hibrit model, bir yoğun katman ve iki gizli katmandan oluşmaktadır.

Bu çalışmada, gelecekteki nehir akışlarını tahmin etmek ve önerilen modelleri değerlendirmek için istasyonların geçmiş akış verileri analiz edilmiştir. Bu nedenle, doğru bir tahmin elde etmek için uzun süredir bozulmayan akış verileri çalışmaya dahil edilmiştir. Alınan akış verilerinin eksiksiz olarak kaydedilmesi ve kesilmemesi önemlidir. Bu aşamada, akış verilerinde kısa vadeli kesintiler kabul edilebilir. Ancak havza bazında yapılan birçok çalışmada, kurumlardan meteorolojik veriler (yağış, kar, sıcaklık, buharlaşma vb.) ve hidrolojik veriler (akış gözlemi veya akış ölçümü) alındığında geçmiş tarihlere ait veriler eksik veya

iklimsel zorluklar, ulaşım güçlükleri, ölçüm cihazı ile ilgili sorunlar vb. gibi çeşitli nedenlerle kesintiye uğramaktadır. Olumsuz iklim koşulları veya çeşitli nedenlerle içeri akış verilerinde boşlukların oluşması, etkin planlama, tasarım ve işletme açısından önemli sorunlar oluşturmaktadır. Seyhan Nehri'nin çeşitli iklim bölgelerini ve hidrolojik koşullarını gösteren GRU-GWO modelini doğrulamak için Körkün ve Göksu Himmetli olmak üzere iki hidroloji istasyonu seçilmiştir. Bu çalışma için veri setlerini bir araya getirmek için E18A20 ve E18A01 istasyonları kullanılmıştır. Çalışmadaki Göksu Himmetli ve Körkün Hacılı istasyonlarının zaman aralığı sırasıyla 2010-2019 yılları arasındadır. Samandağ istasyon verileri 2002-2011 ve 2003-2012 yılları arasındadır. Veri setleri günlük akış değerlerinden oluşmaktadır.

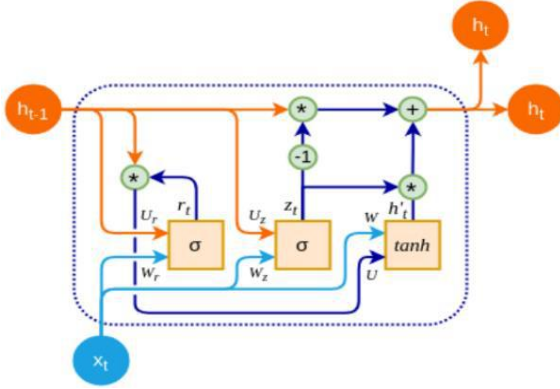
2.3 Metot

Çalışmanın bu bölümünde, tekrarlayan sinir ağlarının güçlü varyasyonlarından biri olan GRU ve oluşturulacak hibrit modelde iyileştirici olacak GKA kısaca tartışılmıştır.

2.3.1. Kapalı Tekrarlayan Birim

Kapalı Tekrarlayan Birim (GRU) ilk olarak Cho vd. (2014) tarafından geliştirilmiş ve tekrarlayan sinir ağının (RNN) en umut verici algoritmalarından biri haline gelmiştir. GRU'nun ana görevi, standart bir tekrarlayan sinir ağında meydana gelen kaybolan gradyan problemiyle ilgilenmektir. GRU, LSTM'nin bir varyasyonu olarak kabul edilir, çünkü bu algoritmaların her ikisi de bazı durumlarda mükemmel sonuçlar sağlayabilir. GRU'nun üç sigmoid katmanı vardır: güncelleme kapısı, sıfırlama kapısı ve

tanh katmanı. GRU, kaybolan gradyan sorunu için güncelleme geçidini ve sıfırlama kapısını kullanır ve ayrıca çıktının ne olacağına karar verir (Islam vd., 2020).



Şekil 4. GRU modeli

Veri işleme, 'güncelleme kapısı' ile başlar. İlk olarak, t zaman adımında güncelleme kapısı z_t 'nin hesaplanması denklem (1) ile kullanılarak yapılır.

$$z_t = \sigma(w_z \cdot [h(t-1), x_t]) \quad (1)$$

Denklem (1)'de ifade edilen x_t ve $h(t-1)$ kendi ağırlığı ile çarpılır ve fonksiyona eklenir. Ardından sonucu 0 ile 1 arasında dönüştürmek için bir sigmoid aktivasyonu kullanılır. Güncelleme kapısı, modelin geçmiş bilgilerin ne kadarının gelecek zaman adımına aktarılması gerektiğinin belirlenmesine yardımcı olur.

Denklem (2)'de belirtilen 'sıfırlama kapısı' r_t 'nin hesaplanması, zaman adımında t kullanılarak hesaplanır.

$$r_t = \sigma(w_r \cdot [h(t-1), x_t]) \quad (2)$$

Denklem (2)'de ifade edilen hesaplamalar, x_t ve $h(t-1)$ 'in kendi değeriyle çarpılmasıyla başlar. Daha sonra çıktıyı 0 ile 1 değeri arasında dönüştürmek için bir sigmoid aktivasyonu kullanılır. Sıfırlama kapısı, modelin geçmiş bilgilerin ne kadarının unutulması gerektiğini belirlemesine yardımcı olur.

Bir sonraki adımı 'geçerli bellek içeriği' oluşturmaktadır. Bu bölüm, sıfırlama kapısı ile ilgilidir. Bu adım, sıfırlama kapısını kullanacak ve geçmişten ilgili bilgileri depolayacak yeni bellek içeriğini ifade eder. Matematiksel Denklemi (3) aşağıdaki gibidir:

$$h_t = \tanh(w \cdot [r_t * h(t-1), x_t]) \quad (3)$$

Daha sonra çoklu sıfırlama kapısı r_t ve önceki çıkış h_{t-1} 'e uygulama yapılır. Bu uygulama sadece ilgili geçmiş bilgilerin iletilmesine izin verir. Daha sonra hesaplanan sonuçların ikisi birlikte toplanır ve bir tanh fonksiyonu uygulanır.

Son olarak, GRU, bilgileri tutan h_t vektörünü hesaplamalıdır. Denklem (4)'te formülasyonu ifade edilen güncelleme kapısı z_t bunda önemli bir rol oynar.

$$h_t = (1 - z_t) * h(t-1) + (z_t * h_t) \quad (4)$$

Denklem (4)'teki hesaplamalarda, z_t vektörü 0'a yakınsa, büyük bir kısmı tahmin için alakasız olduğu için mevcut içerik yok sayılacaktır. Aynı zamanda bu zaman adımında z_t 0'a yakın olacağı için $1 - z_t$ 1'e yakın olacak ve geçmiş bilgilerin çoğunun

saklanmasına izin verecektir. 1'e yakın olacak ve geçmiş bilgilerin çoğunun saklanmasına izin verecek

2.3.2 Gri Kurt Algoritması

GWO, gri kurtların hiyerarşi liderliğinden ve avlanma davranışlarından ilham almıştır. Bu algoritma, küresel optimizasyon problemlerini çözmek için uyarlanmış, avların zulmü, etrafını sarması ve saldırmasına dayanan kurt avının şeklini taklit eder (Mirjalili vd., 2014). GWO, alternatif bir sürü zekası optimizasyonu olarak sınıflandırılır ve basitlik, esneklik ve türetme gerektirmeyen mekanizmalar gibi çeşitli avantajlar sunabilir. Ayrıca ayarlanması gereken daha az kontrol parametresine sahiptir ve hızlı bir yakınsamaya sahiptir. Bazı yazarlar, GWO'nun diğer geleneksel optimizasyon tekniklerine kıyasla yerel optimumdan kaçınmak için daha iyi sayısal özelliklere sahip olduğu sonucuna varmış ve oldukça doğrusal olmayan, çok değişkenli ve çok modlu optimizasyon problemlerini çözmek için uygun bir stokastik yöntem olarak önerilmiştir (Kadalia vd., 2017).

GKA, doğadaki gri kurtların sosyal liderlik hiyerarşisini ve avlanma davranışlarını simüle eder. Sosyal liderlik hiyerarşisi, alfa (α), beta (β), delta (δ) ve omega (ω) olmak üzere dört ana kurt seviyesinden oluşur. Hiyerarşinin ilk seviyesi alfadır, burada alfa kurt baskın kurt ve sürünün lideridir. Alfa kurt çoğunlukla uyumak, uyanmak ve avlanmakla ilgili kararlar vermekle ilgilenir. Gri kurtlar hiyerarşisinin ikinci seviyesi, beta kurtlarının karar verme sürecinde alfa kurtu güçlendirmek ve yardımcı olmak için danışmanlar olarak hareket ettiği ve ona geri bildirim sağladığı betadır. Delta kurtları, alfa ve beta kurtlarının dikte edilen emirlerine itaat eder ve omega kurtlarına hükmederler. Nöbetçileri, avcıları, izcileri ve bakıcıları kapsar. Omega kurtları hiyerarşideki en düşük baskın seviyedir ve diğer baskın alfa, beta ve delta kurtlarına boyun eğerler. Omega kurtlar yemelerine izin verilen son birey görevi görürler. GWO algoritmasının da omega kurtu kullanılmamıştır. Gri kurtların avlanma mekanizması, aşağıda verilen denklemler kullanılarak modellenmiştir. Gri kurt avlama sürecinin ana aşamaları, avı takip etme, kuşatma ve saldırıyı içerir (İnaç, 2021).

$$D^{\rightarrow} \alpha = |C^{\rightarrow} \alpha \cdot X^{\rightarrow} \alpha - X^{\rightarrow} i| \quad (5)$$

$$D^{\rightarrow} \beta = |C^{\rightarrow} \beta \cdot X^{\rightarrow} \beta - X^{\rightarrow} i| \quad (6)$$

$$D^{\rightarrow} \delta = |C^{\rightarrow} \delta \cdot X^{\rightarrow} \delta - X^{\rightarrow} i| \quad (7)$$

$$U^{\rightarrow} \alpha = X^{\rightarrow} \alpha - A^{\rightarrow} \alpha D^{\rightarrow} \alpha \quad (8)$$

$$U^{\rightarrow} \beta = X^{\rightarrow} \beta - A^{\rightarrow} \beta D^{\rightarrow} \beta \quad (9)$$

$$U^{\rightarrow} \delta = X^{\rightarrow} \delta - A^{\rightarrow} \delta D^{\rightarrow} \delta \quad (10)$$

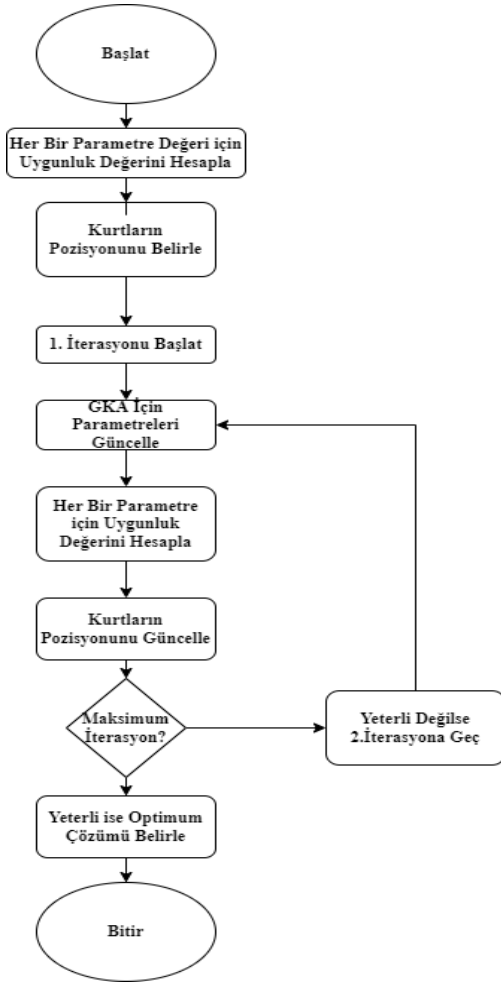
$$X^{\rightarrow} i = (U^{\rightarrow} \alpha + U^{\rightarrow} \beta + U^{\rightarrow} \delta) / 3 \quad (11)$$

Bura da $D^{\rightarrow} \alpha$, $D^{\rightarrow} \beta$, $D^{\rightarrow} \delta$, alfa, beta ve delta gri kurtları ile av arasındaki mesafe vektörünü göstermektedir. $X^{\rightarrow} \alpha$, $X^{\rightarrow} \beta$, $X^{\rightarrow} \delta$, alfa, beta ve delta gri kurtları için avın konum vektörünü temsil etmektedir. $X^{\rightarrow} i$ iterasyondaki konum vektörünü, $U^{\rightarrow} \alpha$, $U^{\rightarrow} \beta$, $U^{\rightarrow} \delta$ alfa, beta ve delta gri kurtları için deneme vektörünü göstermektedir. $C^{\rightarrow} \alpha$, $C^{\rightarrow} \beta$, $C^{\rightarrow} \delta$, $A^{\rightarrow} \alpha$, $A^{\rightarrow} \beta$, $A^{\rightarrow} \delta$ ise alfa, beta ve delta gri kurtları için katsayı vektörlerini ifade etmektedir. Bu katsayı vektörleri aşağı da verilen denklemlere göre bulunmaktadır (Mirjalili vd., 2014).

$$A^{\rightarrow} i = 2a^{\rightarrow} r^{\rightarrow} i - a^{\rightarrow}, i = \alpha, \beta, \delta \quad (12)$$

$$C^{\rightarrow} i = 2r^{\rightarrow} i^2, i = \alpha, \beta, \delta \quad (13)$$

Burada a^T 2'den 0'a doğrusal olarak azaltılmış bir vektörü ifade eder. $r^T i 1$ ve $r^T i 2$ [0 1] aralığının da seçilen rasgele vektörü temsil etmektedir. Şekil 5'te gri kurt algoritmasının akış diyagramı gösterilmiştir.



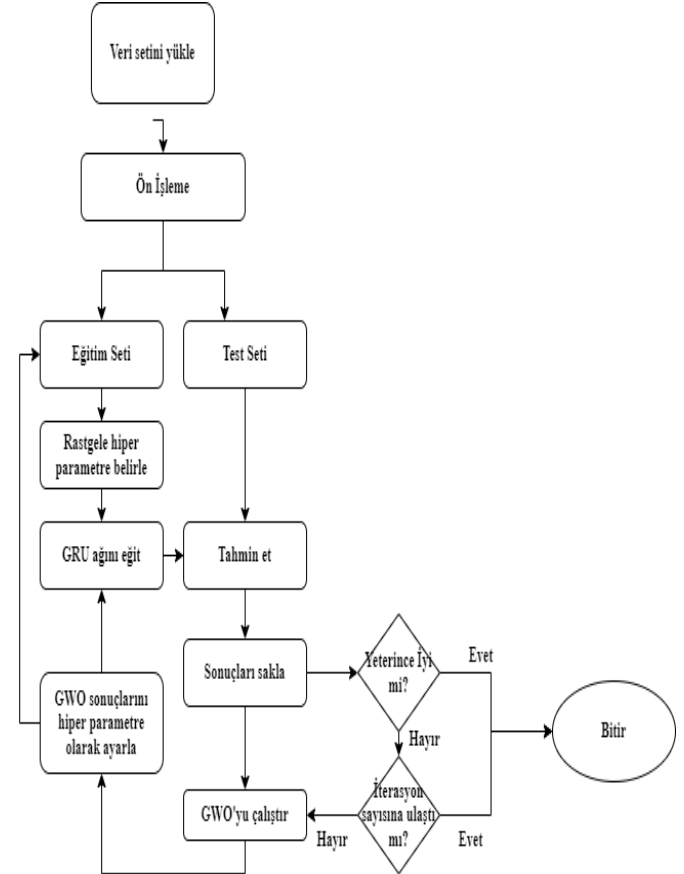
Şekil 5. Gri Kurt Algoritması akış şeması

2.3.3 Önerilen GWO-GRU Hibrit Modeli

GRU sinir ağında, parametrelerin başlangıç değerleri ağın performansını kritik olarak etkiler. Bu çalışmada, GRU ağına önemli bir parametresi olan pencere büyüklüğünü optimize etmek için GWO algoritması kullanılmıştır. Önerilen model oluşturulurken öncelikli olarak standart bir GRU ağı tahmin modeli gerçekleştirilmiştir. Test sonuçları, rastgele parametrelerle yirmi kez eğitim verilerle karşılaştırılmış ve en umut verici sonuçlar, kıyaslama modeli olarak belirlenmiştir. Hemen ardından, GWO algoritmasının optimal sonuçları belirlenmiş, daha sonra bir parametre olarak GRU ağına eklenmiş ve GRU modeli yeniden eğitilmiş ve sonuçlar kıyaslama modeli ile karşılaştırılmıştır. Ayrıca, sonuçların doğruluğunu doğrulamak için doğrusal regresyon modeli uygulanmıştır ve sonuçlar her iki model ile karşılaştırılmıştır.

Öncelikle eğitim için veriler düzenlenmiştir. Bu nedenle veri seti süreç için %80 ve %20 oranında eğitim ve test veri setlerine bölünmüştür. Şekil 6'da akış şeması verilen hibrit modelde her iki veri setindeki parametreleri optimize etmek için çeviri ve normalizasyon teknikleri uygulanmıştır. Daha sonra eğitim için

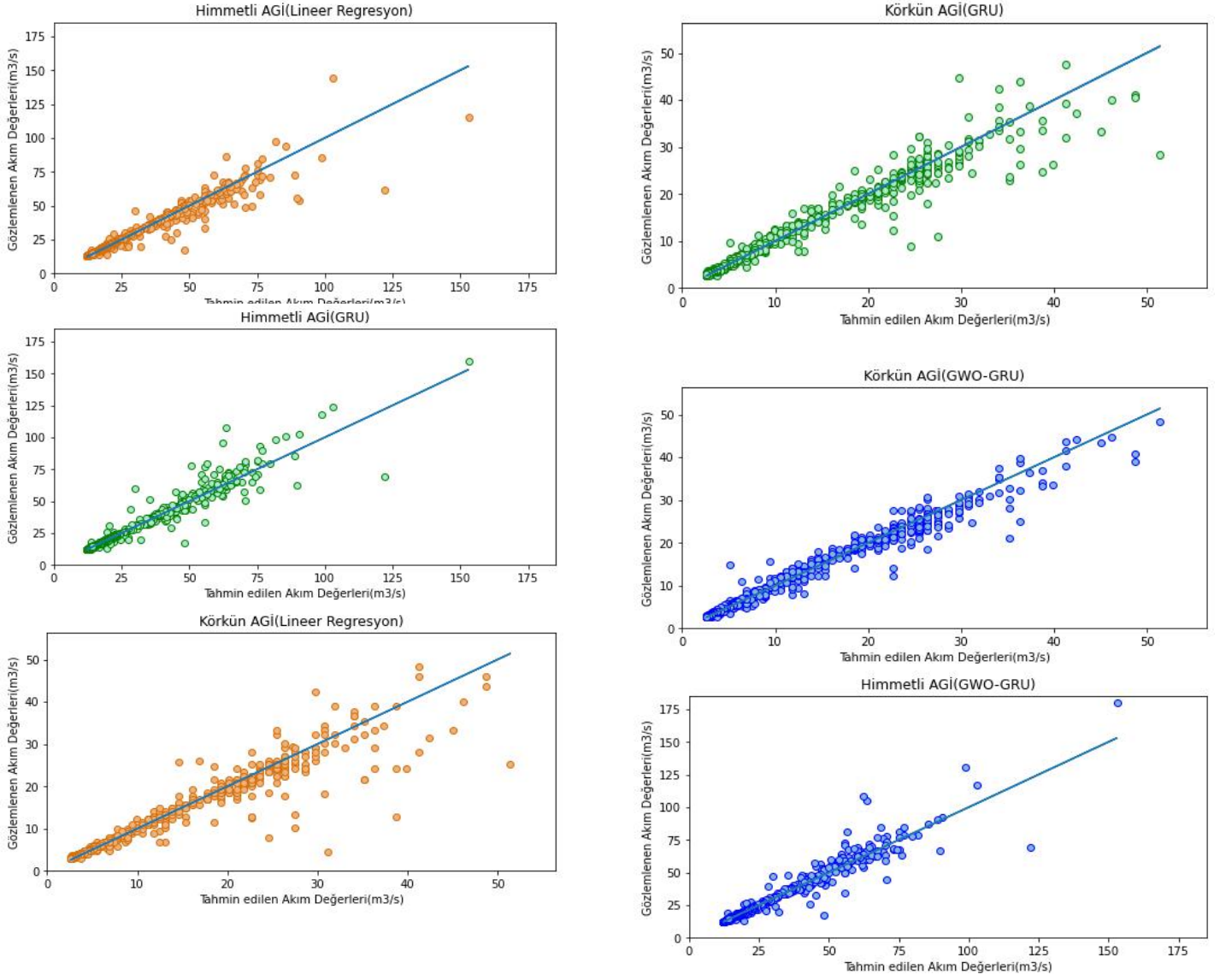
uygun bir versiyona dönüştürülmüştür. Daha sonra GRU ağı ilk olarak 1 dense 1 gizli olmak üzere toplam 2 katman ile eğitilmiştir. Ancak daha tatmin edici bir performans elde etmek için 1 dense ve 2 gizli katmanda gözlenlenmiştir. Bu durum ağı yapısı için daha uygun kabul edilmiş ve sonraki işlemlerde 3 gizli katman yapısı kullanılmıştır. Gizli katmanlardaki nöron sayısı değiştirilerek ağı 20 kez çalıştırılmış ve 3 katmanlı ağı en kabul edilebilir sonuçları referans olarak kabul edilmiştir. GWO parametreleri ve GRU parametreleri arasındaki eşleme daha sonra bu yapıyla birleştirilmiştir.



Şekil 6. Hibrit GWO-GRU modeli akış şeması

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Hibrit ve lineer regresyon modelleri, çalışmanın bu bölümünde kıyaslama modeli ile karşılaştırılmıştır. Veriler arasındaki korelasyonu incelemek için doğrusal regresyon modeli kullanılmıştır. Her bir akış ölçüm istasyonunun performans sonuçları Şekil 7'de gösterilmiştir. Tahmin sonuçlarını incelemek ve karşılaştırmak için yaygın istatistiksel dağılım ölçüleri arasında yer alan beş değerlendirme göstergesi kullanılmıştır. Bunlar RMSE, MAE, MAPE, Tablo 2'de belirtilen Standart Sapma (STD. DEV.), R^2 'dir. İstasyonların istatistiksel ölçüm sonuçları Tablo 2'de açıklanmıştır. Modelin performansı 2 istasyon için yaklaşık 730 test verisinden oluşmaktadır. Çalışmada uygulanan diğer modellere karşı hibrit modelin performansının Tablo 2'de sunulan ölçüm kriterleri incelendiğinde oldukça başarılı olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, istatistiksel ölçümler hibrit modelin performansını destekledi.



Şekil 7. Körkün ve Himmetli istasyonlarına ait kıyaslama (GRU), hibrit (GWO-GRU) ve Liner Regresyon modelleri

Tablo 2. İstatiksel değerlendirme kriterleri

İstasyon	Model	RMSE	MAE	MAPE	STD.	R ²
Göksu Himmetli	GWO-GRU	3.077	0.037	3.792	0.074	0.973
	GRU	4.752	0.043	4.307	0.108	0.942
	Liner	5.645	0.065	6.523	0.124	0.908
	Regresyon					
Körkün Hacılı	GWO-GRU	1.682	0.069	6.970	0.111	0.971
	GRU	2.340	0.082	8.286	0.144	0.932
	Liner	2.918	0.096	9.682	0.283	0.910
	Regresyon					

4. Sonuç

Bu çalışmada, akış verilerini tahmin etmek için GWO'nun GRU'ya entegre edildiği bir hibrit yöntem önerilmiştir. Elde edilen sonuçlar, önerilen GWO-GRU yaklaşımı ile akış verilerinin tahmin hatalarının kıyaslama ve lineer regresyon modellerine kıyasla oldukça düşük olduğunu göstermektedir. Ayrıca R^2 değerlerine bakıldığında, önerilen model için tahmin doğruluğunun aynı oranda oldukça yüksek olduğu ve iyileştirme etkisinin anlamlı olduğu görülmektedir. Ayrıca bu çalışmada kullanılan GWO algoritmasının parametreleri de ileride yapılacak çalışmalar için geliştirilmesi gereken faktörlerden bazılarıdır. Bu nedenle GWO algoritması ile yapılacak yeni hibrit modellerde başlangıç parametreleri ve pencere boyutu gibi modeli etkileyecek faktörler çalışılarak yeni bir algoritma sunulacaktır. GWO algoritmasını farklı optimizasyon yöntemleriyle birleştirmek ve GWO algoritmasını yeni algoritmalarla karşılaştırmak gelecekteki araştırmalara fayda sağlayacaktır. Ayrıca metasezgisel teknikler kullanılarak oluşturulacak yeni hibrit modeller de ileride yapılacak çalışmalarda faydalı olacaktır.

Kaynakça

- Kuru, A. & Tezer, A. (2019). İçme suyu havzası koruma sınırlarının belirlenmesine yeni yöntem önerisi: Kırklareli barajı içme suyu havzası örneği. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 35 (1), 519-536. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.486855>
- Tanyıldız, E., Çelik, A. (2020). Güncel İkili Optimizasyon Algoritmalarının Kısıtsız Kıyaslama Fonksiyonlarındaki Performans Karşılaştırmaları, Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 32(2), 369-380. <https://doi.org/10.35234/fumbd.770492>
- Deliloğlu, R. A. S., Pehlivanlı, A.Ç. (2021). Hibrit Açıklanabilir Yapay Zekâ Tasarımı ve LIME Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (27), 228-236. <https://doi.org/10.31590/ejosat.959030>
- Kılınç, H. Ç. (2021). Uzun-Kısa Süreli Bellek Ağlarının Nehir Akım Tahmininde Farklı Optimizasyonlarla Karşılaştırılması ve Tekil Spektrum Analizinin Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (23), 248-253. <https://doi.org/10.31590/ejosat.864496>
- Garip, Z., Çimen, M. E., Boz, A. F. (2021). Fotovoltaik Modellerin Parametre Çıkarımı İçin Geliştirilmiş Bir Kaotik Tabanlı Balina Optimizasyon Algoritması, *Politeknik Dergisi*, 1-1. <https://doi.org/10.2339/politeknik.878934>
- Çelik, Y., Yıldız, İ., Karadeniz, A. T. (2019). Son Üç Yılda Geliştirilen Metasezgisel Algoritmalar Hakkında Kısa Bir İnceleme, *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 463-477. <https://doi.org/10.31590/ejosat.638431>
- Durgut, R., Aydın, M. (2021). Çok boyutlu sırt çantası problemi için adaptif ikili yapay arı kolonisi algoritması (AİYAK), *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 36(4), 2333-2348. <https://doi.org/10.17341/gazimmfd.804858>
- Glover, F. (1986). Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. *Computers & operations research*, 13(5), 533-549. [https://doi.org/10.1016/0305-0548\(86\)90048-1](https://doi.org/10.1016/0305-0548(86)90048-1)
- Haznedar, B., Arslan, M.T., Kalinli, A (2021). Optimizing ANFIS using simulated annealing algorithm for classification of microarray gene expression cancer data. *Med Biol Eng Comput* 59, 497–509.

<https://doi.org/10.1007/s11517-021-02331-z>

- Morales-Castañeda, B., Zaldivar, D., Cuevas, E., Fausto, F., Rodríguez, A. (2020). A better balance in metaheuristic algorithms: Does it exist? *Swarm and Evolutionary Computation*, 54, 100671. <https://doi.org/10.1016/j.swevo.2020.100671>
- Avuçlu, D., Ekmekçi, D. (2020). Geleceğin Dünyasında Bilimsel ve Mesleki Çalışmalar, *Bilgisayar Mühendisliği / I*, ISBN 978-625-7983-95-2.
- Çelik, Y. (2013). Optimizasyon Problemlerinde Bal Arılarının Evlilik Optimizasyonu Algoritmasının Performansının Geliştirilmesi. Doktora Tezi. Konya, Türkiye: Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Mirjalili, S., Mirjalili, SM., Lewis, A. (2014). Grey wolf optimizer. *Advances in Engineering Software*, 69, 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.advengsoft.2013.12.007>
- Banerjee, N., Mukhopadhyay, S. (2019). HC-PSOGWO: hybrid crossover oriented PSO and GWO based co-evolution for global optimization. In 2019 IEEE region 10 symposium (TENSYP) (pp. 162-167). IEEE. <https://doi.org/10.1109/TENSYP46218.2019.8971231>
- Gendreau, M., Iori, M., Laporte, G., Martello, S. (2006). A tabu search algorithm for a routing and container loading problem. *Transportation Science*, 40(3), 342-350. <https://doi.org/10.1287/trsc.1050.0145>
- Rodríguez, A., Camarena, O., Cuevas, E., Aranguren, I., Valdivia-G, A., Morales-Castañeda, B., Pérez-Cisneros, M. (2021). Group-based synchronous-asynchronous Grey Wolf Optimizer. *Applied Mathematical Modelling*, 93, 226-243. <https://doi.org/10.1016/j.apm.2020.12.016>
- Kalteh, AM. (2013). Monthly river flow forecasting using artificial neural network and support vector regression models coupled with wavelet transform. *Comput Geosci* 54:1–8. <https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.11.015>
- Kratzert, F., Klotz, D., Brenner, C., Schulz, K., Herrnegger, M. (2018). Rainfall–runoff modelling using long short-term memory (LSTM) networks. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(11), 6005-6022. <https://doi.org/10.5194/hess-22-6005-2018>
- Xiang, Z., Demir, I. (2020). Distributed long-term hourly streamflow predictions using deep learning—A case study for State of Iowa. *Environmental Modelling & Software*, 131, 104761. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2020.104761>
- Gao, S., Huang, Y., Zhang, S., Han, J., Wang, G., Zhang, M., Lin, Q. (2020). Short-term runoff prediction with GRU and LSTM networks without requiring time step optimization during sample generation. *Journal of Hydrology*, 589, 125188. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125188>
- Dai, S., Niu, D., Li, Y. (2018). Daily peak load forecasting based on complete ensemble empirical mode decomposition with adaptive noise and support vector machine optimized by modified grey wolf optimization algorithm. *Energies*, 11(1), 163. <https://doi.org/10.3390/en11010163>
- Hou, K., Guo, M., Li, X., Zhang H. (2017). Research on Optimization of GWO-BP Model for Cloud Server Load Prediction. *IEEE Access*, 53, 1-9. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3132052>
- Mirjalili, S., Saremi, S., Mirjalili, SM., Coelho, LDS (2016). Multi-objective grey wolf optimizer: a novel algorithm for multi-criterion optimization. *Expert Syst Appl* 47(Supplement C):106–119. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2015.10.039>

- Turabieh, H. (2016). A hybrid ann-gwo algorithm for prediction of heart disease. *American Journal of Operations Research*, 6(2),136-146. <http://dx.doi.org/10.4236/ajor.2016.62016>
- Kaveh, A., Zakian, P. (2018). Improved GWO algorithm for optimal design of truss structures. *Engineering with Computers*, 34(4), 685-707. <https://doi.org/10.1007/s00366-017-0567-1>
- Emary E, Zawbaa HM, Hassanien AE (2016). Binary grey wolf optimization approaches for feature selection. *Neurocomputing* 172:371–381. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2015.06.083>
- Mohanty S, Subudhi B, Ray PK. (2015). A new mppt design using grey wolf optimization technique for photovoltaic system under partial shading conditions. *IEEE Trans Sustain Energy* 7(1):181–188. <https://doi.org/10.1109/TSTE.2015.2482120>
- El-Fergany AA, Hassanien HM. (2015) Single and multi-objective optimal power flow using grey wolf optimizer and differential evolution algorithms. *Electric Power Components Syst* 43(13):1548–1559. <https://doi.org/10.1080/15325008.2015.1041625>
- Tikhmarine, Y., Souag-Gamane, D., Kisi, O. (2019). A new intelligent method for monthly streamflow prediction: hybrid wavelet support vector regression based on grey wolf optimizer (WSVR–GWO). *Arabian Journal of Geosciences*, 12(17), 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2010.06.033>
- Zhao, X., Lv, H., Lv, S., Sang, Y., Wei, Y., Zhu, X. (2021). Enhancing robustness of monthly streamflow forecasting model using gated recurrent unit based on improved grey wolf optimizer. *Journal of Hydrology*, 601, 126607. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2021.126607>
- Muhammad, A. U., Li, X., Feng, J. (2019). Using LSTM GRU and hybrid models for streamflow forecasting. In *International Conference on Machine Learning and Intelligent Communications* (pp. 510-524). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-32388-2_44
- Kilinc, H.C.; Haznedar, B. A (2022). Hybrid Model for Streamflow Forecasting in the Basin of Euphrates. *Water*, 14, 80. <https://doi.org/10.3390/w14010080>
- Ekmekçi M, (2008). Jeolojik geçmişten günümüze iklim değişiklikleri: küresel iklim değişimi ve Türkiye. *TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu*, 13-14 Mart, Ankara, s. 7-26.
- Paksoy, M.Y., Savran, A. (2011). The Flora of Sarımsak Mountain and Körkün Valley (Pozantı, Adana/Turkey). *Biological Diversity and Conservation*. Vol. 4/2. 55-171.
- Somuncu, M., (2005). Aladağlar: Yaylacılık ve dağ göçebeliği konusunda bir araştırma. *Gündüz eğitim ve yayıncılık*, Ankara, 296 s. https://doi.org/10.1501/Csaum_0000000031
- K.S. Kadalía, L. Rajajib, V. Moorthyc, J. (2017). Viswanathara, *Energy Procedia*, 117, 509. [DOI10.34049/bcc.51.B.025](https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.025)
- İnanç, T. (2021). Geliştirilmiş Gri Kurt Algoritması Tabanlı Karşılaştırmalı Kısa Dönem Hibrit Rüzgâr Gücü Tahmin Modelleri ve Uygulaması (Master's thesis, Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi).
- Islam, M.S., Sultana, S., Roy, U.K., Mahmud J. A., Islam SM. J. (2020). HARC-New Hybrid Method with Hierarchical Attention Based Bidirectional Recurrent Neural Network with Dilated Convolutional Neural Network to Recognize Multilabel Emotions From Text. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika*, 7, 142-153. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125188>



Derin Öğrenme Yöntemleri ile Demiryolu Bağlantı Elemanlarının Sınıflandırılması

Mehmet Sevi^{1*}, İlhan Aydın², Mehmet Karaköse²

^{1*} Muş Alparslan Üniversitesi, Bilgi İşlem Daire Başkanlığı, Muş, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6952-8880), m.sevi@alparslan.edu.tr

² Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6880-4935, ORCID: 0000-0002-3276-3788), iaydin@firat.edu.tr, mkarakose@firat.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 29 Kasım 2021 ve Kabul Tarihi 24 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1029905)

ATIF/REFERENCE: Sevi, M., Aydın, İ. & Karaköse, M. (2022). Derin Öğrenme Yöntemleri ile Demiryolu Bağlantı Elemanlarının Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 268-274.

Öz

Demiryolu taşımacılığının güvenliğini sağlamada, bilgisayarlı görmeye dayalı yöntemler, demiryolu güvenliğini sağlamak için önemli bir hale gelmiştir. Artan demiryolu trafiği demiryolu bileşenlerin de kısmen aşınmaya ve ciddi kazalara neden olabilmektedir. Demiryolu hattındaki kusurların tespit edilmesi önemli bir konu haline gelmiştir. Bu çalışmada, demiryolu bağlantı elemanlarındaki kusurların sınıflandırılması için derin öğrenme tabanlı bir sistem önerilmiştir. Önerilen yaklaşım, sağlıklı demiryolu bağlantı elemanı görüntülerini kullanarak kusurlu veriler üretmektedir. Yeni görüntü elde etmek için bir görüntü bölütleme yöntemi kullanılmıştır. Ardından derin öğrenme modelleriyle sağlıklı ve kusurlu demiryolu bağlantı elemanı görüntüleri sınıflandırılmıştır. Bölütleme işlemi için Unet modeli kullanılmıştır. Veri seti eğitimi ve bağlantı elemanlarının kusurlarını sınıflandırmak için CNN, VGG-16 ve ResNet50 modelleri kullanılmıştır. Önerilen yöntem literatürdeki diğer modellerle karşılaştırılmış ve sınıflandırma performansı açısından daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Önerilen yöntem %100 doğruluk oranı yakalamıştır.

Anahtar Kelimeler: Demiryolu, Demiryolu Bağlantı Elemanları, Kusur Tespiti, Bilgisayarlı Görme, Unet, Derin Öğrenme Algoritmaları.

Classification of Railway Fasteners by Deep Learning Methods

Abstract

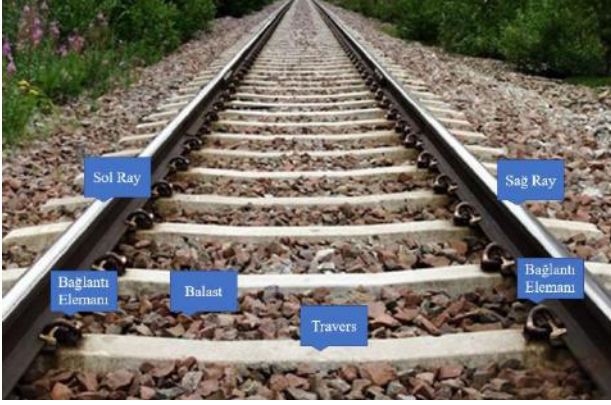
In ensuring the safety of railway transport, computer vision-based methods have become important to ensure railway safety. Increased rail traffic can cause partial wear of railway components and serious accidents. Detection of defects in the railway line has become an important issue. In this study, a deep learning-based system is proposed for the classification of defects in defective fasteners. The proposed approach produces defective data using healthy rail fastener images. An image segmentation method was used to obtain a new image. Then, healthy and defective railway fastener images were classified with deep learning models. The Unet model was used for the segmentation process. CNN, VGG-16, and ResNet50 models were used to train the dataset and classify the defects of the fasteners. The proposed method was compared with other models in the literature and better results were obtained in terms of classification performance. The proposed method has achieved 100% accuracy.

Keywords: Railways, Fastener, Defect Detection, Computer Vision, Unet, Deep Learning Algorithms.

* Sorumlu Yazar: m.sevi@alparslan.edu.tr

1. Giriş

Bir yerden bir yere madeni bir yol üzerinde, mekanik bir güçle hareket ettirilen madeni tekerlekli araçlar içerisinde, insan veya eşya taşınmasını sağlayan tesislerin tümüne birden demiryolu denmektedir. Demiryolu taşımacılığı günümüzün en önemli ulaşım türlerinden biri haline gelmiştir. Hızlı trenlerin gelişmesi demiryolu ulaşımına olan talebi arttırmıştır. Demiryolu ulaşımının kalitesi güvenliğiyle doğru orantılıdır. Bu nedenle demiryolu bileşenlerindeki kusurların tespiti son derece önemli hale gelmiştir. Demiryolu taşımacılığında araçların (tren, vagon) tekerlekleri ile üzerinde hareket ettikleri paralel biçimde yerleştirilmiş metal çubuklara ise ray denilmektedir. Demiryolu hattı birçok bileşenden oluşmaktadır. Demiryolu hattının temel bileşenleri Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Demiryolu bileşenleri (Figure 1. Railway components)

Şekil 1'de görülen balastlar, platforma gelecek yükleri geniş bir alana yaymaktadır. Travers, raylardan gelen yükleri balasta aktarmak amacıyla belli aralıklarla balast üzerine yerleştirilmiş ahşap, demir veya betondan yapılmış elemanlardır. Bağlantı elemanları ise iki ray arasındaki travers ile rayları birbirine bağlayan ve rayın enlemesine hareketlerini önleyen, çelik çiviler tarafından tutulan bileşenlerdir (Clark, 2004). Bağlantı elemanları rayın iç ve dış kısmında bulunmaktadır. Bu bileşenlerdeki problemler erken bir aşamada tespit edilmezse ciddi kazalara neden olabilir. Demiryollarının güvenliği için, iyi eğitilmiş personelin demiryolu bileşenlerini sürekli kontrol etmeleri gerekmektedir. Bu da büyük zaman ve yüksek işçilik maliyeti oluşturmaktadır. Çalışmada bu problemi gidermek için derin evrimsel sinir ağına (DCNN) dayalı otomatik tespit sistemi önerilmiştir. Ancak demiryolu bağlantı elemanlarının kusurlarını içeren veri setleri genelde dengesizdir. Bu çalışmada kusurlu bağlantı elemanları arızalı ve eksik olarak iki gruba ayrılmıştır. Dengesiz veri setlerinde kusurlu bağlantı elemanlarını içeren görüntü sayısı sağlıklı görüntülere göre oldukça azdır. Bu durumu dengelemek için sağlıklı bağlantı elemanlarını kullanarak yeni kusurlu görüntüler oluşturmak amaçlanmıştır. Bunun için anlamsal bölütleme yöntemini kullanarak yeni kusurlu bağlantı elemanları oluşturulmuştur. Daha sonra elde edilen görüntülere bilgisayarlı görme ve derin öğrenme tabanlı teknikler uygulanarak bağlantı elemanları kusurlarına göre sınıflandırılmıştır. Liu ve ark. geliştirdikleri kusurlu görüntülere dayalı demiryolu bağlantı elemanlarını inceleme işleminde %97'lik başarı sağlamışlardır (Liu, 2021). Geliştirdikleri sistemle az sayıdaki kusurlu görüntüleri yapay olarak çoğaltarak daha iyi bir çalışma ortamı sağlamışlardır. Bir diğer çalışmada Guo ve ark. kayıt altına alınan video görüntülerden ray bileşenlerini içerdikleri kusurlara göre incelemişlerdir (Guo, e-ISSN: 2148-2683

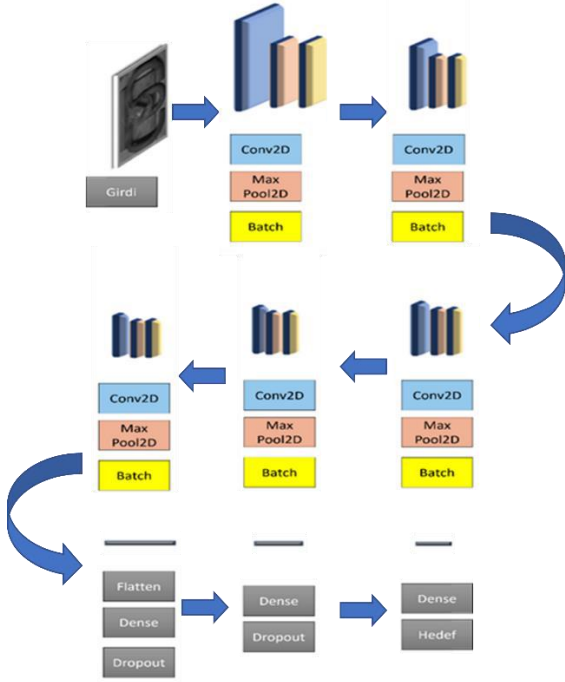
2021). Bu işlemi hibrit bir YOLOv4 sinir ağı ile yapmışlardır. Diğer tek aşamalı nesne algılama modelleriyle karşılaştırıldığında, YOLOv4 hibrit modeli hem doğruluk hem de işleme hızı açısından diğer modellerden daha iyi performans göstermiş ve %94,4 ortalama hassasiyet (mAP) değeri yakalamıştır. Bir diğer çalışmada Gibert ve ark. derin evrimsel sinir ağları (DCNN) ve anlamsal bölütleme kullanarak demiryolu bileşenlerinde kullanılan malzemeleri sınıflandırmayı amaçlamışlardır (Gibert, 2017). Önerilen yaklaşım 10 malzeme sınıfını kullanarak %93,35 doğruluk oranı yakalamıştır. Demiryolu güvenliği açısından ray bileşenleri üzerindeki kusurların tespit edilmesi günümüz kusur tespit sistemleriyle zaman kaybettiren bir süreçtir. Günümüzde elle sürdürülen bu süreç yerine var olan teknolojik olanaklardan faydalanarak kusurları tespit edebilmek için zaman ve maliyet açısından avantajlı sistemler geliştirilmektedir. (Min, 2018). Literatürde yapılan çalışmalarda derin öğrenme modellerinin ray bileşenleri üzerindeki kusurları tespit etmede başarılı oldukları ispatlanmıştır (Qi, 2020). Bir diğer çalışmada geliştirilen YoloV4-Bulanık Mantık yöntemi ile bağlantı elemanları %99 doğruluk oranıyla sınıflandırılmıştır. Bağlantı elemanları sağlıklı ve kusurlu olmak üzere iki sınıfa ayrılmıştır (Güçlü, 2021). Ray yüzeyindeki kusurları tespit eden çalışmada, ray yüzeyindeki kusurları sınıflandıran füzyon bir model önerilmiştir. Eğitim ve test işleminden önce veri setindeki ham görüntülere kontrast iyileştirme ve konum belirleme yöntemleri uygulanmıştır. SqueezeNet ve MobileNetV2 gibi derin öğrenme modellerinin özellikleri birleştirilerek yüksek doğrulukta bir füzyon modeli önerilmiştir. Önerilen model %97'lik doğruluk oranı yakalamıştır (Aydın, 2021).

Çalışmada Demiryolu Araştırma ve Teknoloji Merkezinden (DATEM) alınan demiryolu bağlantı elemanları görüntülerine öncelikle anlamsal bölütleme işlemi uygulanarak veri setini genişletmek amaçlanmıştır. Daha sonra elde edilen yeni kusurlu demiryolu bağlantı elemanı görüntüleri derin öğrenme modelleri ile eğitilerek sınıflandırma işlemi tamamlanmıştır. Çok etiketli bir sınıflandırma yapılmıştır. Çalışmanın ikinci kısmında önerilen yöntemden ve değerlendirme metriklerinden, üçüncü kısımda ise veri setinden ve sınıflandırma sonuçlarından bahsedilecektir. Son bölümde ise çalışmanın genel sonucuna değinilecektir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada, dengesiz veri seti üzerinde demiryolu bağlantı elemanlarının ne tür kusur içerdiklerini tespit etmek için yeni bir yöntem önerilmiştir. Önerilen yöntem iki aşamadan oluşmaktadır. Birinci aşamada, kusurlu veri oluşturma yöntemi ile arızalı ve eksik bağlantı elemanı örnekleri üretilmiştir. İkinci kısımda ise önerilen CNN, VGG-16 ve ResNet50 modelleri ile kusurlu bağlantı elemanlarını sınıflandırmak amaçlanmıştır. Önerilen kusurlu veri üretim diyagramı Şekil 2'de gösterilmektedir.

Dış mekân sahnelerinde çekilen görüntüler, zayıf aydınlatma koşulları nedeniyle büyük ölçüde bozuk olabilmektedir. Bu görüntüler, bilgisayarlı görme algoritmalarının genel performansını etkileyen yüksek gürültü seviyelerine sahip olabilirler. Düşük aydınlatma koşullarında bilgisayarlı görme algoritmalarını sağlam hale getirmek için, bir görüntünün görünürlüğünü iyileştirmek gerekmektedir. Bu sebepten dolayı düşük ışıkta görüntü geliştirme yöntemi kullanılmıştır. Düşük ışıklı görüntüleri geliştirmek için pus



Şekil 4. CNN mimarisi (Figure 4. CNN architecture)

Tablo 1. Önerilen modellerinin katman ve parametre sayıları (Table 1. Number of layers and parameters of the suggested models)

Ağ	Yıl	Katman Sayısı	Parametre Sayısı
VGG-16	2014	24	14M
ResNet50	2015	180	24M
Oluşturulan CNN	-	21	0.6M

Tablo 2’te kullanılan derin öğrenme tabanlı modellerin eğitim parametreleri verilmiştir. Tablo 2’de görüldüğü gibi seyreltme değeri önce 0.3, sonra 0.5 olarak seçilmiştir. Modellerin ezberlemesini önlemek için seyreltme değeri kullanılmıştır. Arttırma işleminden sonra model performansında bir düşüş gözlemlenmemiştir.

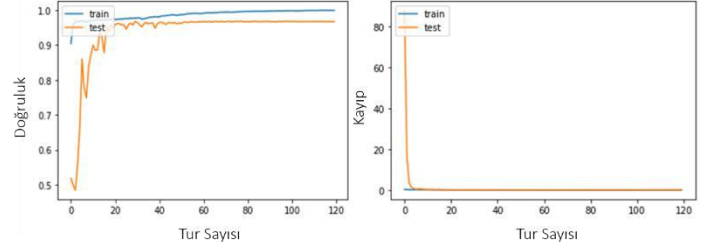
Tablo 2. Eğitim parametreleri (Table 2. Training parameters)

Ağ	Döngü Sayısı	Mini Batch Boyutu	Öğrenme Oranı	Seyreltme Değeri
VGG-16	20	8	1e-3	0.3, 0.5
ResNet50	20	8	1e-3	0.3, 0.5
Oluşturulan CNN	20	8	1e-3	0.3, 0.5

3. Deneysel Sonuçlar

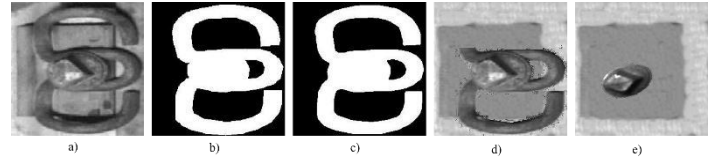
Demiryolu hattından toplanan sağlıklı bağlantı elemanlarını içeren veri seti veri üretim teknikleri ile dengelenmiştir. Daha sonra derin öğrenme yöntemleri: CNN, VGG-16 ve ResNet50 demiryolu bağlantı elemanlarını içeren dengelenmiş veri setine uygulanmıştır. Çalışmadaki deney ortamı Windows 10 işletim sistemi, Intel(R) Core (TM) i5-1135G7 @ 2.40GHz işlemci, 16 GB bellek ve NVIDIA GeForce MX450 2GB ekran kartı şeklinde ayarlanmıştır. DATEM’den alınan veri seti 534 tane sağlıklı demiryolu bağlantı elemanı içermektedir. Sağlıklı

görüntülere ek olarak 534 tanede arızalı ve eksik demiryolu bağlantı elemanı bölütleme sonucu üretilmiştir. Unet bölütleme modeli yeni bağlantı elemanı elde etmek için eğitilmiştir. Burada eğitim ve doğrulama seti için sırasıyla 0.8 ve 0.2 oranında bağlantı elemanı seçilmiştir. Optimizasyon fonksiyonu olarak Adam seçilmiştir. Eğitim için tur sayısı 120 olarak ayarlanmıştır. Unet mimarisinin doğruluk ve kayıp grafikleri Şekil 5’te görülmektedir.



Şekil 5. Unet öğrenme grafikleri (Figure 5. Unet learning charts)

Şekil 5’te görüldüğü gibi 10. döngüden sonra göze çarpan bir değişiklik olmasa da tur sayısının 120 seçilmesinin nedeni eğitim modelinin aşırı öğrenmeye gitmediğini göstermektedir. Şekil 5’teki kayıp grafiği incelendiğinde kayıp değerinin 0’a yakın olduğu görülmektedir. Bu değer 0’a ne kadar yakınsa eğitimin o kadar başarılı gerçekleştiği anlamı çıkarılabilir. Şekil 6’da Unet ile elde edilmiş görüntü ve bu görüntüden elde edilen arızalı ve eksik demiryolu bağlantı elemanları görülmektedir. Unet modeli %99’luk doğruluk oranı yakalamıştır. Kusurlu verinin bulunamadığı durumlarda sağlıklı demiryolu bileşeni görüntülerini kullanarak kusurlu verilerin elde edilebildiği ispatlanmıştır. Böylelikle veri seti dengelenmiştir.



Şekil 6. Unet sonucu elde edilen görüntüler a) Sağlıklı bağlantı elemanı b) Sağlıklı referans veri c) Bölütleme sonucu d) Ön plana çıkarılmış arızalı bağlantı elemanı e) Ön plana çıkarılmış eksik bağlantı elemanı (Figure 6. Images obtained as a result of Unet a) Healthy fastener b) Healthy reference data c) Segmentation result d) Defective fastener highlighted e) Highlighted missing fastener)

Sınıflandırıcının performansı aşağıdaki dört standart metrik kullanılarak değerlendirilmektedir. Bu metrikler; doğru pozitif (True Positive-TP), yanlış pozitif (False Positive-FP), doğru negatif (True Negative-TN) ve yanlış negatif (False Negative-FN) değerlendirme metrikleridir. (Ekrem, 2020).

$$\text{Doğruluk}(A) = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (1)$$

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

$$\text{Kesinlik}(P) = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3)$$

$$F1 = 2 * \frac{P \times R}{P+R} \quad (4)$$

$$\text{Özgüllük}(P) = \frac{TN}{TN+FP} \quad (5)$$

Yukarıdaki metriklerin tümü, karışıklık matrisinden türetilmiştir. Sınıflandırıcının performansını belirlemek için tek

bir metrik yeterli değildir. Doğruluk, tüm sınıflardaki girdi verilerinin performansını ölçmek için ana metriktir. Modelin performansını sadece doğruluk metriği ile ölçmek çoğu zaman yanılgıya yol açabilmektedir. Bundan dolayı oluşturulan modelin performansının değerlendirilmesinde sadece doğruluk metriği değil buna ek olarak kullanılacak metriklere ihtiyaç duyulmaktadır (Alan, 2020). Diğer metrikler her sınıfa özeldir ve ilgili sınıfın sınıflandırma algoritmasında geri çağırma oranını hesaplar. Tablo 3'te VGG-16 mimarisinin performans değerlendirme metrikleri görülmektedir.

Tablo 3. VGG-16 mimarisinin performans metrikleri (Table 3. Performance metrics of the VGG-16 architecture)

Sınıf/Metrik	P	R	F1
Arızalı	1.00	1.00	1.00
Sağlıklı	1.00	1.00	1.00
Eksik	1.00	1.00	1.00
A	100%		
R	1.00		
S	1.00		

Tablo 4'te ResNet50 mimarisinin performans değerlendirme metrikleri görülmektedir.

Tablo 4. ResNet50 mimarisinin performans metrikleri (Table 4. Performance metrics of the ResNet50 architecture)

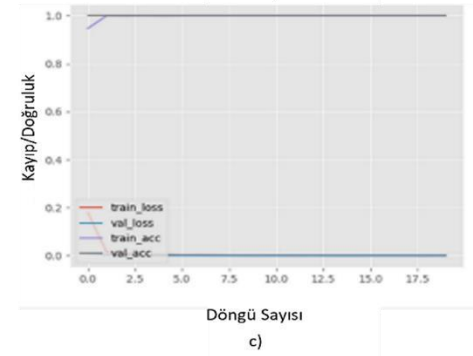
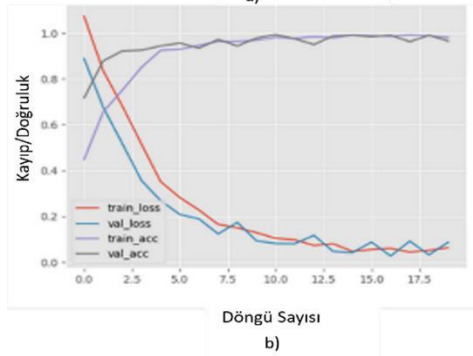
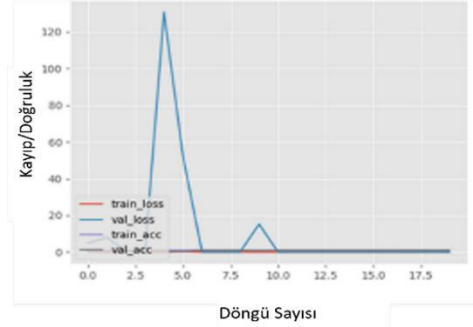
Sınıf/Metrik	P	R	F1
Arızalı	0.94	1.00	0.97
Sağlıklı	1.00	0.94	0.97
Eksik	1.00	1.00	1.00
A	98%		
R	1.00		
S	0.94		

Tablo 5'te oluşturulan CNN mimarisinin performans değerlendirme metrikleri görülmektedir.

Tablo 5. CNN mimarisinin performans metrikleri (Table 5. Performance metrics of CNN architecture)

Sınıf/Metrik	P	R	F1
Arızalı	1.00	1.00	1.00
Sağlıklı	1.00	1.00	1.00
Eksik	1.00	1.00	1.00
A	100%		
R	1.00		
S	1.00		

Tablo 3 ve 5'te görüldüğü gibi, oluşturulan CNN ve VGG-16 mimarileri ResNet50 mimarisine göre daha iyi performans vermiştir. Önerilen bütün modeller yüksek doğruluk oranı yakalamışlardır. Oluşturulan CNN ve VGG-16 modelleri arızalı, eksik ve sağlıklı demiryolu bağlantı elemanlarını %100 doğruluk oranıyla sınıflandırmıştır. Önerilen modellerin öğrenme grafikleri Şekil 7'de görülmektedir.



Şekil 7. Önerilen modellerin öğrenme grafikleri a) CNN b) ResNet50 c) VGG-16 (Figure 7. Learning graphs of the proposed models a) CNN b) ResNet50 c) VGG-16)

Yukarıdaki performans metrikleri seyreltme değeri 0.3 alındığında elde edilmiştir. Seyreltme değerini arttırdığımızda herhangi bir performans kaybı yaşanmamıştır. Sonuçlar Tablo 6'da görülmektedir. Seyreltme katmanı modelin ezberleme yapmasını engellemektedir (Özçelik, 2021).

Tablo 6. Seçilen seyreltme değerine göre başarımlar oranları (Table 6. Success rates according to the selected dropout value)

Model/Metrik	Seyreltme Değeri (0.3)	Seyreltme Değeri (0.5)
CNN (A)	100%	100%
CNN (R)	1.00	1.00
CNN (S)	1.00	1.00
ResNet50 (A)	98%	98%
ResNet50 (R)	1.00	1.00
ResNet50 (S)	0.94	0.94
VGG-16 (A)	100%	100%
VGG-16 (R)	1.00	1.00
VGG-16 (S)	1.00	1.00

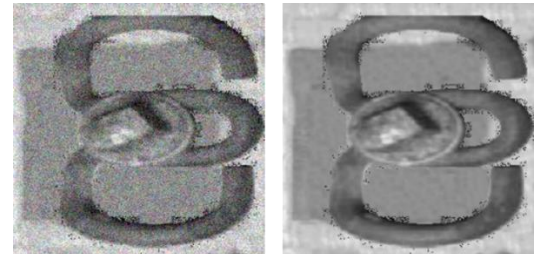
Tablo 7. Önerilen modellerin gürültülü ve üretilmiş veri seti üzerindeki performansları (Table 7. Performance of the proposed models on noisy and generated dataset)

Veri seti	Mimari	Etiket / P		Etiket / R		Etiket / F1		A	Döngü Sayısı
Gürültülü Veri Seti	VGG-16	Sağlıklı	1.00	Sağlıklı	1.00	Sağlıklı	1.00	1.00	20
		Arızalı	1.00	Arızalı	1.00	Arızalı	1.00		
		Eksik	1.00	Eksik	1.00	Eksik	1.00		
Gürültülü Veri Seti	ResNet50	Sağlıklı	1.00	Sağlıklı	0.94	Sağlıklı	0.97	0.98	20
		Arızalı	0.95	Arızalı	1.00	Arızalı	0.97		
		Eksik	1.00	Eksik	1.00	Eksik	1.00		
Gürültülü Veri Seti	Oluşturulmuş CNN	Sağlıklı	1.00	Sağlıklı	1.00	Sağlıklı	1.00	1.00	20
		Arızalı	1.00	Arızalı	1.00	Arızalı	1.00		
		Eksik	1.00	Eksik	1.00	Eksik	1.00		
Üretilmiş Veri Seti	VGG-16	Sağlıklı	1.00	Sağlıklı	1.00	Sağlıklı	1.00	1.00	20
		Arızalı	1.00	Arızalı	1.00	Arızalı	1.00		
		Eksik	1.00	Eksik	1.00	Eksik	1.00		
Üretilmiş Veri Seti	ResNet50	Sağlıklı	1.00	Sağlıklı	0.93	Sağlıklı	0.97	0.98	20
		Arızalı	0.94	Arızalı	1.00	Arızalı	0.97		
		Eksik	1.00	Eksik	1.00	Eksik	1.00		
Üretilmiş Veri Seti	Oluşturulmuş CNN	Sağlıklı	1.00	Sağlıklı	1.00	Sağlıklı	1.00	1.00	20
		Arızalı	1.00	Arızalı	1.00	Arızalı	1.00		
		Eksik	1.00	Eksik	1.00	Eksik	1.00		

Tablo 8. Önerilen CNN modelinin literatürdeki modellerle karşılaştırılması (Table 8. Comparison of the proposed CNN model with the models in the literature)

Referans	Model	Etiket / P		Etiket / R		Etiket / F1		A
(Feng, 2013)	Probabilistic structure modeling	Sağlıklı	0.97	Sağlıklı	0.97	Sağlıklı	0.97	0.96
		Arızalı	0.97	Arızalı	0.80	Arızalı	0.81	
		Eksik	0.97	Eksik	0.88	Eksik	0.85	
(Liu, 2019)	Similarity based deep learning method	Sağlıklı	0.85	Sağlıklı	0.85	Sağlıklı	0.85	0.92
		Arızalı	0.98	Arızalı	0.96	Arızalı	0.97	
		Eksik	0.98	Eksik	0.99	Eksik	0.99	
(Dou, 2014)	Template matching based nearest neighbor	Sağlıklı	0.92	Sağlıklı	0.97	Sağlıklı	0.94	0.96
		Arızalı	0.67	Arızalı	0.87	Arızalı	0.75	
		Eksik	0.83	Eksik	0.87	Eksik	0.85	
(Liu, 2021)	Improved Alexnet	Sağlıklı	0.97	Sağlıklı	0.92	Sağlıklı	0.95	0.95
		Arızalı	0.96	Arızalı	1.00	Arızalı	0.98	
		Eksik	1.00	Eksik	0.99	Eksik	0.99	
Önerilen Yöntem	Oluşturulmuş CNN	Sağlıklı	1.00	Sağlıklı	1.00	Sağlıklı	1.00	1.00
		Arızalı	1.00	Arızalı	1.00	Arızalı	1.00	
		Eksik	1.00	Eksik	1.00	Eksik	1.00	

DATEM'den alınan veri seti iyileştirilme ve veri üretim tekniklerinden geçirilmiş daha sonra ise derin öğrenme modelleriyle eğitilmiş ve test edilmiştir. Bölütleme sonucu üretilen verilere sentetik gürültü eklendiğinde önerilen modellerin performanslarında kayba rastlanılmamıştır. Şekil 8'de sentetik gürültü eklenmiş ve bölütleme sonucu oluşturulmuş bağlantı elemanları görülmektedir. Tablo 7'de görüldüğü gibi gürültü ekleme işlemi başarı oranlarına negatif olarak yansımamıştır. Üretilen (arızalı ve eksik bağlantı elemanları) kusurlu görüntülerin farklı çeşitlilikte olması önerilen modellerin başarılı olmasında temel etken olmuştur. Böylelikle gürültülü veri setlerinin performans sorunlarının çözülebileceği kanıtlanmıştır. Önerilen CNN modelinin performansı, literatürdeki temel yaklaşımlarla da karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonuçları Tablo 8'de verilmiştir.



a) Gürültülü Veri

b) Üretilmiş Veri

Şekil 8. a) Sentetik gürültü eklenmiş bağlantı elemanı b) iyileştirilmiş ve üretilmiş bağlantı elemanı (Figure 8. a) Synthetic noise added fastener b) Improved and manufactured fastener)

4. Sonuçlar

Demiryollarındaki arızaların önceden tespiti her zaman hem ekonomi hem de insan sağlığı için çok önemli bir konu olmuştur. Demiryolu hattındaki arızalı ve eksik bağlantı elemanlarının tespiti en büyük problemlerden bir tanesidir. Bu çalışmada, bu sorunu çözmek için CNN tabanlı yeni bir derin ağ modeli önerilmiştir. Önerdiğimiz modelin iki ana aşaması vardır. İlk olarak, demiryollarından toplanan dengesiz veri seti Unet yardımıyla dengelenmiştir. Sonra ise farklı derin öğrenme modelleriyle arızalı bağlantı elemanları sınıflandırılmıştır. Önerilen CNN mimarisinin iki ana avantajı vardır. Birincisi mimari olarak basittir ve daha az hesaplama süresine ihtiyaç duyar. İkincisi, literatürdeki önemli sınıflandırma modellerine kıyasla daha iyi bir sınıflandırma performansı göstermesidir. Ayrıca bu çalışmada demiryolu hattı üzerindeki bağlantı elemanları ile ilgili yeni bir veri seti oluşturulmuştur. Önerilen modelin performansını doğrulamak için bir dizi deney yapılmıştır. Bu çalışmada ayrıca, önerilen modellerin performansları gürültülü veri seti üzerinde test edilmiş ve önerilen modellerin performanslarında düşüş gözlemlenmemiştir.

5. Teşekkür

Bu çalışma, 120E097 numaralı TÜBİTAK projesi tarafından desteklenmiştir.

Kaynakça

- Clark, R. (2004). Rail flaw detection: overview and needs for future developments. *Ndt & E International* 37. 111-118.
- Liu, J., Teng, Y., Ni, X. & Liu H. (2021). A Fastener Inspection Method Based on Defective Sample Generation and Deep Convolutional Neural Network. *IEEE Sensors Journal*, vol. 21, no. 10, pp. 12179-12188, doi: 10.1109/JSEN.2021.3062021.
- Guo, F., Qian, Y., & Shi, Y. (2021). Real-time railroad track components inspection based on the improved YOLOv4 framework. *Autom. Construct.*, vol. 125, Art. No. 103596.
- Gibert, X., Patel, V. M., & Chellappa, R. (2017). Deep Multitask Learning for Railway Track Inspection. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, vol. 18, no. 1, pp. 153-164, doi: 10.1109/TITS.2016.2568758.
- Min, Y., Xiao, B., & Dang, J. (2018). Real time detection system for rail surface defects based on machine vision. *EURASIP Journal on Image and Video Processing*, 3. <https://doi.org/10.1186/s13640-017-0241-y>
- Qi, H., Xu, T., Wang, G., Cheng, Y., & Chen C. (2020). MYOLOv3-Tiny: A new convolutional neural network architecture for real-time detection of track fasteners. *Computers in Industry*. 123. 103303. 10.1016/j.compind.2020.103303.
- Güçlü, E., Aydın, İ., Şahbaz, K., Akın, E., & Karaköse M. (2021). Demiryolu bağlantı elemanlarında bulunan kusurların YOLOv4 ve bulanık mantık kullanarak tespiti. *Demiryolu Mühendisliği*, vol. 14, 249-262, doi:10.47072/demiryolu.939830.

Aydın, İ., Akın, E., Karaköse, M. (2021). Defect classification based on deep features for railway tracks in sustainable

transportation. *Applied Soft Computing*, vol. 111, 107706, doi:10.1016/j.asoc.2021.107706.

Ronneberger, O., Fischer, P., & Brox, T. (2015). U-net: Convolutional networks for biomedical image segmentation. *International Conference on Medical image computing and computer-assisted intervention* 234-241.

Türk, F., & Lüy, M. (2019). Böbrek Tümör Segmentasyonu İçin Unet ve Unet-ResNet Modellerinin Karşılaştırılması. 1-5. 10.1109/ISMSIT.2019.8932725.

Sevi, M., & Aydın, İ. (2020). COVID-19 Detection Using Deep Learning Methods. *2020 International Conference on Data Analytics for Business and Industry: Way Towards a Sustainable Economy (ICDABI)*, pp. 1-6, doi: 10.1109/ICDABI51230.2020.9325626.

Çetintaş, D. (2019). Derin Öğrenme ve Tıbbi Uygulamaları. *Doktora Semineri, Fırat Üniversitesi*.

Gündüz, G., & Cedimoğlu, İ. H. (2019). Derin Öğrenme Algoritmalarını Kullanarak Görüntüden Cinsiyet Tahmini. *Sakarya University Journal Of Computer And Information Sciences*, 2, 9-17.

İnik, Ö., & Ülker, E. (2017). Derin Öğrenme ve Görüntü Analizinde Kullanılan Derin Öğrenme Modelleri. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*.

Ekrem, Ö., Salman, Ö.K.M., Aksoy, B., & İnan, S.A. (2020). Yapay Zekâ Yöntemleri Kullanılarak Kalp Hastalığının Tespiti. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, vol. Uluslararası Mühendislikte Yapay Zekâ ve Uygulamalı Matematik Konferansı (UMYMK 2020), pp. 241-254, doi: 10.21923/jesd.824703.

Alan, A., & Karabatak, M. (2020). Veri Seti-Sınıflandırma İlişkisinde Performansa Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*. 531-540. 10.35234/fumbd.738007.

Feng, H., Jiang, Z., Xie, F., Yang, P., Shi, J., & Chen, L. (2013). Automatic fastener classification and defect detection in vision-based railway inspection systems. *IEEE transactions on instrumentation and measurement*, 63(4), 877-888.

Liu, J., Huang, Y., Zou, Q., Tian, M., Wang, S., Zhao, X., & Ren, S. (2019). Learning visual similarity for inspecting defective railway fasteners. *IEEE Sensors Journal*, 19(16), 6844-6857.

Dou, Y., Huang, Y., Li, Q., & Luo, S. (2014). A Fast Template Matching-Based Algorithm for Railway Bolts Detection. *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, vol. 5, pp. 835-844.

Liu, J., Teng, Y., Ni, X., & Li, H. (2021). A Fastener Inspection Method Based on Defective Sample Generation and Deep Convolutional Neural Network. *IEEE Sensors Journal*, vol. 21, no. 10, pp. 12179-12188.

Özçelik, Y. B., & Altan, A. (2021). Diyabetik Retinopati Teşhisi için Fundus Görüntülerinin Derin Öğrenme Tabanlı Sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (29), 156-167.



Comparison of Discretization Methods for Classifier Decision Trees and Decision Rules on Medical Data Sets

Yılmaz Kaya¹, Ramazan Tekin^{2*}

¹ Siirt University, Faculty of Engineering, Department of Computer Engineering, Batman, Turkey, (ORCID: 0000-0001-5167-1101), yilmazkaya1977@gmail.com

^{2*} Batman University, Faculty of Engineering and Architecture, Department of Computer Engineering, Batman, Turkey, (ORCID: 0000-0003-4325-6922), ramazan.tekin@batman.edu.tr

(First received 28 February 2022 and in final form 16 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1080098)

ATIF/REFERENCE: Kaya, Y., & Tekin, R. (2022). Comparison of discretization methods for classifier decision trees and decision rules on medical data sets. *European Journal of Science and Technology*, (35), 275-281.

Abstract

Data sets in real life are given by real numbers in databases. On the other hand, many data mining methods like association rules and induction rules require only discrete attributes. Therefore, in order to use such data mining methods on datasets with continuous characteristics, these features in the dataset should be discretized. The discretization process is reducing the number of values by dividing the range interval of a continuous attribute into certain intervals. In this paper, eight discretization methods are presented with JRip, OneR, J48, and Part classifier algorithms of rules and trees. The applications within the scope of the study include the results obtained as a result of ten-fold cross validation and were carried out on real-life data obtained from the UCI repository. We show that discretization is an important step to significantly increase the classification results of these algorithms. Finally, as a result of the study, it was seen that MDL and J48, CAIM and JRip and Extended Chi and J48 methods gave the highest accuracy for PIMA, WBC and DERMA data sets, respectively.

Keywords: Classification, Continuous attributes, Discretization, Data Mining.

Ayrıklaştırma Yöntemlerinin Karar ağaçları ve Karar Kuralları Sınıflandırıcılar için Medikal Veri Setleri Üzerinde Karşılaştırılması

Öz

Gerçek hayattaki veri kümeleri, veri tabanlarında reel sayılarla sunulmaktadır. Öte yandan, birliktelik kuralları ve tümevarım kuralları gibi birçok veri madenciliği yöntemi yalnızca ayrık öznitelikler gerektirirler. Bu nedenle sürekli özniteliklere sahip veri kümelerinin ayrık özniteliklere sahip veri kümelerine dönüştürülmesi gerekmektedir. Ayrıklaştırma işlemi, belirli bir sürekli öznitelik verisini aralıklara bölerek değer sayısını azaltmaktır. Bu çalışmada, kural ve ağaç tabanlı JRip, OneR, J48 ve Part sınıflandırıcı algoritmaları ile sekiz ayrıklaştırma yöntemi analiz edilmiştir. Denemeler, UCI veri deposundan alınan gerçek veri setlerinden oluşmakta ve on kat çapraz doğrulamayı sonuçlarını içermektedir. Bu algoritmaların sınıflandırma başarımı önemli ölçüde artırmada ayrıklaştırmanın önemli bir adım araç olduğunu görülmüştür. Son olarak, çalışma sonucunda PIMA, WBC ve DERMA veri setleri için sırasıyla MDL ve J48, CAIM ve JRip ve Extended Chi ve J48 yöntemlerinin en yüksek doğruluğu verdiği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Sınıflandırma, Sürekli Öznitelikler, Ayrıklaştırma, Veri Madenciliği.

* Corresponding Author: ramazan.tekin@batman.edu.tr

1. Introduction

Data mining is a very powerful tool to uncover meaningful information hidden from large databases. Data preparation, which is an important issue in data mining and data warehousing, is one of the techniques frequently used in both cleaning/correcting missing or outliers and data discretization. Several existing data mining techniques, such as association rules and induction rules, cannot handle continuous attributes. For this reason, continuous features are divided into a series of sub-ranges called categories. The process of dividing continuous features into categories is referred to as the discretization process (Chmielewski & Grzymala-Busse, 1996; Jin et al., 2009).

Real data sets can show various characteristics such as big or small size, large or small number of attributes, various data types, and value ranges. In discretization process, several advantages are desirable in order to achieve good classification results, reduction, and simplification (Abraham et al., 2009; Das & Vyas, 2010).

Garcia et al. (Garcia et al., 2012), compared classification successes using various discrimination techniques together with lazy, rule, decision tree, and Bayesian learning classifiers. They state that their study will guide any researcher in terms of which discretization method should be applied to their own data. Ferreira and Figueiredo (Ferreira & Figueiredo, 2012) used a combining of feature selection techniques and unsupervised feature discretization algorithms to examine which of them achieved the best success. Another similar study by Tran et al. (Tran et al., 2017) demonstrated the performance of two-stage approaches by proposing a new approach that combines feature selection and discretization. Tsai and Chen (C.-F. Tsai & Chen, 2019), examined the effects of feature selection and discretization processing order on classification performance. They also focused on the most appropriate associations between feature selection methods and discretization methods.

Hishamuddin et al. in their work (Hishamuddin et al., 2020), applied the fuzzy-based discretization algorithm to increase the accuracy of a group of classifiers. As a result of their studies, they have seen that the fuzzy discretization method gives the highest accuracy with Random Forest. A similar study was carried out by Jun (Jun, 2021). In this study, a new approach named DIMPLED, which includes Evolutionary Algorithm and Multiple sPLits methods, is proposed to increase the performance of decision tree-based classifiers with discretization.

The discrimination methods are divided into various groups as global vs. local, supervised vs. unsupervised, Top-Down vs. Bottom-Up, and static vs. dynamic (Garcia et al., 2012). In this paper we explain the supervised vs. unsupervised methods. Unsupervised methods perform discretization without taking into account class label information (target attributes). The two most familiar unsupervised discretization algorithms, the first is equal-width discretization and the other is equal-frequency discretization (NGUYEN, 1998). Supervised algorithms, such as statistics-based (Kerber, 1992; Liu & Setiono, 1995), entropy-based (U. M. Fayyad & Irani, 1992), and class-attributes interdependency-based algorithms (Kurgan & Cios, 2004) use class information; however, these algorithms do not make use of relations between attributes in the database.

The main focus of this study is determining which one of discretization algorithms supplies more useful discretization for decision trees and decision rules classification methods. In this study, the accuracy performances of discretized data with various discretization methods were compared with the accuracy performances of undiscrete data using Jrip, OneR, J48 and PART classifiers.

For discretization of data sets R system and for classification algorithms Weka system are used. In section 2, information about the discretization methods to be compared in this study is given. Details about the datasets used in the study are presented in the section 3, and the experimental results are presented in the section 4. Finally, the obtained results are compared and discussed in section 5.

2. Material and Method

2.1. Discretization algorithms

In this paper, the following eight discretization methods are presented.

2.1.1. Equal-width discretization (EWD)

It is the most popular and easiest of the unsupervised discretization algorithms. In the Equal-width discretization (EWD) method, the continuous or numeric values of any attribute are divided into equal k intervals between X_{min} and X_{max} . Each cut range equal to $X_{min} + M ((X_{max} - X_{min}) / k)$, where M takes on the value from $0, 1, 2, \dots, (k - 1)$ (Li et al., 2010).

2.1.2. Equal-frequency discretization (EFD)

It is another simple an unsupervised discretization method. This algorithm determines the bin boundaries by sorting the data on ascending values of attribute and subsequently divide the data into k equally intervals. In this way, each interval is divided into discrete intervals with an almost equal number of samples. In Equal frequency discretization (EFD) method each interval contains n / k conjunct values (Li et al., 2010).

2.1.3. Minimum description length (MDL)

Minimum description length (MDL), on offer by Fayyad and Irani, is a supervised hierarchical discretization algorithm (U. Fayyad & Irani, 1993). MDL discretization is a method that uses class information-based entropy to detect categorical boundaries. Decision attribute's information entropy value is the amount of information that would be used for which class an instance belongs (Kotsiantis & Kanellopoulos, 2006). In this approach, an attribute has a range value that initially contains all its values. This interval/range is then recursively divided into smaller sub-intervals according to a specified stopping criterion (U. Fayyad & Irani, 1993).

2.1.4. Chi-merge

Chi-merge is an algorithm that combines adjacent ranges on a bottom-up basis. For this, it is one of the supervised methods because it uses attributes together with class information. It explains the Chi2 criterion to decide whether 2 neighbor intervals are similar to be merged. The relationships between condition and decision attributes values handle by Chi2 is a statistical measure (Kerber, 1992). The Chi2 test is applied for all pairs of split neighbour intervals. Neighbour intervals with

the smallest Chi2 value are combined until the specified criterion is met. Here, the merging process is performed based on the Chi2 statistic (such as 0.01, 0.05, and 0.1 levels), which determines the similarities between neighboring intervals. Accordingly, adjacent intervals are merged as long as the Chi2 values are above a certain significance level.

2.1.5. Ameva

An autonomous discretization algorithm (Ameva) approach uses a benchmark based on the Chi2 test. This criterion considers the discrete variable to have the least number of intervals and the least loss of correlation with the target variable (class label) (Gonzalez-Abril et al., 2009).

The Ameva coefficient is describe as follows:

$$Ameva(k) = \frac{\chi^2(k)}{k * (l - 1)} \tag{1}$$

here k is the number of intervals, $l \geq 2$ indicates the number of classes. The Ameva rate is calculated from a probability table between the row of the class variable and the column of the discretated ranges (Gonzalez-Abril et al., 2009).

2.1.6. Class-attribute contingency coefficient (CACC)

Class-attribute contingency coefficient (CACC) discretization method is obtained as follows:

$$CACC = \sqrt{\frac{y}{y + M}} \tag{2}$$

$$y = \chi^2 / \log(n)$$

where M and n denote the total number of samples and the number of intervals into which the continuous feature is divided, respectively. The CACC value is calculated from the discretated intervals and class variable. The row matrix specifies the class variable, and the column matrix specifies each discretated range (C.-J. Tsai et al., 2008).

2.1.7. Class-attribute interdependence maximization (CAIM)

The purpose of Class-attribute interdependence maximization (CAIM) method is to increase the relationship between attribute values with continuous characteristics and class attribute values and to decrease the number of intervals required for discretization. The CAIM algorithm works on the top-down principle based on the greedy approach. The algorithm initially starts with only one interval and iteratively repeats the division using the boundary, which ensures the highest CAIM ratio. One of the critical features that distinguishes the algorithm from other discretization algorithms is that it can automatically determine the number of discrete intervals. The CAIM criterion is calculated between Class (C), discrization (D) and attribute (F) as in Equation 3:

$$CAIM(C, D|F) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{max_i^2}{M_{ir}}}{n} \tag{3}$$

where n and max_i represent the number of intervals and the maximum value in the i. column of the quantile matrix,

respectively ($i = 1, 2, \dots, n$). M_{ir} is the total number of F attribute with continuous values in the range (d_{r-1}, d_r] ($r = 1, 2, \dots, S$; where S is the class number) (Kurgan & Cios, 2004).

2.1.8. Extended Chi

In order to avoid the inconsistency of the Chi2 algorithm in the extended Chi2 method, a stopping criterion is used for the upper bound (ξ) in each step of the discretization process. The stopping criterion is expressed as (ξ discretized < ξ original) (Su & Hsu, 2005).

2.2. Classification methods

We used classifiers, representatives of different recognition models. These are Jrip, OneR, J48, and Part, which are realized in the Waikato Environment for Knowledge Analysis (Weka) (Hall et al., 2009). The software can be obtained from <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>.

2.2.1. JRip (RIPPER)

Jrip is a popular propositional rule learning algorithm based on Repeated Incremental Pruning to Produce Error Reduction (RIPPER). This algorithm generated a detection model composed of rules database that was built to detect new examples (Rajput et al., 2011). For more information see (Holte, 1993).

2.2.2. OneR

The OneR classification method is a simple rule-based method. OneR is the abbreviation of “One Rule”. As the name suggests, the decision tree created in this method is single-level. Rule-based methods create rules based on attributes. Although it is simple, the method, which is very effective, is widely used in machine learning applications(Xu, 2006). For more details see (Holte, 1993).

2.2.3. J48

Another well-known and popular decision-tree-based classification method is J48 proposed by Quinlan(Quinlan, 2014). J48 is a decision tree classification approach. It is a supervised machine learning method that performs estimation of test data based on available attributes. Internal nodes of decision trees specify different attributes. Likewise, the branches (links) between these nodes (attributes) indicate the possible values that the attributes have in the observed samples. In decision trees, extreme values (leaves) indicate the class label. For more details see (Cohen, 1995).

2.2.4. Part

The PART is supervised classification method uses the divide-and-conquer strategy. It recursively creates rules first, then deletes the instances affected by these rules and repeats the process until there are no instances left (Frank & Witten, 1998).

2.3. Performance measures

Classification accuracy is measured using the equation (Menéndez et al., 2010):

$$Accuracy = \frac{Truly\ classified\ objects}{Truly\ classified\ objects} \tag{4}$$

Table 1. All the attributes found in the DERMA dataset.

Clinical Attributes				Histopathological Attributes							
ID	Attribute	ID	Attribute	ID	Attribute	ID	Attribute	ID	Attribute	ID	Attribute
1	Erythema	7	Follicular papules	12	Melanin incontinence	23	Spongiform pustule	18	Hyperkeratosis	29	Saw-tooth appearance of rete
2	Scaling	8	Oral mucosal involvement	13	Eosinophils in the infiltrate	24	Munro microabcess	19	Parakeratosis	30	Follicular horn plug
3	Definite borders	9	Knee and elbow involvement	14	PNL infiltrate	25	Focal hypergranulosis	20	Clubbing of the rete ridges	31	Perifollicular parakeratosis
4	Itching	10	Scalp involvement	15	Fibrosis of the papillary dermis	26	Disappearance of the granular layer	21	Elongation of the rete ridges	32	Inflammatory mononuclear infiltrate
5	Koebner phenomenon	11	Family history (0 or 1)	16	Exocytosis	27	Vacuolisation and damage of basal layer	22	Thinning of the suprapapillary epidermis	33	Band-like infiltrate
6	Polygonal papules	34	Age (linear)	17	Acanthosis	28	Spongiosis				

3. Data Sets

The dermatology (*Dermatology Dataset*. Available from: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Dermatology>), diabetes (*Pima Indians Diabetes Dataset*. Available from: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Diabetes>) and Breast Cancer Wisconsin (Original) (Wolberg & Mangasarian, 1992) datasets are used in our study. All data sets are obtained from UCI Machine learning Repository (UCI-MLR) (Dua & Graff, 2019). In this section, details about the number of instance and features related to the datasets used in the study and their distribution according to classes are presented.

3.1. The dermatology (DERMA) data set

The dermatology (DERMA) dataset consists of 358 samples and 34 attributes remaining after missing observations are deleted. As seen in Table 1, 12 of the features in the data set are clinical and the remaining 22 are Histopathological features. The diseases in this group are lichen planus, seboreic dermatitis, cronic dermatitis, pityriasis rubra pilaris, psoriasis, and pityriasis rosea. Diseases/classes in the DERMA dataset are pityriasis rosea, pityriasis rubra pilaris, lichen planus, psoriasis, cronic dermatitis, and seboreic dermatitis, with sample distributions of 111, 60, 71, 48, 48, and 20, respectively.

3.2. The Pima Indian diabetes (PIMA) data set

PIMA data set contains 768 samples with 8 attributes. All samples were used as there were no missing observations in the data set. The class variable of the dataset indicates whether the person has diabetes or not. It has negative and positive forms. 500 cases are positive and 268 cases are negative. The attributes of the dataset are given in Table 2.

Table 2. Attributes found in the PIMA dataset.

ID	Attribute	ID	Attribute
1	No. of times preg.	5	2-h serum insulin
2	Plasma gluc. Conc.	6	Body mass index
3	Diast. blood press.	7	Diabetes pedigree function
4	Triceps skin fold thickness	8	Years of age

3.3. The Wisconsin Breast Cancer (WBC) data set

WBC dataset was collected from the Madison hospital at the University of Wisconsin. The data set consists of 699 samples. 16 samples were excluded from the data set as they contain missing observations. 683 samples were used in the analysis. Information about the data set is given in Table 3. As can be seen, the values of the variables consist of values between 1 and 10. Of the 683 samples, 444 were healthy and 239 were cancer patients.

Table 3. Attributes found in the WBC dataset.

ID	Attribute	ID	Attribute
1	Clump Thickness	6	Bare Nuclei
2	Uniformity of Cell Size	7	Bland Chromatin
3	Uniformity of Cell Shape	8	Normal Nucleoli
4	Marginal Adhesion	9	Mitoses
5	Single Epithelial Cell Size		

4. Experimental results

In this study, 2 unsupervised and 6 supervised discretization methods were compared to each other with 4 classification methods. The unsupervised algorithms were equal-width (EWD) and equal-frequency (EFD) and the supervised algorithms were the CAIM, Chi-merge, Extended Chi2, Ameva, CACC, and Fayyad-Irani discretization.

In the following sections, the results of the discretization algorithms on the Pima Indians diabetes, Wisconsin Breast Cancer, and DERMA data sets, a well-known data set from the UCI-MLR, are presented.

For the PIMA data set, the MDL discretization method with a J48 approach showed better results (78.25%) than other discretization and classifier methods (see Table 4). The CACC discretization method with Jrip got a better result (77.9%) than other discretization methods. The accuracy was 76.3% for the PART classifier with the MDL discretization method. Generally, the MDL method gave much better results than other discretization methods. The classification accuracies for the PIMA data set are shown in Figure 1.

Table 4. Classification accuracy of 4 classifiers for the PIMA data set.

Method	Jrip	OneR	J48	Part
EWD	72.6563%	73.5677%	73.8281%	73.4375%
EFD	71.7448%	74.4792%	72.2656%	73.8281%
MDL	77.8646%	74.7396%	78.2552%	76.3021%
Chi-merge	74.0885%	72.1354%	77.2135%	72.3958%
Ameva	76.5625%	73.5677%	77.2135%	73.4375%
CACC	77.9948%	73.5677%	77.9948%	74.0885%
CAIM	75.1302%	75%	75.2604%	74.2188%
Extended chi	76.3021%	74.7396%	74.0885%	74.8698%
Without dis.	75.1302%	73.0469%	73.8281%	75.2604%

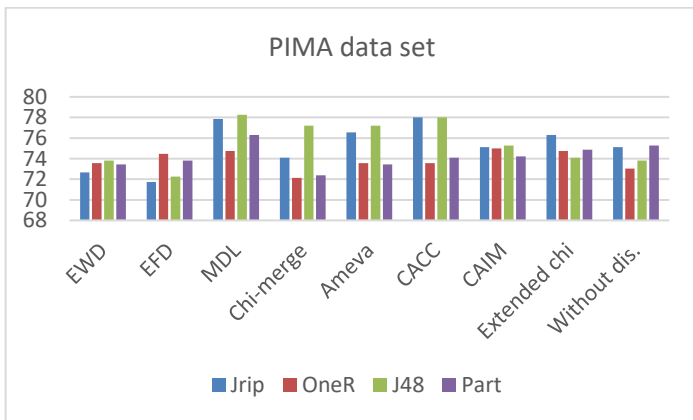


Figure 1. Classification accuracy of 4 classifiers for the PIMA data set.

The classification accuracy of the WBC data set is presented in Table 5. For the WBC data set, the CAIM discretization method with a Jrip approach shows better results than (96.88%) other discretization methods (see Table 5). The extended Chi discretization method with J48 showed better accuracy (96.77%) results than other discretization methods. The the Ameva, CACC, and CAIM discretization methods got better accuracy (96.48%) when compared to other discretization methods. Finally, MDL and Extended Chi discretization methods, with OneR, showed the same classification accuracies (92.67%). The classification accuracies for the WBC data set are shown in Figure 2.

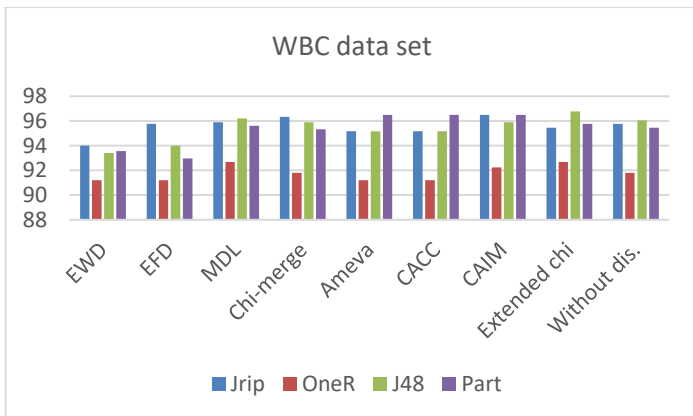


Figure 2. Classification accuracy of 4 classifiers for the WBC data set.

The classification accuracy of the DERMA data set is presented in Table 6. For the DERMA data set, the extended Chi discretization method with J48 approach showed better (96.08%) classification accuracies (see Table 6). The MDL discretization method with Part showed better (95.81%) accuracy results than other discretization methods. The extended Chi2, and MDL discretization methods with the Jrip approach showed better (94.41%) accuracy than other discretization methods. The classification accuracies for the DERMA data set are shown in Figure 3.

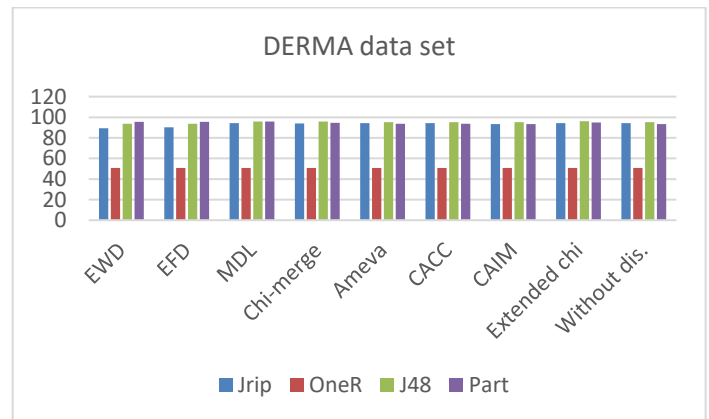


Figure 3. Classification accuracy of 4 classifiers for the DERMA data set.

5. Conclusion

One of the most important operations of data mining preprocessing processes is discretization. Apart from its effect on success, one of the most important reasons for this is that many data mining methods are compatible with attributes with categorical characteristics. Therefore, it is necessary to discretize data with continuous characteristics before it can be processed by methods compatible with such categorical feature sets. The purpose of discretization algorithms can be expressed as dividing the value space into a limited number of categorical values for any feature with continuous characteristics in the data sets.

Table 5. Classification accuracy of 4 classifiers for the WBC data set.

Method	Jrip	OneR	J48	Part
EWD	93.9971%	91.2152%	93.4114%	93.5578%
EFD	95.754%	91.2152%	93.9971%	92.9722%
MDL	95.9004%	92.6794%	96.1933%	95.6076%
Chi-merge	96.3397%	91.8009%	95.9004%	95.3148%
Ameva	95.1684%	91.2152%	95.1684%	96.4861%
CACC	95.1684%	91.2152%	95.1684%	96.4861%
CAIM	96.8861%	92.2401%	95.9004%	96.4861%
Extended chi	95.4612%	92.6794%	96.7789%	95.754%
Without dis.	95.754%	91.8009%	96.0469%	95.4612%

Table 6. Classification accuracy of 4 classifiers for the DERMA data set.

Method	Jrip	OneR	J48	Part
EWD	89.3855%	50.838%	93.5754%	95.5307%
EFD	90.2235%	50.838%	93.5754%	95.5307%
MDL	94.4134%	50.838%	95.8101%	95.8101%
Chi-merge	93.8547%	50.838%	95.8101%	94.6927%
Ameva	94.1341%	50.838%	95.2514%	93.5754%
CACC	94.1341%	50.838%	95.2514%	93.5754%
CAIM	93.2961%	50.838%	95.2514%	93.2961%
Extended chi	94.4134%	50.838%	96.0894%	94.9721%
Without dis.	94.1341%	50.838%	95.2514%	93.2961%

In this study, the contribution of discretization algorithms to classification performance in datasets with continuous or both categorical and continuous features is presented comparatively. In the light of the findings, it can be said that discretization in the preprocessing stage greatly increases the performance of the classifier methods. For this purpose, we compared classification results using PIMA diabetes, Wisconsin Breast Cancer and DERMA datasets. It was found that using discretization methods before decision trees and decision rule classifiers achieves better results than using these classifier methods without the discretization process of data. Our study revealed that the discretization methods for Jrip, J48, and PART classifiers lead to an important average increase in accuracy.

Jrip's performance was significantly improved on the PIMA diabetes data set using CACC, on the WBC data set using CAIM, and on the DERMA data set using the extended Chi discretization method. OneR's performance was significantly improved on the PIMA diabetes data set using CAIM, on the WBC data set using the MDL and Extended Chi discretization method, and did not significantly degrade on the DERMA data set. J48's performance was significantly improved on the PIMA diabetes data set using MDL, on the WBC and DERMA data sets using the Extended Chi discretization method. PART's performance was significantly improved on the PIMA diabetes data set using MDL, on the WBC data set using Ameva, CACC, and CAIM, and on the DERMA data sets using the MDL discretization method. The results of the experiments make it clear that discretization techniques can indeed improve the performance of the Jrip, OneR, J48, and PART.

References

- Abraham, R., Simha, J. B., & Iyengar, S. S. (2009). Effective Discretization and Hybrid feature selection using Naïve Bayesian classifier for Medical datamining. *International Journal of Computational Intelligence Research*, 5(2), 116–129.
- Chmielewski, M. R., & Grzymala-Busse, J. W. (1996). Global discretization of continuous attributes as preprocessing for machine learning. *International Journal of Approximate Reasoning*, 15(4), 319–331.
- Cohen, W. W. (1995). Fast effective rule induction. In *Machine learning proceedings 1995* (pp. 115–123). Elsevier.
- Das, K., & Vyas, O. P. (2010). A suitability study of discretization methods for associative classifiers. *International Journal of Computer Applications*, 5(10), 0975–8887.
- Dermatology dataset. Available from: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Dermatology>. (n.d.).
- Dua, D., & Graff, C. (2019). *UCI Machine Learning Repository* [<http://archive.ics.uci.edu/ml>]. Irvine, CA: University of California. School of Information and Computer Science, 25, 27.
- Fayyad, U., & Irani, K. (1993). Multi-interval discretization of continuous-valued attributes for classification learning.
- Fayyad, U. M., & Irani, K. B. (1992). On the handling of continuous-valued attributes in decision tree generation. *Machine Learning*, 8(1), 87–102.

- Ferreira, A. J., & Figueiredo, M. A. (2012). An unsupervised approach to feature discretization and selection. *Pattern Recognition*, 45(9), 3048–3060.
- Frank, E., & Witten, I. H. (1998). Generating accurate rule sets without global optimization.
- Garcia, S., Luengo, J., Sáez, J. A., Lopez, V., & Herrera, F. (2012). A survey of discretization techniques: Taxonomy and empirical analysis in supervised learning. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 25(4), 734–750.
- Gonzalez-Abril, L., Cuberos, F. J., Velasco, F., & Ortega, J. A. (2009). Ameva: An autonomous discretization algorithm. *Expert Systems with Applications*, 36(3), 5327–5332.
- Hall, M., Frank, E., Holmes, G., Pfahringer, B., Reutemann, P., & Witten, I. H. (2009). The WEKA data mining software: An update. *ACM SIGKDD Explorations Newsletter*, 11(1), 10–18.
- Hishamuddin, M. N. F., Hassan, M. F., & Mokhtar, A. A. (2020). Improving Classification Accuracy of Random Forest Algorithm Using Unsupervised Discretization with Fuzzy Partition and Fuzzy Set Intervals. *Proceedings of the 2020 9th International Conference on Software and Computer Applications*, 99–104.
- Holte, R. C. (1993). Very simple classification rules perform well on most commonly used datasets. *Machine Learning*, 11(1), 63–90.
- Jin, R., Breitbart, Y., & Muoh, C. (2009). Data discretization unification. *Knowledge and Information Systems*, 19(1), 1–29.
- Jun, S. (2021). Evolutionary Algorithm for Improving Decision Tree with Global Discretization in Manufacturing. *Sensors*, 21(8), 2849.
- Kerber, R. (1992). Chimerge: Discretization of numeric attributes. *Proceedings of the Tenth National Conference on Artificial Intelligence*, 123–128.
- Kotsiantis, S., & Kanellopoulos, D. (2006). Discretization techniques: A recent survey. *GESTS International Transactions on Computer Science and Engineering*, 32(1), 47–58.
- Kurgan, L. A., & Cios, K. J. (2004). CAIM discretization algorithm. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 16(2), 145–153.
- Li, Y., Liu, L., Bai, X., Cai, H., Ji, W., Guo, D., & Zhu, Y. (2010). Comparative study of discretization methods of microarray data for inferring transcriptional regulatory networks. *BMC Bioinformatics*, 11(1), 1–6.
- Liu, H., & Setiono, R. (1995). Chi2: Feature selection and discretization of numeric attributes. *Proceedings of 7th IEEE International Conference on Tools with Artificial Intelligence*, 388–391.
- Menéndez, L. Á., de Cos Juez, F. J., Lasheras, F. S., & Riesgo, J. Á. (2010). Artificial neural networks applied to cancer detection in a breast screening programme. *Mathematical and Computer Modelling*, 52(7–8), 983–991.
- NGUYEN, H. S. (1998). Discretization methods in data mining. *Rough Sets in Knowledge Discovery*, 451–482.
- Pima Indians Diabetes dataset. Available from: <https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/diabetes>. (n.d.).
- Quinlan, J. R. (2014). *C4.5: Programs for machine learning*. Elsevier.
- Rajput, A., Aharwal, R. P., Dubey, M., Saxena, S., & Raghuvanshi, M. (2011). J48 and JRIP rules for e-governance data. *International Journal of Computer Science and Security (IJCSS)*, 5(2), 201.
- Su, C.-T., & Hsu, J.-H. (2005). An extended chi2 algorithm for discretization of real value attributes. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 17(3), 437–441.
- Tran, B., Xue, B., & Zhang, M. (2017). A new representation in PSO for discretization-based feature selection. *IEEE Transactions on Cybernetics*, 48(6), 1733–1746.
- Tsai, C.-F., & Chen, Y.-C. (2019). The optimal combination of feature selection and data discretization: An empirical study. *Information Sciences*, 505, 282–293.
- Tsai, C.-J., Lee, C.-I., & Yang, W.-P. (2008). A discretization algorithm based on class-attribute contingency coefficient. *Information Sciences*, 178(3), 714–731.
- Wolberg, W. H., & Mangasarian, O. (1992). Breast cancer wisconsin (original) data set. *UCI Machine Learning Repository*.
- Xu, X. (2006). Adaptive intrusion detection based on machine learning: Feature extraction, classifier construction and sequential pattern prediction. *International Journal of Web Services Practices*, 2(1–2), 49–58.



Effects of Different Irrigation Levels on Selected Crop Parameters of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Under Semi-Arid Highland Conditions in Turkey

Aynur Bilmez Özçınar^{1*}, Hüseyin Arslan²

^{1*} Siirt University, Faculty of Agriculture, Department of Field, Siirt, Turkey, (ORCID: 0000-0002-3173-6147), aynurbilmez@siirt.edu.tr

² Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Field, Şanlıurfa, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7221-7952), huarslan@siirt.edu.tr

(First received 2 March 2022 and in final form 25 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1081824)

ATIF/REFERENCE: Ozcinar, A.B., Arslan, H. (2022). Effects of Different Irrigation Levels on Selected Crop Parameters of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Under Semi-Arid Highland Conditions in Turkey. *European Journal of Science and Technology*, (35), 282-287.

Abstract

A trial was carried out in the fields of Siirt University (Turkey) to determine the effects of different irrigation levels on selected crop parameters of three sesame genotypes. Applications of different water consumption levels (WCL) (35%, 70% and 100% water levels; S1, S2 and S3 respectively) were in the main plots and varieties were in sub-plots. Trials were established in three replications according to the divided parcels experimental design in the random blocks. Two sesame cultivars (Arslanbey and Hatipoğlu) and one sesame genotype (Hat-2) were used. Plant height were higher for Hatipoğlu and Arslanbey varieties (111,1 cm and 107,4 cm, respectively). In relation with water consumption levels, plant heights were higher at S3 treatment for both years and S2 treatment for 2017. First branch height were higher for Arslanbey variety and Hat-2 genotype (7,37 cm and 6,36 cm, respectively). In relation with water consumption levels, plant heights were higher at S3 treatment for both years and S2 treatment for 2016.

Branch number were higher for Hatipoglu variety (8,52 pieces) and lower for Arslanbey variety (3,48 pieces) and Hat-2 genotype (3,74 pieces). In relation with water consumption levels, branch number were higher at S1 and S2 treatments for both years. Hatipoglu variety in 2017 year produced highest (9,47 pieces), whereas Arslanbey variety in 2016 produced lowest (2,79 pieces) branch number. Number of capsules per plant values were higher for Hat-2 genotype (160,8 pieces) and Arslanbey varieties (151,3 pieces). Number of capsules per plant was 135,5 pieces for Hatipoğlu variety. Number of seeds per capsules values were higher for Hat-2 genotype (85,42 pieces) and lowest for Hatipoğlu variety (79,26 pieces). None of the application was effective on 1000 seed weight values.

Keywords: Sesame, *Sesamum indicum* L., irrigation level, arid climate

Türkiye'de Yarı Kurak İklim Koşullarında Farklı Sulama Düzeylerinin Seçilmiş Susam (*Sesamum indicum* L.) Ürün Parametrelerine Etkisi

Öz

Farklı sulama seviyelerinin üç susam genotipinin seçilen ürün parametreleri üzerindeki etkilerini belirlemek için Siirt Üniversitesi (Türkiye) deneme tarlalarında yapılmıştır. Farklı su tüketim seviyeleri (WCL) uygulamaları (sırasıyla %35, %70 ve %100 su seviyeleri; S1, S2 ve S3) ana parsellerde, çeşitler ise alt parsellerde yer almıştır. Denemeler rastgele bloklarda bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. İki susam çeşidi (Arslanbey ve Hatipoğlu) ve bir susam genotipi (Hat-2) kullanılmıştır. Hatipoğlu ve Arslanbey çeşitlerinde bitki boyu daha yüksek bulunmuştur (sırasıyla 111,1 cm ve 107,4 cm). Su tüketim seviyeleri ile ilgili olarak, bitki boyları her iki yılda da S3 su tüketim seviyesi ve 2017 için S2 su tüketim seviyesinden daha yüksektir. İlk dal yüksekliği Arslanbey çeşidi ve Hat-2 genotipinde (sırasıyla 7,37 cm ve 6,36 cm) daha yüksekti. Su tüketim seviyeleri ile ilgili olarak, bitki boyları her iki yılda da S3 arıtımında ve 2016 yılı için S2 arıtımında daha yüksekti.

Dal sayısı Hatipoğlu çeşidinde (8,52 adet), Arslanbey çeşidinde (3,48 adet) ve Hat-2 genotipinde (3,74 adet) daha düşüktür. Su tüketim düzeylerine bağlı olarak her iki yılda da S1 ve S2 uygulamalarında dallanma sayısı daha yüksek çıkmıştır. 2017 yılında Hatipoğlu çeşidi en yüksek (9,47 adet), Arslanbey çeşidi ise 2016 yılında en düşük (2,79 adet) dallanma sayısına sahiptir. Bitki başına kapsül sayısı değerleri Hat-2 genotipi (160,8 adet) ve Arslanbey çeşitleri (151,3 adet) için daha yüksek bulunmuştur. Hatipoğlu çeşidinde bitki başına kapsül sayısı 135,5 adettir. Kapsüldeki tohum sayısı değerleri Hat-2 genotipinde (85,42 adet) daha yüksek, Hatipoğlu çeşidinde (79,26 adet) en düşük olmuştur. Uygulamaların hiçbiri 1000 tohum ağırlığı değerlerinde etkili olmamıştır.

* Corresponding Author: aynurbilmez@siirt.edu.tr

Anahtar Kelimeler: Susam, *Sesamum indicum* L., sulama seviyesi, kurak iklim

Table 1. Some physical and chemical properties of the experimental field soil

1. Introduction

Sesame (*Sesamum indicum* L.) is an erect, annual plant of Pedaliaceae family (Sharma et al., 2021) with indeterminate, generally tall and branched growth habit (Tripathy et al., 2019). Its seed oil is a part of the daily edible oil for half of the global population (Wei et al., 2014). Sesame oil presence increases in Western diet (Nachshon et al., 2019). Sesame has high oil content and quality. Unsaturated fatty acids, proteins and antioxidants in its seeds are attractive and increasing consumption of sesame seed products (Zhang et al., 2019).

In wide agro ecological zones in the world, many different varieties of sesame exist (Nagendra Prasad et al., 2012). Low yield is a major constraint for its cultivation (Jayaramachandran et al., 2020). Inherently low genetic yield potential and susceptibility to biotic and abiotic stresses are the reasons for low productivity of sesame. Development of stress tolerant high yielding varieties is needed (Jyothi et al., 2011). The gap between the potential and realized yields in sesame is very high due to capsule shattering and sensitivity to a biotic and abiotic stresses (Tripathy et al., 2019). Plant architecture modification is required to increase harvest index. Selection for medium plant height (approximately one meter) with high capsule density starting from 15-20 cm above the soil level is needed (Tripathy et al., 2019).

Sesame production is common in marginal and semi-marginal lands (Pandey et al., 2017). Its cultivation is between latitudes 30 S to 43 N (Langham et al., 2021). Sesame crop is widely grown in tropical and subtropical countries as a major oil and protein source (Wang et al., 2014). It is grown typically by smallholders mainly in developing countries. Inappropriate fertilizers usage is among the major constraints for its production (Zenawi & Mizan, 2019). Seed yield and quality significantly get affected from drought stress (You et al., 2019). Genotype and drought stress affect quality and quantity of extractable oil (Kadkhodaie et al., 2014).

This study was carried out to determine the effects of different irrigation levels on selected crop parameters of three sesame genotypes under semi-arid highland conditions in Turkey.

2. Material and Method

The trial was carried out in the field crops trial area of the Faculty of Agriculture of Siirt University in 2016 and 2017. Applications of different water consumption levels (35%, 70% and 100% water levels; S1, S2 and S3 respectively) were in the main plots where varieties were in sub-plots in the experiment, which was established with three replications according to the divided parcels experimental design in the random blocks. Two sesame cultivars (Arslanbey and Hatipoğlu) and one sesame genotype (Hat-2) were used. Row length was 6 m, interrow spacing was 70 cm, and intrarow spacing was 15 cm. Soil analysis was conducted before trial and the results are given in Table 1 below. The data were subjected to split plots experimental design in random blocks with jmp statistics program.

Soil Properties	Soil layer (cm)		
	0-30	30-60	60-90
Texture	Clay	Clay	Clay
Clay (%)	57,12	55,12	53,12
Silt (%)	22,0	16,0	14,0
Sand (%)	20,88	28,88	24,88
Field capacity (FC)	33,52	36,04	35,38
Wilting point (Pw)	24,44	26,08	25,57
Bulk density (g cm ⁻³)	1,42	1,39	1,41
pH (1:2.5 s/w)	7,50	7,66	7,91
Electrical conductivity (dS m ⁻¹)	1,55	1,77	1,75

The soil was in clay texture with low electrical conductivity and moderate level of organic matter. Calcium carbonate content level of experimental soil was high. Plant available phosphorus concentration was low and potassium content was high. Mean field capacity (FC) was 433 mm in average depth (0-90 cm), wilting point (WP) was 312 mm and plant available water retention capacity of soils was 121 mm. Average bulk density of soil samples was 1,40 gr cm-3.

Considering the soil analysis, diammonium phosphate and urea fertilizers were applied to each plot homogeneously, with calculation of 80 kg/ha of phosphorus and 40 kg/ha of nitrogen over the pure substance in accordance with Arslan and Gür, (2018). Under the second crop conditions, following the wheat harvest, sowings was carried out manually by hand in the first and second years on 26.06.2016 and 05.07.2017, respectively. Complete emergences was achieved approximately one week after plantings. After the plant emergence stage, intrarow plant populations were reduced to homogenous distances. Twice hoeing was conducted. Since no diseases, pests and weeds were observed as a result of hoeing, pesticide spraying was not applied. Long term climate data of the study area during sesame growing season and long term period are presented in Table 2

The study area is under continental climate which is characterized by cold and rainy/snowy winters, and hot and dry summers. Long term average temperature of the region in summer is 26 °C in and 2,7 °C in winter. The maximum and minimum relative humidity are 70,2% and 26,9% in in January and August, while the long-term annual average relative humidity is 50,4%. Long term annual precipitation is 669,2 mm, and monthly precipitation ranges from 103,6 mm to 1,3 mm.

A total of 10 irrigations were performed according to the targeted irrigation levels. The irrigation treatments were full irrigation (I100) where 100% of the consumed water is used (I100, control) and two limited irrigations subjects to 70% (I70) and 35% (I35) of the full irrigation. Electrical conductivity (EC), pH, and anion and cation concents of the irrigation water were determined by a method described by Tuzuner, 1990. Water analyses revealed that irrigation water quality class was C2S1 which describes high quality irrigation water with an EC of 0.34 dS m-1 and a pH of 7.21. Irrigation water was safe to use in irrigating the sesame plants.

Harvesting was carried out when the color of the seeds became darker. Before manual hand harvest, 0,5 m from both

ends of parcels and each both side plant lines were cut out and thrown. Rest middle two rows were harvested. Harvest dates

were 26.10.2016 and 01.11.2017 in first and second years, respectively.

Table 2. Climatic data for 2016 and 2017 years and log-term average (1962-2015)

		Mean Min Temp. (°C)	Mean Temp. (°C)	Mean Max Temp. (°C)	Mean Humidity (%)	Mean wind Speed (m s-1)	Mean daily Sunshine (h)	Total precipitation (mm)
Average of 1962-2015	May	25.2	19.4	9.0	49.3	1.0	9.1	36.9
	June	27.2	26.0	17.8	34.9	1.1	11.6	11.5
	July	35.1	30.5	23.4	30.3	1.1	12.3	0.6
	August	34.5	30.3	27.0	29.5	1.0	11.4	2.7
	September	30.0	25.1	14.7	37.4	1.0	10.1	7.0
	October	24.5	17.9	12.7	42.0	1.0	7.2	50.9
2016	May	26.62	19.29	14.52	50.87	1.0	8.7	39.6
	June	26.09	28.16	20.0	35.50	1.1	11.5	10.6
	July	34.13	31.45	24.35	32.69	1.0	12.4	0.1
	August	33.92	31.19	24.23	32.95	1.0	11.3	0.4
	September	31.23	25.43	21.5	39.90	1.1	10.0	9.2
	October	24.3	16.8	11.5	42.3	1.1	7.0	55.1
2017	May	24.69	21.29	14.59	51.77	1.0	9.3	37.7
	June	28.19	28.41	20.25	34.40	1.1	12.0	9.3
	July	36.24	33.19	25.35	29.69	1.0	12.5	0.1
	August	35.92	32.45	24.73	29.95	1.0	11.5	0.0
	September	32.23	27.43	21.65	36.79	1.1	10.0	12.2
	October	21.1	19.7	12.0	44.2	1.0	7.3	69.20

3. Results and Discussion

3 Variety and “WCL x year interaction” were found significant for plant height. Plant height were higher for Hatipoğlu and Arslanbey varieties (111,1 cm and 107,4 cm, respectively). In relation with water consumption levels, plant heights were higher at S3 treatment for both years and S2 treatment for 2017 (Table 3). Variety and “WCL x year interaction” were found significant for first branch height. First branch height were higher for Arslanbey variety and Hat-2 genotype (7,37 cm and 6,36 cm, respectively). In relation with water consumption levels, plant heights were higher at S3 treatment for both years and S2 treatment for 2016 (Table 3). Variety, “WCL x year interaction” and “variety x WCL

interaction” were found significant for branch number. Branch number were higher for Hatipoglu variety (8,52 pieces) and lower for Arslanbey variety (3,48 pieces) and Hat-2 genotype (3,74 pieces). In relation with water consumption levels, branch number were higher at S1 and S2 treatments for both years. Hatipoglu variety in 2017 year produced highest (9,47 pieces), whereas Arslanbey variety in 2016 produced lowest (2,79 pieces) branch number (Table 4). Variety were found significant for number of capsules per plant in which this value were higher for Hat-2 genotype (160,8 pieces) and Arslanbey varieties (151,3 pieces). Number of capsules per plant was 135,5 pieces for Hatipoğlu variety (Table 4).

Table 3. Plant height and first branch height data obtained in the study

	Year	Plant height (cm)				First branch height (cm)			Mean
		Water consumption level			Mean	Water consumption level			
		S1	S2	S3		S1	S2	S3	
Arslanbey	2016	102,2	104,3	108,5	104,9	8,13	10,33	8,20	8,89
	2017	107,3	100,7	121,6	109,9	4,80	5,93	6,80	5,84
Mean		104,8	102,5	115,0	107,4 ab	6,47	8,13	7,50	7,37 a
Hatipoğlu	2016	111,1	109,2	114,8	111,7	3,30	3,70	4,37	3,79
	2017	105,3	113,5	112,5	110,5	3,20	2,53	2,60	2,78
Mean		108,2	111,4	113,7	111,1 a	3,25	3,12	3,48	3,28 b
Hat-2	2016	98,7	104,9	105,1	102,9	6,53	7,47	7,60	7,20
	2017	97,9	107,1	106,3	103,8	5,93	3,73	6,87	5,51
Mean		98,3	105,9	105,7	103,3 b	6,23	5,60	7,23	6,36 a
Mean of 2016		103,9 b	106,1 b	109,5 ab	106,5	5,99b	7,17a	6,72a	6,63 a
Mean of 2017		103,5 b	107,1 ab	113,5 a	108,0	4,64b	4,07b	5,42a	4,71 b
General Mean		103,7	106,6	111,5	107,3	5,32	5,32	5,62	6,07
CV				6,64				22,01	
LSD variety				4,9*				1,47**	
LSD WCL x year				6,93*				1,2**	
LSD variety x WCL				ns					

* WCL: Water consumption level; ns: non-significant

Table 4. Branch number and number of capsules per plant data obtained in the study

Variety	Year	Branch number			Mean	Number of capsules per plant			Mean
		Water consumption level				Water consumption level			
		S1	S2	S3	S1	S2	S3		
Arslanbey	2016	3,83	2,20	2,33	2,79 d	165,6	117,8	148,8	144,1
	2017	4,33	4,47	3,73	4,18 c	195,9	145,2	134,1	158,4
Mean		4,08	3,33	3,03	3,48 b	180,8	131,5	141,5	151,3 ab
Hatipoğlu	2016	8,23	7,27	7,20	7,57 b	125,9	121,3	146,2	131,1
	2017	8,93	9,67	9,80	9,47 a	116,7	157,0	146,1	139,9
Mean		8,58	8,47	8,50	8,52 a	121,3	139,1	146,1	135,5 b
Hat-2	2016	4,02	3,53	3,57	3,71 cd	158,0	167,6	184,3	170,0
	2017	4,00	4,33	3,00	3,78 c	175,2	134,7	145,1	151,7
Mean		4,01	3,93	3,28	3,74 b	166,6	151,1	164,7	160,8 a
Mean of 2016		5,36	4,33	4,37	4,69 b	149,8	135,6	159,8	148,4
Mean of 2017		5,76a	6,16a	5,51b	5,81 a	162,6	145,6	141,8	150,0
General Mean		5,56a	5,24a	4,94b	5,25	156,2	140,6	150,8	149,2
CV				19,03					22,4
LSD variety				0,68**					22,9*
LSD WCL x year				0,56**					
LSD variety x WCL				0,97*					

* WCL: Water consumption level; ns: non-significant

Table 5. Number of seeds per capsule and 1000 seed weight data obtained in the study

Variety	Year	Number of seeds per capsule			Mean	1000 seed weight			Mean
		Water consumption level				Water consumption level			
		S1	S2	S3		S1	S2	S3	
Arslanbey	2016	81,07	82,13	83,87	82,36	3,75	3,83	4,00	3,86
	2017	82,00	80,00	84,67	82,22	3,83	3,83	4,08	3,92
Mean		81,53	81,07	84,27	82,29 b	3,79	3,83	4,04	3,89
Hatipoğlu	2016	82,00	76,53	76,67	78,40	3,75	3,75	4,00	3,83
	2017	81,00	78,67	80,67	80,11	3,92	3,75	4,08	3,92
Mean		81,50	77,60	78,67	79,26 c	3,83	3,75	4,04	3,88
Hat-2	2016	87,60	88,40	84,53	86,84	4,00	4,33	3,83	4,06
	2017	82,67	84,67	84,67	84,00	4,08	4,58	3,92	4,19
Mean		85,13	86,53	84,60	85,42 a	4,04	4,46	3,88	4,13
Mean of 2016		83,56	82,36	81,69	82,53	3,83	3,97	3,94	3,92
Mean of 2017		81,89	81,11	83,33	82,11	3,94	4,06	4,03	4,01
General Mean		82,72	81,73	82,51	82,32	3,89	4,01	3,99	3,96
CV					4,15				9,65
LSD variety					2,35**				
LSD WCL x year									
LSD variety x WCL									

* WCL:Water consumption level; ns:non-significant

Variety were found significant for number of seeds per capsules in which this value were higher for Hat-2 genotype (85,42 pieces) and lowest for Hatipoğlu variety (79,26 pieces) (Table 5) None of the application was effective on 1000 seed weight values (Table 5).

4. Conclusions and Recommendations

Increased irrigation level increased plant height and reduced branch number. Irrigation was not effective on first branch height, number of capsules per plant and 1000 seed weight values.

References

- Arslan, H., Gür, M.A., 2018. Effects of Phosphorus and Nitrogen Application on Sesame (*Sesamum indicum* L.) Yield in Semi-Arid Climatic Conditions. *International Journal of Scientific and Technological Research* Vol. 4, No. 4.
- Jayaramachandran, M., Saravanan, S., Motilal, A., Prabhu, P. C., Hepziba, S. J., Swain, H., & Boopathi, N. M. (2020). Genetic improvement of a neglected and underutilised oilseed crop: sesame (*Sesamum indicum* L.) through mutation breeding. *The Nucleus*, 63(3), 293-302.
- Jyothi, B., Ansari, N. A., Vijay, Y., Anuradha, G., Sarkar, A., Sudhakar, R., Siddiq, E. A. (2011). Assessment of resistance to Fusarium wilt disease in sesame (*Sesamum indicum* L.) germplasm. *Australasian Plant Pathology*, 40(5), 471-475.
- Kadkhodaie, A., Razmjoo, J., Zahedi, M., Pessarakli, M. (2014). Oil content and composition of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes as affected by irrigation regimes. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 91(10), 1737-1744.
- Langham, D. R., Zhang, H., & Miao, H. (2021). 1.2 World Sesame Production. *The Sesame Genome*, 1.
- Nachshon, L., Goldberg, M. R., Levy, M. B., Appel, M. Y., Epstein-Rigbi, N., Lidholm, J., Elizur, A. (2019). Efficacy and safety of sesame oral immunotherapy—a real-world, single-center study. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, 7(8), 2775-2781.
- Nagendra Prasad, M. N., Sanjay, K. R., Prasad, D. S., Vijay, N., Kothari, R., & Nanjunda Swamy, S. (2012). A review on nutritional and nutraceutical properties of sesame. *J Nutr Food Sci*, 2(2), 1-6.
- Pandey, S. K., Majumder, E., & Dasgupta, T. (2017). Genotypic variation of microelements concentration in sesame (*Sesamum indicum* L.) mini core collection. *Agricultural Research*, 6(2), 114-121.
- Sharma, L., Saini, C. S., Punia, S., Nain, V., & Sandhu, K. S. (2021). Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seed. In *Oilseeds: Health Attributes and Food Applications* (pp. 305-330). Springer, Singapore.
- Tripathy, S. K., Kar, J., Sahu, D. (2019). Advances in sesame (*Sesamum indicum* L.) breeding. In *Advances in Plant Breeding Strategies: Industrial and Food Crops* (pp. 577-635). Springer, Cham.
- Tuzuner, A. (1990) *Soil and Water Analysis Laboratories Handbook*. T. C. Ministry of Agriculture, Forestry and Rural Affairs. General Directorate of Rural Services. Ankara, Turkey.
- Wang, L., Yu, S., Tong, C., Zhao, Y., Liu, Y., Song, C., Zhang, X. (2014). Genome sequencing of the high oil crop sesame provides insight into oil biosynthesis. *Genome biology*, 15(2), 1-13.

- Wei, X., Wang, L., Zhang, Y., Qi, X., Wang, X., Ding, X., & Zhang, X. (2014). Development of simple sequence repeat (SSR) markers of sesame (*Sesamum indicum*) from a genome survey. *Molecules*, 19(4), 5150-5162.
- You, J., Zhang, Y., Liu, A., Li, D., Wang, X., Dossa, K., & Zhang, X. (2019). Transcriptomic and metabolomic profiling of drought-tolerant and susceptible sesame genotypes in response to drought stress. *BMC plant biology*, 19(1), 1-16.
- Zenawi, G., & Mizan, A. (2019). Effect of nitrogen fertilization on the growth and seed yield of sesame (*Sesamum indicum* L.). *International Journal of Agronomy*, 2019.
- Zhang, H., Miao, H., & Ju, M. (2019). Potential for adaptation to climate change through genomic breeding in sesame. In *Genomic designing of climate-smart oilseed crops* (pp. 371-440). Springer, Cham.



An Efficient Brushless DC Motor Design for Unmanned Aerial Vehicles

Yusuf Yaşa^{1*}

^{1*} Bursa Technical University, Faculty of Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical Engineering, Bursa, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2032-9810), yusuf.yasa@btu.edu.tr

(First received 7 March 2022 and in final form 25 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1083838)

ATIF/REFERENCE: Yaşa, Y. (2022). An Efficient Brushless DC Motor Design for Unmanned Aerial Vehicles. *European Journal of Science and Technology*, (35), 288-294.

Abstract

In this study, 650W, 3500rpm 225Kv with 5kg traction force brushless DC motor is developed by using multidisciplinary analysis tools which include electrical, electromagnetics and electronics. In aerial vehicles, the efficiency is highly significant since it affects whole system parameters such as flight time, battery capacity, system mass and its acoustic noise level etc. Electric motor designer's aim is to increase machine efficiency at particular operating condition which is usually at rated condition. However, in aerial vehicles the motor's load type is fan and it has a parabolic speed-torque characteristic. Hence, the motor efficiency should be maximized in this particular load line in a wide speed range. Hence, the study mostly focuses on maximizing the electrical energy to traction force conversion efficiency at fan load characteristic but other performance-enhancing studies have not been neglected. The performance metrics will be more detailed in the study. The results are verified with both simulation and experimental study.

Keywords: Aerial vehicles, Brushless DC motor, Motor efficiency.

İnsansız Hava Araçları İçin Verimli Bir Fırçasız DC Motor Tasarımı

Öz

Bu çalışmada, elektrik, elektromanyetik ve elektroniği içeren multidisipliner analiz araçları kullanılarak 650W, 3500rpm 225Kv 5kg çekiş gücüne sahip fırçasız DC motor geliştirilmiştir. Hava araçlarında verimlilik, uçuş süresi, pil kapasitesi, sistem kütlesi ve akustik gürültü seviyesi gibi tüm sistem parametrelerini etkilediği için oldukça önemlidir. Elektrik motoru tasarımcısının amacı, genellikle nominal olan belirli çalışma koşullarında makine verimliliğini artırmaktır. Ancak hava araçlarında motorun yük tipi fanır ve parabolik hız-tork karakteristiğine sahiptir. Bu nedenle, geniş bir hız aralığında bu özel yük hattında motor verimi maksimize edilmelidir. Bu nedenle, çalışma çoğunlukla fan yük karakteristiğinde elektrik enerjisinin çekiş kuvveti dönüşüm veriminin maksimize edilmesine odaklanmaktadır, ancak diğer performans artırıcı çalışmalar ihmal edilmemiştir. Performans metrikleri çalışmada daha ayrıntılı olarak anlatılacaktır. Sonuçlar hem simülasyon hem de deneysel çalışma ile doğrulanmıştır.

Anahtar Kelimeler: İnsansız hava araçları, Fırçasız DC motor, Motor verimi.

* Corresponding Author: yusuf.yasa@btu.edu.tr

1. Introduction

Drones or quadcopters are playing an important role in various sectors such as logistics, transportation, toys, military, agricultural applications etc(Mithra, 2021). Today’s market shows that the applications where drones will penetrate will increase even more(Taha, 2022). One of the most critical parts in the drone system is electric traction motors. They consume most of the stored energy in the operation. While the motors keep the drone in the air, it also undertakes the routing task of the drone. Hence, its operating efficiency is critical and needs to be maximized. Otherwise, drone operating time would be shortened. In a simple way, efficiency can be increased by making electric motor big, however, in this case, the drone becomes heavier and the operation time is shortened, again. Hence, maximizing efficiency by keeping the motor mass same should be one of the biggest goal in the unmanned aerial vehicles(Emanuele, 2021).

Electric motors convert electrical energy to the mechanical traction energy with rotary motion. In the unmanned aerial vehicles, electric motors work with the principle of attraction or repulsion of two magnetic fields; rotor and stator magnetic fluxes. The rotor magnetic flux source is the permanent magnet in the BLDC motors. However, the stator flux source in most motor type is the alternative electric current in the copper wires which are placed in the stator slots.

Brushless DC Motors (BLDC) are known as high efficiency, long life span, reliable, high power density electric motors(Ali, 2021). They have cool operating temperatures and do not need maintenance over a long time(Abdüssamed, 2020). These features make the BLDC motors most appropriate electric motors for unmanned aerial vehicles(Ahmet Yigit, 2021). The most BLDC motors utilize rare-earth material, neodymium iron boron (NdFeB) magnets to provide enough flux in airgap between stator and rotor. Complicated motor control and high costs because of the magnets are the drawbacks of BLDC motors(Seong-Tae Jo, 2022). Typical BLDC Motor for unmanned aerial vehicles is shown in Figure 1.

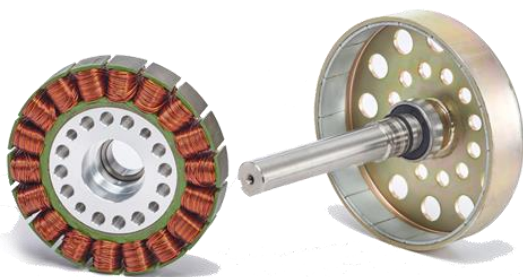


Figure 1. Typical BLDC Motor for unmanned aerial vehicles.

Brushless DC motors can be either interior or outer rotor structure, as shown in Figure 2. The outer rotor structure gives the several following features. First, outer rotor has the larger rotating inertia which helps to reduce/damp the torque ripple and provide smooth stable operation even at low speeds. Second, outer diameter of the outer rotor BLDC is typically higher than internal rotor design. Torque is a function of square degree of outer diameter of the rotor. Hence, for a given motor diameter, an outer rotor motors have higher torque than interior designs. Moreover, bigger airgap area exists in outer design, which enables the higher force to build. Third, bigger outer diameter

allows higher pole count which increases the BLDC torque density. Outer rotor structures usually have shorter stack length. In variable loaded applications such as pumps, fans, blowers etc. The high rotor inertia can attenuate the load fluctuations and provide smooth-constant rotor speed. The heat source in the stator is copper power losses. Hence, the stator is exposed to more heat trapping than it is in the interior design. So the current density should be kept lower compared to interior rotor structure as the heat dissipation capability is low inside the motor core part. As can be understood from the literature review, the electric motor study needs multidisciplinary study including electrical, electromagnetics, electronics and mechanics. This paper mainly consists of electrical-electromagnetical design of the unmanned aerial vehicle motor however; other scientific disciplines are not ignored.

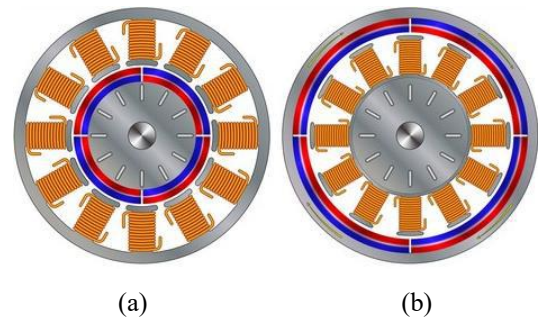


Figure 2. Inner rotor(a) and outer rotor(b) geometries of BLDC motor.

2. Material and Method

2.1. Brushless DC Motor Working Principle

Electric motors are classified as AC and DC electric motors as shown in Figure 3. As contrary to what is known from its name, BLDC motors are alternating current motors in the synchronous motor family. They are widely used in robots, traction control systems, servo drives, fans etc(Berk, 2021).

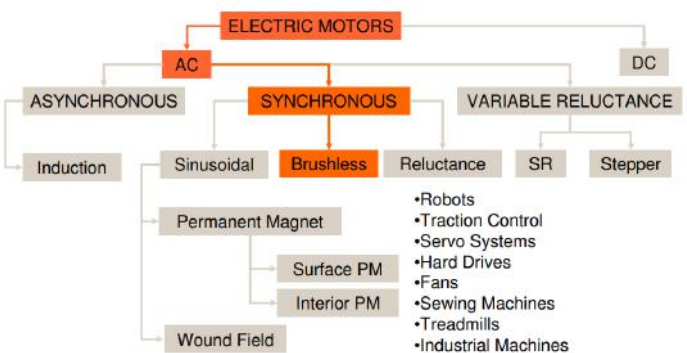


Figure 3. Electric motor type classification (Eduardo, 2008).

Brushless DC motors have trapezoidal back EMF waveform and their excitation method is based on six-step commutation principle(Yusuf, 2015). A typical back EMF and ideal phase excitation waveforms are shown in Figure 4.

Brushless DC motor modeling equations are given in (1-3), where V_{ab} , V_{bc} , V_{ca} are the stator excitation voltages which are provided from BLDC driver, R is the stator one phase resistance and i_a , i_b , i_c are the stator phase currents, L is the phase

inductance. Here, the BLDC motor assumed to have symmetrical phases so the winding resistances and inductances are equal (Ho-Young Lee, 2021).

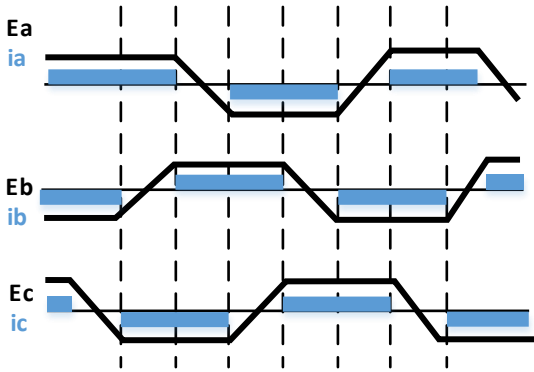


Figure 4. Typical back EMF and phase excitation current waveforms of BLDC motors.

e_a , e_b and e_c back EMF equations are represented in (4-6). Here k_e is the back EMF constant, ω_m is the rotational mechanical speed in radian and $F(\theta_e)$ is the function determined in (7) where changes with rotor position. Generated torque is given in (8) as a function of $F(\theta_e)$. In Y connected BLDC motor the sum of three phase currents should be zero as given in (9). (Stefan, 2005)

$$v_{ab} = R(i_a - i_b) + L \frac{d}{dt}(i_a - i_b) + e_a - e_b \quad (1)$$

$$v_{bc} = R(i_b - i_c) + L \frac{d}{dt}(i_b - i_c) + e_b - e_c \quad (2)$$

$$v_{ca} = R(i_c - i_a) + L \frac{d}{dt}(i_c - i_a) + e_c - e_a \quad (3)$$

$$e_a = \frac{k_e}{2} \omega_m F(\theta_e) \quad (4)$$

$$e_b = \frac{k_e}{2} \omega_m F(\theta_e - \frac{2\pi}{3}) \quad (5)$$

$$e_c = \frac{k_e}{2} \omega_m F(\theta_e - \frac{4\pi}{3}) \quad (6)$$

$$F(\theta_e) = \begin{cases} 1 & 0 < \theta_e < \frac{2\pi}{3} \\ 1 - \frac{6}{\pi}(\theta_e - \frac{2\pi}{3}) & \frac{2\pi}{3} < \theta_e < \pi \\ -1 & \pi < \theta_e < \frac{5\pi}{3} \\ -1 + \frac{6}{\pi}(\theta_e - \frac{5\pi}{3}) & \frac{5\pi}{3} < \theta_e < 2\pi \end{cases} \quad (7)$$

$$T_e = k_f \omega_m + J \frac{d\omega_m}{dt} + T_L \quad (8)$$

$$T_e = \frac{k_t}{2} [F(\theta_e)i_a + F(\theta_e - \frac{2\pi}{3})i_b + F(\theta_e - \frac{4\pi}{3})i_c] \quad (9)$$

$$i_a + i_b + i_c = 0$$

A typical BLDC motor driving scheme is shown in Figure 5. A 3-phase full bridge inverter with 6 semiconductor switches and their associated gate driver circuits are obtained driving signals from microprocessor. Rotor position sensors can be used to increase the motor performance. However, the redundancy is much more important in unmanned aerial vehicles. Hence, signal minimization should be aimed by eliminating the position sensors which can be done by using sensorless motor control algorithm.

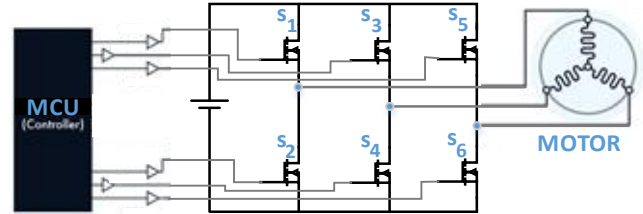


Figure 5. Typical BLDC Motor Control Diagram.

2.2. Brushless DC Motor Design for Unmanned Aerial Vehicles

The design step always starts with design electrical/mechanical limits and performance requirements. First of all, the “Kv” term should be determined as it is highly used in drone applications. “Kv” refers the rotational constant speed of the motor at 1V DC bus voltage. “Kv” unit is the rpm/V. It is measured by revolution of the rotor speed per minute when 1V is applied to the no loaded BLDC motor. Supposing the battery voltage 3S (meaning 3.7Vx3=11.1V) with 500Kv BLDC motor, the unloaded motor speed will be 11.1x500=5550 rpm. By noting that this is an unloaded motor speed, the speed of the BLDC motor will decrease by using propeller in unmanned aerial vehicle. The reason is, as the motor current will increase using propeller, the voltage drop across the winding resistance and cables will increase. Moreover, the permanent magnets will be partially demagnetized temporarily which depends on generated flux linkage by stator magnetic field and magnet temperature (Zhang F, 2019).

Table 1. Motor design input parameters

Kv Rating	225	Kv
Motor diameter	80	mm
Motor length	21	mm
Rated battery voltage	24	V
Rated battery current	26.1	A
Rated motor power	630	W
Rated speed @max. torque	3500	rpm
Motor mass	205	Gr
Rated torque	1.13	Nm

In this application the input parameters and limits are determined with Table 1. One of the main design criteria is selection of winding type which can be either distributed or concentrated winding. In distributed wounded electric motors, the magnetic field distribution in the airgap have lower harmonic content which enables higher efficiency and better energy conversion in the airgap (Cemil, 2018).

Table 2. Winding factors of possible slot/pole combinations

		ROTOR POLE NUMBER																	
		2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28	30	32	34	
STATOR SLOT NUMBER	3				q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25	
	6	q > 0.5	0,866		0,866	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25	
	9	q > 0.5	q > 0.5	0,866			0,866		q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25
	12	q > 0.5	q > 0.5		0,866	0,933		0,933	0,866		q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25	
	15	q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	0,866					0,866	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25		q < 0.25	q < 0.25	
	18	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	0,866	0,902	0,945		0,945	0,902	0,866	q < 0.25	q < 0.25	q < 0.25	q < 0.25	q < 0.25	
	21	q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		0,866	0,866					0,866	0,866		q < 0.25	q < 0.25	
	24	q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	0,866		0,933	0,949		0,949	0,933		0,866	q < 0.25	
	27	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	0,866			0,945			0,945			
	30	q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		0,866	0,874		0,936	0,951		0,951	0,936	
	33	q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	0,866							
	36	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5	0,866	0,867	0,902	0,933	0,945	0,953	
	39	q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		0,866					
	42	q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	0,866		0,89	0,913	
	45	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	q > 0.5	0,866			
	48	q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		q > 0.5	q > 0.5		0,866	0,857	

Unbalanced Winding
 Non-symmetrical Winding

However, distributed wound electric motors have higher end-turn length and usually have bigger winding resistance which cuts the efficiency and make the motor operating temperature higher, as well. Moreover, its manufacturing process is difficult. However, concentrated windings can be quickly and cheaply wound by winding machine. Other advantages are short end-turns, less winding resistance. These features make the concentrated winding method suitable for unmanned aerial vehicles (UAVs), as more compact motor design is possible with this method. A major challenging issue in the concentrated winding motor is selection of suitable slot/pole number of BLDC. Otherwise, its performance would be poorer than distributed wound BLDC motor.

Table 2 shows the winding factors of possible slot/pole combinations. It should be noted here that green highlights have highest winding factor, however yellow highlights are worse winding factor than green. This table can be extended to very high pole/slot count. However, as the motor outer diameter is limited by 80mm, very high numbers would not be realistic as the manufacturing difficulty will be much more. Winding factor is one of the important performance parameter which highly depends on pole/slot combination and can maximize the back EMF voltage with proper selection as represented in (10). Here, p is the pole pair number, ω_m is the mechanical angular speed, N is the total number of serial turns per phase, k_w is the winding factor and k_{st} is the stacking factor. From Table 2, 24 slot number and 28 pole is selected to reach highest motor power density. Hereafter, as the geometrical limits are already determined by the application, parametric optimization is performed for each design parameter which are teeth geometry, airgap length, magnet grade and its geometry, wire diameter and number of turns, number of parallel path etc. we will not go into detail as the parametric optimization tools are already well known by FEA software packages. Instead, the final optimized geometry FEA analyses results and its effects on the motor performance were deeply studied.

$$\hat{E} = p\omega_m N \Phi_g k_w k_{st} \quad (V_{peak}) \quad (10)$$

Figure 6 shows the magnetic field density (B) of developed outer rotor BLDC at no load condition, the BLDC model is established in Ansys-Electronics. Silicon based lamination material is used in stator stack. Silicon steel lamination material saturates around 1.65-1.7 Tesla. In the figure, the result shows that stator teeth reach to 1.75 Tesla magnetic field density. As a

result, some part of the stator is facing saturation which increases the iron losses consisting hysteresis and eddy current losses represented in (11-12). Here K_h and K_e are hysteresis and eddy current loss coefficient depending on material properties, B_{max} is the maximum magnetic field density in the designated volume, n is the factor and its value is commonly taken 1.5-2 in electric machine applications. f is the electrical frequency and t is the lamination thickness. It is clear that magnetic field density strongly increases the total iron loss. As a trade off, trying to keep magnetic field density low will result in the motor getting bigger and heavier.

$$P_{hysteresis} = K_h B_{max}^n f \quad (W/m^3) \quad (11)$$

$$P_{eddy} = K_e B_{max}^2 f^2 t^2 \quad (W/m^3) \quad (12)$$

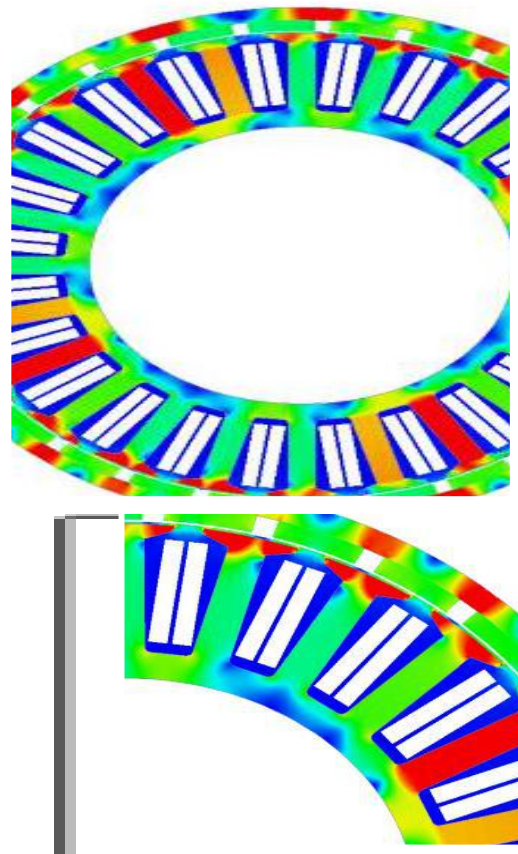


Figure 6. Magnetic field density of developed outer rotor BLDC at no load.

The resultant back EMF waveforms are given in Figure 7. The results show that phase induced voltages are similar to trapezoidal wavelike and relatively lower harmonic content than line-to-line back EMFs. However, this is known that phase voltages play an important role in torque ripple. The motor is designed to be excited in a six-step pulse, so the back EMF waveforms are suitable for this excitation type. The other performance metric is the cogging torque. In fan applications the cogging usually can be ignored, however, this is known that cogging torque will cause acoustic noise and shortens the life of the bearings as it causes vibration in light load (Jacek F. Gieras, 2003). Hence, it should be minimized in unmanned aerial vehicles as the noise is a critical issue in missile applications (Kun Xia, 2017).

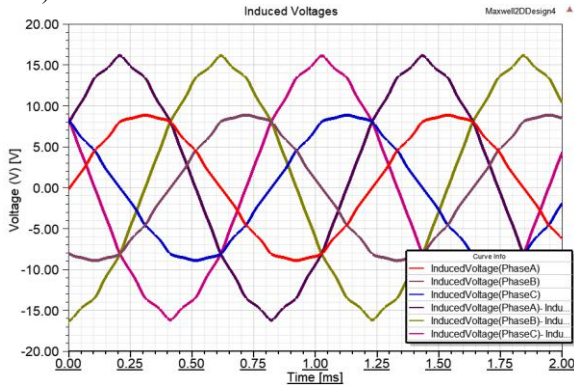


Figure 7. The Back EMF waveforms of developed BLDC motor.

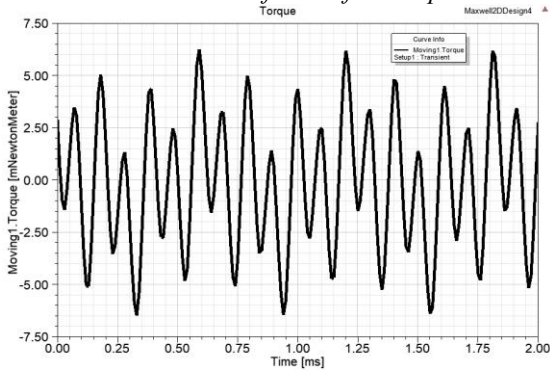
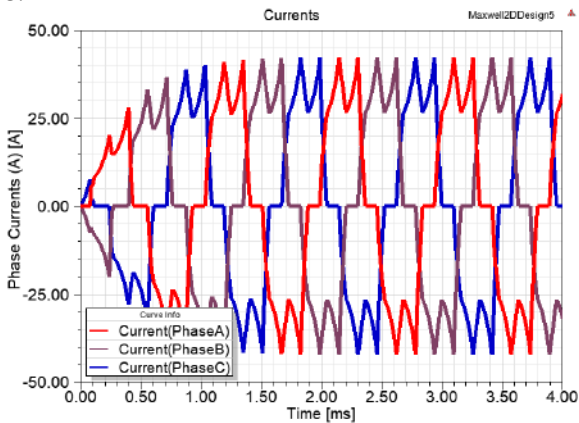
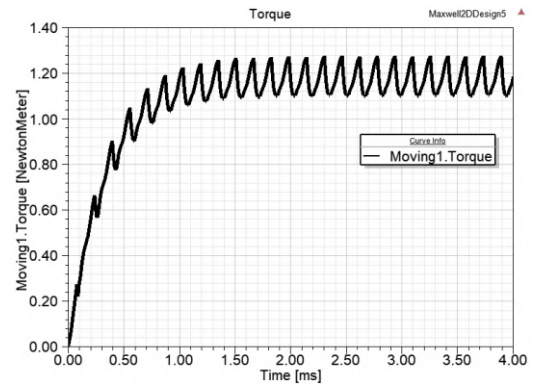


Figure 8. The cogging torque waveform of the developed BLDC.



(a)



(b)

Figure 9. Phase currents(a) and generated electromagnetic torque(b) of developed BLDC motor.

2.3. Experimental Study

The developed outer rotor BLDC was manufactured to verify the design stage. First of all, mechanical design is executed as shown in Figure 10. As it is an unmanned aerial vehicle application, minimum motor mass is one of the biggest goals. Hence, aluminium 7075 aviation material is used in the motor frame. Aluminium 7075 series has very high yield strength feature compared to conventional 6063 or 5000 series aluminium.

Winding is the challenging step in the production process. Maximal copper usage is always aimed to reach high performance and high efficiency in the BLDC motor. However, as it is an outer rotor structure, slot fill factor is relatively worse than inner rotor structure. The final produced BLDC motor picture is shown in Figure 11.



Figure 10. Mechanical design of outer rotor BLDC motor.



Figure 11. Winding stage and final picture of produced BLDC motor.

The produced BLDC motor is tested in the dynamometer which includes dynamic torque sensor and electromagnetic powder brake as a passive load. Typical six-step excitation voltage in the test progress is given in Figure 13. The test procedure is performed in a wide speed and torque range to obtain the motor and driver efficiency. The measured efficiency map of the developed BLDC motor is drawn with propeller load characteristic curve. The result shows that, developed BLDC motor efficiency is maximized in the wide speed operating range which enables to reach highest system efficiency in the unmanned aerial vehicle applications.

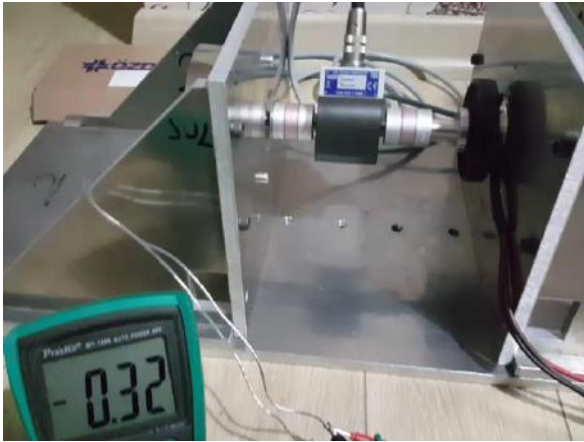


Figure 12. BLDC motor test setup (dyno) picture.

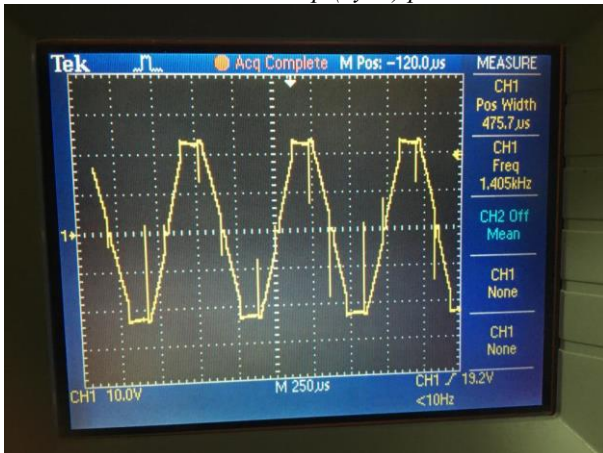


Figure 13. Measured one phase six-step excitation voltage waveform.

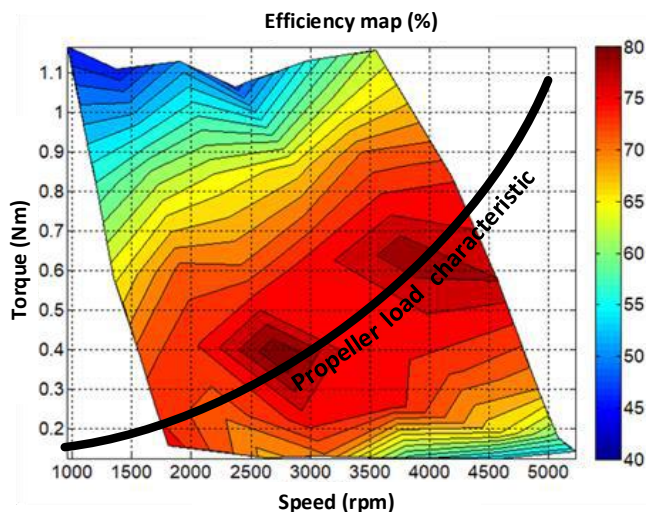


Figure 14. the efficiency map of developed BLDC motor and the propeller load characteristic.

3. Conclusion

In this study, 650W, 3500rpm with 225Kv, 5kg traction force BLDC motor is developed by using multidisciplinary study. Unmanned aerial vehicle total system efficiency is highly depends on traction motor energy conversion efficiency as the most of the stored energy in the battery is used by motors. Hence, BLDC motor efficiency should be maximized and optimized not just in a motor side. In addition, BLDC motor and propeller load characteristic curve should be taken into account together. The results show that the harmoniousness of BLDC motor and the propeller enables to reach high system efficiency. The simulation and experimental results clearly show that this goal is achieved in a wide speed range. The similar method is planned to be executed for high power BLDC motors in UAV application.

4. Acknowledge

Financial support for this research was provided by YASA Motor Technologies, Bursa Turkey.

References

- Mithra SivaKumar, & Naga Malleswari TYJ (2021). A literature survey of unmanned aerial vehicle usage for civil applications. *Journal of Aerospace Technology and Management*, 13, 1-8. <https://doi.org/10.1590/jatm.v13.1233>
- Taha Benarbia, & Kyandoghere Kyamakya (2022). A Literature Review of Drone-Based Package Delivery Logistics Systems and Their Implementation Feasibility. *Sustainability*, 14 (360), 1-15. <https://doi.org/10.3390/su14010360>
- Emanuele Adorni, & Anastasiia Rozhok, Roberto Revetria, Mikhail Ivanov (2021). Literature Review on Drones Used in the Surveillance Field. *Proceedings of the International Multi Conference of Engineers and Computer Scientists*, 1-6.
- Seong-Tae Jo, & Hyo-Seob Shin, & Young-Geun Lee, & Ji-Hun Lee and Jang-Young Choi (2022). Optimal Design of a BLDC Motor Considering Three-Dimensional Structures Using the Response Surface Methodology. *MDPI Energies*, 15, 1-13, <https://doi.org/10.3390/en15020461>
- Eduardo Viramontes (2008). Hands-on Workshop: Motor Control Part 4 - Brushless DC Motors Made Easy. *FreeScale Technology Forum*.
- Kaynak, Berk. & Arabul, A. Y., "Sizing, Design and Analysis of Fixed Wing Unmanned Aerial Vehicle's Wing", 6th International Mardin Artuklu Scientific Researches Conference, Mardin, Türkiye, 25 - 27 Haziran 2021, ss.74-81.
- Yusuf Yasa, & Erkan Mese (2015). Thermal Assessment of Outer Rotor Direct Drive Gearless Small-Scale Wind Turbines, *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Environmental and Ecological Engineering*, v9-8, 1004-1008.
- Ho-Young Lee, & Seung-Young Yoon, & Soon-O Kwon, & Jin-Yeong Shin, & Soo-Hwan Park and Myung-Seop Lim (2021). *A Study on a Slotless Brushless DC Motor with Toroidal Winding. Processes*, 9, 1-19, <https://doi.org/10.3390/pr9111881>.

- Stefan Baldursson (2005). BLDC Motor Modelling and Control – A Matlab®/Simulink® Implementation. *Master Thesis, Chalmers Tekniska Högskola.*
- Jacek F Gieras (2003). Analytical approach to cogging torque calculation in PM brushless motors, IEEE International Electric Machines and Drives Conference – IEMDC, <https://doi.org/10.1109/IEMDC.2003.1210329>.
- Kun Xia, Zhengrong Li, Jing Lu, Bin Dong, and Chao Bi (2017). Acoustic Noise of Brushless DC Motors Induced by Electromagnetic Torque Ripple. *Journal of Power Electronics*, 17 (4), 963-971. <https://doi.org/10.6113/JPE.2017.17.4.963>.
- Ali Bahadır, Ömer Aydoğdu (2021), DSP Tabanlı Fırçasız Doğru Akım Motorunun Bulanık Mantık ile Kontrolü. *European Journal of Science and Technology* No. 23, pp. 427-434, April 2021. <https://doi.org/10.31590/ejosat.877627>
- Abdüssamed Tabak (2020), Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Hız Kontrolünü Gerçekleştirmek İçin PID/PD Kontrolcü Tasarımı ve Performans İncelemesi. *European Journal of Science and Technology* No. 19, pp. 145-155, August 2020. <https://doi.org/10.31590/ejosat.707004>
- Arabul, Ahmet. Yigit, Kurt, E., Keskin Arabul, F., Senol, İ., Schrötter, M., Bréda, R., & Megyesi, D. (2021). Perspectives and Development of Electrical Systems in More Electric Aircraft. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2021.
- Zhang, F., Yu, S., Wang, Y., Jin, S., Jovanovic, M.G (2019), Design and performance comparisons of brushless doubly fed generators with different rotor structures. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 2019: 66(1), 631-640. <https://doi.org/10.1109/TIE.2018.2811379>.
- Cemil Ocak (2018), Design and performance comparison of four-pole brushless DC motors with different pole/slot combinations, *The International Journal of Energy & Engineering Sciences*, 2018, 3(3), 69-78.



A Simple and Efficient Acylation Reaction over Zinc Triflate as a New Catalyst

Nesimi Uludağ^{1*}

^{1*} Tekirdağ Namık Kemal University, Faculty of Science and Arts, Department of Chemistry, Tekirdağ, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2819-3612), nuludag@nku.edu.tr

(First received 4 March 2022 and in final form 26 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1083108)

ATIF/REFERENCE: Uludağ, N. (2022). A Simple and Efficient Acylation Reaction over Zinc Triflate as a New Catalyst. *European Journal of Science and Technology*, (35), 295-298.

Abstract

The amide containing structures are found in chemistry, and related sciences. As a consequence, methods for the *N*-acylation of amines occupies a large place in organic chemistry. In this study, Zinc triflate acylation between aniline derivatives and furan-2-carbonyl chloride was investigated under mild conditions. Also, different types of amides were obtained in very good yields at room temperature and purity after a simple workup. This newly developed method is presented as a new method in organic synthesis.

Keywords: Acylation, Zinc triflate, Heterocyclic compound, Aniline derivatives.

Yeni Katalizör Olarak Çinko Triflat Üzerinde Basit ve Etkili Açılasyon Reaksiyonu

Öz

Amit içeren yapılar kimya ve ilgili bilimlerde bulunur. Sonuç olarak, aminlerin *N*-açılasyonu için yöntemler organik kimyada büyük bir yer tutar. Bu çalışmada, anilin türevleri ile furan-2-karbonil klorür arasındaki çinko triflat açılasyonu ılımlı koşullar altında incelenmiştir. Ayrıca, basit bir çalışmadan sonra oda sıcaklığında ve saflıkta çok iyi verimlerle farklı amid türleri elde edildi. Yeni geliştirilen bu yöntem, organik sentezde yeni bir yöntem olarak sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Açılama, Çinko triflet, Heterosiklik bileşikler, Anilin türevleri.

* Corresponding Author: nuludag@nku.edu.tr

1. Introduction

N-phenylfuran-2-carboxamide and its congeners have remarkable found in many important medicinal compounds [Yogesh et al., 2022] and used in syntheses for the raw materials of many drugs. Structure also acylation reactions are important transformations not only on laboratory scale but also on industrial scale [Zhang et al., 2012].

The development of effective methods have attracted much interest from synthetic organic chemistry. Amide-containing structures are synthetically important and biologically active medicinally important molecules usually used for drug synthesis, serve as component for medicinal chemistry and biologically important molecules such as peptides and amino acids [Roncali et al., 1992; Masui et al., 2003; Kobayashi et al., 2006; Lloyd-Williams et al., 2001; Nicolau et al., 2005; Devendar et al., 2018]. Acylation for the regeneration of amine and acyl chloride is still a worthwhile area of study in different catalysts. The main acylation examples from the literature, Bi(OTf)₃ [Orita et al., 2001], Gd(OTf)₃ [Alleti et al., 2005], LiClO₄ [Nakae et al., 2001], RuCl₃ [Surya et al., 2004], as a some selected useful method for acylation reaction [Wu et al., 2021]. Even though many studies have been reported for this transformation, there is still a great demand for mild catalysts to generate amide.

Many similar zinc derivatives has been used as a mild and efficient. In this study we wish to disclose different method for acylation reactions and also acylation is a significant reaction for synthetic organic chemistry. Therefore, we have decided to seek synthesis of a new method different from the literature for the N-acyl amides using zinc triflate and also described our work to reach a successful *Zinc trifluoromethanesulfonate* (zinc triflate) catalyst for acylation reactions. As shown in the Scheme 1, a series amine derivatives and furan-2-carbonyl chloride under catalysis by zinc triflate [Sarvari et al., 2004; Moreno-Fuquen et al., 2013; Cheung et al., 2013].

2. Material and Method

2.1. Experimental Section

Proton and carbon NMR were obtained from Bruker device. FTIR spectra were measured with A Mattson 10 0 0 FTIR spectrometers. The melting points were determined with the Gallenkamp apparatus. The chemicals and solvents used in the syntheses were purified in accordance with international standards

2.1.1. General method for the synthesis of N-phenylfuran-2-carboxamide derivatives

An amine compound (1.0 mmol) was treated with zinc triflate (726 mg, 2.0 mmol) and furan-2-carbonyl chloride (392 mg, 3mmol) in 30 mL of anhydrous THF. The reaction was carried out at rt and continued by continuous TLC control (EtOAc). After the reaction was completed, it was poured into NaHCO₃ and rinsed with EtOAc and treated with ethyl acetate (2×10 mL). Then, the sample was dried with suitable dryer and concentrated. The sample, which could not be obtained pure, was purified according to the standard purification method.

2.1.2. Synthesis of N-phenylfuran-2-carboxamide (3)

The sample was crystallized in ether, yield: 88% (0.16 g), mp: 136–138 °C. IR (cm⁻¹): ν 3241 (NH), 3021, 2938 (C-H aliphatic), 1665, 1175. ¹H NMR: δ 10.09 (s, 1H, NH), 7.47 (dd, *J*=1.7, 0.9 Hz, 1H), 7.29 (d, *J*=7.8 Hz, 2H), 7.22 (t, *J*=7.8 Hz, 1H), 7.34 (d, *J*=3.4 Hz, 1H) 7.16 (t, *J*=7.8 Hz, 2H), 7.01 (dd, *J*=3.4, 0.8 Hz, 1H). ¹³C NMR: δ 168.8, 147.4, 144.3, 139.4, 129.1, 128.7, 127.7, 126.9, 126.4, 117.3, 111.2. Element Analysis calculated (%) for C₁₁H₉NO₂: C 70.58, H 4.85, N 7.48; found: C 7.49, H 4.77, N 7.56.

2.1.3. Synthesis of N-(p-tolyl)furan-2-carboxamide (4)

The sample was crystallized in petroleum ether, yield: 91% (0.18 g), mp: 146–147 °C. IR (cm⁻¹): ν 3296, 3121, 2988, 1643, 1124. ¹H NMR: δ 9.93 (s, 1H, NH), 7.84-7.78 (m, 2H), 7.51 (dd, *J*=3.1, 1.6 Hz, 1H), 7.39-7.31 (m, 2H), 7.03 (dd, *J*=3.1 and 0.8 Hz, 1H), 6.44 (dd, *J*=3.1, 1.7 Hz, 1H) 2.43 (s, 3H). ¹³C NMR: δ 178.7, 154.3, 144.2, 122.5, 122.1, 138.4, 136.3, 123.7, 122.4, 112.9, 111.8, 22.1. Element Analysis calculated (%) for C₁₂H₁₁NO₂: C 71.63, H 5.54, N 6.96; found: C 71.72, H 5.44, N 6.88.

2.1.4. Synthesis of N-(4-methoxyphenyl)furan-2-carboxamide (5)

The sample was crystallized in methanol, yield: 97% (0.21 g), mp: 148–149 °C. IR (cm⁻¹): ν 3281, 3054, 2993, 1654, 1073. ¹H NMR (CDCl₃, ppm): δ= 9.14 (s, 1H), 7.78-7.63 (m, 2H), 7.59-7.7.48 (m, 2H), 7.44 (dd, *J*=3.1 and 0.8 Hz, 1H), 7.06 (dd, *J*=3.1 and 0.7 Hz, 1H), 6.51 (dd, *J*=3.2 and 1.4 Hz, 1H), 3.84 (s, 3H, CH₃). ¹³C NMR (CDCl₃, ppm) δ 168.7, 157.8, 148.4, 142.6, 132.2, 127.7, 126.8, 114.1, 113.8, 111.5, 110.9, 61.3. Element Analysis calculated (%) for C₁₂H₁₁NO₃: C 66.37, H 5.14, N 6.47; found: C 66.27, H 5.04, N 6.51.

2.1.5. Synthesis of N-(4-(trifluoromethyl)phenyl)furan-2-carboxamide (6)

The sample was crystallized in ether ether, yield: 67 % (0.17 g), mp: 185-187 °C. IR (cm⁻¹): ν 3301 (NH), 3011, 2877, 1668, 1270 (C-F), 1011. ¹H NMR: δ 8.97 (s, 1H), 7.78-7.69 (m, 2H), 7.57-7.53 (m, 2H, H_{Ar}), 7.44 (dd, *J*=1.6 and 0.7 Hz, 1H), 7.11 (dd, *J*=3.4 and 0.8 Hz, 1H), 6.56 (dd, *J*=3.4 and 1.6 Hz, 1H, H_{Ar}). ¹³C NMR: δ 163.9, 157.8, 147.5, 143.4, 143.6, 131.5, 128.3, 126.8, 122.6, 117.2, 116.1, 113.5, 110.5. Element Analysis calculated (%) for C₁₂H₈F₃NO₂: C 56.48, H 3.16, N 5.49; found: C 56.41, H 3.09, N 5.38.

2.1.6. Synthesis of N-(4-nitrophenyl)furan-2-carboxamide (7)

The sample was crystallized in ether, yield: 73% (0.17 g), mp: 386-388 °C [15]. IR (cm⁻¹): ν 342, 3024, 2965, 1693, 1356 (NO₂), 1093. ¹H NMR (CDCl₃, ppm): δ= 9.91 (s, 1H, NH), 8.21 (d, *J*=7.7 Hz, 1H), 7.52 (d, *J*=8.4 Hz, 1H), 7.39 (dd, *J*=1.3 and 0.7 Hz, 1H), 7.27-7.11 (m, 2H), 6.98 (dd, *J*=3.7 and 0.9 Hz, 1H), 6.40 (dd, *J*=3.7 and 1.4 Hz, 1H, H_{Ar}). ¹³C NMR (CDCl₃, ppm) δ 169.4, 147.2, 144.5, 143.8, 143.1, 125.2, 124.8, 118.6,

117.3, 114.2, 111.0. Element Analysis calculated (%) for $C_{11}H_8N_2O_4$: C 56.93, H 3.45, N 12.05; found: C 56.79, H 3.56, N 12.19.

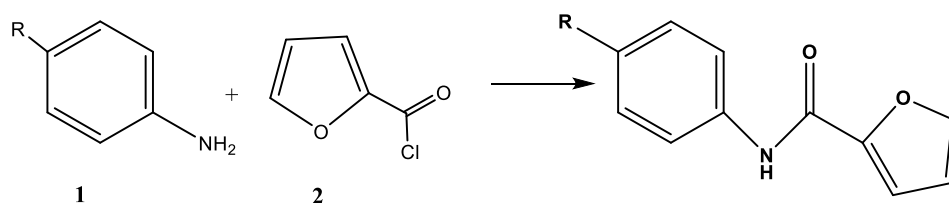
2.1.7. Synthesis of *N*-(4-cyanophenyl)furan-2-carboxamide (8)

The sample was crystallized in ether- ethyl acetate (2:1), yield: 88% (0.18 g), mp.: 164–165 °C. IR (cm^{-1}): ν 3433, 3034, 2978, 1644, 1093, 2244 (CN). 1H NMR (400 MHz, $CDCl_3$, ppm): δ = 8.17 (s, 1H), 7.63 (dd, J =8.8, 4.7 Hz, 2H, H_{Ar}), 7.54 (s, 1H, H_{Ar}), 7.27 (d, J =3.2 Hz, 1H, H_{Ar}), 7.03 (dd, J =8.8, 8.6 Hz, 2H, H_{Ar}), 6.55 (d, J =1.4 Hz, 1H). ^{13}C NMR (100 MHz, $CDCl_3$, ppm) δ 159.3, 156.4, 148.8, 143.4, 134.5, 121.9, 118.6, 115.5, 116.9, 115.2, 112.8, 107.9. Element Analysis calculated (%) for $C_{12}H_8N_2O_2$: C 67.94, H 3.81, N 13.22; found: C 67.83, H 3.93, N 13.11.

2.1.8. Synthesis of *N*-(4-chlorophenyl)furan-2-carboxamide (9)

The sample was crystallized in ether ether, yield: 84% (0.18 g), mp: 181-183 °C, IR (cm^{-1}): ν 3316, 3029, 2978, 1654, 1023, 670. 1H NMR ($CDCl_3$, ppm): δ = 8.78 (s, 1H), 7.58 (dd, J =8.7, 4.5 Hz, 2H), 7.46 (s, 1H), 7.25 (d, J =3.1 Hz, 1H), 7.11 (dd, J =8.8, 8.6 Hz, 2H), 6.61 (d, J =1.3 Hz, 1H). ^{13}C NMR ($CDCl_3$, ppm) δ 164.3, 152.4, 146.8, 144.4, 131.5, 125.9, 117.6, 117.1.5, 116.4, 115.1, 111.8, 110.9. Element Analysis calculated (%) for $C_{11}H_8ClNO_2$: C 59.31, H 3.61, N 6.32; found: C 57.55, H 3.75, N 6.44.

Scheme 1. Synthesis of *N*-phenylfuran-2-carboxamide derivatives



R: -H (3), -CH₃ (4), -OCH₃ (5), -NO₂ (6), -Cl (7), -CF₃ (8), -NO₂ (9)

3. Results and Discussion

It has been reported that aniline derivatives can be converted to furan-2-carboxamide using furan-2-carbonyl chloride at 25 °C condition (Scheme 1). Herein, we report the successful results of the acylation reactions to produce *N*-phenylfuran-2-carboxamide derivatives in the presence of THF.

The formation acylation is of significant value compared to the existing methods [Scmidt et al., 2017]. In this study, an alternative method for acylation reactions was developed to the existing methods in synthetic organic chemistry. Hence, during the course of these studies, we have achieved the synthesis of furan-2-carboxamide analog series. For this aim, we used aniline as a starting material.

Then electron withdrawing or donor groups which are derivatives of aniline. Aniline **1** was treated with furan-2-carbonyl chloride in 30 mL of THF gave *N*-phenylfuran-2-carboxamide **3**. After several attempts, we used this method as a one-step procedure in a short and efficient synthesis of compound **1** as a model substrate to establish the optimal reaction conditions and tetrahydrofuran are also suitable solvent. the reaction did proceed cleanly using substances. At this point, we assessed that the generalization of this transformation was subject to a variety of aniline derivatives as the starting material.

The reaction with furan-2-carbonyl chloride **2** proceeded smoothly. This makes the reaction more useful for the development of acylation chemistry [Bejblova et al., 2009]. The present method applicable to both organic chemistry and industrial processes was developed as a new catalyst as a new catalyst (zinc triflate) system for *N*-phenylfuran-2-carboxamide.

4. Conclusions

N-phenylfuran-2-carboxamide derivatives was successfully synthesized for the first time using zinc triflate, and its reactivity toward electron withdrawing and electron donating reagents was studied in comparison to the furan-2-carboxamide analog.

5. Acknowledge

I would like to thank Namik Kemal University research center laboratory

References

- Alleti R, Oh W. S, Perambuduru M, Afrasiabi Z, Sinn E, Reddy V. P. (2005). Gadolinium triflate immobilized in imidazolium based ionic liquids: A recyclable catalyst and green solvent for acetylation of alcohols and amines. *Green Chemistry*, 77 (7), 203-206. Doi: 10.1039/B416359A
- Bejblova M, Prochazkova D, Cejka J. (2009). Acylation reactions over zeolites and mesoporous catalysts. *ChemSusChem*, 2 (6), 486-499. Doi: 10.1002/cssc.200900007.
- Cheung C. W, Shen Ni, Wang S.-P, Ullah A, Hu X, Ma J.-A. (2013). Manganese-mediated reductive amidation of esters with nitroarenes. *Journal Name*, 6(6), 757-761. Doi: 10.1039/c8qo01405a
- Devendar P, Qu R.-Y, Kang W.-Ming, He B, Yang G.-Y. (2018). Palladium-catalyzed cross-coupling reactions: A powerful tool for the synthesis of agrochemicals. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66 (34), 8914-8934. Doi: 10.1021/acs.jafc.8b03792
- Kobayashi K, Ahmed M S. M, Mori A. (2006) Introduction of ethynylene and thienylene spacers into 2,5-diarylthiazole and 2,5-diarylthiophene. *Tetrahedron*, 62 (41), 9548-9553. Doi: 10.1016/j.tet.2006.07.097
- Lloyd-Williams P, Giralt E. (2001). Atropisomerism, biphenyls And the Suzuki coupling: peptide Antibiotics
Abbreviations: Bn = benzyl; Boc = *tert*-butoxycarbonyl; dba = dibenzylideneacetone; Ddm = 4,4'-imethoxydiphenylmethyl; DMSO = dimethylsulfoxide; FDPP = pentafluorophenyl diphenylphosphinate; MEM = methoxyethoxymethyl; Ms = methylsulfonyl; Piv = pivaloyl; TBS = *tert*-butyldimethylsilyl; Tf = trifluoromethanesulfonyl; Tfa = trifluoroacetyl; TFA = trifluoroacetic acid; Z = benzoxycarbonyl. *Chemical Society Reviews*, 30, 145-157. Doi: 10.1039/B001971M
- Masui K, Mori A, Okano, Takamura K, Kinoshita M, Ikeda T. (2004). Syntheses and properties of donor-acceptor-type 2,5-diarylthiophene and 2,5-diarylthiazole. *Organic Letters*, 6 (12), 2011-2014. doi: 10.1021/ol049386z
- Moreno-Fuquen, R, Azca'rate,a A, Kennedy A. R, Gilmour D, De Almeida Santos R. H. (2013). *N*-(2-Nitrophenyl)furan-2-carboxamide. *Acta Crystallographica Section E*, E70, o613. Doi: 10.1107/S160053681400912X
- Nakae Y, Kusaki I, Sato T. (2001). Lithium perchlorate catalyzed acetylation of alcohols under mild reaction conditions. *Synlett*, 10, 1584-1586. Doi: 10.1055/s-2001-17483
- Nicolauo K. C, Baulger P. G, Sarlah D. (2005). Palladium-catalyzed cross-coupling reactions in total synthesis. *Angewandte Chemie International Edition*, 44 (29), 4442-89. Doi: 10.1002/anie.200500368
- Orita A, Tanahashi C, Kakuda A, J. (2001). Highly powerful and practical acylation of alcohols with acid anhydride catalyzed by Bi(OTf)₃. *Journal of Organic Chemistry*, 66 (26), 8926-8934. Doi: 10.1021/jo0107453
- Roncalı J. (1992), Conjugated poly(thiophenes): synthesis, functionalization, and applications. *Chemical Reviews*, 92 (4), 711-738. Doi: 10.1021/cr00012a009
- Sarvari M. H, Shargi H. (2004). Reactions on a solid surface. A simple economical and efficient Friedel-Crafts acylation reaction over zinc oxide (ZnO) as a new catalyst. *Journal of Organic Chemistry*, 69 (20), 6953-6956. Doi: 10.1021/jo0494477
- Scmidt N. G, Pavkov-Keller T, Richter N, Wiltschi B, Gruber K, Kroutil W. (2017). Biocatalytic Friedel–Crafts acylation and Fries Reaction. *Angewandte Chemie International Edition*, 56 (26), 7615-7619. Doi: 10.1002/anie.201703270
- Surya K. D. (2004). Ruthenium(III) chloride catalyzed acylation of alcohols, phenols, thiols, and amines. *Tetrahedron Letters*, 45 (14), 2919-2922. Doi: 10.1016/j.tetlet.2004.02.071
- Wu Y, Guo L, Liu Y, Xiang J, Jiang J. (2021) Fe-mediated synthesis of N-aryl amides from nitroarenes and acyl chlorides. *Royal Society Chemistry Advances*, 11, 15290-15295. Doi: 10.1039/D0RA10868E
- Yogesh Kumar K, Pradeep Kumar C. B, Prased K. N. N, Jeon B.-H, Alsalme A. Prashanth M. K. (2022). Microwave-assisted N-alkylation of amines with alcohols catalyzed by MnCl₂: Anticancer, docking, and DFT Studies. *Archiv Der Pharmazie*, e2100443. Doi: 10.1002/ardp.202100443
- Zhang G, Wen X, Wang Y, Mo W, Ding, C. (2012). Recent advances in oxidative deoxygenation. *Progress in Chemistry*, 24, 361-369.



Türkiye'de Sanayisi Az Gelişmiş Kentlere Özgü Yatırım Teşvik ve Hibe Destek Mekanizması Geliştirme: Muş il Örneği

Ömer Arslan^{1*}

^{1*} Muş Alparslan Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Makine Müh. Bölümü, Muş, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4190-5271), o.arslan@alparslan.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 2 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 25 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1067389)

ATIF/REFERENCE: Arslan, Ö. (2022). Türkiye'de Sanayisi Az Gelişmiş Kentlere Özgü Yatırım Teşvik ve Hibe Destek Mekanizması Geliştirme: Muş il Örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 299-305.

Öz

Türkiye'nin bölgeleri arasında sosyo-ekonomik açıdan önemli gelişmişlik farkları bulunmaktadır. Uzun bir süreden beri Türkiye'de bölgesel gelişme stratejileri, ağırlıklı olarak kalkınmada öncelikli yöreler politikaları üzerine bina edilmeye çalışılmaktadır. Fakat bu bölgelerde hedefe yönelik takip edilen ekonomik ve sosyal politikalar ile uygulanan teşviklere karşın gerekli kalkınma sağlanamamıştır. Bunun ana nedeni 6 bölgesel sınıflandırma içinde yer alan her bir kente özgü destek ve teşvik mekanizmasının geliştirilmemesi olduğu düşünülmektedir. Bu nedenle geleneksel ve alışlagelmiş teşvik sisteminin ötesine geçen yaklaşım değişikliğiyle beraber gerektiğinde yenilikçi teşvik enstrümanları da tasarlanarak sürdürülebilir bir ekonomik gelişimin bu kentler için oluşması sağlanabilir. Diğer bir ifade ile farklı bölgesel teşvik sistemi içinde yer alan iller tek tip homojen yaklaşımından net bir şekilde ayrılan ve kentlerin kendine özgü şartlarına göre tasarlanmış yerel ekonomik potansiyeli canlandıran çoklu tip bir teşvik modeli oluşturulması gereklidir. Bu gereksinimden yola çıkılarak Muş kentine özgü bir yatırım destek ve teşvik mekanizması geliştirme çabasına girişilmiştir. Bunun için Muş ekonomisinin gelişmesinde önemli olan sektörler için güçlü bir altyapı oluşturmak ve birkaç şirketin zenginleşmesini sağlamaktan ziyade hedef sektörleri güçlendirebilecek bir teşvik ve destek mekanizmasının oluşturulması hedeflenmiştir. Böylelikle Muş gibi geri kalmış kentlerin gelişimi ivmelendirileceği gibi zamanla kentin kendi başına gelişebilmesi için ekonomik dinamikleri de harekete geçirilebilecektir.

Anahtar Kelimeler: Az Sanayileşmiş Kentler, Bölgesel Kalkınma Eşitsizliği, Teşvikler, Yatırım Teşvik, Muş.

Development of Investment Incentive and Grant Support Mechanism Specific to Industrially Underdeveloped Cities in Turkey: The Case of Muş Province

Abstract

There are significant socio-economic development differences between the regions of Turkey. For a long time, regional development strategies in Turkey have been tried to be built on the policies of priority regions in development. However, despite the economic and social policies followed for this goal and the incentives applied, the necessary development could not be achieved in these regions. The main reason for this is thought to be due to the lack of development of support and incentive mechanisms specific to each city in the 6 regional classifications. For this, with the change of approach that goes beyond the traditional and conventional incentive system, innovative incentive instruments can be designed for these cities, when necessary, to ensure a sustainable economic development. In other words, it is necessary to create a multi-type incentive model that is clearly differentiated from the uniform homogeneous approach of provinces within different regional incentive systems and that revitalizes the local economic potential designed according to the specific conditions of the cities. Based on this requirement, an effort was made to develop an investment support and incentive mechanism specific to the city of Muş. For this, it is necessary to establish a strong infrastructure for the sectors that are important in the development of the economy of Muş and to create an incentive and support mechanism that can strengthen the targeted sectors rather than ensuring the enrichment of a few companies. This will not only accelerate the development of backward cities like Muş, but will also activate the economic dynamics so that the city can develop on its own over time.

Keywords: Industrially Underdeveloped Cities, Regional Development Inequality, Incentives, Investment Incentive, Muş.

* Sorumlu Yazar: o.arslan@alparslan.edu.tr

1. Giriş

Dünyada kalkınma düzeyini arttırmak için kullanılan en önemli mali politika araçları yatırım teşvik yasal düzenlemeleridir. Ülkelerin gelişmişlik düzeylerinden bağımsız olarak teşvik ve destekler sürdürülebilir ekonomik gelişimi sağlayarak ülkenin refah seviyesini yükseltme amacı gütmektedir (Candan ve Yurdadoğ, 2017:154; Karas & Karas, 2019:9). Bunun için etkin kaynak dağılımının sağlanması, bölgesel kalkınma eşitsizliklerinin giderilmesi, yeni istihdam alanlarının oluşturulması, ihracatın kapasitesinin artırılması, yabancı yatırımcının ülkeye çekilmesi, cari işlemler açığının azaltılması, sürdürülebilir bir ekonomik gelişmenin sağlanması, uluslararası rekabet gücünün elde edilmesi gibi birçok amaç için teşviklere başvurulmaktadır (Karas & Karas, 2019:3-4; Odabaş ve Şaşmaz, 2017: 77). Özellikle az gelişmiş ülkelerde temel altyapı yatırımlarının ve sermaye birikiminin yetersiz olması gibi yapısal sorunlar bulunmaktadır. Ayrıca bölgeler arası kalkınma eşitsizliğini mümkün olduğunca azaltma zorunluluğundan dolayı bu bölgelere pozitif ayrımcılık yapmak o bölgenin ekonomik şartlarının iyileşmesini sağlamakla birlikte sosyal katkılar da temin etmektedir (Koç, 2019:113).

Türkiye yatırım destek teşviklerini, yabancı sermayeyi ülkeye çekmek, ülke içindeki girişimcileri yatırım yapmaya özendirmek ve aynı zamanda ülkedeki geri kalmış bölgelere yatırımcıyı çekmek için kullanmaktadır. Ancak Türkiye'nin bölgeleri arasında sosyo-ekonomik, sosyo-kültürel önemli gelişmişlik farkları mevcuttur. Bölgesel gelişme ve bölgeler arası kalkınma uçurumunun giderilmesi kalkınma politika ve stratejilerinde yer almakta ve bu eşitsizliği giderme amaçlı plan-program-uygulamalar yürütülmeye çalışılmaktadır. Türkiye'de bölgesel gelişme stratejileri, ağırlıklı olarak kalkınmada öncelikli yöreler politikaları üzerine bina edilmektedir. Bunun için geri kalmış bölgelerin gelişimini sağlayarak bölgeler arasındaki kalkınma dengesizliğini minimize ederek, ülke sathında ekonomik gelişimle beraber sağlıklı bir sosyo-kültürel gelişmenin ve refah dağılımının sağlanmasına yönelik çeşitli hibe ve destek programları uygulanmaktadır. Ülke ekonomisinin son dönemlerde gösterdiği büyüme ve hızlı değişimde, buralara uygulanan teşvik politikalarının sonucunda elde edilen ekonomik gelişimin katkısı olduğu söylenebilir. Ancak kalkınma eşitsizliğini gidermeye yönelik takip edilen sosyo-ekonomik teşvik tedbirlerine ve gösterilen çabalara karşın buralarda gereken seviyede kalkınmayı sağlayacak gelişme ivmesi halen yakalanamamıştır. Bunun ana nedenin Türkiye'nin, bölgesel kalkınma eşitsizliğini minimize edecek kendine özgü bir kalkınma paradigmasını geliştirememesi olduğu düşünülmektedir. Bu yüzden ülke, Doğu ve Güney Doğu Bölgeleri başta olmak üzere birçok bölgede refah ve sosyal gelişmeyi gerçekleştirememenin bedelini terör, göç, yoksulluk, işsizlik gibi ağır sosyo-ekonomik faturalar şeklinde ödemiş ve ödemeye de devam etmektedir. (Sungur ve Öçal, 2016). Bu çerçevede Türkiye'nin bu bölgelerin kalkınmasını sağlayacak etkin bir bölgesel kalkınma stratejisi ve politikasına ihtiyacı vardır. Teşvik edilecek bölgeler ve her bölgeye özgü sektörler kadar teşvik sisteminin ülkemizi geleceğe hazırlayacak ve orta vadede de somut çıktılar üretecek şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bunun için geleneksel ve alışılmış teşvik sisteminin ötesine geçen yaklaşım değişikliğiyle beraber yenilikçi enstrümanlar tasarlanarak kullanılmalıdır. Diğer bir ifade ile sanayi/bölgesel teşvik sistemi "tek tip elbise" yani homojen yaklaşımdan net bir şekilde ayrılan ve bölgelerin kendine özgü şartlarına göre tasarlanmış yerel ekonomik

potansiyeli canlandıran seçici ve heterojen bir teşvik modeli oluşturulmalıdır (Sungur ve Öçal,2016). Son olarak belirtilmesi gereken bir diğer husus da; teşviklerin sadece geri kalmışlığı gideren bir araç olarak görülmemesi gerektiğidir. Teşvikler, geri kalmışlıkla birlikte bölgelerin mevcut potansiyellerini etkin bir şekilde hayata geçiren bir anlayışla tasarlandığı zaman sürdürülebilir bir büyümeye yol açabilir. Özelde Muş iline baktığımızda, Muş ekonomisinin gelişiminde önem arz eden sanayi kolları için güçlü bir alt yapı oluşturulması ve birkaç firmayı zenginleştirmekten ziyade sektörlerin ayakta kalarak sürdürülebilir bir gelişim göstermesini temin edecek teşvik ve desteklerin sağlanması gerekmektedir. Bu Muş gibi geri kalmış bölgelerin geri kalmışlık sorununu çözeceği gibi kentin kendi kendini besleyen bir rotada gelişebilmesi için de ekonomik dinamikleri harekete geçirecektir.

Muş kenti gibi az sanayileşmiş, sosyo-ekonomik ve sosyo-kültürel açıdan geri kalmış kentlere özgü bir teşvik ve destek mekanizmasının oluşturulması sanayileşmenin ivme kazanıp sürdürülebilir gelişimini temin için hayati bir öneme sahiptir. Bu çalışmada daha önce yapılan akademik çalışmalar ve kentteki girişimci ve sanayicilerle yapılan görüşmeler ve gözlemlere dayanarak kente özgü etkin bir destek ve teşvik mekanizması için öneriler geliştirilmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu özgün teşvik mekanizması için sanayisi az gelişmiş ülkelerde uygulanan başarılı yaklaşım ve modellerden de faydalanılmaya çalışılmıştır. Bu anlayıştan yola çıkarak merkezi hükümet kalkınmada geri kalmış, Doğu ve Güneydoğu Anadolu bölgesinin 23 kenti ile ve sonradan Sivas'ın eklenmesiyle 24 kenti kapsayan ve diğer destek ve teşviklerden ayrı bir yaklaşım içeren cazibe merkezleri programını tasarlamıştır (Takım ve Ersungur, 2018: 733). Ancak ne yazık ki bu program değişik nedenlerden dolayı uygulanmadan yeniden revize edilerek halihazırdaki benzer teşvik ve destekleri anımsatan bir hüviyete büründürülmüştür. Sanayileşmemiş ve ekonomisi az gelişmiş kentlere özgü Cazibe Merkezleri Programının ilk haline benzer yenilikçi teşvik modellerinin ortaya konulmasına gereksinim olduğu aşikârdır. Aksi halde Muş gibi az gelişmiş bölgelere uygun olmayan teşvik-destek mekanizmasıyla istenen sanayileşme ve kalkınma gelişiminin sağlanamaması bir yana bölgeler arası gelişmişlik farkı daha da derinleşecektir. Buda hem kaynak israfına hem de zaman kaybına yol açacaktır.

2. Materyal ve Metot

Türkiye'de bölgeler arasında büyük kalkınma eşitsizlikleri bulunmaktadır. Hükümetler var olan eşitsizlikleri gidermek amacıyla uzun bir süreden beri bu bölgelere yatırımları özendirmek için gelişmiş bölgelere göre daha yüksek oranda teşvik ve destekler sağlamaktalar. Ancak bu desteklere karşın bu bölgelerde hedefledikleri ekonomik gelişmeyi temin edememişlerdir. Bölgesel teşviklerde az gelişmiş bölgelere sağlanan avantajlara rağmen gelişmiş bölgeler bu destek kaleminde de daha fazla yatırımcıyı çekmektedirler. Bunun neden kaynaklandığının tespiti için ülkede uygulanan yatırım teşvik ve destek sistemi detaylıca araştırılıp analiz ve argümanlar eşliğinde bu bölgelerin daha fazla yatırımcıyı nasıl çekebileceği konusuna odaklanılmıştır. Bunun için ülkede sanayisi az gelişmiş kentlerden biri olarak Muş örnek uygulama bölgesi olarak seçilmiştir. Bu çalışmada ilk önce yatırım teşvik kavram ve kapsamı üzerinde durulmakta peşi sıra yatırım teşvik enstrümanlarına kısaca değinilmektedir. Ardından dünyada bu alandaki uluslararası kuruluşlar ve birliklerin çalışmaları ve uygulamaları kısaca gözden geçirilmektedir. Sonrasında Türkiye

yatırım teşvik sistemi ana hatlarıyla ele alınmakta ve ardından ülkedeki bölgesel yatırım teşvik sistemi genel hatlarıyla analiz edilmekte ve bu alanda çalışma yapan araştırmacıların ülkede uygulanan bölgesel teşvik modelinin gereken etkiyi oluşturamamasının nedenleri konusundaki görüşleri paylaşılmaktadır. Bütün bu araştırma ve analizlerden sonra yatırım teşviklerinden hedeflenen başarıların sağlanabilmesi için Muş'a özgü bir yatırım teşvik modeli geliştirilmeye çalışılmaktadır.

3. Yatırım Teşvik Kavramı ve Kapsamı

Teşvik, sözlük anlamı olarak isteklendirme, yüreklendirme, özendirme, belirli bir sosyo-ekonomik amaca ulaşabilmek için maddi destek ve hukuki kolaylıklarla ödüllendirme olarak tanımlanmaktadır. Teşvik kelimesi yerine destek, sübvansiyon, mali yardım gibi sözcüklerde kullanılabilir (Candan ve Yurdadoğ, 2017: 156). İktisat bilminde ise teşvik, belirli sektör veya ekonomik faaliyetin daha fazla ve hızlı gelişmesini sağlayıcı veya geri kalmış bölgelerin kalkınmasını temin için kamunun farklı enstrümanlar aracılığıyla sağladığı nakdi hibe veya maddi olmayan hukuki kolaylık ve bürokrasi azaltma gibi destek ve isteklendirmeler olarak tarif edilmektedir (Takım ve Ersungur, 2018: 725-726; Sevinç vd., 2016: 527). Teşvikler, genelde yatırım kararlarını etkilemek ve yönlendirmek için tasarlanmış hükümet enstrümanı olarak düşünülmektedir (Ginevicius & Šimelyte, 2011: 437). Bu destekler belirli politika ve stratejiler bağlamında verilir. Başarılı strateji ve politikaların oluşturulması sahanın talep ve yapısına uyumlu orantılı olarak artmaktadır. Teşvikler ülkenin ekonomik gelişimini hızlandırmanın yanı sıra aynı zamanda dengeli kalkınmayı sağlama ve ülke içindeki kalkınma eşitsizliklerini giderme amacıyla kullanılmaktadır.

Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Ajansı'na (UNCTAD) göre teşvikler nakdi (finansal), mali ve diğer teşvikler olmak üzere üç ana grup olarak sınıflandırılmaktadır (UNCTAD, 2004:6-7). Nakdi (finansal) teşviklere olarak hibe, prim, uygun koşullu kredi ve kredi garantileri örnek verilebilir. Mali teşvik, maliye politikasının makroekonomik amaçları doğrultusunda saptanan hedefleri gerçekleştirmek için belirli faaliyet ve alanlara yönelik vergi yükünün azaltılması veya kaldırılmasıyla sağlanan vergi teşviklerinden oluşmaktadır (Artar & Gezen, 2020:405, Karaş & Karaş, 2019:5). Diğer teşvikler grubuna örnek olarak arsa ve arazi tahsisi, işletme binası temini gibi aynı teşvikler ile yatırımcılar için altyapı yatırımlarının tamamlanması ve düşük fiyatlı enerji desteği teşvikleri gösterilebilir. Yatırımları özendirmeye yönelik olarak verilen teşvikler ağırlıklı olarak mali teşviklerdir. Türkiye'de mali teşvik desteklerinden yatırım teşvik belgesiyle yararlanılabilmektedir. Esasında yatırım teşvik sistemi içinde bu üç sınıf teşviki belirli ölçüde harmanlanarak kullanılmaktadır. Dünyada 2010-2017 yılları arasında sanayinin gelişimi için verilen destek tutarları içinde %27'lik bir oranla yatırım teşviki ilk sırada yer almaktadır (UNCTAD, 2018:147; Bahtiyar, 2019:41-42).

Dünya genelinde teşviklere ilişkin çalışmalar gerçekleştiren ve bu noktada kapsamlı girişimleri bulunan Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü (OECD) ile Dünya Ticaret Örgütü (WTO) gibi organizasyonlara ek olarak Avrupa Birliği de bu konuda çalışmalar gerçekleştiren önemli uluslararası kuruluşlardandır. Özellikle AB ve WTO' nun bu konuda çeşitli tanımlamalar ve kurallar belirlediği görülmektedir. Her iki organizasyonun da

uluslararası ticaret ve yatırım teşvikleri konusunda belirlemiş oldukları kurallar tüm ülkeler için bağlayıcı bir hal almıştır. DTÖ ve AB'nin yanında OECD, NAFTA ve EFTA gibi bazı bölgesel entegrasyonlar da teşvikler konusunda çeşitli uygulamaları bünyesinde bulundurmaktadır. Vergi indirimleri konusundaki kararlar özellikle ülkelerin kendi inisiyatiflerine bırakılmıştır. Vergi oranlarında indirim, vergi muafiyetleri ve vergi istisnaları olmak üzere, düşük faizli kredi uygulamaları, enerji giderlerinde bir takım indirimlerin yapılması, çeşitli sektörlerde hibe destekleri, alan tahsisi ve ödeme kolaylıkları gibi yollardan oluşan mali teşviklerden aynı anda birkaçının da kullanılması imkânı bulunmaktadır (Yavan, 2011:40; Bahtiyar, 2019:29-30). Ülkelerin kendi içinde belirleyecekleri bu politikalar, denetim mekanizmasının yalın olması, yatırımlar için bir takım bürokratik engellerin ortadan kalkması ve ortamın daha da cazip hale gelmesi anlamına gelmektedir (Bahtiyar, 2019:45-46).

4. Türkiye Yatırım Teşvik Sistemi

Ülkemizde istihdamı arttırmayı ve bölgeler arasındaki kalkınma eşitsizliği uçurumunu azaltmayı amaçlayan çeşitli yatırım teşvik düzenlemeleri bulunmaktadır (Sungur ve Oçal, 2016). Genelde yatırım destek ve teşvikleri üç temel amacı gerçekleştirmek için verilir. Birinci amaç, ulusal firmaların yurtiçinde yatırım yapmalarını özendirmek, ikinci amaç yabancı yatırımcıları yatırım yapmaları için ülkeye çekmek, üçüncü amaç ise bölgesel kalkınma eşitsizliklerini azaltmak için az gelişmiş bölgelere yatırımı daha cazip hale getirerek ülkenin daha dengeli gelişmesini sağlamaktır (Yavan, 2011: 18). Ülkemizde 2004, 2006 ve 2009 yıllarında değişik şekillerde uygulanan yatırım teşvik sistemi 2012 yılında farklı bir yaklaşımla yeniden düzenlenmiştir. Bu yeni teşvik sisteminin ana amaçları, üretimi ve istihdamı arttırmak, katma değeri yüksek Ar-Ge'ye dayalı büyük ölçekli yatırımları özendirmek, yabancı yatırımların nicelik ve niteliğini artırmak, bölgesel eşitsizlikleri azaltmak, sektörel kümelenmeyi özendirmek ve çevre dostu sürdürülebilir ve kapsayıcı yatırımları özendirmek şeklinde özetlenebilir. Bu teşvik sistemi 19 Haziran 2012 tarih ve 2012/3305 sayılı "Yatırımlarda Devlet Yardımları Hakkında Karar" başlığıyla Resmi Gazetede yayımlandıktan sonra yürürlüğe girmiştir (Serdengeçti, 2017:44). Ancak ilgili mevzuatta, Kamu Kuruluşları ve STK'ların talepleriyle şimdiye kadar 26 adet Karar ve 11 adet Tebliğ değişikliği gerçekleştirilmiştir. En son kapsamlı değişiklik 2012/3305 sayılı kararda değişiklik yapan 2846 sayılı Cumhurbaşkanı Kararı 21 Ağustos 2020 tarih ve 31220 sayıyla Resmî Gazete' de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir (Resmî Gazete, 2020; Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020). Türkiye'deki yatırım teşvik sistemi genelde 5 farklı uygulama alanını kapsamaktadır. Bunlar, genel teşvik, bölgesel teşvik, öncelikli yatırımların teşviki, büyük ölçekli yatırımların teşviki ve stratejik yatırımların teşviki başlıklarından oluşmaktadır. Bu teşvikler KDV İstisnası, KDV İadesi, Vergi İndirimi, Faiz Desteği, Gümrük Vergisi Muafiyeti, Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği, Yatırım Yeri Tahsisi, Sigorta Primi Desteği ve Gelir Vergisi Stopajı kalemleri ile sağlanmaktadır. Bu desteklerin bazılarında yararlanmak için belirlenen genel şartların yanı sıra Yatırım Teşvik Belgesi (YTB) de istenmektedir (Takım ve Ersungur, 2018:729-730). Bu çalışmada bölgesel teşvik sistemi ayrıntılı olarak ele alınacak ve özellikle 2012 yılından sonra gerçekleşen değişimler ayrıntılı olarak incelenecektir.

5. Bölgesel Yatırım Teşvik Sistemi

Sosyo-ekonomik olarak geri kalmış bölgelerdeki yetersiz alt yapı, girdi maliyetlerinin yüksekliği, kalifiye eleman yetersizliği ve sermayenin daha fazla kazanç için gelişmiş bölgelere göçü bölgeler arası kalkınma eşitsizliğinin daha da artmasına yol açmıştır. Bölgeler arası gelişmişlik farkının olumsuzlukları dolaylı olarak gelişmiş bölgeleri de etkilemektedir. Özellikle göç gibi etmenler, gelişmiş bölgelerdeki sosyal ve ekonomik yapı üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. Bu sebeple az gelişmiş bölgelerdeki ekonomik faaliyetleri arttırmak ve yatırım yapmayı cazip hale getirebilmek için etkin destek ve teşviklere büyük gereksinim vardır (Akdeve ve Karagöl, 2013: 344). Teşvikler, ekonomiye doğrudan uyarlanabildiğinden hedeflenen çıktılara daha kısa sürede erişilebilmektedir. Ancak teşvik uygulamalarının başarısı ülkenin uyguladığı sosyo-ekonomik politikalarla uyumuyla orantılı olarak artmaktadır (Duran, 2003:7; Topal, 2016: 38).

Bölgesel kalkınma eşitsizliklerinin azaltılmasına yönelik teşvikler, hedeflenen bölgelerde yapılacak yatırımlara öncelik verilerek bu bölgelerin desteklenmesidir. Bu yüzden bölgesel teşvik sistemi odağında ekonomik gelişim vardır. Türkiye’de teşviklerle ilgili yapılan akademik çalışmalarda bu desteklerin büyümeye etkisi üzerinde durulmuştur. Bu çalışmalarda yatırım teşviklerinin milli geliri arttırdığı ve yatırım teşvikleri ile bölgesel katma değer arasında uzun dönemli pozitif bir ilişki olduğu gözlemlenmiştir. Ancak az gelişmiş bölgelerde gelişmiş bölgelerin aksine kısa dönemde verilen teşviklerin istenen büyüme etkisini yaratmadığı için uzun döneme yayılan teşviklerle bu bölgelerin desteklenmesi gerekmektedir (Yavan, 2011; Receptoğlu & Değer, 2016: 18). Bunun yanı sıra az kalkınmış bölgelerdeki sosyal sorunların giderilmesi amacıyla kârlılık hedefiyle beraber toplumsal ihtiyaçları karşılayacak yatırımların desteklenmesi de gerekmektedir. Bunun için teşviklerin yoksul kesimlere fayda sağlayacak bir büyümeyi sağlayacak sektör ve alanlara yönlendirilmesi ekonomik çıktının bu dezavantajlı kesime direk hitap etmesini de sağlamış olacaktır.

Ülkenin uyguladığı 5 yatırım teşvik uygulamasından biri olan bölgesel teşvikten faydalanmak için ülke 81 il ve 6 düzey halinde bölgesel sınıflandırmaya tabi tutulmuş (2020 yılındaki son düzenlemeyle 6.bölge illerine Çanakkale’nin Gökçeada ve Bozcaada ilçeleri de eklenmiştir). Bu bölgelerin her biri için farklı oranlarda ve farklı sektörlerde teşvikler uygulanmasına karar verilmiştir. Her bir farklı düzeydeki bölge içinde bulunan illerde desteklenecek sektörler, illerin potansiyelleri ve ekonomik hacim büyüklükleri göz önünde bulundurularak belirlenmeye çalışılmıştır. 2020 yılında yürürlüğe giren kararlar yeni teşvik sisteminde kritik bazı değişimler gerçekleşmiştir. Bu değişimlerde dikkati çeken en önemli husus, il yerine bir nevi ilçe esaslı teşvik sistemi getirilmiştir. Ayrıca 6. Bölgede var olan 16 şehire 2. bölgede bulunan Çanakkale’nin Bozcaada ve Gökçeada ilçeleri eklenerek 18’e çıkarılmıştır. Bu değişikliğin 6. bölgede yer alan ülkenin en az gelişmiş illerine yönelebilecek yatırımları olumsuz etkileyeceğine inanılmaktadır. Bunun nedeni 6. bölge kapsamında azami teşvik destekleriyle yatırım açısından cazip olmayan bu illere girişimcilerin yatırım yapmasının özendirilmeye çalışılması amacını sekteye uğratacağı düşünülmektedir. Aynı kararda 6. bölgedeki illeri en olumsuz etkileyecek karar değişikliği, daha gelişmiş bölgedeki bir şehire bağlı bir ilçenin kendi ilinin bağlı bulunduğu bölgeye göre daha az gelişmiş bir alt bölgeye sağlanan bölgesel desteklerden

faydalanmaları temin edilmiştir. Ayrıca OSB/EB’lerde gerçekleştirilecek yatırımlar da ise ilçeler buldukları ilin iki alt bölgesine sağlanan bölgesel desteklerden yararlanmaları sağlanmıştır. Böylece 5. bölgede bulunan bir kentin ilçesi 6. bölgenin yatırım destek teşviklerinden yararlanması temin edilirken bu durum OSB içindeki yatırımlarda ise 4. Bölgede bulunan bir kente bağlı ilçenin 6. Bölgedeki bir ilin OSB’sine sağlanan teşvikten faydalanması sağlanmıştır (Resmi Gazete, 2020; Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, 2020). Bu durumda yatırımcının 6. bölgede bulunan ülkenin en az gelişmiş bir kentine yatırım yapmak yerine 4. veya 5. bölgede bulunan gelişmiş bir ilin ilçesine yatırım yapmayı tercih edeceği aşikârdır. Bu karar değişikliğinin ana amacının bir ilin içindeki kalkınma eşitsizliklerini gidermek olduğu görülmektedir. Ancak bu düzenlemenin Türkiye’deki iller arasındaki kalkınma eşitsizliğini daha da artıracığı düşünülmektedir. Bu karardan bir an önce geri dönülerek bir il içindeki kalkınma eşitsizliklerini gidermek için o kente sağlanan kaynakların az gelişmiş ilçelerinin gelişimini temin edecek biçimde farklı bir yaklaşımla, bu ilçelere yatırımın özendirilmesi sağlanmalı veya 6. bölge il ve ilçelerine yatırımı daha cazip hale getirecek yeni düzenlemeler ivedi olarak yapılmalıdır.

Bölgesel yatırım teşvik çerçevesinde, hangi il veya yatırımın bölgesel desteklerden faydalanabileceği, destek için gerekli minimum yatırım tutarları ve kapasiteleri önceden ilan edilmiştir. Bölgesel teşvik destekleri, KDV İstisnası, Vergi İndirimi, Faiz Desteği, Sigorta Primi İşveren Hissesi Desteği, Gümrük Vergisi Muafiyeti, Yatırım Yeri Tahsisi, Gelir Vergisi Stopajı Desteği ve Sigorta Primi Desteği kalemleriyle sağlanmaktadır (Sungur ve Öçal, 2016).

Muş, bu teşvik uygulamasında avantajlı bölge olan 6. bölgedeki 15 ilden biri olarak yer almıştır. Ancak bu illere daha sonra 5. bölgedeki Adıyaman kenti ve Çanakkale’nin Bozcaada ve Gökçeada ilçeleri de eklenerek 6. bölge kapsamında desteklenen il ve ilçe sayısının toplamı 18 olmuştur. 6. bölge kapsamındaki desteklenen 16 il Güney Doğu ve Doğu Anadolu Bölgesi’nin illeri olup son yıllarda buralarda gözlemlenen ekonomik ilerlemelerde uygulanan teşvik politikasının da katkısı bulunmaktadır. Ancak bununla birlikte söz konusu çabalara rağmen, yatırımların gelişmiş bölgelere yönelmeye devam etmesinden dolayı bölgeler arası dengesizliklerin giderilmesinde istenilen sonuçlar bir türlü alınmamaktadır. Buna ek olarak 2020 de yatırım destek sisteminde ilçelere genel yatırım desteklerinde buldukları illerin bir alt bölgesinden ve OSB/EB’indeki yatırımlarda ise iki alt bölgenin desteklerinden yararlanma imkânı sunulmasının bölgeler arasındaki kalkınma eşitsizliklerini daha da artıracığı düşünülmektedir.

Teşviklerin belirlenen hedef kitle veya bölgesel programlar için kullanılması etkin ekonomik bir gelişimi temin için zorunludur (Peters & Fisher, 2007: 33). Ancak Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Yatırım Teşvik İstatistikleri 2001-2018 verilerine göre teşviklerden en çok payı alan il, açık ara ülkenin en gelişmiş kenti İstanbul olmuştur. Bölgesel yatırım teşviklerinde bile İstanbul ve içinde bulunduğu 1. bölge illeri en yüksek yatırım teşvik miktarını elde etmiştir. Burada da teşviklerden en fazla faydalanma en gelişmiş bölgeden en az gelişmiş bölgeye doğru olmuştur. Bu zaman aralığında 1. bölge 108.131 milyon TL bölgesel teşvik alırken 6. bölge ise 16.811 milyon TL destekten yararlanmıştır. Bu durumun istisnası, büyük ölçekli yatırımlarda 2. bölgenin, 1. bölgeden daha büyük yatırım desteği almasıdır. 5. ve 6. bölgeler stratejik yatırım desteği türünden de hiç faydalanmamıştır. Sonuç olarak, gelişmiş

bölgelerin az kalkınmış bölgelere göre teşviklerden daha fazla yararlandığı sonucuna ulaşılabilir (Koç, 2019:128-129; Kaplan, 2019). Bu yüzden bazı araştırmacılar ülkenin bölgesel teşvik uygulamalarının gerçek anlamda bölge ve sektör önceliği içermediği ve özünde eşitlikçi olduğundan bölgesel teşvik uygulamasından beklenecek etkinliğin gösterilemediğini iddia etmektedir (Sevinç vd., 2016). Bütün bu argümanlar bölgesel teşvik sisteminin etkinliğinin artırılması gerektiğini göstermektedir.

6. Muş Özgü Yatırım Teşvik Sistemi

Bir ülkenin bölgeleri arasında gelişmişlik farklarına iklim koşulları, coğrafi konum, sosyo-politik sebepler yol açabilmektedir. Bu durum az kalkınmış bölgelerin kendi haline bırakılmaları durumunda kapasite yetersizliğinden dolayı sorunların kronik bir hal almasına yol açabileceğinden hükümetlerin müdahalesine ihtiyaç bulunmaktadır. Ayrıca, yatırımcılar kalifiye eleman sıkıntısının yaşanmadığı, girdilere erişimin kolay olduğu ve üretilen ürün ve hizmetlerini pazarlayabilecekleri pazar büyüklüğüne sahip bölge veya kentleri tercih etmektedirler. Az gelişmiş bölgeler bu üç kriteri sağlayacak koşullara sahip olmadığından, buralarda yatırım yapmaya yöneltecek bir katalizör veya uyarana gereksinim vardır. İşte yatırım teşvik unsurları bu durumu gerçekleştirmede etkin araçlar olarak kullanılarak hem geri kalmış bölgelerin kalkınması sağlanmakta hem de bölgeler arasındaki kalkınma dengesizliklerin minimize edilmesini temin etmektedir (Gülmez ve Yalman, 2010:238). Ancak teşvikler tek başına bölgelerin sosyo-ekonomik geri kalmışlığına çözüm olamaz. Teşviklere ek olarak diğer politika araçları bütünsel bir amaç bağlamında kullanılabilirliğinde hedeflenen çıktılar elde edilmektedir. Bu doğrultuda, kent veya bölgelerde kamu alt yapı yatırımlarının artırılması, eğitim ve sağlık imkanlarının iyileştirilmesi gibi faktörler teşviklerin etkinliğini artırmaktadır (Kaplan, 2019:65-66). Ayrıca geçmişteki hükümetlerce uzun süre ihmal edilen bu az kalkınan illerin 90'lı yıllardan sonra terör eylemlerine maruz kalması bu tablonun daha da kötüleşmesine yol açmıştır. Dolayısıyla, makroekonomik ve siyasi istikrar temin edilmeden sağlanan teşvikler yatırımcıları istenen bölgeye çekmede gereğince başarılı olamamıştır. Ancak son yıllarda devletin terörü ülke içinde minimize etme başarısı göstermesi, az gelişmiş illere huzur ve güven getirilmesini taçlandırmak için bu bölgedeki illere özgü etkin teşvik mekanizmasının geliştirilerek yatırımların büyük bir ivmeyle hızlandırılması için en uygun zaman olduğu düşünülmektedir.

Yukarıdaki tüm argümanlardan anlaşılacağı üzere ülkede şimdiye kadar uygulanan yatırım teşvik sistemi az gelişmiş kentlerin çoğunda olduğu gibi Muş kent ekonomisinde de az da olsa bir gelişim sağlamış ancak teşviklerden amaçlanan köklü değişimle beraber sürdürülebilir bir ekonomik gelişim ekosistemi oluşturmayı maalesef başaramamıştır. Bunun nedenlerinden biri firmaların bu destekleri etkin bir şekilde kullanacak gerekli kurumsal yetkinliğe sahip olmaması, kentin kalifiye eleman yetersizliğiyle beraber girişimci profiline yetkinlik sorunu ve son olarak kentin küçük ekonomik hacmi gibi etkenlerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu etkenler ve Muş sanayisinin hâlihazırda potansiyeli göz önünde bulundurularak aşağıda Muş özgü bir yatırım teşvik mekanizması için bazı fikirler geliştirilmeye çalışılmıştır. Burada geliştirilen bazı fikirler ülkedeki bütün illere uygulanabilirken bazı öneriler ise Muş iline özgü olup yatırım teşvik desteği olarak Muş kentine uygulanması gerekmektedir.

Kente özgü bir yatırım teşvik sistemi oluşumu için önerilen bazı fikirler aşağıda verilmiştir.

- ✓ Türkiye'de yatırım teşviklerinde birçok farklı kurum yetkili kılınmış ve bunları koordine edecek bir üst yapı da oluşturulmamıştır. Bu kaynakların etkin bir şekilde dağıtımını engellediği gibi sistemin yavaş işlemesine ve denetimini de oldukça karmaşık hale gelmesine yol açmıştır (Duran, 2002:53-55). Bazı ülkelerde olduğu gibi yatırım teşvik desteği sadece bir kurum aracılığıyla verilerek prosedürleri azaltılmanın yanı sıra bürokratik karmaşanın da önüne geçilmiş olur. Örneğin yatırım teşvik desteği Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı bünyesinde kurulacak bir birim tarafından yürütülebilir.
- ✓ Yatırım teşvik desteklerinden önce özel sektörün yatırım kararlarını etkileyen iletişim ve ulaşım imkânları, alt yapı yetersizliklerinin merkezi hükümet tarafından giderilmesi gerekmektedir. Yaşanabilir kent profiline katkı bağlamında merkezi hükümetin az kalkınmış bölgelerde sağlık ve eğitim hizmetlerinin niteliğini artırma konusunda gerekli adımları ivedi olarak atmasıyla yatırım teşvik sisteminin etkinliğini maksimize edeceği düşünülmektedir.
- ✓ Yatırımcının ürkek bir kuş gibi olduğu düşünüldüğünde terör riskinin tamamen ortadan kaldırılmasının az kalkınmış kentlere ilgiyi daha da artıracığına inanılmaktadır.
- ✓ Yeni girişimci için uygulanacak stratejilerde özellikle bilgi teknolojilerine yönelik iş fikirlerinin desteklenmesi gerekmektedir. Mikro ve küçük ölçekli olacak bu işletmelerin kurulumu için eğitilmiş ve dinamik girişimcilerin özendirilmesini sağlamak gerekmektedir. Ayrıca startup aşamasında bulunan bu işletmelerin ayakta kalarak hedeflerini gerçekleştirebilmesi için gerekli destekler sağlanmalıdır.
- ✓ Aktif durumda bulunan işletmeler için uygulanacak strateji belirlenirken gelişme potansiyellerini hayata geçirebilmeleri için hangi katkılara gereksinim duydukları konusunda araştırma yapmak gerekmektedir. Bu detaylı araştırma ile gereken destek içeriği ve kalemleri net bir şekilde ortaya konulmalıdır. Böylece destek ve teşviklerin yetkinlikleri arttırmaya yöneltilmesi etkin bir şekilde sağlanabilir. Zira yapılan araştırmalarda devletin sağladığı teşviklerden maksimum çıktı almada firmaların sermaye, kredibilitate, insan kaynağı, ticari tecrübe gibi kabiliyetlerinin belirleyici olduğu görülmüştür (Özkul, 2014: 59).
- ✓ Kentin sürdürülebilir sanayileşmesi için önem arz eden tarım ve hayvancılıkla alakalı sanayi işletmeleri öncelikli olarak desteklenmeli, genç ve işsiz nüfus potansiyelini değerlendirebilecek tekstil gibi emek yoğun sektörlerin desteklenmesine devam edilmelidir.
- ✓ Proje bazlı destek başvurularında firmaların insan kaynakları yetersiz olduğu için nitelikli başvuru gerçekleştirmeleri zordur. Bu çalışmada önerilen Muş özgü İl Kalkınma Ajansı bünyesinde bir proje birimi kurulmalı. Bu birim hem kentteki girişimcilerin proje hazırlama kabiliyetlerini geliştirmek için eğitim faaliyetlerine odaklanmalı hem de proje hazırlanmasında firmalara danışmanlıkla beraber projelerini hazırlamalarına fiili destek sağlamalıdır.
- ✓ Türkiye'de kendini ispatlamış sanayicilerin kentte fabrika kurması için azamî mertebede desteklenmesi

gerekmektedir: Kentte sanayi kültürü emekleme safhasında olduğu için fabrika kültürüne sahip işletmeci ile bu kültür ortamında yetişmiş kalifiye elemanın olduğu işletmeler kentte sanayi kültürünün gelişiminin hızlanmasına büyük katkı sağlayacaktır. Ayrıca bu yatırımların bazı sanayi alt kollarını harekete geçirecek kilit iş alanlarını kapsamaması gerekmektedir. Ülkede kendini ispatlamış sanayicilerin kentte bu tür tesisleri kurmasının özendirilmesi sanayi ekosisteminin kente yerleşmesi için olmazsa olmaz şartlardan biri olduğu düşünülmektedir. Bunun için özgün ve özendirici stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir. Örneğin bu özendirici tedbirlerden biri olarak kurulu fabrikaların kullandıkları makine ekipmanlarını yeni ekipman desteği kaleminden faydalanmalarını sağlama gibi ilave teşviklerle tesislerinin bir kısmını Muş gibi sanayisi az gelişmiş yerlere taşımaları özendirilebilir.

- ✓ Uluslararası yatırımcıların Muş gibi sanayisi az gelişmiş ve pazarı küçük bir ilde yapabileceği tek yatırım alanı organik tarım ve mera hayvancılığıyla ilgili iş fikirleri üzerine olabileceği düşünülmektedir. Bu sebeple kentteki tarım alanlarının organik tarım ve hayvancılık bölgesi olarak ilan edilmesi organik gıda hammadde üretimini garantileyecek ve bu organik gıda ekosisteminde de sektöre yatırım yapacak yabancı girişimcilerin kente yatırımını özendirecektir. Zira organik gıda dünyada gün gittikçe pazar payı artan bir sektör olarak öne çıkmaktadır. Bu alandaki alt yapının bir an önce hazır hale getirilmesi kentin ekonomik gelişiminde çok önemlidir.
- ✓ Yatırım desteğinde temel amaç sürdürülebilir sektörel gelişim olmalıdır. Çünkü geçmişte uygulanan yatırım teşvik modellerinde sektörden ziyade firmalara destek yapılmış ve devlet desteğiyle palazlanıp gelişim göstermiş bu firmaların bu birikimlerini daha fazla kazanç için batıya yani gelişmiş kentlere kaydırmışlardır. Sektör bir iki firmadan müteşekkil olduğu içinde bunların kentten ayrılmasıyla sektör tamamen çökmüştür. Bu kısır döngüyü aşmanın yolu yatırım ve destekle sektörel gelişimi hedeflemektir. Bunun için sektörel alt yapı destekleri öncelikli bir konu olmalı ve hedeflenen sektörlerde fiziki kümelenmeye gidilerek tüm alt yapının kamu tarafından hazır hale getirilmesi yanı sıra laboratuvar, paketleme, tasarım gibi birimlerin sektördeki tüm firmaların ortak kullanımı için oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca bu sektörel kümelenmede ürün yelpazesi belirlenerek her bir ürün için sadece bir firmaya destek sağlanmalı böylece sosyo-ekonomik açıdan az gelişmiş bölgelerde bariz bir şekilde gözlemlenen işbirliği zayıflığının önüne geçilerek işletmeleri kolektif işbirliğine zorlamanın yanı sıra üretim ekosistemine bağlı bir işletmeler grubu oluşturmak gerekmektedir.
- ✓ 2017 yılında ortaya konulan ve Doğu ve Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nin 23 kenti ile sonradan ilave edilen Sivas'a sağlanan Cazibe Merkezleri Teşvik Desteği, uygulamaya konulamadan ülkenin içinden geçtiği zorluklardan dolayı içerik değişikliğine uğrayarak ana felsefesini kaybetmiştir. Bu teşviki diğer desteklerden ayıran en önemli özelliği anahtar teslim fabrika ve fabrikadan üretilen ürünlere DMO satış garantisi sunulmasıydı. Ülkenin makroekonomik göstergeleri

düzelir düzelmez bu desteği devreye sokmak gerekmektedir. Zira sanayi bu şekilde belirli süre desteklendiğinde devamlılığı olan bir üretim kültürünün sanayisi az gelişmiş illerde yerleşmesine katkı sağlamanın yanı sıra sürdürülebilir bir sanayileşmenin alt yapısı da oluşturulmuş olur.

- ✓ Kamunun örnek oluşturacak bir model fabrika yapması ve işletmesini ihaleyle özel sektöre kiralaması veya gerekli yetkinlik sağlandığında devretmesi sağlanmalıdır. Bu sanayi tesisleri özellikle özel sektörün yapmaktan çekindiği veya finansal riskin altına giremediği öncelikli sektörlerdeki önemli iş fikirlerinin hayata geçirilmesinde kullanılmalıdır. Örneğin Muş ilinde tekstil sektöründe iplik fabrikası kurma gibi tekstil sektörünün sürdürülebilir gelişimini sağlayacak işletmeleri kurmak veya tarımsal sanayinin gelişimi için önemli olan bir model ay çiçek yağı fabrikası kurmak. Böyle model fabrikalar onlara bağlı alt sanayi kollarının oluşumunu tetikleyecek, girişimcileri ideal bir fabrika örneğini görüp ona benzer işletmeler kurmaya yöneltecek ve böylece o sektörün sürdürülebilir gelişimine önemli bir destek sağlayacaktır.
- ✓ Muş kentinin yakın olduğu pazarlara hitap eden ürün imalatı fikirleri desteklemenin yanı sıra bu ürünlerin hammaddesine erişimin kolay olmasına da dikkat etmek gerekmektedir.
- ✓ Değişik nedenlerden dolayı kentten sürekli bir sermaye çıkışı yaşanmaktadır. Bunun önlenmesi için sermaye çıkışına neden olan faktörlerin saha çalışmasıyla detaylı bir şekilde ortaya konulması ve sermaye çıkışını önleyecek argümanlarla birlikte teşvik sisteminin bu sermayenin kentte kalıcılığını sağlayacak enstrümanları ihtiva etmesi gerektiği aşikârdır.

6. Sonuç ve Öneriler

Bölgeler arasındaki sosyo-ekonomik dengesizlikler görece geri kalmış bölgelerden gelişmiş bölgelere doğru başta işgücü olmak üzere sermaye göçünün yaşanmasına neden olmaktadır. Bu az gelişmiş bölgelerdeki üretim faktörlerinin yitirilerek, yatırımların azalmasına ve bu bölgelerin daha da fakirleşmesine sebep olmaktadır. Böylece bölgesel kalkınma dengesizlikleri kendi kendini besleyen kısır bir döngüye dönüşmektedir. Sanayileşme, ekonomik kalkınmayı sağlamanın en etkin yollarından biridir. Sanayileşmenin bu az gelişmiş bölgelerde gelişebilmesi için faydalanılan en önemli araçlardan biri yatırım teşvik destekleridir.

Türkiye'de yatırım teşvik programının uygulanmasında ülkedeki kentlerin sosyo-ekonomik gelişim seviyelerine göre iller altı bölge içinde yer almıştır. Teşvikler, asgari büyüklük, farklı sektör ve şartlara göre verilmesi esasına dayanmaktadır. Her bölgede uygulanan farklı koşullarla ülkenin bölgeleri arasındaki kalkınma eşitsizlikleri minimize edilmeye çalışılmaktadır. Hâlihazırdaki teşvik sisteminde şimdiye kadar verilen desteklerden görüldüğü gibi gelişmiş bölgelerin dezavantajlı bölgelere göre yatırım teşviklerinden daha çok faydalanması bölgesel teşvik mekanizmasının bölgeler arası kalkınmada ve eşitsizliği azaltmada yetersiz kaldığını göstermektedir (Koç, 2019:129). Çünkü teşvikler sonucu sağlanan avantajlar az kalkınmış kentlerde yatırım yapmanın getireceği alt yapı ve ulaşım yetersizliği gibi firmalar için ek maliyet getiren yapısal sorunlar ve terör gibi güvenlik riskleri

tamamen bertaraf edilmedikçe buralarda yatırım yapmak fazla karlı olmayacağından özel sektör için rasyonel bir eylem de olmayacaktır. Bu çalışmada, bölgesel kalkınma eşitsizliklerini minimum bir seviyeye çekilebilecek bir teşvik sisteminin varlığından söz edebilmek için öncelikle buralarda yatırım ekosisteminin azami derecede iyileştirilmesi için yapılması gerekenler belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca bu çalışmada dezavantajlı bölge içindeki her ilin sosyo-ekonomik şartlarına özgü teşvik unsurlarının geliştirilerek bu geri kalmış illerin bu teşviklerden daha fazla faydalanmasını sağlama bağlamında Muş' a özgü etkin bir teşvik kurgusu oluşturulmaya çalışılmıştır. Bu çalışmada ortaya konulan fikir ve öneriler merkezi hükümet ve yereldeki paydaşların bir araya gelmesiyle daha da olgunlaşarak az gelişmiş bölgelerin kalkınmasına katkı sağlayabilir.

Kaynakça

- Akdeve, E. & Karagöl, E. T. (2013). Geçmişten Günümüze Türkiye'de Teşvikler ve Ülke Uygulamaları. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 37:329-350.
- Artar, Y. & Gezen, S. (2020). Sanayi Politikaları Bağlamında Türkiye'de Yatırım Teşvik Müessesesi. Y. Tuna, A.A. Biçer (Ed.) Sanayi Politikaları: Ekonomik ve Sosyal Eğilimler içinde (ss.404-425). İstanbul: Hiperyayın.
- Bahtiyar, E. (2019). Dünya'da ve Avrupa Birliği Ülkelerinde Mali Teşvik Sistemine Genel Bir Bakış. M. Taytak, M.Ü. Şaşmaz (Ed.) Türkiye'de Mali Teşvik Sistemi ve Uygulamaları içinde (ss.27-48). Bursa: Ekin Yayınevi.
- Candan, G. T. & Yurdadoğ, V. (2017). Türkiye'de Maliye Politikası Aracı Olarak Teşvik Politikaları. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 27, 154-177.
- Duran, M. (2002). Türkiye'de Yatırımlara Sağlanan Teşvikler ve Etkinliği. Hazine Müsteşarlığı Ekonomik Araştırmalar Genel Müdürlüğü Araştırma ve İnceleme Dizisi 32. Ankara, Hazine Müsteşarlığı
- Duran, M. S. (2003). Teşvik Politikaları ve Doğrudan Sermaye Yatırımları, Hazine Müsteşarlığı Ekonomik Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Gülmez, M. & Yalman İ. N. (2010). Yatırım Teşviklerinin Bölgesel Kalkınmaya Etkileri: Sivas İli Örneği. *Atatürk Üniversitesi İİBF Dergisi*, 24 (2): 235-254.
- İncekara, A. (1995). Türkiye'de Teşvik Sistemi. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası Yayınları.
- Kaplan, H. (2019). Türkiye'de Bölgesel Dengesizliklerin Giderilmesi ve Teşvik Tedbirlerinin Rolü ve Etkinliği (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi). Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara.
- Karaş, G. & Karaş, E. (2019). Mali Teşvik Sisteminde Yer Alan Amaç ve Araçlara İlişkin Genel Bir Değerlendirme. M. Taytak, M.Ü. Şaşmaz (Ed.) Türkiye'de Mali Teşvik Sistemi ve Uygulamaları içinde (ss.3-26). Bursa: Ekin Yayınevi.
- Koç, N. (2019). Türkiye'de Bölgesel Mali Teşvik Uygulamaları. M. Taytak, M.Ü. Şaşmaz (Ed.) Türkiye'de Mali Teşvik Sistemi ve Uygulamaları içinde (ss.107-131). Bursa: Ekin Yayınevi.
- Odabaş, H. & Şaşmaz, M. Ü. (2017). The Effect of Incentives on Employment: The Case of Turkey the Period of 2005 Q1-2016 Q4. in 2017 Business and Financial Strategies, ed: Silvius Stanciu, Huriyet Bilge and Tugce Danaci, Lambert Academic Publishing: Mauritius.
- Özkul, A.Ö. (2014). Alternatif Finansman Kaynağı Olarak Hibelerin KOBİ'lere Etkisi: Karacadağ Kalkınma Ajansından Hibe Alan KOBİ 'ler Üzerine Bir Uygulama. (Yayımlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Beykent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Selen, U. (2011). Maliye Politikası Aracı Olarak Teşvik Uygulamaları. Bursa: Ekin Yayınevi.
- Sevinç, H., Emsen, Ö.S. & Bozkurt, E. (2016). Yatırım Teşvik Politikalarının Bölgesel Belirleyicilerine Yönelik Bir Analiz: Türkiye Örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 6(1):525-556.
- Sungur, O. & Öçal, M. (2016). Bölgesel Kalkınmada Teşviklerin Önemi ve Burdur İlinin 2001-2015 Yılları Sektörel Teşvik Performansı. 16. Ulusal Bölge Bilimi ve Bölge Planlama Kongresi, Süleyman Demirel Üniversitesi, 1-2 Aralık, Isparta, s. 7.
- Takım, A. & Ersungur, Ş.M. (2018). Türkiye'de Teşvik Sisteminin Yapısı, Sorunları ve Etkinliği Üzerine Bir Politika Önerisi: Tek Bir Uygulamacı Kuruluş Sorunları Çözer Mi? *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(3):725-744
- UNCTAD. (2004). Incentives. New York and Geneva: United Nations Publication. (Erişim Tarihi: 02/02/2022), https://unctad.org/system/files/official-document/iteit20035_en.pdf
- UNCTAD. (2018). World Investment Report - Investment and New Industrial Policies. Geneva: United Nations Publication. (Erişim Tarihi: 02/02/2022), https://unctad.org/system/files/official-document/wir2018_en.pdf
- Yavan, N. (2011) Teşviklerin Bölgesel ve Sektörel Analizi: Türkiye Örneği, Maliye Hesap Uzmanları Vakfı Yayınları, Yayın No:27.



Alzheimer Hastalığının Erken Teşhisinin Çoklu Değişken Kullanarak Tespiti

Mehmet Emre Sertkaya^{1*}, Burhan Ergen²

^{1*} Samsun Üniversitesi, Rektörlük, Uzaktan Araştırma ve Uygulama Merkezi, Samsun, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-5060-1857), emre.sertkaya@samsun.edu.tr

² Fırat Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Elazığ, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3244-2615), bergen@firat.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 3 Mart 2022 ve Kabul Tarihi 26 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1082297)

ATIF/REFERENCE: Sertkaya, M. E., Ergen, B. (2022). Alzheimer Hastalığının Erken Teşhisinin Çoklu Değişken Kullanarak Tespiti. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 306-314.

Öz

Alzheimer hastalığı (AD) Dementia'nın bir türü olup bilişsel bir rahatsızlıktır. Alzheimer Hastalığının teşhisi, özel olmayan çeşitli değerlendirme ve biyobelirteçlere dayanmaktadır. Erken teşhis konulmazsa, hastalığın ilerlemesi ile ölüme bile sonuçlanabilecek ya da yaşam süresini kısaltacak etkileri vardır. Kesin tanı için beyindeki amiloid plaklarına bakılarak teşhis konulsa da bu birikme hastalığın sebebi değil sonuçlarından biri değerlendirilmektedir. Hastalığın erken teşhisinde ve ilk safhalarında amiloid plaklarının birikimi gözlenmesi ile teşhis oldukça zor ve zahmetlidir. Bu çalışmada, bir açık kaynak veri tabanından alınan demanslı hastalara ait klinik, bilişsel ve biyobelirteç verileri ile önışlemeli makine öğrenmesi yöntemleri kullanılarak Alzheimer Hastalığının erken teşhisi için bir yöntem önerilmiştir. Kullanılan yöntemler Karar Ağaçları, Gradient Boost, Extreme Gradient Boost, Light Gradient Boost, Cat Boost ve Rasgele Orman yapılarıdır. Bu yöntemler arasında Gradient Boost %91,25 ile en iyi sonucu sergilemiştir.

Anahtar Kelimeler: Alzheimer Hastalığı, MR, OASIS, Boosting Yöntemleri.

Early Diagnosis of Alzheimer's Disease Using Multiple Variables

Abstract

Alzheimer's disease (AD) is a type of Dementia and is a cognitive disorder. Diagnosis of Alzheimer's Disease is based on a variety of nonspecific assessments and biomarkers. If not diagnosed early, it has effects that may result in the progression of the disease, even death, or shorten the life span. Although the diagnosis is made by looking at the amyloid plaques in the brain for a definitive diagnosis, this accumulation is considered as one of the results, not the cause of the disease. In the early diagnosis and early stages of the disease, the diagnosis is very difficult and troublesome with the observation of the accumulation of amyloid plaques. In this study, a method for early diagnosis of Alzheimer's Disease is proposed by using preprocessed clinical, cognitive and biomarker data of patients with dementia from an open-source database and machine learning methods. The methods used are Decision Trees, Gradient Boost, Extreme Gradient Boost, Light Gradient Boost, Cat Boost and Random Forest structures. Among these methods, Gradient Boost showed the best result with 91.25%.

Keywords: Alzheimer Disease, MR, OASIS, Boosting Methods.

* Sorumlu Yazar: emre.sertkaya@samsun.edu.tr

1. Giriş

Alzheimer hastalığı(AD), Hafif Bilişsel Bozukluk (HBB) olarak adlandırılan demansın (Dementia) bir türü olup karmaşık testler sonucunda teşhisi konulabilen sinsi bir hastalıktır(Ferri et al., 2005; Peña-Bautista et al., 2018). Yapılan incelemelerde mevcut olarak 50 milyon civarında AD hastası olduğu saptanmış olup bu sayının 30 yıl içerisinde 3 kat artacağı öngörülmektedir(Prince, Comas-Herrera, Knapp, Guerchet, & Karagiannidou, 2016). Hastalığın başlangıç safhası belirsiz olup genellikle 65 yaşından sonra ortaya çıkmaktadır. İleri yaşlarda demansın en yaygın tipi AD, ilerleyici ve işlev kaybına sebep olarak hastanın ölümüyle sonuçlanabilecek kronik nörodejeneratif bir hastalık olarak tanımlanmaktadır(Wang, Qiu, & Yu, 2018). Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO-World Health Organization) tarafından ölüm nedenleri arasında AD ilk 10'da olup AD teşhisinde kapsamlı araştırma ve klinik ilerlemelere rağmen Alzheimer hastalarının %50'den azına klinik semptomlarına dayalı olarak doğru teşhis konulmaktadır (Alzheimer's & Dementia, 2016; Factsheet, 2020).

AD'nin nedeni tam olarak anlaşılmasına rağmen çeşitli risk faktörleri genetik, kafa tramvası, depresyon, hipertansiyon ve yaşam kalitesi gibi çeşitli olumsuz durumların tetiklediği düşünülmektedir (Acharya et al., 2019). HBB, erken evrelerinde AD ile semptomları ayrılmaya başlamakta olup özellikle klinik incelemelerle ve nöro görüntülemelerle teşhis konulabilmektedir (McKhann et al., 2011). AD ilerledikçe vücutta amiloid proteinlerinin birikmesi sonucunda AD tanısında amiloid bazı biyolojik belirteçler ve testler kullanılarak teşhis yapılabilmektedir. Fakat AD erken teşhisinde amiloid birikimi tespiti zor olduğu ve diğer hastalıklarla karıştırıldığından AD erken tanısında çeşitli klinik testler ve demografik biyolojik belirteçler kullanılarak tespit edilmeye çalışılır (Makin, 2018; Morris, Clark, & Vissel, 2018; Tse & Herrup, 2017; F. Zhang, Wei, Li, Ma, & Gao, 2018). Bu testler hem hızlı ve maliyeti düşüktür.

Hastalık tanısı konduktan 3-10 yıl arasında yaşam süresi olan bu hastalığın erken teşhisi sayesinde hastaların yaşam süresi ve kalitesi artması amaçlanmaktadır (Albert et al., 2013). AD ölümcül bir hastalık olup henüz tedavisi bulunmamaktadır. Yapılan tıbbi çalışmalar hastalığın özellikle erken teşhisi ve hastalığı yavaşlatacak klinik çalışmalarlardır. Bu tür yavaşlatıcı yada durdurucu yöntemler özellikle amiloid kaynaklı hücre deformasyonu çok olmadan önce yapılmakta olup erken safhalardaki hastalara uygulanmaktadır. Bu yüzden hastalığın gelişimi esnasında beyin amiloid-beta (Amiloid Patolojisi) önce çeşitli klinik, bilişsel ve biyolojik belirteçler kullanılarak hastalığın saptanmasına ihtiyaç vardır (Eke et al., 2020; Makin, 2018).

AD teşhisinde en kesin tanı histopatolojisinde amiloid plaklarının ve nörofibriler yumakların varlığının saptanmasıdır. Fakat bu birikme hastalığın ilk safhalarında az gözüktüğünden plak varlığı incelenmeden ziyade sinaptik ve nöronal kayıp ile ilişkilendirilip incelenir (Perrin, Fagan, & Holtzman, 2009). Klinik semptomlar, nörolojik testler Klinik Demans Derecelendirmesi (CDR-Clinical Dementia Rating) skoru ve Mini-Mental Durum Değerlendirmesi (MMSE-Mini Mental State Examination) puanları dahil olmak üzere AD biyo belirteçleri, görüntüleme, genetik ve protein biyobelirteçleri kullanılarak AD

teşhisi yapılmaktadır (Barnes et al., 2013; Doecke et al., 2012; Zhao et al., 2019).

AD ilk göze çarpan belirtiler kısa süreli hafıza bozukluğu, dengede duramama, kişisel bakımını yerine getirememe, depresyon ve dil bozukluğu görülmektedir. AD'nin aşamaları bunama öncesi (pre-dementia), erken aşama (early stage), orta aşama (middle stage) ve ileri aşama (advanced stage) olarak sınıflandırılmaktadır. Bunama öncesi aşamada gözlemlenen semptomlar hafif bilişsel bozuklukla birlikte unutkanlık görülürken erken aşamalarda öğrenme, yürüme işlevi, hafıza kaybı ve dil bozukluğu daha belirgindir. Orta evrelerde konuşma gücü daha belirginleşir. Okuma ve yazma becerileri giderek zayıflar ve uzun süreli hafızada zarar görmeye başladığından uzun süreli hafızada da bozulmalar sergilemeye başlar. İleri safha ya da son safhada diye bileceğimiz safhada ise hasta basit eylemleri bile kendi başına yerine getiremeyecek duruma gelir. Hasta yatalak hale gelir ve sonunda ölüm meydana gelir (Lancet, 2011; Malik & Robertson, 2017).

AD tanısında ilk olarak hastanın geçmişine, nörolojik ve psikolojik durumu incelenir. Hastanın tıbbi öyküsü akrabalarından da alınabilmektedir. Hastanın davranışlarına bağlı olarak MMSE durum testleri yaparak ta incelenir. AD taramasında tıbbi öyküde; besleme düzeni, kullandığı ilaç ve diğer hastalıklarda dikkate alınır. Sonraki teşhis ve ilerlemesini takip aşamasında çeşitli tıbbi görüntüleme teknikleri Bilgisayarlı Tomografi (CT), Manyetik Rezonans Görüntüleme (MRI) ve Pozitron Emisyon Tomografi-Bilgisayarlı Tomografi (PET-CT) teknikleri kullanılarak beyin ve kafatasının hacmi incelenir. Bu tıbbi görüntüleme teknikleri kullanılarak beyin temporel lobu, hipokampusu ve ön lob gibi kritik öneme sahip beyin bölgelerinin hacimleri incelenir. Beynin MRI taraması, beyin yapılarını, beyin büzülmesini, damar düzensizliklerini ve bilişsel işlev bozukluğuna neden olabilecek diğer yapısal değişiklikleri gösterir. Felç veya tümörlerin neden olduğu hafıza kaybı, MRI taramaları ile ekarte edilebilir. AD teşhisinde hastalıkta bulunan bilişsel bozukluklar Mini-Zihinsel Durum Muayenesi (MMSE) ve Mini-Cog testi gibi nöro-psikolojik testlerle değerlendirilir. Bu sayede Anksiyete veya depresyon gibi davranış değişikliklerini saptamak için hastanın ruh hali değerlendirmesi demantia ile örtüşen diğer rahatsızlıkları ekarte etmek için yapılır (Braskie, Toga, & Thompson, 2013; Merlo Pich et al., 2014; Mismetti et al., 2015).

Yapılan son çalışmalarda Bhagwat N. ve arkadaşları yapmış oldukları çalışmada 6 yıllık 9 kontrolden oluşan Alzheimer hastalığının erken teşhisinde MMSE ve Alzheimer hastalığı değerlendirme ölçeği (ADAS-13) klinik verilerini incelediler. Bu verilerle birlikte Alzheimer hastalığının erken teşhisini ve ileri safhalarında ek MR görüntüleri ve Genetik veriler kullanılarak hastalığın ilerlemesini yapay sinir ağı tespit etmeye çalıştılar. AD tespitinde %72-%90 arasında başarımla sergilediği görülmüştür (Bhagwat, Viviano, Voineskos, Chakravarty, & biology, 2018). Altaf T. ve arkadaşlarının yapmış olduğu çalışmada ise hibrit bir derin öğrenme modeli önererek MR görüntüleri ile birlikte klinik veriler sentezlenmiş Alzheimer hastalığı ve HBB bozukluğu tespiti yapmışlardır. Yaptıkları bu çalışmada çoklu sınıflandırmalarda %79,8 başarımla sergilemiştir (Altaf et al., 2018).

Bu çalışmada Open Access Series Of Imaging Studies (OASIS) tarafından yayınlanan "OASIS-2 Longitudinal MRI

Data in Nondemented and Demented Older Adults” veri seti kullanılarak klinik, demografik ve beyin manyetik rezonans (MR) görüntülerinden elde edilen verilerin Alzheimer hastalığının erken teşhisi ve etkili parametreler araştırılmıştır (LaMontagne et al., 2019; Marcus, Fotenos, Csernansky, Morris, & Buckner, 2010; Marcus et al., 2007). AD erken tespiti ve etkili parametrelerin tespiti için çeşitli ağaç yapıları kullanılarak başarıları araştırılmıştır.

Sonraki bölümlerde sırasıyla ikinci bölümde materyal ve metot olarak kullanılan yöntem ve veri seti anlatılmaktadır. Üçüncü bölümde sınıflandırma sonuçları anlatılmaktadır. Son bölüm olan dördüncü tartışma bölümünde çalışmanın katkısı ve ileri de yapılan çalışmalar anlatılmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri Seti

Bu çalışmada kullanılan veriler Open Access Series Of Imaging Studies (OASIS) tarafından yayınlanan “OASIS-2 Longitudinal MRI Data in Nondemented and Demented Older Adults” veri tabanında bulunan veriler bu çalışmada kullanılmıştır (LaMontagne et al., 2019; Marcus et al., 2010; Marcus et al., 2007). OASIS-2 veri seti 150 denekten oluşan 2 yıllık en az 2 kontrollü hastaya ait çeşitleri demografik ve klinik verilerden oluşmaktadır. Veri setindeki bireylerin yaş aralığı 60 ile 98 yaş aralığında gönüllük esasına bağlı olarak homojen olmayan bir dağılım sergilemektedir. Veri seti gönüllük esasına dayalı olduğundan etkin el kullanımı gibi bazı veri türlerinden tek tip içerikler bulunabilmektedir.

Sınıflandırma etiketleri 3 sınıftan oluşmuş olup bunlar; Demansız, Demanslı ve Converted olarak tanımlanmıştır. 150 denekten toplanan 373 örneğe ait 72 tanesi tüm kontroller boyunca Demansız olduğu görülmüştür. Bu Demansız olarak saptanan 72 hasta dışındaki 14 hasta sonraki kontrollerinde Demanslı olarak tespit edilmiştir. Bu 14 hasta veriler toplanırken Demans hastalığı ilerlediği için bunlara ait örnekler Converted olarak sınıflandırılmıştır. Geriye kalan 64 hasta Demans olarak tespit edilmiş olup hafif ve orta derece Demans derecesi gözlemlenmiştir. Veri setinde hastalık etiketleri Group olarak tanımlanmıştır. Bu sınıflara ait örnek sayısı Tablo 1’de gösterilmektedir.

Tablo 1. Group Bazlı Örnek Sayısı (Table 1. Number of Instances by Group)

Group	Örnek Sayısı
Non-dementia	190
Dementia	146
Converted	37

Veri setinde grup sınıf etiketi dışında 14 adet parametreye sahiptir. Bu parametreler; Yaş (Age), Atlas Scaling Factor (ASF), Clinical Dementia Rating (CDR), Educational years of patient (EDUC), Experimental Total Intracranial Volume result (eTIV), Hand, Patient’s Gender (M/F), Mini Mental State Examination score (MMSE), Magnetic Resonance (MR) delay, MRI ID, Normalized Whole Brain Volume result (nWBV), Socio Economic Status of a patient (SES), Subject ID ve Visit olarak

adlandırılmıştır. Her parametreye ait açıklamalar Tablo 2’de gösterilmektedir.

Bu parametrelerden eTIV, ASF ve nWBV beyin yapılarını inceleyerek beynin mevcut durumundan AD tespit ve takibini sağlar. Experimental Total Intracranial Volume veya eTIV, kafa içi beyin hacmini hesaplar. Atlas Scaling Factor (ASF) ise insan anatomisinden kaynaklı farklılıklardan dolayı toplam kafa içi hacminin eTIV ile karşılaştırılmasıdır. Normalized Whole Brain Volume (nWBV), tüm beyin hacmini hesaplar (Marcus et al., 2010).

Tablo 2. Veri Seti Parametre Açıklamaları (Table 2. Data Set Parameter Descriptions)

Parametre Adı	Parametre Açıklaması
Age	Hastanın tarama sırasındaki yaşı
ASF	Atlas Ölçeklendirme Faktörü
CDR	Klinik Demans Derecelendirme
EDUC	Hastanın eğitim hayatı (yıl)
eTIV	Deneysel Toplam Kafa İçi Hacmi
Group	Demented, Non-demented veya Converted sınıfları
Hand	Sağ el yada Sol el kullanma alışkanlığı
M/F	Hastanın cinsiyeti
MMSE	Mini Mental Durum Testi puanı
MR Delay	Magnetic Resonance (MR) gecikmesi, görüntü alımı yapılmadan önce verilen gecikme süresi
MR ID	Her hastanın MR kimlik numarası
nWBV	Normalize edilmiş tüm beyin hacmi
SES	Hastanın sosyo ekonomik durumu
Subject ID	Hastanın kimlik numarası
Visit	Her hastanın ziyaret sayısı

Doktorun hastaya ya da hasta yakınına yaparak hastanın psikolojik ve zihinsel değerlendirmesini ölçtüğü demans testleri CDR ve MMSE’dir. Clinical Dementia Rating (CDR) 0 ile 3 arasında bir değer alan demans testidir. Tablo 3’de CDR skorları gösterilmektedir.

Tablo 3. CDR Demans Skorları (Table 2. CDR Dementia Scores)

CDR	Demans Skoru
0	Sağlıklı (Demans Değil)
0,5	Erken aşama Alzheimer (Very Mild Alzheimer)
1	Orta aşama Alzheimer (Mild Alzheimer)
2	İleri aşama (Moderate Alzheimer)
3	Şiddetli (Son) aşama (Severe Alzheimer)

Kullanılan veri setindeki hasta katılımcılar CDR ölçeğinde erken teşhise yönelik sağlıklıdan orta aşama Alzheimer aralığında yayılım göstermektedir. Mini Mental State Examination (MMSE) skor testi hastaya sorulan kısa süreli hafıza, güncel bilgiler, el koordinasyonu ve işlem kabiliyetini ölçtüğü bir test olup

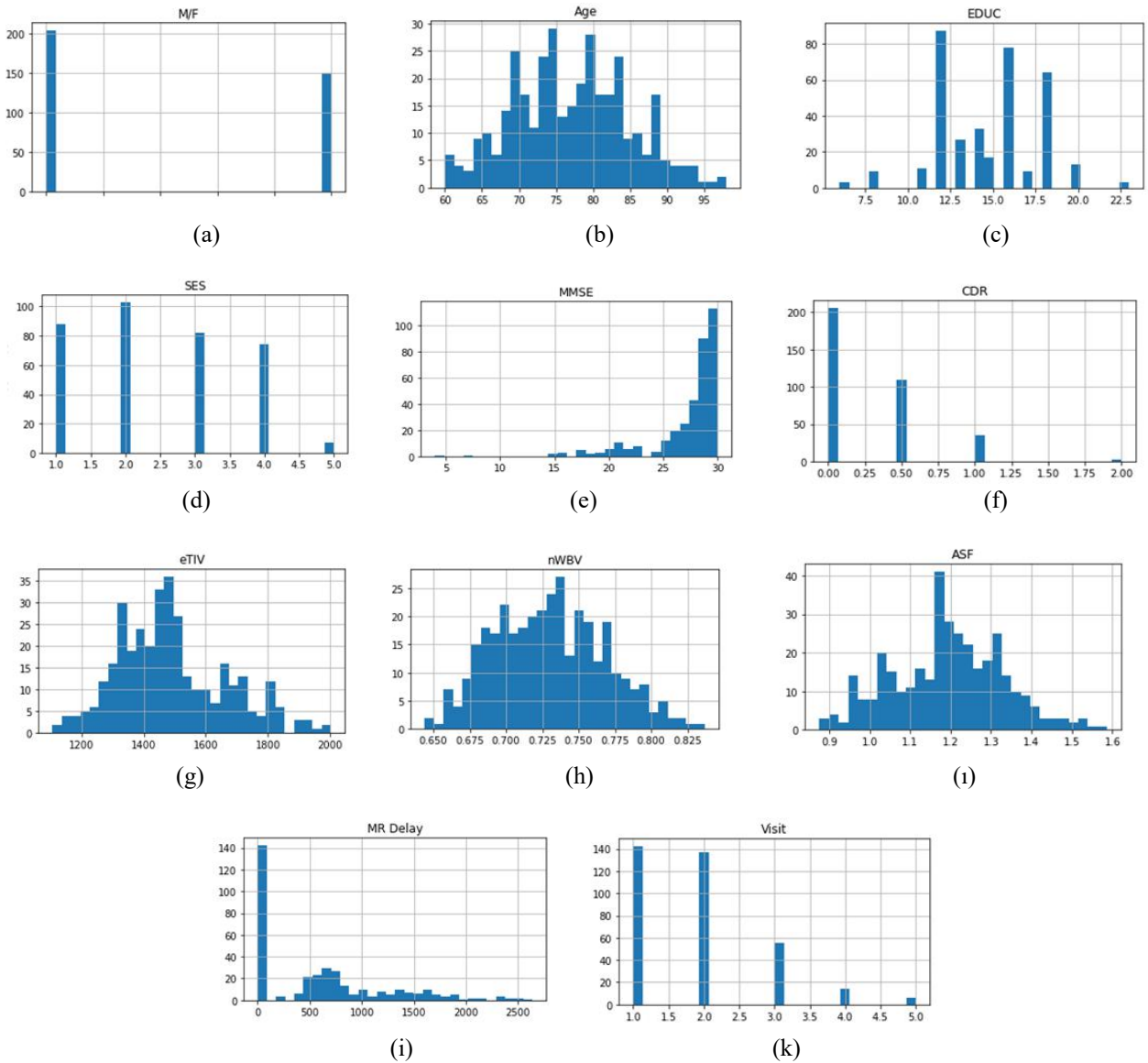
maksimum 30 puandan oluşur. Puan aralığı Tablo 4'de gösterilmektedir.

Tablo 4. MMSE Demans Skor Tablosu (Table 4. MMSE Dementia Scoreboard)

MMSE	Demans Skoru
25-30	Sağlıklı (Demans Değil)
21-24	Erken aşama Alzheimer (Very Mild Alzheimer)
10-20	Orta aşama Alzheimer (Mild Alzheimer)
<10	İleri aşama (Moderate Alzheimer)

Bu çalışmada kullanılan veri setindeki bazı parametreler işlem maliyeti ve AD tespitinde etkisi olmayan sınıf etiketlerinden oluştuğu için kullanılmamıştır. Bu parametrelerden biri olan Hand olarak ifade edilen hastanın hangi eli kullandığı bilgisi veri setinde veri olarak tüm hastalarda sağ el olarak bulunduğu parametre olarak alınmayacaktır. MRI ID ve Subject ID hasta ve görüntü etiket kimliğini oluşturduğundan bu parametrelerde bu çalışmada kullanılmamıştır. Kullanılan parametrelerin veri dağılımları Şekil 1'de gösterilmektedir.

Şekil 1'de veri setinde kullanılan parametrelerin veri dağılımları görüldüğü üzere (Cinsiyet gibi) homojen dağılımlı olduğu görülmektedir. Bunun sebebi veri setine veriler toplanırken gönüllülük esası ile toplanmasındandır.



Şekil 1. Veri setinde kullanılan parametrelerin veri dağılım skalası (Figure 1. Data distribution scale of the parameters used in the data set)

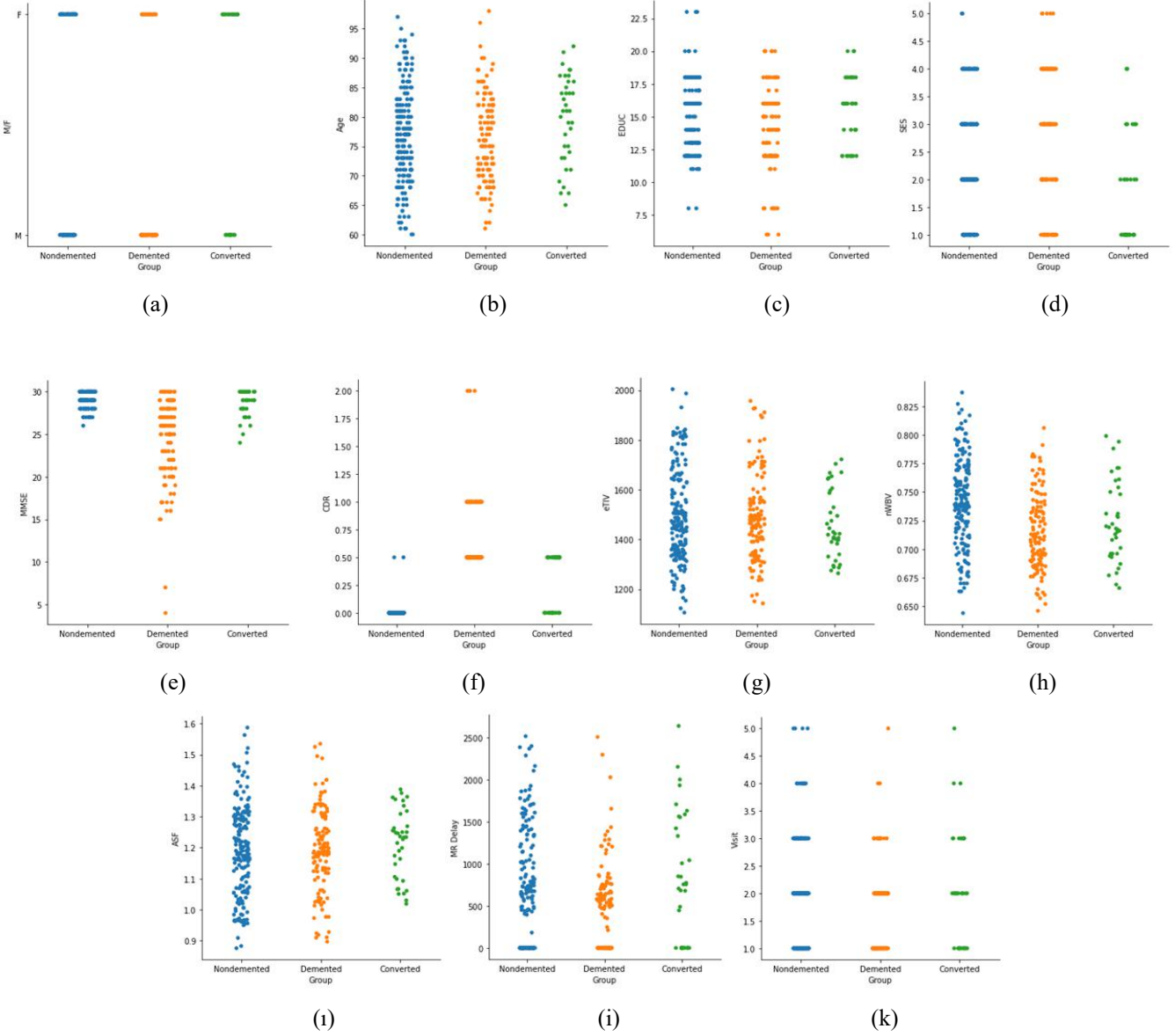
Şekil 1 incelendiğinde de verileri homojen dağılımlı hale getirmek için veri eksiltme işlemine gidilmemiştir. (Şekil 1a) veri setindeki verilerin cinsiyete göre dağılımını, (Şekil 1b) verilerin yaşlara göre dağılımlarını göstermektedir. (Şekil 1c) eğitim düzeyleri dağılımını ve (Şekil 1d) veri setindeki katılımcıların

sosyo ekonomik dağılımlarını göstermektedir. (Şekil 1e) ve (Şekil 1f) ise mini mental testler olan MMSE ve CDR skor dağılımlarını göstermektedir. (Şekil 1g), (Şekil 1h) ve (Şekil 1i) beyin kafatası hesaplamaları olan eTIV, NWBV ve ASF dağılımlarını göstermektedir. (Şekil 1j) ve (Şekil 1k) ise MR

bekleme süresi dağılımını ve ziyaret sayısını göstermektedir. Veri miktarının fazla olması başarımı artacağı düşünülmektedir.

Bu veri setinin parametre türünden sınıf bazlı veri dağılımları Şekil 2'de gösterilmektedir. Şekil 2 İncelendiğinde Demented (Alzheimer hastası) ve Nondemented (Alzheimer değil) sınıflarına ait verilerin çok iken Converted (Alzheimer değilken

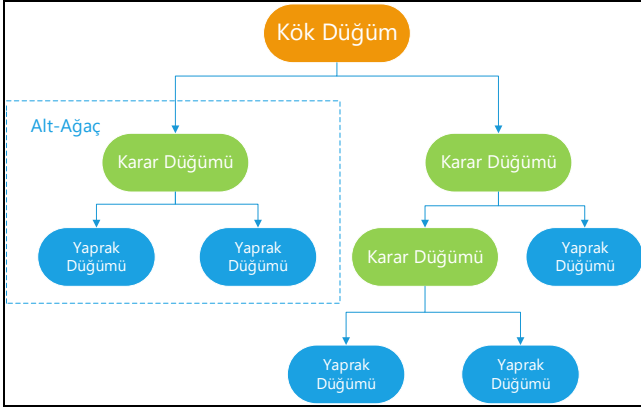
Alzheimer dönüşmüş hasta) sayısının az olduğu görülmektedir. Bu çalışmada Converted sınıfının alınma sebebi veri seti toplanırken, başlangıçta sağlıklıyken Alzheimer'a dönüşen bu hastaların diğer sınıfları etkilememesini sağlamaktır. Converted sınıf iki sınıf arası geçiş evresi olarak çalışmada kabul edilip, bu sayede sağlıklı bireyler ile Alzheimer hastalığına geçiş arasında bir evre olup olmadığını araştırmaktır.



Şekil 2. Sınıf bazlı Parametrelerin dağılımı (Figure 2. Distribution of parameters by class)

2.2. Decision Tree

Karar Ağaçları (DT-Decision Tree) diğer adıyla günümüzde veri madenciliği, görüntü işleme ve örüntü tanımlama gibi çeşitli alanlarda kullanılan bir makine öğrenmesidir. DT, ardışık bir modeldir. Yani her seferinde sayısal bir özelliğin bir eşik değeriyle karşılaştırarak uyumlu bir şekilde birleştirir. Bunu gruplandırma işlemi yaparak gerçekleştirir. DT, düğüm ve dallardan oluşan bir yapıdadır. Her düğüm, sınıflandırılacak bir kategorideki özellikleri temsil eder. Düğüm sonucu oluşturulan yeni alt kümeler düğüm tarafında alınabilecek değerleri tanımlar. Basit analizleri ve çoklu veri formundaki kesinlikleri nedeniyle cazip bir yöntem haline gelmektedir. Ağaç yapısı Şekil 3'te gösterilmektedir [29].



Şekil 3. Decision Tree (Figure 3. Ağaç Yapısı)

Düzümler, entropi kullanılarak oluşturulur. Entropi bir veri kümesinin saflığını veya rastgeleliğini ölçmek için kullanan bir yapıdır. Entropi kullanılarak elde edilen her bir değer 0-1 arasındadır. Değer 0'a ne kadar yakınsa o kadar iyidir. Hedef farklı öznitelik değerine sahip G olmak üzere, S kümesinin c durumlarına göre sınıflandırılması Denklem 1'de gösterilmektedir (Charbuty, Abdulazez, & Trends, 2021).

$$Entropy(S) = \sum_{i=1}^c P_i \log 2^{P_i} \quad (1)$$

Denklem 1'de gösterilen P_i , alt kümenin örnek sayısının ve i -th öznitelik değerine oranıdır. Bilgi kazancı (Gain), segmentasyon için kullanılan karşılıklı bilgi olarak adlandırılır. Bu rasgele bir değişkenin değeri hakkında ne kadar bilgi sahibi olduğunu sezgisel olarak bildirir. Bilgi kazancı entropinin tersi olup ne kadar sıfırdan uzaksa o kadar iyidir. Bilgi kazancı Denklem 2'de gösterilmektedir. Denklem 2'de A özniteliği aralığı $V(A)$ ve S_V, v öznitelik değerine eşit olan S kümesinin alt kümesidir (Charbuty et al., 2021).

$$Gain(S, A) = \sum_{v \in V(A)} \frac{|S_V|}{|S|} Entropy(S_V) \quad (2)$$

2.2. Gradient Boosting

Gradient Boosting (GB), yanlış sınıflandırılmış gözlemleri yeniden ağırlıklandırarak temel ağacı yinelemeli olarak oluşturur ve sınıflandırıcı eğitiminden sonra ağırlığı değiştirir. Yanlış sınıflandırılan gözlemin ağırlığı artırılırken doğru sınıflandırılan gözlemin ağırlığı azaltılır. Ancak her eğitim gözleminde kayıp fonksiyonun negatif kısmı türevleri üzerinde çalışarak belirler. Bu kısmı türevler aynı zamanda sözde kalıntılar olarak da adlandırılır. Bu sözde kalıntılar kullanılarak yinelemeli olarak topluluk büyütülür. Kayıp fonksiyonu, model tarafından hata derecesi olarak adlandırılabilir. Amaç kayıp fonksiyonunu ve hatalı oranı en aza indirmek olduğundan en çok bu amaçla kullanılan kayıp fonksiyonu gradyan fonksiyonudur. Sonuç olarak özellik uzayını benzer sözde artıkları bir arada kullanarak gruplandırarak böler (Chang, Chang, & Wu, 2018; Dev, Eden, & engineering, 2019).

2.3. Extreme Gradient Boosting

Extreme Gradient Boosting (XGBoost), Regresyon ağacı ve gradient boosting birleşimidir. Algoritma $n-1$ ağaçtan gradyan inişi öğrenerek birden çok ağaç yapısı oluşturur. Son olarak tüm ağaçların toplanarak nihai sonuç hesaplanır. XGBoost'un GBT'den farkı model varyantlarını azaltmak için kayıp fonksiyonunu normalleştirmesidir. Bu normalleştirme sayesinde modellemenin karmaşıklığı azalır ve dolayısıyla aşırı uygunluk olasılığını azaltır. GBT yöntemi sınıflandırma temeli olarak

sadece Decision Tree kullanırken XGBoost doğrusal sınıflandırıcıları da destekler (Chang et al., 2018).

XGBoost kavramsal olarak, özellikler X ve hedef Y arasındaki fonksiyonel ilişki f olmak üzere bireysel ağaçların önceki ağaçtan kalanlar üzerinde sıralı olarak eğitildiği bir yinelemeli bir yapıdadır. Matematiksel olarak Denklem 3'te gösterilmektedir (Chakraborty, Elhegazy, Elzarka, & Gutierrez, 2020).

$$\hat{Y} = \phi(X) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n f_k(X) \quad (3)$$

Burada \hat{Y} tahmin edilen; $1 \leq k \leq n$, n fonksiyon tarafından öğrenilen ağaç sayısıdır. Aşağıda Denklem 4 ve Denklem 5'te amaç fonksiyonu $L(\phi)$ modelde kullanılan f_k fonksiyon setini öğrenmek için minimize edilmesidir (Chakraborty et al., 2020).

$$\Omega(f_k) = \gamma T + \frac{1}{2} \lambda \|w\|^2 \quad (4)$$

$$L(\phi) = \sum_i l(\hat{y}_i, y_i) + \sum_k \Omega(f_k) \quad (5)$$

Denklem 4'te l olarak ifade edilen \hat{y}_i tahmin edilen ve y_i hedef arasındaki farkı ölçen türevlenebilir bir kayıp fonksiyonudur. Ω , karmaşıklığı önlemek için modelde daha fazla ağaç büyümesini cezalandıran aşırı uydurmayı engelleyen yapıdır. γ , her yaprağın karmaşıklığı iken T bir ağaçtaki yaprak sayısıdır. λ Denklem 4'te bir ceza parametresidir. $\|w\|$ ise yapraklardaki puanların vektörüdür. Ω ne kadar sıfıra yaklaşırsa hedef gradyan ağacı yüklenmesine geri döner (Chakraborty et al., 2020).

2.4. Light Gradient Boosting

Light Gradient Boosting (LGBost), XGBoosting farklı olarak eğitim sürecini artırmak, bellek tüketimini azaltmak ve derinlik kısıtlamaları ile yaprak şeklinde bir büyüme sağlayan histogram tabanlı bir algoritmadır. Histogram yapısı sürekli kayan nokta öz değerlerini k kutularını ayırarak k genişliğinde bir histogram oluşturur. Histogram yapısı önceden oluşturulan ağaç yapılarını depolama ihtiyacı duymaz bunun için 8 bitlik tamsayılarla depolamak için yeterli olan özelliklerin ayrıklaştırılmasından sonra değerini kaydeder bu sayede 1/8 oranında bellek tüketimini düşürür. Derinlik kısıtlamaları ve histogram algoritması LGBost başarımını etkilemez (Chakraborty et al., 2020).

2.4. Cat Boost

CatBoost, gradyan artırma karar ağacına dayalı bir makine öğrenme yöntemidir. Cat Boost, kategorik özellikleri sınıflandırmada daha iyi performans sağlar (Y. Zhang, Zhao, & Zheng, 2020). Spesifik olarak her örnek için CatBoost veri kümesinin rastgele bir permütasyonunu gerçekleştirir. Rastgele bir permütasyonu örnekleyerek ve temelinde gradyanlar elde ederek algoritmanın sağlamlığını artırmak için çoklu permütasyonlar kullanılır (Huang et al., 2019). İkili değişkenler parametre olarak kullanılır. Bu sayede belirli özelliklerin belirli bir eşiği aştığı anlamına gelmektedir. Ağaçtaki her son yaprağa regresyon görevi için bölge yanıt tahmini olan bir değer verir (Gupta et al., 2021).

2.4. Random Forest

Random Forest (RF), Breimen tarafında 2001 yılında önerilen bir veri madenciliği algoritmasıdır. RF verilerin farklı örnekleri üzerine inşa edilmiş birçok derin ama birbiriyle ilişkisiz ağaçtan oluşur (Krauss, Do, & Huck, 2017). Temel olarak RF,

topluluk öğrenmesine dayalı olarak birkaç modelin bir kombinasyonu oluşturarak tek bir tahmin problemi gibi çözmeye çalışır. RF başlangıçta birden fazla model üretir ardından üretilen modelleri birbirinden bağımsız öğrenip tahminlerde bulunur. Son olarak bu tahminleri bir tek tahminde birleştirir. Bu yapıyı sayesinde diğer sınıflandırıcılardan iyidir. RF aynı zamanda bir karar ağacı oluştururken bölünmüş öznelik kümelerini rasgele seçme yöntemini kullanır. Bu sayeden genelleme ve yanlışlık ortadan kalkar (Y. Zhang et al., 2020).

Kavramsal bakış açısında göre k . ağaç, geçmişteki Q_1 ile Q_{k-1} rasgele vektörlerinden bağımsız ancak aynı dağılıma sahip bir Q_k vektörü olarak eğitilir. Bunun sonucunda $h(X, Q_k)$ ağacı X giriş vektörü ile sonuçlanır. Ormanda çok sayıda ağaç yetiştirildiğinde, bunların ortalama tahminleri alınır, bu da tahminin doğruluğunu artırır ve fazla uydurmayı kontrol eder. Matematiksel olarak, bu Denklem 6'daki temsil edilir (Chakraborty et al., 2020):

$$\hat{Y} = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n h_k(X) \quad (6)$$

Burada \hat{Y} hedef, $1 \leq k \leq n$ ve n üretilen ağaç sayısıdır. Herhangi bir ağacın $h(X)$ ortalama kare hatasıdır. Giriş vektörü X ve hedef Y için $E_{X,Y}(Y - h(X))^2$ ile hesaplanır. Ormandaki ağaç sayısı $h(X)$ sonsuza giderken Denklem 7'de gösterildiği gibi hesaplanır (Chakraborty et al., 2020).

$$E_{X,Y}(Y - av_k h(X, Q_k))^2 \rightarrow E_{X,Y}(Y - E_Q h(X, Q))^2 \quad (7)$$

3. Araştırma Sonuçları

Bu çalışmada Python 3.6 programlama dili kullanılarak Karar ağacı ve Boosting makine öğrenmesi yöntemleri geliştirildi. Spyder 5.1.5, Python derleme arayüzüdür. Yazılımı derlemek için kullanılan donanımın özellikleri; 12 GB belleğe sahip Nvidia Rtx3060 ekran kartı, 32 GB DDR RAM, AMD Ryzen 7 3800X işlemci ve Windows 10 işletim sistemidir. Veri setinin %80 eğitim ve %20 test olarak ayrılmıştır.

Karmaşıklık matrisinden elde edilen performans ölçütleri deneysel analiz için kullanılmaktadır. Denklem 8'den Denklem 12'ye kadar bu metrik hesaplamaları için kullanılmıştır. Bu metrikler Duyarlılık (Se), Özgüllük (Sp), F-skoru (F-Scr), Kesinlik (Pre) ve Doğruluk (Acc). Metrikleri hesaplamak için karışıklık matrisinin Doğru Pozitif (TP), Yanlış Pozitif (FP), Gerçek Negatif (TN) ve Yanlış Negatif (FN) parametreleri kullanıldı (Toğaçar, Ergen, Cömert, & medicine, 2020).

$$Se = \frac{TP}{TP+FN} \quad (8)$$

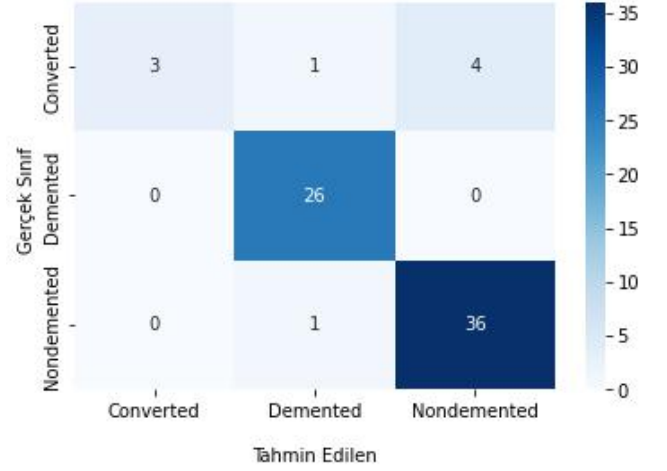
$$Sp = \frac{TN}{TN+FP} \quad (9)$$

$$Pre = \frac{TP}{TP+FP} \quad (10)$$

$$F - scr = \frac{2xTP}{2xTP+FP+FN} \quad (11)$$

$$Acc = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (12)$$

Yapılan denemeler sonucunda 10 çapraz geçirme ile bu 6 adet makine öğrenmesi yöntemlerinin başarımları Tablo 5'te gösterilmektedir. Bu modeller arasında en yüksek doğruluk sergileyen yöntem %91,55 başarımla Gradient Boost yöntemi olarak gözlemlenmiştir. Gradient Boosted yönteminin karmaşıklık matrisi Şekil 4'te gösterilmektedir.



Şekil 4. Gradient Boost Karmaşıklık Matrisi (Figure 4. Gradient Boost Confusion Matrix)

Şekil 4 Gradient Boost karmaşıklık matrisi incelendiğinde özellikle Demented ve Nondemented sınıfına ait test sınıflarını doğru bir şekilde sınıflarken Converted sınıfına ait değerlerin hepsininin doğru sınıflandırılmadığı gözlemlenmektedir. Bunun sebebinin Converted sınıfındaki örneklerin başta sağlıklıken daha sonra Alzheimer teşhisi konmasında kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Bazı örnekler sağlıklı özellikler gösterirken daha sonraki aşamalarda hastalık teşhisi konulduğundan eğilimi Alzheimer'lı hastaların değerleriyle aynı olmasından kaynaklanmaktadır.

Her 3 sınıfa ait genel başarımlar Tablo 5 incelendiğinde en yüksek başarımları Gradient Boost ve Random Forest verdiği gözlemlenmiş olup özellikle az veriye sahip Converted sınıfında Gradient Boost yönteminin daha iyi başarımlar sergilediği gözlemlenmiştir. Converted sınıfı veri seti toplanırken sağlıklı bireyden hasta bireye geçiş evresi olarak nitelendirilebilecek bir sınıf olup hastalığın erken teşhisinde kritik öneme sahiptir. Gradient Boost yöntemi Converted sınıfında %92.96 başarımla sergilemiş olup diğer yöntemler göre daha iyi sonuç sergilemiştir. Demented ve Nondemented olarak adlandırılan sırasıyla hasta ve sağlıklı bireylere ait sınıfların tespitinde de Gradient Boost daha iyi sonuçlar sergilediği gözlemlenmiştir.

Tablo 5. Kullanılan Yöntemlere ait Karmaşıklık Matrislerinin Metric Değerleri (Table 5. Metric Values of Complexity Matrices of the Methods Used)

Model	Sınıflar	F skoru F- scr(%)	Duyarlılık (Se.(%))	Özgüllük (Sp.(%))	Kesinlik (Pre.(%))	Doğruluk (Acc. (%))	Overall Acc(%)
Decision Tree	Converted	15	14	12,38	17	84,51	84,51
	Demented	90	88	35,61	92	92,96	
	Nondemented	92	95	52,05	90	91,55	
Gradient Boosted	Converted	55	38	11,26	100	92,96	91,55
	Demented	96	100	36,61	93	97,18	
	Nondemented	94	97	52,11	90	92,96	
XGBoost	Converted	25	25	10,66	25	84	82,67
	Demented	91	89	36,00	92	93,33	
	Nondemented	89	90	53,33	88	88	
LGBost	Converted	36	25	11,26	67	90,14	88,73
	Demented	93	96	36,61	89	94,37	
	Nondemented	94	97	52,11	90	92,9	
CatBoost	Converted	50	38	11,26	75	91,55	90,14
	Demented	93	96	36,61	89	94,37	
	Nondemented	95	97	52,11	92	94,37	
Random Forest	Converted	50	38	11,26	75	91,55	90,14
	Demented	93	96	36,61	89	94,37	
	Nondemented	95	97	52,11	92	94,37	

4. Tartışma

Bu çalışmada Python 3.6 programlama dili kullanılarak Karar ağacı ve Boosting yöntemleri kullanılarak bilişsel, klinik ve biyobelirteç verileri ile Alzheimer hastalığı erken teşhisi tespiti yapılmıştır. Alzheimer hastalığında erken teşhis kritik bir öneme sahip olup hastanın yaşam ömrünü ve kalitesini artırmaktadır. Alzheimer hastalığının ilk safhalarında MR, biyopsi ve genetik testi gibi teknikler yüksek maliyetli ve çok zaman almaktadır. Bu yüzden bu hastalığın erken teşhisinde klinik veriler kullanılarak yapılmakta ve ilk safhalarda amiloidiz birikimi tespiti zor olduğundan bu tür hasta verileri ile hastalık tespit edilmeye çalışılmaktadır[9, 10]. Bu çalışmada Gradient Boost yönteminin Alzheimer hastalığının erken teşhisinde %91.55 oranında başarımla sergilediği gözlemlenmektedir. Bu başarımla sadece Alzheimer ve sağlıklı bireylerin sınıflandırılmasında değil aynı zamanda geçiş evresi olarak adlandırabileceğimiz Converted sınıfı ile birlikte bu başarımla sergilemiştir. Bir sonraki çalışmalarda hibrit yapılar kullanarak gereksiz verilerin kaldırılması ve derin öğrenme yöntemleri ile bu başarımla artacağı değerlendirilmektedir.

Kaynakça

- Acharya, U. R., Fernandes, S. L., WeiKoh, J. E., Ciaccio, E. J., Fabell, M. K. M., Tanik, U. J., . . . Yeong, C. H. J. J. o. M. S. (2019). Automated detection of Alzheimer's disease using brain MRI images—a study with various feature extraction techniques. *43(9)*, 1-14.
- Albert, M. S., DeKosky, S. T., Dickson, D., Dubois, B., Feldman, H. H., Fox, N. C., . . . Petersen, R. C. J. F. (2013). The diagnosis of mild cognitive impairment due to Alzheimer's disease: recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *11(1)*, 96-106.
- Altat, T., Anwar, S. M., Gul, N., Majeed, M. N., Majid, M. J. B. S. P., & Control. (2018). Multi-class Alzheimer's disease classification using image and clinical features. *43*, 64-74.
- Alzheimer's, A. s. A. J., & Dementia. (2016). 2016 Alzheimer's disease facts and figures. *12(4)*, 459-509.
- Barnes, J., Carmichael, O. T., Leung, K. K., Schwarz, C., Ridgway, G. R., Bartlett, J. W., . . . Biessels, G. J. J. N. o. a. (2013). Vascular and Alzheimer's disease markers

- independently predict brain atrophy rate in Alzheimer's Disease Neuroimaging Initiative controls. *34*(8), 1996-2002.
- Bhagwat, N., Viviano, J. D., Voineskos, A. N., Chakravarty, M. M., & biology, A. s. D. N. I. J. P. c. (2018). Modeling and prediction of clinical symptom trajectories in Alzheimer's disease using longitudinal data. *14*(9), e1006376.
- Braskie, M. N., Toga, A. W., & Thompson, P. M. J. J. o. A. s. D. (2013). Recent advances in imaging Alzheimer's disease. *33*(s1), S313-S327.
- Chakraborty, D., Elhegazy, H., Elzarka, H., & Gutierrez, L. J. A. E. I. (2020). A novel construction cost prediction model using hybrid natural and light gradient boosting. *46*, 101201.
- Chang, Y.-C., Chang, K.-H., & Wu, G.-J. J. A. S. C. (2018). Application of eXtreme gradient boosting trees in the construction of credit risk assessment models for financial institutions. *73*, 914-920.
- Charbuty, B., Abdulazeez, A. J. J. o. A. S., & Trends, T. (2021). Classification based on decision tree algorithm for machine learning. *2*(01), 20-28.
- Dev, V. A., Eden, M. R. J. C., & engineering, c. (2019). Formation lithology classification using scalable gradient boosted decision trees. *128*, 392-404.
- Doecke, J. D., Laws, S. M., Faux, N. G., Wilson, W., Burnham, S. C., Lam, C.-P., . . . Brown, B. J. A. o. n. (2012). Blood-based protein biomarkers for diagnosis of Alzheimer disease. *69*(10), 1318-1325.
- Eke, C. S., Jammeh, E., Li, X., Carroll, C., Pearson, S., Ifeachor, E. J. I. J. o. B., & Informatics, H. (2020). Early Detection of Alzheimer's Disease with Blood Plasma Proteins Using Support Vector Machines. *25*(1), 218-226.
- Factsheet, W. J. G. W. H. O. (2020). The top 10 causes of death.
- Ferri, C. P., Prince, M., Brayne, C., Brodaty, H., Fratiglioni, L., Ganguli, M., . . . Huang, Y. J. T. I. (2005). Global prevalence of dementia: a Delphi consensus study. *366*(9503), 2112-2117.
- Gupta, H., Kumar, P., Saurabh, S., Mishra, S. K., Appasani, B., Pati, A., . . . Srinivasulu, A. J. R. R. D. S. T.-S. E. E. E. (2021). CATEGORY BOOSTING MACHINE LEARNING ALGORITHM FOR BREAST CANCER PREDICTION. *66*(1), 201-206.
- Huang, G., Wu, L., Ma, X., Zhang, W., Fan, J., Yu, X., . . . Zhou, H. J. J. o. H. (2019). Evaluation of CatBoost method for prediction of reference evapotranspiration in humid regions. *574*, 1029-1041.
- Krauss, C., Do, X. A., & Huck, N. J. E. J. o. O. R. (2017). Deep neural networks, gradient-boosted trees, random forests: Statistical arbitrage on the S&P 500. *259*(2), 689-702.
- LaMontagne, P. J., Benzinger, T. L., Morris, J. C., Keefe, S., Hornbeck, R., Xiong, C., . . . Vlassenko, A. J. M. (2019). OASIS-3: longitudinal neuroimaging, clinical, and cognitive dataset for normal aging and Alzheimer disease.
- Lancet, T. J. T. L. (2011). The three stages of Alzheimer's disease. In (Vol. 377, pp. 1465): Elsevier.
- Makin, S. J. N. (2018). The amyloid hypothesis on trial. *559*(7715), S4-S4.
- Malik, G. A., & Robertson, N. P. J. J. o. n. (2017). Treatments in Alzheimer's disease. *264*(2), 416-418.
- Marcus, D. S., Fotenos, A. F., Csernansky, J. G., Morris, J. C., & Buckner, R. L. (2010). Open Access Series of Imaging Studies: Longitudinal MRI Data in Nondemented and Demented Older Adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *22*(12), 2677-2684. doi:10.1162/jocn.2009.21407 %J Journal of Cognitive Neuroscience
- Marcus, D. S., Wang, T. H., Parker, J., Csernansky, J. G., Morris, J. C., & Buckner, R. L. (2007). Open Access Series of Imaging Studies (OASIS): Cross-sectional MRI Data in Young, Middle Aged, Nondemented, and Demented Older Adults. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *19*(9), 1498-1507. doi:10.1162/jocn.2007.19.9.1498 %J Journal of Cognitive Neuroscience
- McKhann, G. M., Knopman, D. S., Chertkow, H., Hyman, B. T., Jack Jr, C. R., Kawas, C. H., . . . dementia. (2011). The diagnosis of dementia due to Alzheimer's disease: recommendations from the National Institute on Aging-Alzheimer's Association workgroups on diagnostic guidelines for Alzheimer's disease. *7*(3), 263-269.
- Merlo Pich, E., Jeromin, A., Frisoni, G. B., Hill, D., Lockhart, A., Schmidt, M. E., . . . Therapy. (2014). Imaging as a biomarker in drug discovery for Alzheimer's disease: is MRI a suitable technology? , *6*(4), 1-7.
- Mismetti, P., Laporte, S., Pellerin, O., Ennezat, P.-V., Couturaud, F., Elias, A., . . . Roy, P.-M. J. J. (2015). Effect of a retrievable inferior vena cava filter plus anticoagulation vs anticoagulation alone on risk of recurrent pulmonary embolism: a randomized clinical trial. *313*(16), 1627-1635.
- Morris, G. P., Clark, I. A., & Vissel, B. J. A. n. (2018). Questions concerning the role of amyloid- β in the definition, aetiology and diagnosis of Alzheimer's disease. *136*(5), 663-689.
- Peña-Bautista, C., Vigor, C., Galano, J.-M., Oger, C., Durand, T., Ferrer, I., . . . Medicine. (2018). Plasma lipid peroxidation biomarkers for early and non-invasive Alzheimer Disease detection. *124*, 388-394.
- Perrin, R. J., Fagan, A. M., & Holtzman, D. M. J. N. (2009). Multimodal techniques for diagnosis and prognosis of Alzheimer's disease. *461*(7266), 916-922.
- Prince, M., Comas-Herrera, A., Knapp, M., Guerchet, M., & Karagiannidou, M. (2016). World Alzheimer report 2016: improving healthcare for people living with dementia: coverage, quality and costs now and in the future.
- Toğaçar, M., Ergen, B., Cömert, Z. J. C. i. b., & medicine. (2020). COVID-19 detection using deep learning models to exploit Social Mimic Optimization and structured chest X-ray images using fuzzy color and stacking approaches. *121*, 103805.
- Tse, K. H., & Herrup, K. J. J. o. n. (2017). Re-imagining Alzheimer's disease—the diminishing importance of amyloid and a glimpse of what lies ahead. *143*(4), 432-444.
- Wang, T., Qiu, R. G., & Yu, M. J. S. r. (2018). Predictive modeling of the progression of Alzheimer's disease with recurrent neural networks. *8*(1), 1-12.
- Zhang, F., Wei, J., Li, X., Ma, C., & Gao, Y. J. J. o. A. s. D. (2018). Early candidate urine biomarkers for detecting Alzheimer's disease before amyloid- β plaque deposition in an APP (swe)/PSEN1 dE9 transgenic mouse model. *66*(2), 613-637.
- Zhang, Y., Zhao, Z., & Zheng, J. J. J. o. H. (2020). CatBoost: A new approach for estimating daily reference crop evapotranspiration in arid and semi-arid regions of Northern China. *588*, 125087.
- Zhao, J., Feng, Q., Wu, P., Lupu, R. A., Wilke, R. A., Wells, Q. S., . . . Wei, W.-Q. J. S. r. (2019). Learning from longitudinal data in electronic health record and genetic data to improve cardiovascular event prediction. *9*(1), 1-10.



Çiçek Görüntü Sınıflandırılmasında Ön Eğitimli Evrişimsel Sinir Ağlarının Performans Karşılaştırması

Ipek Atik^{1*}

¹*Faculty of Engineering and Natural Sciences, Department of Electrical and Electronics Engineering, Gaziantep Islam Science and Technology University, Gaziantep, Turkey (ORCID: 0000-0002-9761-1347), ipek.atik@gibtu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 2 Mart 2022 ve Kabul Tarihi 26 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1082023)

ATIF/REFERENCE: Atik I., (2022). Çiçek Görüntü Sınıflandırılmasında Ön Eğitimli Evrişimsel Sinir Ağlarının Performans Karşılaştırması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 315-321.

Öz

Çiçek sınıflandırması botanikten, ekolojik çalışmalara kadar birçok alan için önemlidir. Çiçek görüntülerinin net şekilde belirgin olmaması, yaprakların, dalların görüntüyü kapatması ve benzer özellikte çiçeklerin çok olması sınıflandırma çalışmalarında rastlanan zorluklardandır. Çalışmada internette alınan 3670 çiçekten oluşan veri seti kullanılarak sınıflandırma çalışması yapılmıştır. Son dönemde görüntü sınıflandırma çalışmalarında derin öğrenme yöntemleri kullanılarak oldukça başarılı sonuçlara ulaşılmaktadır. Bu çalışmada derin öğrenme modellerinden ön eğitimli Evrişimsel Sinir Ağları (ESA) AlexNet, GoogLeNet, SqueezeNet, ShuffleNet ve Resnet-18 ile sınıflandırma çalışması yapılarak performansları karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir. Karşılaştırma neticesinde en başarılı sonuca %97.26 doğruluk oranına sahip olan GoogLeNet ile ulaşılmıştır. Diğer modeller için elde edilen doğruluk oranları sırasıyla ShuffleNet, SqueezeNet, ResNet-18 ve AlexNet için %97.23, %92.84, %91.42, %89.05'tir. Çalışmada GoogLeNet modeli bu çalışmadaki modellerin yanı sıra aynı veri seti ile yapılan diğer çalışmalar içinde en yüksek başarıya ulaşan model olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, Sınıflandırma, Evrişimsel Sinir Ağları, çiçek, GoogLeNet

Performance Comparison of Pre-Trained Convolutional Neural Networks in Flower Image Classification

Abstract

Flower classification is important for many fields, from botanics to ecological studies. The difficulties encountered in classification studies are that flower images are not evident, leaves and branches obscure the image, and many flowers have similar characteristics. The study classification study was carried out using the data set consisting of 3670 flowers taken from the internet. Recently, very successful results have been achieved using deep learning methods in image classification studies. This study examined the performances of the deep learning models comparatively by making a classification study with the pre-trained Convolutional Neural Networks (CNN) AlexNet, GoogLeNet, SqueezeNet, ShuffleNet, and Resnet-18. As a result of the comparison, the most successful result was obtained with GoogLeNet, an accuracy rate of 97.26%. The accuracy rate was calculated as 97.23%, 92.84%, 91.42%, 89.05% for ShuffleNet, SqueezeNet, ResNet-18 and AlexNet, respectively. In addition to the models in this study, the GoogLeNet model was the model that achieved the highest success among other studies conducted with the same data set.

Keywords: Deep Learning, Classification, Convolutional Neural Networks, flower, GoogLeNet

*Sorumlu Yazar: ipek.atik@gibtu.edu.tr

1. Giriş

Çiçekler yüzbinlerce türü bulunan bir bitki türüdür. Çiçekler sağlık, endüstri, kozmetik alanlar gibi birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır. Çiçek türlerinin belirlenmesi, nesilden nesile sağlıklı şekilde aktarılabilmesi tüm canlılar ve ekolojik düzenin korunması açısından da oldukça önemlidir. Çiçek türlerinin belirlenmesinde her çiçek için ona özgü biçim ve özelliklerin belirlenmesi gerekir. Bu şekilde gruplandırılabilir ve sınıflandırması yapılabilir. Çiçek sınıflandırmada 18. yy'da Carl Linnaeus tarafından önerilen sistem şuanda da halen kullanılmaktadır (Coşkun & Demirhan, 2022; Hiary, Saadeh, Saadeh, & Yaqub, 2018). Çiçek özelliklerinin belirlenmesi oldukça zahmetli ve zaman alan bir işlemdir. Bu sebeple bilgisayar ortamında sınıflandırılması ve gruplanması birçok kolaylık sağlamaktadır (Aydın, 2018; Potur & Erginel, 2021; Sağlam, Melike, & Baykan, 2020). Bu alanda özellikle derin öğrenme yöntemleri ile başarılı sonuçlara ulaşılmaktadır. Çiçek görüntü sınıflandırma alanında birçok çalışma yapılmıştır.

Nilsback ve Zisserman'ın (Maria-Elena Nilsback & Zisserman, 2010) çalışmasında çiçek sınıflandırmada ilk olarak ön ve arka planı birbirinden ayıran, ikinci aşamada ise çiçek taç yapısını belirleyen model geliştirmiştir. Çalışmada iki basamaklı segmentasyon yöntemi kullanılmıştır. Das ve Riseman (Das, Manmatha, & Riseman, 1999), çalışmasında çiçek dokusu renk dağılımını inceleyerek aynı tür çiçeğin farklı renk ve dokularda olabileceğini göstermiştir. Nilsback ve Zisserman (M.-E. Nilsback & Zisserman, 2006) 2006 yılında yaptığı çalışmada çiçek görüntülerinin renk, şekil ve doku özelliklerini HSV renk uzayında kelimeye dönüştürerek bir sınıflandırma çalışması yapmıştır. Tseng ve Su (Tseng, Wang, & Su, 2005) renk kümelemesi ve uzamsal bilgi özellikleri ile çok seviyeli ilişkilendirme kuralları kullanarak yeni bir görüntü sınıflandırma yöntemi önermişlerdir. Cho ve Lim (Cho & Lim, 2006), çiçeklerin hem renk hem de şekil özelliklerini kullanarak kümeleme yöntemi geliştirmiştir. Nilsback ve Zisserman (Maria-Elena Nilsback & Zisserman, 2008) bir diğer çalışmasında geniş ölçekli çiçek veri setleri üzerinde çalışmışlardır. Her biri 40 ila 250 örnek içeren 103 sınıflı bir veri kümesini SVM yöntemi ile sınıflandırıp %72,8 doğruluk oranı elde etmişlerdir. Guru ve diğ. (Guru, Kumar, & Shantharamu, 2010), KNN sınıflandırıcısını kullanarak çiçekler için otomatik bir sınıflandırma modeli geliştirmiştir. Mukane ve diğ. (Shailendrakumar, Sachin, & Dattatraya, 2011), bulanık mantık sınıflandırıcı yöntemi kullanmıştır. Liu ve diğ. (Liu, Tang, Zhou, Meng, & Dong, 2016), çiçek sınıflandırmasında evrimsel sinir ağını

kullanmışlardır. Kendi veri kümelerinde %76.54 başarımlarına, Oxford-102 Flowers veri kümesinde ise %84.02 başarıya ulaşmışlardır. Xia ve Xu (Xia, Xu, & Nan, 2017), çiçeklerin sınıflandırılmasında GoogLeNet'i inception-v3 modülüyle kullanmış ve Oxford 17 Flowers için %95, Oxford 102 Flowers isimli veri kümesi için %94 doğruluk oranlarını elde etmişlerdir. Wu ve diğ. (Wu, Qin, Pan, & Yuan, 2018), Oxford-17 ve Oxford-102 çiçek veri kümesi için VGG-16, VGG-19, Inception-v3 ve ResNet50 modelleri ile sınıflandırma çalışması yapmıştır. Oxford-17 için %95.29, Oxford-102 için %96.57 doğruluk elde etmiştir. Sınıflandırma çalışmalarında uygulanan yöntemler model ve veri setine göre başarı oranında farklılık göstermektedir (Toğaçar, Ergen, & Cömert, 2019).

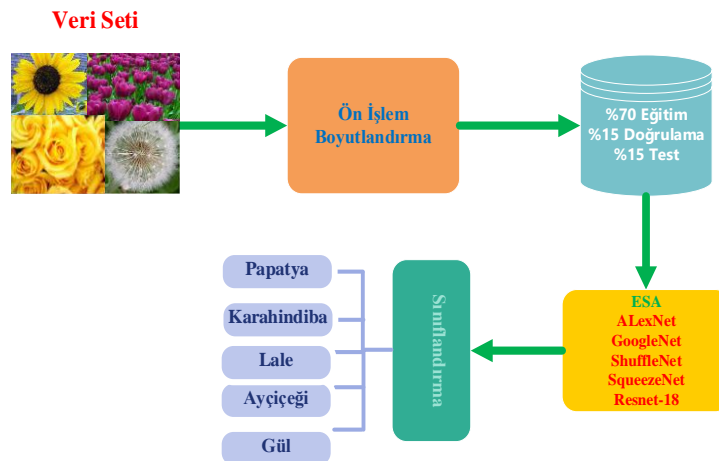
Çalışmada veri seri için ön eğitilmiş evrimsel sinir ağırları kullanılarak sınıflandırma çalışması yapılacak ve performansları karşılaştırılacaktır. Çalışmanın önemi;

- Çiçeklerin doğru ve hızlı bir şekilde sınıflandırılması ekolojiden, endüstriye, sağlığa kadar birçok alanda fayda sağlayacaktır,
- Ayrıca ekolojik dengenin bozulmaması ve bazı çiçek türlerinin tespit edilip yok olmaması açısından önemlidir,
- Çalışmada bulunan analiz sonuçları literatürdeki birçok çalışmadan daha yüksek başarı oranına sahiptir. Çalışma bu yönü ile yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır.
- Çalışmanın ön eğitilmiş ağırların çiçek sınıflandırma alanındaki literatüre katkı sağlaması hedeflenmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde materyal ve metod kısmında önerilen sınıflandırma yöntemi, veri seti, kullanılan ön eğitilmiş sinir ağırları ve modellerin performans ölçüt parametreleri hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın üçüncü kısmında deneysel analiz sonuçlarına yer verilmiştir. Dördüncü bölümde tartışma kısmında literatürdeki çalışmaların başarı ölçütleri ile karşılaştırma yapılmıştır. Son olarak beşinci sonuç bölümünde çalışmanın sonuçları özetlenmiştir.

2. Materyal ve Metod

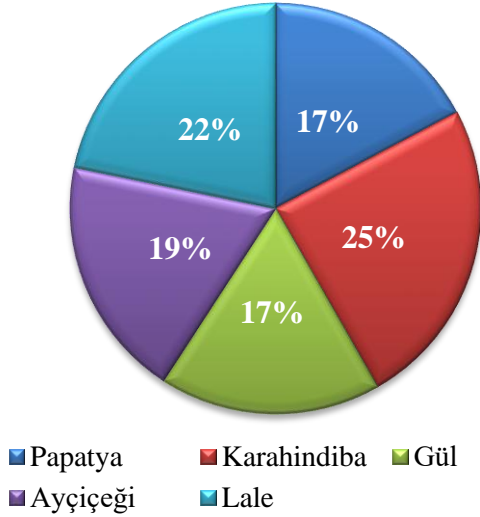
Çalışmada çiçek görüntü sınıflandırma çalışması yapılmıştır. Çalışmada ön eğitilmiş evrimsel sinir ağırları kullanılmıştır. Çalışmada bu bölümde öncelikle veri seti hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra ön eğitilmiş evrimsel sinir ağırları açıklanmış ve performans ölçütlerinin matematiksel eşitlikleri gösterilmiştir. Çalışmada kullanılan yöntemle ait akış diyagramı Şekil 1'de verildiği gibidir.



Şekil 1. Görüntü sınıflandırma akış diyagramı (Figure 1. Image classification flowchart).

2.1. Veri Seti

Veri seti erişime açık veri tabanında alınan toplam 3670 adet görüntüden oluşmaktadır (Kaggle, 2021). Bu veri setinde papatya, karahindiba, gül, ayçiçeği ve lale olmak üzere toplamda beş sınıf bulunmaktadır. Bu sınıflardan papatyada 633, karahindiba 898, gül de 641, ayçiçeğinde 699 ve lale sınıfında 799 adet görüntü bulunmaktadır. Veri setindeki çiçeklerin sınıflara göre yüzdelik dağılımı Şekil 2’de verildiği gibidir.



Şekil 2. Veri setinde sınıfların yüzdelik dağılımı
(Figure 2. Percentage distribution of classes in the data set)
(Kaggle, 2021).

2.2. Ön Eğitimli Evrimsel Sinir Ağı Modelleri

Çalışmada ön eğitimli ESA modellerinden en çok tercih edilen modeller olan AlexNet, GoogLeNet, ShuffleNet,

SqueezeNet ve Resnet-18 modelleri kullanılmıştır (Narayanan, Ali, & Hardie, 2019). AlexNet modeli giriş katmanı, 5 adet konvolüsyon katmanı, 3 adet havuzlama katmanı, 2 adet ezberleme katmanı, 3 adet tam bağlı katman, 7 adet ReLu katmanı, 2 adet normalizasyon katmanı ve sınıflandırma(çıkış) katmanı olmak üzere toplam 25 katmandan oluşur. Giriş katmanında yer alacak olan görüntü 227x227x3 boyutlarındadır (Krizhevsky, Sutskever, & Hinton, 2012). GoogLeNet modeli konvolüsyon katmanı, havuzlama katmanı, sınıflandırma katmanı, tam bağlantı katmanı, giriş katmanı ve çıkış katmanı gibi 144 katman bulunmaktadır. Girdi katmanında yer alacak görüntü 224x224x3 boyutundadır. Konvolüsyon katmanında 1x1, 3x3 ve 5x5 boyutunda filtreler vardır. 3x3 boyutunda havuzlama ve aktivasyon için doğrusal aktivasyon kullanılmaktadır (Atik, n.d.; Sarıgül, Ozyildirim, & Avcı, 2019). SqueezeNet modelinde bağımsız bir konvolüsyon tabakası, sekiz ateşleme modülü ve son konvolüsyon tabakası bulunmaktadır. (Acikgoz, 2022)(Hiary et al., 2018). ShuffleNet modeli diğer ESA mimarilerinden daha basit bir yapıya sahiptir. Parametre sayısının az olması ile de karmaşıklık daha azdır. (Zhang, Zhou, Lin, & Sun, 2017). ResNet mimarisi diğer derin öğrenme yöntemlerinden daha fazla katmana sahiptir. Microsoft ResNet mimarisinde iki ReLu ile doğrusal katman arasında bir kez kalıntı değeri (Residual Value) beslenen bir bloktan (Residual Block) oluşur. Toplam 72 katmandan içermektedir (Szegedy, Ioffe, Vanhoucke, & Alemi, 2017).

2.3 Performans Ölçüt Parametreleri

Model başarımını değerlendirirken kullanılan temel kavramlar doğruluk oranı, kesinlik, hassasiyet, duyarlılık ve F-skoru ölçütleri kullanılmıştır. Sınıflandırma çalışmalarında modelin başarısı doğru sınıftaki ve yanlış sınıfa atılan örnek sayılarıyla ilişkilidir. Bu atılan örnek sayıları doğru pozitif (DP), doğru negatif (DN), yanlış pozitif (YP), yanlış negatif (YN) olarak ifade edilmektedir. Bu ifadelerle göre hesaplanan performans ölçüt eşitlikleri Tablo 1’de verilmiştir (Coşkun & Demirhan, 2022).

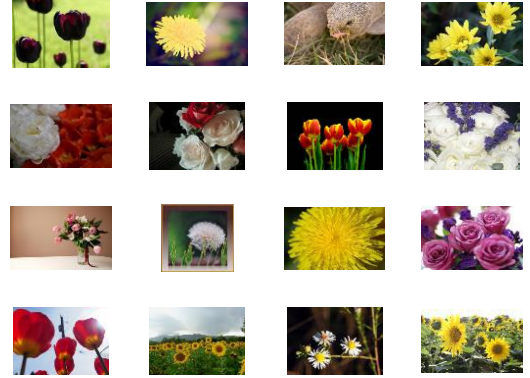
Tablo 1. Model başarımını değerlendirirken kullanılan temel kavramlar ve eşitlikleri (Table 1. Basic concepts and equations are used in evaluating model performance) (Hiary et al., 2018; Wu et al., 2018).

Ölçüt	Eşitlik	Açıklama
Doğruluk Oranı	$\frac{DP + DN}{DP + YP + YN + DN}$	Doğruluk oranı, doğru sınıflandırılmış örnek sayısının, toplam örnek sayısına oranıdır.
Duyarlılık	$\frac{DP}{DP + YN}$	Doğru sınıflandırılmış pozitif örnek sayısının toplam pozitif örnek sayısına oranıdır.
Hassasiyet	$\frac{DP}{YP + DP}$	Hassasiyet, doğru pozitif tahminlerin, pozitif tahminlere oranıdır.
F-skor	$\frac{2 * DP}{2 * DP + YP + YN}$	Kesinlik ve duyarlılığın harmonik ortalamasıdır.

3. Deneysel Bulgular

Çalışmada beş farklı sınıfta bulunan toplam 3670 çiçeğin sınıflandırma çalışması yapılmıştır. Veri setinde her sınıfta farklı sayıda çiçek vardır. Çiçek görüntüleri çözünürlüğü 134×240 piksel ile 1024×198 piksel arasında değişmektedir. Ön eğitilmiş derin öğrenme algoritmalarında kullanılmak için 224×224 ve 227×227 boyutlarına indirgenmiştir. Bu görüntülerin %70 eğitim için %15 doğrulama ve %15 test için kullanılmıştır. Doğru performans belirleyebilmek için tüm sınıflardaki çiçek sayısı en az çiçek içeren sınıftaki çiçek sayısı baz alınmıştır. Çalışmada kullanılan veri setinde en az çiçek içeren sınıf 633 ile papatya sınıfıdır. Diğer sınıflardaki çiçek sayısı da 633 olacak şekilde rastgele seçilmiştir. Kullanılan bilgisayar sisteminde i7-10750 H CPU @2.60 GHz, NVIDIA Quadro P620 GPU, and 16 GB RAM memory özelliklerine sahip donanım bulunmaktadır. Uygulama için MatLab derin öğrenme algoritmalarından faydalanılmıştır. Sınıflandırma çalışmasında AlexNet, GoogLeNet, ShuffleNet, SqueezeNet ve ResNet-18 derin öğrenme algoritmaları kullanılmıştır. Sınıflandırma için kullanılan örnek görüntüler Şekil 3’de görüldüğü gibidir. Ayrıca, ESA modelleri ile yapılan eğitim ve test süresince kullanılan parametreler Tablo 2’de verilmiştir. Analizlerin eğitim süreleri de özellikle daha büyük ölçekli çalışmalar için önemli bir kriterdir. Bu sebeple analizlerde derin öğrenme modellerinin

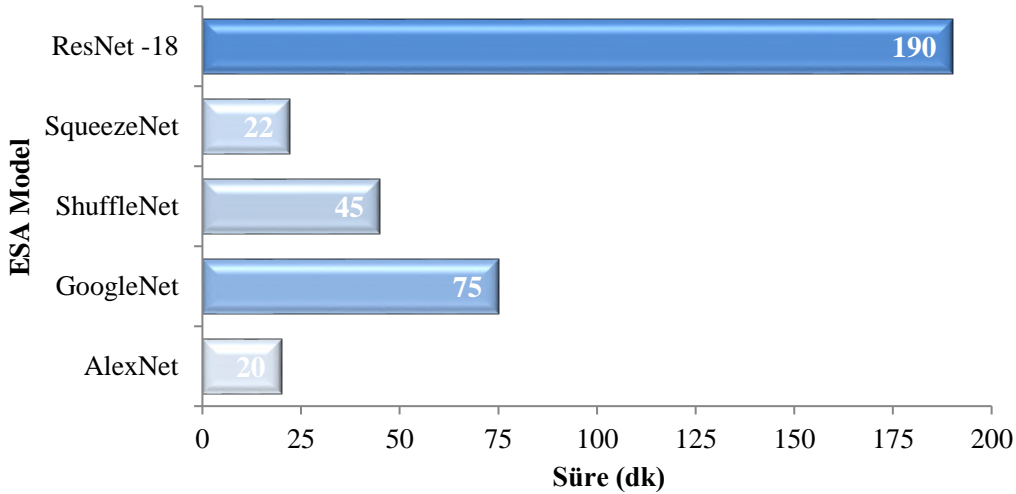
analiz süreleri de incelenmiştir. Analizlerde en kısa sürede tamamlanan derin öğrenme modeli AlexNet iken en uzun süren model çok katmanlı da içermesinden dolayı ResNet-18 modeli olmuştur. Tüm modellere ait analiz süreleri Şekil 4’de görülmektedir



Şekil 3. Sınıflandırma yapılan veri seti görüntüleri (Figure 3. Classified data set images) (Kaggle, 2021).

Tablo 2. ESA modellerinde kullanılan eğitim parametreleri (Table 2. Training parameters used in ESA models).

Parametre	Değer
Mini topluluk boyutu	16
Maksimum dönem	100
Başlangıç öğrenme oranı	1e-4
Optimize yöntemi	sgdm



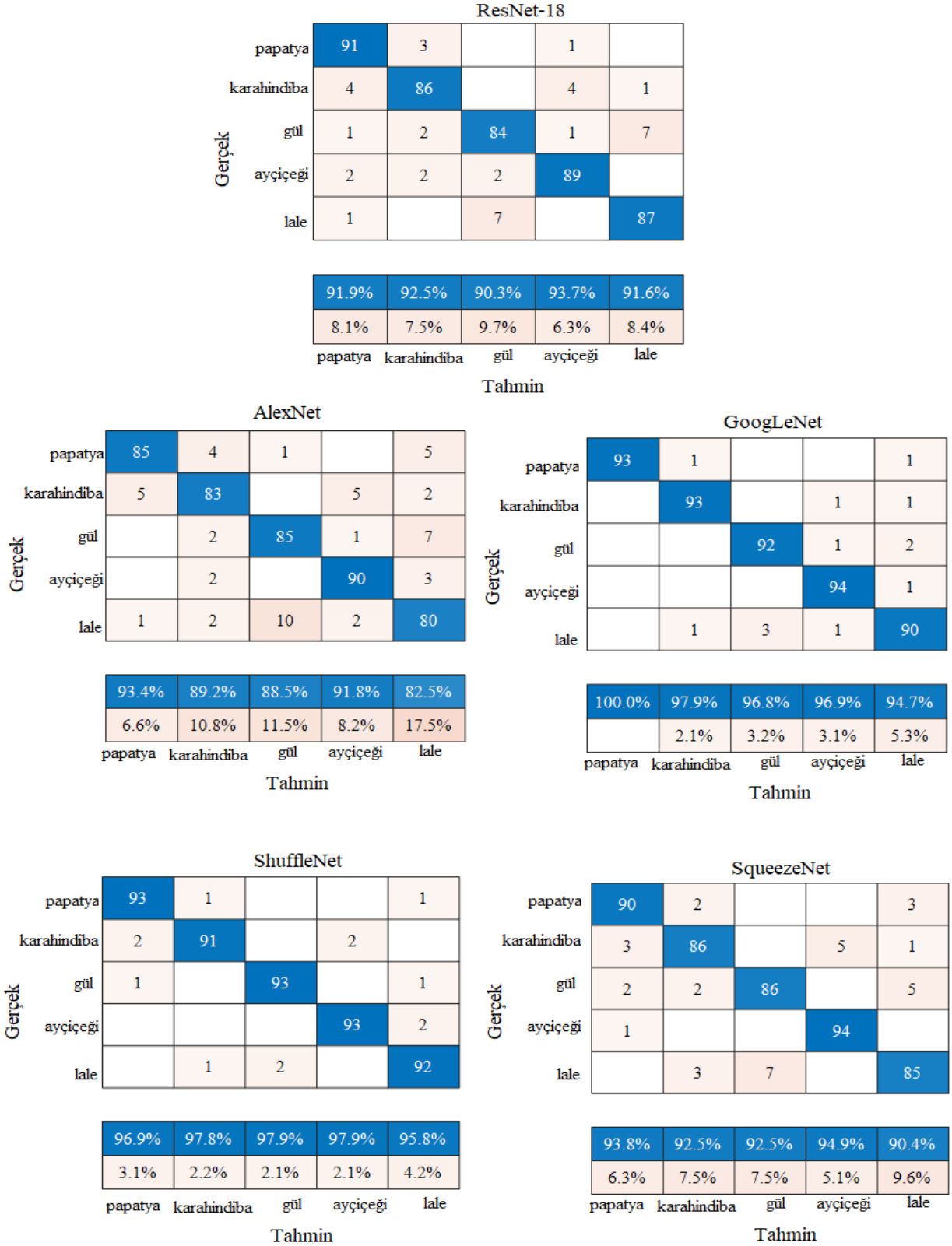
Şekil 4. Modellerde ait analiz süreleri (Figure 4. Analysis times of the models).

Şekil 4’den görüldüğü üzere analiz süreleri AlexNet, SqueezeNet, ShuffleNet, GoogLeNet ve ResNet-18 için sırasıyla 20dk, 22dk, 45dk, 75dk ve 190dk olmuştur. Kullanılan veri setinin boyutuna göre analiz süresi değişiklik gösterecektir. Çalışmada analiz yapılan her model için hata matrisleri oluşturulmuştur. Şekil 5’de AlexNet, GoogLeNet, ShuffleNet,

SqueezeNet ve ResNet-18 modelleri analiz sonuçlarına ait sınıflandırma hata matrisleri verilmiştir. Çalışmada kullanılan modellerin başarı oranını belirlemek için performans ölçütleri doğruluk oranı, hassasiyet, duyarlılık ve F-skor değerleri hesaplanmıştır. Hesaplama neticesinde elde edilen sonuçlar Tablo 3’de özetlenmiştir.

Tablo 3. ESA modelleri performans sonuçları (Table 3. Performance results of ESA models).

Model	Doğruluk (%)	Hassasiyet	Duyarlılık	F-Score
AlexNet	89.05	0.891	0.891	0.891
GoogLeNet	97.26	0.974	0.974	0.974
ShuffleNet	97.23	0.972	0.972	0.972
SqueezeNet	92.84	0.930	0.926	0.926
ResNet 18	91.42	0.916	0.914	0.912



Şekil 5. Eğitilmiş sinir ağı modellerinin hata matrisleri (Figure 5. Error matrices of the trained neural network models).

Şekil 5'te analiz sonuçlarına ait hata matrislerinde yatay eksen tahmin dikey eksen gerçek değerleri ifade eder. Gül, karahindiba, gül, ayçiçeği ve lale veri setindeki sınıfları temsil eder. Her bir modelin ismi başlıklarda belirtilmiştir. Örneğin ResNet-18 için hata matrisini yorumlandığında; matriste papatya sınıfına baktığımızda %91.9 oranında papatyaları doğru sınıfta tahmin edildiğini görüyoruz. Model test veri setinde bulunan papatya görüntülerinden 91 tanesini doğru olarak papatya sınıfında bulunmuşken, 4 tanesini karahindiba, 1 tanesini gül, 2 tanesini ayçiçeği ve 1 tanesini de lale olarak yanlış tahmin etmiştir. Aynı şekilde karahindiba sınıfına baktığımızda test veri setindeki 86 adet karahindiba görüntüsünü doğru sınıfta bulurken 3 tanesini papatya, 2 tanesini gül ve 2 tanesini ayçiçeği sınıfında olarak yanlış tahmin etmiştir. Diğer modellerinde hata matrislerinde hangi sınıfın yüzde kaç doğrulukla tahminde bulunduğu şekilde görülmektedir. Modelin performans ölçütleri hata matrisindeki doğru ve yanlış sınıfta bulma değerlerine göre hesaplanır. ESA modellerinin performans ölçütleri değerlendirildiğinde en yüksek doğruluk oranına sahip model %97.26 ile GoogLeNet iken, daha sonra %97.23 ile ShuffleNet, %92.84 SqueezeNet, %91.42 ile ResNet18 ve %89.05 ile AlexNet olmuştur. Ayrıca performans ölçütlerinin hassasiyet değerleri değerlendirildiğinde en yüksek hassasiyet oranı 0.974 ile GoogLeNet iken en düşük orana sahip model 0.891 ile AlexNet'tir. Duyarlılık değerlerinde de başarı sıralaması AlexNet, GoogLeNet, ShuffleNet, SqueezeNet ve ResNet-18 için sırasıyla 0.891, 0.974, 0.972, 0.926 ve 0.914 olarak hesaplanmıştır. Yine aynı modellere ait F-skorlarında da duyarlılık değerlerine yakın değerler elde edilmiştir.

4. Tartışma

Çalışmada ön eğitilmiş ESA modellerinden AlexNet, GoogLeNet, SqueezeNet, ShuffleNet ve ResNet-18 modelleri kullanılmıştır. Aynı veri setini kullanarak farklı yöntemler ile sınıflandırma çalışması yapılan çalışmaların karşılaştırması Tablo 4'de özetlenmiştir.

Tablo 4. Çalışmanın diğer çalışmalarla karşılaştırılması
(Table 4. Comparison of the study with other studies).

Kaynak	Yöntem	Başarı (%)
(Toğaçar et al.)	ESA ve özellik seçimini kullanmıştır	91,10
(Guo, Hu, Wu, Peng, & Wu)	ESA ve genetik algoritma kullanmıştır.	74,34
(Luus, Khan, & Akhalwaya)	ESA, boyut azaltma yöntemleri ve yarı denetimli öğrenme yöntemlerini kullanmıştır.	79,33
(Bingol, 2022)	ESA, Komşuluk Bileşen Analizi	93,49
Çalışmada kullanılan yöntem	ESA ve boyut azaltma yöntemi kullanılmıştır.	97,26

Çalışmanın başarı oranının diğer yapılan çalışmalardan daha iyi olduğu görülmüştür. Baosu Guo ve arkadaşları, genetik algoritma yöntemini kullanarak sınıflandırma yapmış ve başarı oranını %74,34 olarak elde etmiştir. Francois Luus ve arkadaşları görüntü boyutunu yarı denetimli öğrenme ile düşürerek sınıflandırma çalışması yapmış ve başarı oranını e-ISSN: 2148-2683

%79,33 olarak elde etmişlerdir. M. Toğaçar ve arkadaşları ESA ve özellik seçimi yöntemlerini birlikte kullanarak çiçek sınıflandırması yapmış ve başarı oranı %91.10 olarak elde etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen başarı oranı literatürdeki diğer yöntemlerden daha yüksek olduğu görülmektedir.

5. Sonuçlar

Bu çalışmada 3670 adet çiçek görüntüsü bulunan veri setinin sınıflandırılması için AlexNet, GoogLeNet, ShuffleNet, SqueezeNet ve Resnet-18 ön eğitilmiş ESA modelleri kullanılmıştır. Modellerin tahmin performans sonuçları karşılaştırmalı olarak irdelenmiştir ve modellerin analiz süreleri de incelenmiştir. En kısa süren model AlexNet modeli olurken en uzun süren analiz ResNet-18 modelinde gerçekleşmiştir. Modellerin performans değerleri karşılaştırıldığında en iyi performans gösteren model GoogLeNet iken daha sonra ShuffleNet, SqueezeNet ve ResNet18 modeli olmuştur. İlerleyen çalışmalarda ESA eğitim sürecini azaltmak için algoritma geliştirilmesi amaçlanmaktadır. Ayrıca bu tür algoritmaların kullanıldığı uygulamaların kullanılan akıllı telefon, tablet gibi cihazlar için uygulama geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Kaynakça

- Acikgoz, H. (2022). A novel approach based on integration of convolutional neural networks and deep feature selection for short-term solar radiation forecasting. *Applied Energy*, (305). doi:https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117912.
- Atik, I. (n.d.). COVID-19 Case Forecast with Deep Learning BiLSTM Approach: The Turkey Case. *International Journal of Mechanical Engineering*, 7(1), 6307–6314.
- Aydın, C. (2018). Makine öğrenmesi algoritmaları kullanarak itfaiye istasyonu ihtiyacının sınıflandırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (14), 169–175.
- Bingol, H. (2022). Derin Öğrenme Modellerinde Komşuluk Bileşen Analizi Yöntemi Kullanarak Çiçek Görüntülerinin Sınıflandırılması. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 34(1), 439–447. doi:10.35234/fumbd.1053501
- Cho, S.-Y., & Lim, P.-T. (2006). A novel Virus Infection Clustering for Flower Images Identification. In *18th International Conference on Pattern Recognition (ICPR '06)* (Vol. 2, pp. 1038–1041). doi:10.1109/ICPR.2006.144
- Coşkun, U. A., & Demirhan, A. (2022). Farklı Çiçek Türlerini Derin Öğrenme Yöntemi İle Tanıma. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 24(70), 55–64. doi:10.21205/deufmd.2022247007
- Das, M., Manmatha, R., & Riseman, E. M. (1999). Indexing flower patent images using domain knowledge. *IEEE Intelligent Systems and Their Applications*, 14(5), 24–33. doi:10.1109/5254.796084
- Demir, F., Abdullah, D. A., & Sengur, A. (2020). A New Deep CNN Model for Environmental Sound Classification. *IEEE Access*, (8), 66529–66537.
- Guo, B., Hu, J., Wu, W., Peng, Q., & Wu, F. (2019). The Tabu_Genetic Algorithm: A Novel Method for Hyper-Parameter Optimization of Learning Algorithms. *Electronics*, 8(5). doi:10.3390/electronics8050579
- Guru, D., Kumar, Y. H., & Shantharamu, M. (2010). Texture Features and KNN in Classification of Flower Images. *International Journal of Computer Applications, Special Issue on RTIPPR*, 1, 21–29.

- Hiary, H., Saadeh, H., Saadeh, M. K., & Yaqub, M. (2018). Flower classification using deep convolutional neural networks. *IET Comput. Vis.*, *12*, 855–862.
- Kaggle. (2021, December 6). Kaggle. *Kaggle data set*. dataset. Retrieved from <https://www.kaggle.com/datasets>
- Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). Imagenet classification with deep convolutional neural networks. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *25*, 1097–1105.
- Liu, Y., Tang, F., Zhou, D., Meng, Y., & Dong, W. (2016). Flower classification via convolutional neural network. In *2016 IEEE International Conference on Functional-Structural Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications (FSPMA)* (pp. 110–116). doi:10.1109/FSPMA.2016.7818296
- Lius, F. P. S., Khan, N., & Akhalwaya, I. (2019). Active Learning with TensorBoard Projector. *CoRR*, *abs/1901.00675*. Retrieved from <http://arxiv.org/abs/1901.00675>
- Narayanan, B. N., Ali, R., & Hardie, R. C. (2019). Performance analysis of machine learning and deep learning architectures for malaria detection on cell images (Vol. 11139, p. 111390W). Presented at the Applications of Machine Learning, International Society for Optics and Photonics.
- Nilsback, M.-E., & Zisserman, A. (2006). A Visual Vocabulary for Flower Classification. In *2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'06)* (Vol. 2, pp. 1447–1454). doi:10.1109/CVPR.2006.42
- Nilsback, M.-E., & Zisserman, A. (2008). Automated Flower Classification over a Large Number of Classes. In *2008 Sixth Indian Conference on Computer Vision, Graphics Image Processing* (pp. 722–729). doi:10.1109/ICVGIP.2008.47
- Nilsback, M.-E., & Zisserman, A. (2010). Delving Deeper into the Whorl of Flower Segmentation. *Image Vision Comput.*, *28*(6), 1049–1062. doi:10.1016/j.imavis.2009.10.001
- Potur, E. A., & Erginel, N. (2021). Kalp Yetmezliği Hastalarının Sağ Kalımlarının Sınıflandırma Algoritmaları ile Tahmin Edilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *(24)*, 112–118.
- Sağlam, A., Melike, T., & BAYKAN, N. (2020). Geri Dönüştürülebilir Atıkların Materyallerine Göre Sınıflandırılması için Raspberry Pi Tabanlı Donanım Geliştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 30–38.
- Sarıgül, M., Ozyildirim, B. M., & Avcı, M. (2019). Differential convolutional neural network. *Neural Networks*, *116*, 279–287. doi:<https://doi.org/10.1016/j.neunet.2019.04.025>
- Shailendrakumar, M. M., Sachin, R. G., & Dattatraya, S. B. (2011). On Scale Invariance Texture Image Retrieval using Fuzzy Logic and Wavelet Co-occurrence based Features. *International Journal of Computer Applications*, *18*, 10–17.
- Szegedy, C., Ioffe, S., Vanhoucke, V., & Alemi, A. (2017). Inception-v4, Inception-ResNet and the Impact of Residual Connections on Learning. *Proceedings of the AAAI Conference on Artificial Intelligence*, *31*(1). Retrieved from <https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/11231>
- Toğaçar, M., Ergen, B., & Cömert, Z. (2019). A Deep Feature Learning Model for Pneumonia Detection Applying a Combination of mRMR Feature Selection and Machine Learning Models. *IRBM*. doi:10.1016/j.irbm.2019.10.006
- Tseng, V. S., Wang, M.-H., & Su, J.-H. (2005). A New Method for Image Classification by Using Multilevel Association Rules. In *21st International Conference on Data Engineering Workshops (ICDEW'05)* (pp. 1180–1180). doi:10.1109/ICDE.2005.164
- Wu, Y., Qin, X., Pan, Y., & Yuan, C. (2018). Convolution Neural Network based Transfer Learning for Classification of Flowers. *2018 IEEE 3rd International Conference on Signal and Image Processing (ICSIP)*, 562–566.
- Xia, X., Xu, C., & Nan, B. (2017). *Inception-v3 for flower classification*.
- Zhang, X., Zhou, X., Lin, M., & Sun, J. (2017). ShuffleNet: An Extremely Efficient Convolutional Neural Network for Mobile Devices.



Calculation of the Optimum PV Panel Incline Angle for Mediterranean Climate

Ahmet Yılmaz*, Cemalettin Şimşek²

^{1*} Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Engineering, Department of Computer Sciences, Karaman, Turkey, (ORCID: [0000-0002-4109-3480](https://orcid.org/0000-0002-4109-3480)), yilmazahmet@kmu.edu.tr

² Karamanoğlu Mehmetbey University, Faculty of Engineering, Department of Electric and Electronics Eng., Karaman, Turkey, (ORCID: [0000-0002-0888-052X](https://orcid.org/0000-0002-0888-052X)), csimsek@kmu.edu.tr

(First received 3 Mart 2022 and in final form 24 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1082398)

ATIF/REFERENCE: Yılmaz, A., Şimşek, C. (2022). Calculation of the Optimum PV Panel Incline Angle for Mediterranean Climate. *European Journal of Science and Technology*, (35), 322-329.

Abstract

Due to the increasing energy needs and the limited resources that are depleted, more importance is given to renewable energy sources and their use with the highest efficiency in many areas. In order to benefit from solar energy, which is one of the most important renewable energy sources, with the highest efficiency, various parameters must be optimized. In this study, the optimization of the photovoltaic (PV) panel angle is emphasized. By using the values of solar radiation incident on the horizontal plane, the optimum PV panel angle for Adana province related to the months was determined according to the south direction. In total, 12 different panel-angle estimation models specific to the region were developed and brought to the literature. When the results are reviewed, it is thought that the usability of these data for designers and academics is appropriate.

Keywords: Energy, panel, solar radiation, mathematical modelling, optimum angle.

Akdeniz İklimi İçin Optimum PV Panel Eğim Açısının Hesaplanması

Öz

Artan enerji ihtiyaçları ve tükenen kısıtlı kaynaklar sebebiyle birçok alanda yenilenebilir enerji kaynakları ve bunların en yüksek verimle kullanımına daha büyük önem verilmektedir. En önemli yenilenebilir enerji kaynaklarından birisi olan güneş enerjisinden en yüksek verimle yararlanabilmek için çeşitli parametrelerin optimize edilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada bahsi geçen parametrelerden panel açısının optimizasyonu üzerine durulmuştur. Yatay düzleme gelen güneş ışınımı değerleri kullanılarak Adana ili için aylara göre optimum panel açısı güney yöne göre belirlenmiştir. Bölgeye özgü 12 farklı panel-açı tahmin modeli geliştirilmiş ve literatüre kazandırılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde bu verilerin tasarımcılar ve akademisyenler için kullanılabilirliğinin uygun olduğu düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Enerji, panel, güneş ışınımı, matematiksel modelleme, optimum açı.

* Corresponding Author: yilmazahmet@kmu.edu.tr

1. Introduction

The solar radiation energy falling on the earth every year is about 160 times more than the fossil fuel reservoirs determined so far on earth (Teke et al., 2015). In addition, it is 15,000 times more than the classical energy production facilities on earth would produce in a year (Serrano et al., 2009). In this respect, sensitivity to nature will be ensured by adapting solar energy to a usable energy type suitable for human activities.

As it is known, there are many studies in the literature on PV panel tilt angle (Rusen et al., 2013; Yadav and Chandel 2013; Khatib et al., 2012). These studies aim to obtain electrical energy with maximum efficiency from sunlight by finding the angle values in the regional geography and obtaining the maximum radiation values. For example, (Ulgen, 2006) examined the monthly PV panel tilt angle values for İzmir province in his study and found that the lowest in June is 0°, the highest is 61° in December, and the annual fixed PV panel angle is 30.3. (Benghanem, 2011) determined the panel inclination angles for spring, summer, autumn and winter as 17°, 12°, 28° and 37°, respectively, in a study conducted for Medina. By determining the annual fixed panel angle of 23.5°, an increase in efficiency of up to 8% was achieved compared to the previous situation. (Yılmaz et al., 2016) observed that the panel inclination angles for the province of Batman vary between 1° and 65° per month. In seasonal analyzes, 61°, 22°, 4° and 48° angle values were found for winter, spring, summer and autumn, respectively, and 33° fixed angle values were calculated annually.

(Kallioğlu et al., 2018) in their study for Muğla-Turkey, the annual average panel tilt angle was found to be 32.25°, and if the angles are changed monthly, the annual efficiency increases by 17.03% compared to the horizontal position and the annual average radiation value is 5949 W/m²-year. (Kallioğlu et al., 2020) also determined the optimum PV panel tilt angles for Antalya, Kayseri and Trabzon (Turkey). In addition, statistical analyzes were made by developing seven different mathematical models that give the optimum tilt angle only depending on the latitude value in the northern hemisphere. All correlations developed are recommended for academic and industrial users.

As can be seen from this and many similar studies, knowing the solar radiation coming to the earth is an essential factor in determining the design and efficiency of the systems in which solar energy is used. The solar radiation values (instantaneous, hourly and daily) coming to the earth are measured by solar radiation measuring devices at meteorology stations or calculated with the help of mathematical relations developed for this region. Due to the elliptical movement of the earth around the sun, the sunrise and sunset times and the angle of incidence of the sun's rays on the earth change. In order to benefit from the maximum amount of solar energy, the angle of the PV panels should be adjusted perpendicular to the solar radiation.

In this study, Adana region (GPS coordinates with DMS: 37° 0' 0.0000" N and 35° 19' 16.8060" E) with solar energy potential above Turkey's average was selected as the target, and it was aimed that the solar energy investments planned to be made in the region would be more efficient and more profitable. Since the determination of PV panel angles in different regions

gives different results even if the latitudes are the same, these calculations need to be made specific to the region. In addition, the best model was created by comparing the results calculated with the equations obtained for the PV panel tilt angle and applying statistical error tests.

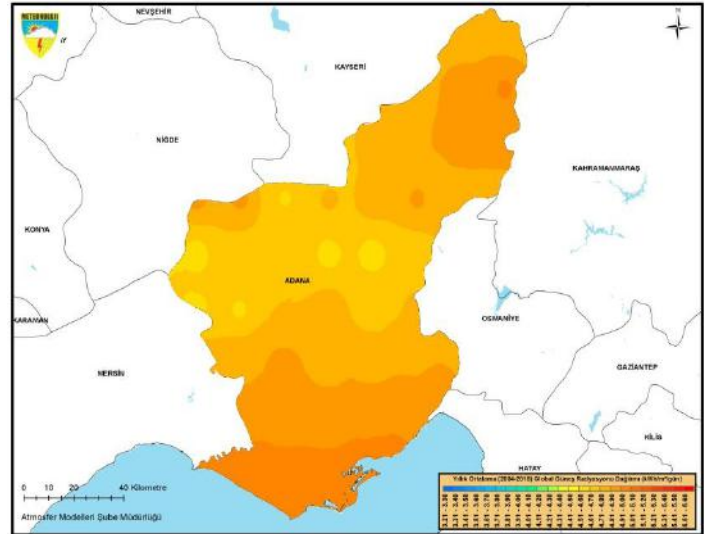


Figure 1. Solar radiation map of Adana region (the study area) (Provided by Turkish State Meteorological Service)

2. Material and Method

2.1. Calculation of Optimum PV Angle

The geographical location of the settlement where the plane is located, the number of days in the year and the daily time period are the main factors that affect the amount of radiation used in solar energy calculations. Therefore, this study aims to provide maximum benefit by determining the optimum PV panel angles on a monthly, seasonal and annual basis for the PV panel on the inclined plane.

Solar radiation measurements commonly consist of data recorded in the horizontal plane. In order to calculate the amount of radiation falling on the inclined surface, the daily total radiation value should be re-measured.

The monthly average daily global radiation value (H_T) falling on the inclined plane is given in equation 1. This equation consists of the sum of direct solar radiation (H_B), reflected radiation (H_R) and diffuse radiation (H_S) values (Benghanem, 2011).

$$H_T = H_B + H_R + H_S \quad (1)$$

The value of direct solar radiation (H_B) coming to the inclined surface is given in equation 2. This equation is calculated with the help of monthly total radiation (H) and diffuse radiation (H_D) incident to the horizontal plane.

$$H_B = (H - H_d)R_b \quad (2)$$

The value of R_b in equation 2 is the ratio of the direct radiation incident on the inclined plane to the amount of radiation incident on the horizontal plane and can be calculated with the help of equation 3. This ratio is calculated as a relation

of latitude (\emptyset), solar declination angle (δ), mean sunrise angle (ω_s) and sunrise angle on inclined plane (ω'_s) values (Bakirci, 2012).

$$R_b = \frac{\cos(\emptyset - \beta) \cos(\delta) \sin(\omega'_s) + \omega'_s(\pi/180) \sin(\emptyset - \beta) \sin(\delta)}{\cos(\emptyset) \cos(\delta) \sin(\omega_s) + \omega_s(\pi/180) \sin(\emptyset) \sin(\delta)} \quad (3)$$

The daily amount of radiation reflected from the ground and falling on the inclined surface is calculated by equation 4. ρ in this equation is the reflection coefficient of the ground, and it varies according to the vegetation, altitude, topography and season of the region. In this study, this value was taken as 0.2. β in the equation is the angle of inclination of the panel with the horizontal plane.

$$H_R = H\rho(1 - \cos \beta)/2 \quad (4)$$

The amount of diffuse radiation falling on the inclined surface is calculated by equation 5.

$$H_S = H_d R_d \quad (5)$$

H_d is the amount of diffuse radiation falling on the horizontal plane and is calculated by equation 6 (Liu and Jordan, 1962).

$$H_d = H(1 - 1,13 H/H_0) \quad (6)$$

H_0 in equation 6 is the daily extraterrestrial solar radiation coming to the horizontal surface, and it is a function of the solar constant G_{sc} , the earth's orbital eccentricity correction factor k , the solar declination (δ), the latitude (\emptyset) of the region and the mean sunrise angle (ω_s) of the sun and is calculated monthly with the equation (7) (Kallioğlu, 2014; Sharma et al., 2021).

$$H_0 = (24/\pi). G_{sc} . k. [\cos \emptyset . \cos \delta . \sin \omega_s + (\pi/180). \sin \emptyset . \sin \delta . \omega_s] \quad (7)$$

The solar constant is generally accepted as $1367 W/m^2$. Earth's orbital eccentricity correction factor is found in relation to the solar radiation incident on the Earth and the solar radiation coming out of the atmosphere. The correction factor (k) of the solar constant varies according to the days; it is calculated from equation 8, where n is the number of days in the year (1-365).

$$k = 1 + 0,033 \cos(360 n/360) \quad (8)$$

The solar deviation (δ) is calculated by equation 9. The n in this formula represents the number of days from January 1 to the day the declination angle will be calculated. Instead of all the days in a month with solar radiation values, the monthly average declination angle is calculated over the average number of days determined per month (Duffie and Beckman, 1991).

$$\delta = 23,45^\circ \sin(360 (n + 284)/365) \quad (9)$$

The angle of sunrise on horizontal (ω_s) and inclined (ω'_s) surfaces is calculated by equations 5 and 6, respectively. These relations vary depending on the inclined surface, latitude and solar declination.

$$\omega_s = \cos^{-1}(-\tan \emptyset . \tan \delta) \quad (10)$$

$$\omega'_s = \min \left[\frac{\omega = \cos^{-1}(-\tan \emptyset \tan \delta)}{\cos^{-1}(-\tan(\emptyset - \beta) \tan \delta)} \right] \quad (11)$$

R_d in equation 5 is the calibre coefficient between the average daily sloped and horizontal surfaces and is calculated with equation number 7.

$$R_d = (1 + \cos \beta) / 2 \quad (12)$$

2.2. Statistical Methods

It is inevitable that the collected information can be understood by others and can be compared with different information obtained by the same means, and this situation has brought the obligation to present the data in a whole and distribution form, according to certain rules. For this purpose, various statistical methods have been developed.

Examining the relationship between variables in these statistical studies is an indispensable part of the scientific method. Whether there is a relationship between two variables, and if there is, determining the level of this relationship is an issue that is frequently encountered in statistical analysis.

In the design and projection of systems working with solar energy, it is necessary to know the solar radiation data of that region. However, due to the inaccessibility of meteorological data and some difficulties encountered, in this study, simple calculation models were determined for the province of Adana to determine the value of the panel angle with the horizontal and its compatibility with the measured values was analyzed. Developed models are linear equation, quadratic polynomial relation and third-degree polynomial relation. These models were tested with four different statistical methods, namely mean bias error (MBE), square root error ($RMSE$), t-statistic ($t - sat$) and coefficient of determination (R^2)

Mean bias error (MBE) provides information about the long-term value of the correlation. A low value of this value is desired, ideally close to zero and calculated by equation 13. In the equation, ci (calculated) indicates the calculated value, while mi (measured) indicates the measured value (Kallioğlu et al., 2017).

$$MBE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (mi - ci) \quad (13)$$

Root mean square error ($RMSE$) statistical data is important in comparing short-term measured and predicted model performance. While it always takes a positive value, its ideal value is close to zero, and it is expressed by equation 14 (Bakirci, 2012).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (ci - mi)^2} \quad (14)$$

The t-test method ($t - stat$) is one of the most extensively used methods in hypothesis testing, and by comparing the means of the two groups, it is decided whether the difference is random or statistically reasonable. It is used to determine the statistical

significance between the calculated panel angle values and the estimated angle values and is shown in equation 15 (Kallioğlu, 2014).

$$t - stat = \sqrt{\frac{(n - 1) MBE^2}{RMSE^2 - MBE^2}} \quad (15)$$

The coefficient of determination (R^2) is used to understand the strength of the link between two variables. It is used to determine the linear relationship between the calculated and measured values. The value of this coefficient varies between 0 and 1 ($0 < R^2 < 1$); its ideal value is close to 1 and is expressed by equation 16. The ca and ma in the equation are the averages of the calculated and measured values, respectively (Kallioğlu, 2021; Stone, 1993).

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (ci - ca)x(mi - ma)}{[\sqrt{\sum_{i=1}^n (ci - ca)^2}]x[\sum_{i=1}^n (mi - ma)^2]} \quad (16)$$

3. Results and Discussion

In this study, the meteorological data of the Turkish State Meteorological Service were used. The optimum point was determined from the total solar radiation values at different angles (0° - 90°) of the solar panel using equations 1-12.

In Table 1, for the city of Adana, H is the monthly average amount of radiation falling on the horizontal plane ($W/m^2 - day$), H_0 is the monthly average amount of radiation outside the atmosphere ($W/m^2 - day$). As a result of the calculations, the monthly average diffuse radiation falling on the H_d horizontal plane ($W/m^2 - day$), the optimum angle values $\beta_{OPT}(\circ)$ and the amount of radiation falling on the corresponding panel at this angle value $H_T (W/m^2 - day)$ are shown monthly.

As can be seen from Table 1, the optimum angle values and the maximum and minimum points of the amount of radiation falling on the PV panel are 0° and $6680 (W/m^2 - day)$ in Adana in June, and 57° and $2726 (W/m^2 - day)$ in December, respectively. When looking at the region in general, the optimum angle values vary between 0° - 57° , and the highest angle values are in December-January, while the lowest angle values are in June-July. Angle values decrease in the period from December to June and tend to increase in the period from June to December. The main reason for this situation is that on June 21, the sun's rays reach the Northern Hemisphere at the steepest angle and on December 21, the opposite of this situation, the most oblique angle. This mentioned example can be seen more clearly in Figure 3.

The models developed specifically for Adana are given as equations 17-28, also illustrated with Figure 2. The equations determined for Adana region were tested with statistical methods, and the results are shown in Tables 2 and 3. As one ca

$$\beta = -1,2809(\delta) + 29,698 \quad (17)$$

$$\beta = -0,0081(\delta)^2 - 1,2799(\delta) + 31,867 \quad (18)$$

$$\beta = 0,0001(\delta)^3 - 0,0081(\delta)^2 - 1,3352(\delta) + 31,863 \quad (19)$$

$$\beta = -0,0089(H_0) + 104,59 \quad (20)$$

$$\beta = -0,0000007(H_0)^2 + 0,0026(H_0) + 60,865 \quad (21)$$

$$\beta = -0,00000000003(H_0)^3 - 0,00000002(H_0)^2 - 0,0027(H_0) + 74,269 \quad (22)$$

$$\beta = -0,0117(H) + 79,967 \quad (23)$$

$$\beta = -0,000001(H)^2 + 0,0001(H) + 59,388 \quad (24)$$

$$\beta = 0,0000000002(H)^3 - 0,000004(H)^2 + 0,0095(H) + 48,544 \quad (25)$$

$$\beta = -0,0449(Hd) + 109,38 \quad (26)$$

$$\beta = -0,00002(Hd)^2 + 0,0343(Hd) + 45,776 \quad (27)$$

$$\beta = -0,00000002(H_d)^3 + 0,00006(H_d)^2 - 0,0962(H_d) + 114,8 \quad (28)$$

The compatibility between the estimation results of the models developed specifically for the region and the calculated values was examined by statistical methods. There are 12 linear, 2nd-degree polynomial and 3rd-degree polynomial equations developed specifically for Adana city. Among these equations, the best equation for estimating the PV panel angle for Adana city is equation 22, which is a 3rd-degree polynomial. The coefficient of determination (R^2) values for which the statistical analyzes were examined took the value of 0.9937 for the city of Adana, which is reasonably close to 1. In addition to being simple and usable, the models developed specifically for the city are also strong in providing statistical data. Thus, it can be preferred in determining the free optimum panel angle by using meteorological data when needed.

The relationship between the PV panel tilt angle and the amount of radiation intensity in the regions calculated is shown in Figure 3 between January and December. The figures show the amount of radiation falling on the panel in relation to the angles of the solar panels between 0° - 90° . While there is an increase in the amount of radiation until the optimum angle value in the autumn and spring months, a decrease is observed afterwards. A significant decrease in the amount of radiation is observed in the change of the panel angle from 0° to 90° in the summer months. The same situation is observed in the winter months, on the contrary. Considering this variable situation, it should be adjusted monthly in order to use solar energy systems with maximum efficiency. However, if the change in the angle of the panel is not possible, at least a periodic or annual average value for the purpose of use can be determined. The variation of monthly, seasonal and annual panel angles of Adana city is also shown in Figure 3.

Considering similar studies, the PV panel inclination angle, which is accepted in solar energy applications, is generally adjusted to latitude in annual applications, latitude + 15 degrees in summer applications and latitude-15 in winter applications. Figure 3 shows the changes in the amount of radiation for these applications, as well as the optimum and seasonal angles of the months.

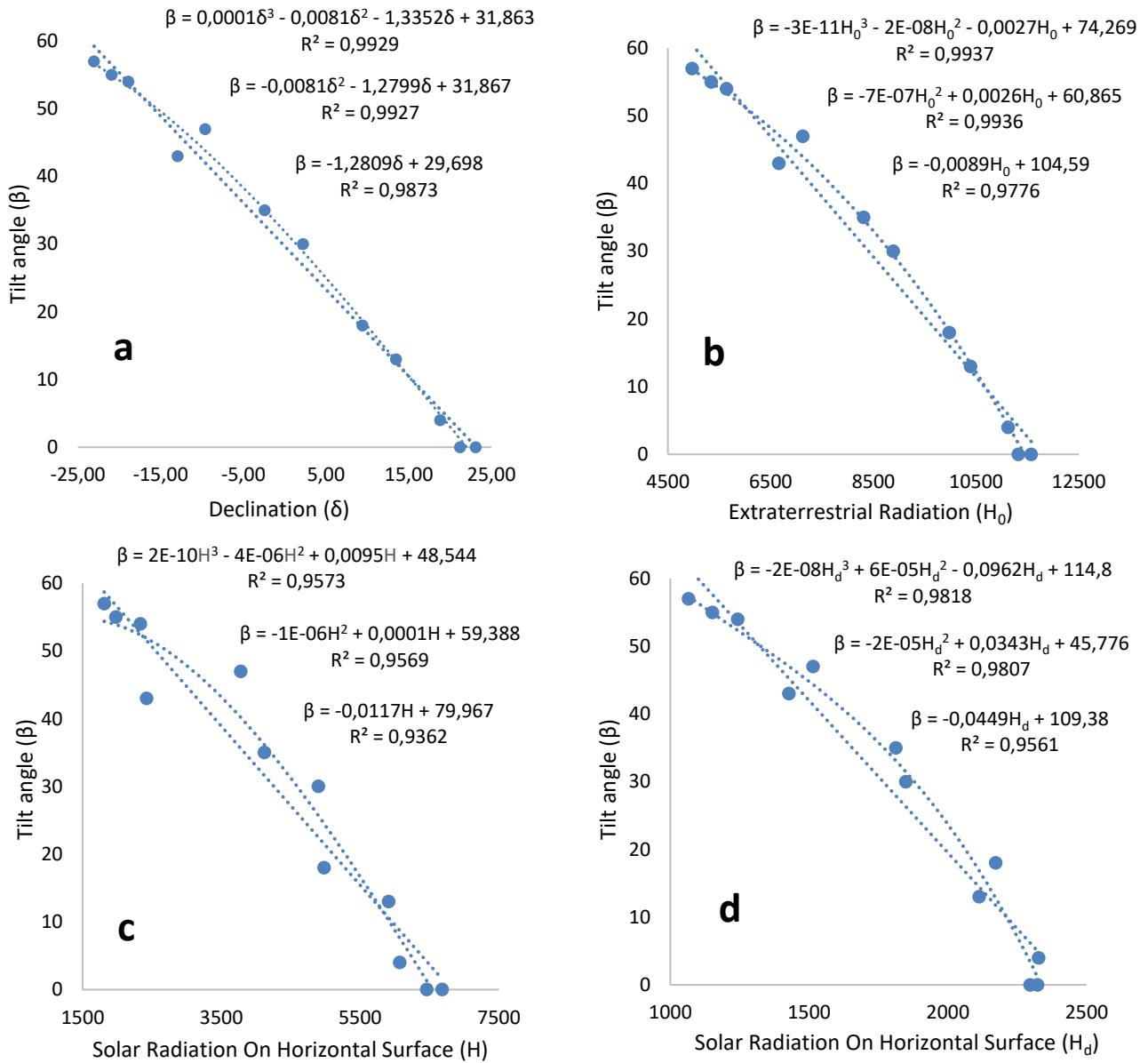


Figure 2. Models developed specifically for Adana region a) δ b) H_0 c) H d) H_d

Table1. Optimum Tilt Angle and Radiation Amount Relation by Month
 (Monthly average radiation falling on the horizontal plane $W/m^2 - day$)
 (H value is Provided by Turkish State Meteorological Service)

Location	Months	H_0	H	H_d	K_T	$\beta_{OPT}(^\circ)$	H_T
Adana	Jan.	5343	1980	1151	0,37	55	2859
	Feb.	6662	2420	1427	0,36	43	2946
	Mar.	8313	4120	1813	0,50	35	4752
	Apr.	9980	4980	2172	0,50	18	5156
	May	11122	6070	2327	0,55	4	6080
	Jun.	11574	6680	2323	0,58	0	6680
	Jul.	11325	6460	2296	0,57	0	6460
	Aug.	10393	5910	2112	0,57	13	6022
	Sep.	8890	4900	1848	0,55	30	5441
	Oct.	7127	3780	1515	0,53	47	5037
	Nov.	5642	2330	1243	0,41	54	3369
	Dec.	4970	1810	1065	0,36	57	2726

Table 2. Estimated PV Panel Tilt Angles

Months	Calculate	Eq.(16)	Eq.(17)	Eq.(18)	Eq.(19)	Eq.(20)	Eq.(21)	Eq.(22)	Eq.(23)	Eq.(24)	Eq.(25)	Eq.(26)	Eq.(27)
Jan.	55	56	55	55	57	55	55	57	56	53	58	59	53
Feb.	43	46	47	48	45	47	47	52	54	51	45	54	42
Mar.	35	33	35	35	31	34	33	32	43	34	28	42	18
Apr.	18	18	19	19	16	17	16	22	35	21	12	26	-16
May	4	6	5	5	6	3	0	9	23	4	5	17	-36
Jun.	0	0	-2	-2	2	-3	-6	2	15	-7	5	18	-36
Jul.	0	3	1	1	4	1	-2	4	18	-3	6	19	-32
Aug.	13	12	13	13	12	12	10	11	25	6	15	29	-9
Sep.	30	27	29	29	25	29	28	23	36	23	26	41	16
Oct.	47	42	43	44	41	44	43	36	45	38	41	52	37
Nov.	54	54	53	54	54	53	53	53	54	51	54	58	50
Dec.	57	59	57	57	60	56	57	59	56	54	62	60	56

Table 3. Statistical Comparison of Estimated Angles

Location	Eq. No	MBE	RMSE	t-statistic	R ²
Adana	17	0,0005	2,3708	0,0007	0,9873
	18	-0,0073	1,7968	0,0136	0,9927
	19	-0,0061	1,7899	0,0113	0,9929
	20	0,2376	3,1636	0,2498	0,9776
	21	0,6227	1,8395	1,1934	0,9936
	22	1,9478	2,9836	2,8583	0,9937
	23	-0,1463	5,3221	0,0912	0,9362
	24	-8,7598	11,5184	3,8845	0,9569
	25	2,5708	5,2594	1,8583	0,9572
	26	-0,0506	4,4109	0,0380	0,9561
	27	-9,8069	11,2378	5,9273	0,9803
	28	17,7488	22,6282	4,1939	0,9813

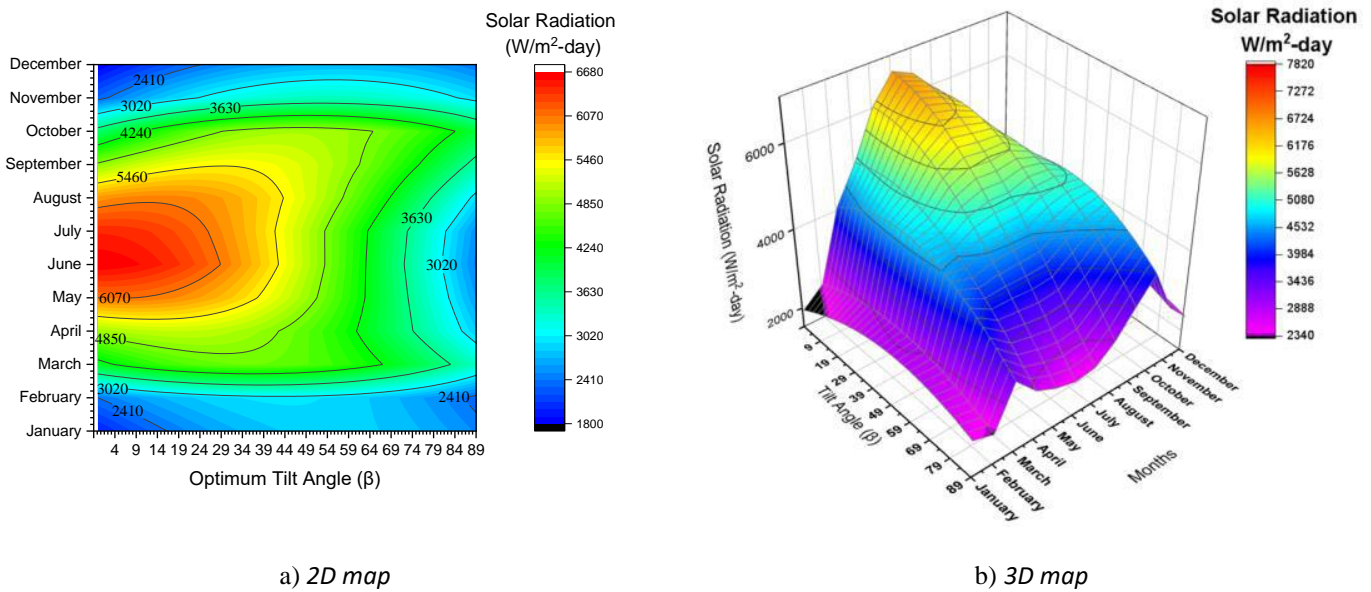


Figure 3. Variation of inclination angle in Adana according to months (January- December):

As Figure 4 also shows, the relationship between the panel angle change and the amount of radiation varies in different periods. While this change in the period between March and October can be more clearly defined, the change in radiation intensity between October and March is more uncertain. The main reason for this situation can be explained by the high radiation intensity and the angle of incidence of the sun's rays in the period from the beginning of the Spring Equinox on March 21 to the beginning of the Autumn Equinox on September 23. In general, when all regions between March and October are examined, the maximum amount of radiation is at the optimum

angle value. This value is followed by seasonal angle, latitude-15, annual mean angle, latitude angle, latitude+15, respectively. In the period between October and March, the optimum angle is latitude+15, latitude angle, annual average angle and latitude-15.

4. Conclusions and Recommendations

In this study, the optimum panel angle was determined for Adana province, which is one of the provinces most suitable for solar energy investments in the southern region of Turkey. When

these data are considered in general, the inclination angles have varied according to the months and the lowest is 0° while the

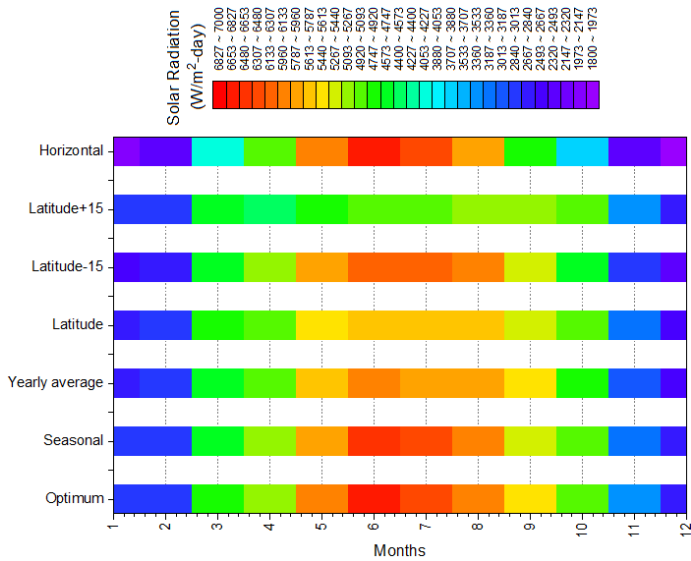


Figure 4. Relationship between the panel angle change and the amount of radiation varies in different periods.

the highest degree, around 57° degrees. The seasonally appropriate slope angle values are 51° in winter, 19° in spring, 4° in summer, 44° in autumn, and the annual average is around 29.66°. According to the optimum monthly panel angle, the increase in production efficiency is 50,61% in the winter months compared to the first situation and does not change in the summer months. In the case of adjusting the annual panel inclination angle, an efficiency increase of around 6.66% was achieved compared to the original condition (Horizontal plane). When the results are analyzed, monthly adjustment of the panel tilt angles provides maximum benefit from solar radiation. However, in cases where monthly angle change is not possible, climatic conditions are an important factor. For example, if the weather is cloudy in December and January in a region, the module should be directed according to these months. The second important factor is the intended use of the system. If a system is installed for a seasonal job that needs to work with maximum efficiency in the spring or autumn seasons, calculating the inclination angle accordingly will make a serious economic contribution with productivity increase.

Also, it is not easy to precisely determine the best model out of all as all equations provide similar R^2 values in Table 3, which means all the models have nearly the same output, efficiency-wise. As a result of this, it can be said that since all models work with very low error, the parameters used in the models have been chosen sufficiently.

The models developed specifically for the city of Adana are simple and usable, as well as provide strong statistical data. Thus, when needed, appropriate equations can be used for the optimum panel angle independent of meteorological data. Additional methods can also be applicable, such as symbolic regression, evolutionary algorithms etc., which might provide competitive results. These approaches are left to future studies. We plan to use such algorithms in future studies.

References

- Teke, A., Yıldırım, H. B., & Çelik, Ö. (2015). Evaluation and performance comparison of different models for the estimation of solar radiation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 50, 1097-1107.
- Serrano, E., Rus, G., & Garcia-Martinez, J. (2009). Nanotechnology for sustainable energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 13(9), 2373-2384.
- Rusen, S. E., Hammer, A., & Akinoglu, B. G. (2013). Estimation of daily global solar irradiation by coupling ground measurements of bright sunshine hours to satellite imagery. *Energy*, 58, 417-425.
- Yadav, A. K., & Chandel, S. S. (2013). Tilt angle optimization to maximize incident solar radiation: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 23, 503-513.
- Khatib, T., Mohamed, A., & Sopian, K. (2012). A review of solar energy modeling techniques. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(5), 2864-2869.
- Ulgen, K. (2006). Optimum tilt angle for solar collectors. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 28(13), 1171-1180.
- Benghanem, M. (2011). Optimization of tilt angle for solar panel: Case study for Madinah, Saudi Arabia. *Applied Energy*, 88(4), 1427-1433.
- Yılmaz, A., Koçer, A., Yaka, G. F., & Güngör, A. (2016). Determination Of Optimum Tilt Angle On Solar Thermal Collectors For Batman Province Of Turkey. In *SOLARTR 2016 Solar Conference & Exhibition, İstanbul, Türkiye* (pp. 674-678).
- Karakaya, H., Ercan, U., Kallioğlu, M. A., Avcı, A. S., & Genç, Ö. (2018). Creating the optimum panel inclination angles of the southern aegean region.
- Kallioğlu, M. A., Durmuş, A., Karakaya, H., & Yılmaz, A. (2020). Empirical calculation of the optimal tilt angle for solar collectors in northern hemisphere. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 42(11), 1335-1358.
- Bakirci, K. (2012). Correlations for optimum tilt angles of solar collectors: A case study in Erzurum, Turkey. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 34(11), 983-993.
- Liu, B. Y., & Jordan, R. C. (1962). Analysis of solar energy data applicable to building design. *ASHRAE J.*, 4(12).
- Kallioğlu, M. A. (2014). Niğde İli İçin Yatay Düzenleme Gelen Günlük Tümü, Yayılı Ve Direkt Güneş Işınımını Hesaplama Modeli Geliştirilmesi [Master's Thesis]. Niğde Üniversitesi.
- Sharma, A., Kallioğlu, M. A., Awasthi, A., Chauhan, R., Fekete, G., & Singh, T. (2021). Correlation formulation for optimum tilt angle for maximizing the solar radiation on solar collector in the Western Himalayan region. *Case Studies in Thermal Engineering*, 26, 101185.
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (1991). *Solar Engineering of Thermal Processes* John Wiley & Sons. Inc. New York.
- Kallioğlu, M. A., Ercan, U., Karakaya, H., & Durmuş, A. (2017). Adıyaman İlinde Yatay Düzleme Gelen Global Güneş Işınım

Değerlerinin Ampirik Modeller ile Geliştirilmesi. Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 29(1), 151-159.

Kallioğlu, M. A. (2021). Güneş duvarının performansına etkileyen parametrelerin sayısal ve deneysel olarak incelenmesi.

Stone, R. J. (1993). Improved statistical procedure for the evaluation of solar radiation estimation models. Solar energy, 51(4), 289-291.



Beton ile Üretilen Suda Yüzebilen Kano Tasarımı Üzerine Bir Araştırma

Osman Hansu^{1*}, Serkan Etlî²

^{1*} Gaziantep University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Gaziantep, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1638-4304), o_hansu@hotmail.com

² Munzur University, Faculty of Engineering, Department of Civil Engineering, Tunceli, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3093-4106), serkanetli@munzur.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 1 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 25 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1052105)

ATIF/REFERENCE: Hansu, O. & Etlî, S. (2022). Beton ile Üretilen Suda Yüzebilen Kano Tasarımı Üzerine Bir Araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 330-334.

Öz

Çalışma kapsamında, hafif beton konusunda kapsamlı bir araştırma sonucunda üretilecek beton tasarımları kullanılarak su üzerinde yüzebilen bir kano üretilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda ondan fazla karışım yapılmasına rağmen en iyi adaylar olan yedi karışımın tasarım özellikleri ve incelemeleri makale kapsamında değerlendirildi. Seçilen agregalar arasında uçucu kül tasarımlı agregaların kullanılması da çevresel etki bağlamında atık yönetimi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Yapı malzemesi olarak betonun tasarımının yapılması yansira mekanik tasarımlarda bu çalışmanın kapsamında yer almaktadır. Beton/betonarme ile yapısal üretimin (bina, istinad duvarı, savunma sanayi, bariyer vs.) yansira diğer alanlarda da sürdürülebilir çalışmaların yolunun açık olduğu kanıtlanmıştır. Uygun tasarım yöntemleri sonucunda üretilen prototip, kanonun fiilen su üzerinde yüzdüğü çalışma kapsamında sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Hafif beton, Beton karışım tasarımı, Yüzen beton.

A Research on the Design of a Floatable Canoe Made with Concrete

Abstract

Within the scope of the study, it is aimed to produce a canoe that can float on water by using concrete designs that will be produced as a result of a comprehensive research on lightweight concrete. In this context, although more than ten mixtures were made, the design features and reviews of the seven mixtures, which were the best candidates, were evaluated within the scope of the article. The use of fly ash designed aggregates among the selected aggregates also has a significant impact on waste management in terms of environmental impact. In addition to the design of concrete as a building material, mechanical designs are also included in the scope of this study. It has been proven that the way of sustainable works in other areas as well as structural production (building, retaining wall, defense industry, barrier, etc.) with concrete/reinforced concrete is clear. The prototype, which was produced as a result of appropriate design methods, was presented within the scope of the study in which the canoe actually floats on water.

Keywords: Lightweight concrete, Concrete mix design, Floating concrete.

* Sorumlu Yazar: o_hansu@hotmail.com

1. Giriş

Beton, agrega, su, çimento ve kimyasal katkı malzemelerin karışımından oluşan homojen, başlangıçta şekil verilebilen ve daha sonra sertleşen kompozit bir malzemedir. Çeşitli çimento türleri, agregalar ve kimyasal katkıları dahil olmak üzere farklı malzemeler kullanılarak diğer özelliklerin yanı sıra mukavemeti artırmak için beton ile ilgili yıllar içinde çeşitli deneyler yapılmıştır. Bu tür araştırma çalışmaları, yoğunluğu ve dolayısıyla ağırlığı azaltılmış hafif betonun keşfedilmesine yol açmıştır. Halen, birim ağırlığı düşük ve yeterli kaliteye sahip hafif agrega yapısının geliştirilmesine her geçen gün daha özen gösterilmektedir. Yapının ağırlığını azaltmak için en iyi yaklaşımlardan biri, yapının ağırlığını azaltmak için en makul strateji olan hafif yoğunluklu betondur. Hafif betonun yoğunluğu 1140 ila 1840 kg/m³ arasındadır ve hafif agregaların bağlı yoğunluğuna bağlıdır (Neville and Brooks 2010). Hafif betonun azaltılmış yoğunluğu, genişletilmiş kil, perlit, vermikülit, EPS boncuklar vb. gibi agregalar kullanılarak elde edilir (Eti, Cemalgi, ve Onat 2021; Jayakumar vd. 2020; Minapu, Ratnam, ve Rangaraju 2014; Vijaya 2016). Hafif betonun (LWC) kullanımı, uzun süredir geliştirmekte olan bir karışım olmuştur, ancak diğer malzemeler gibi kullanım amacına yönelik birtakım istekler de artmıştır. Şu anda istikrarlı, sağlam bir malzeme olup istenilen özelliklere uygun ve beklentilere cevap veren bir yapı malzemesi olmuştur. Hafif betonlar, hafif agregalı beton, köpüklü beton veya otoklavlanmış hava sirkülasyonu olabilir. Hafif betonların geliştirilmesi sırasında yaşanan sorunlar ve zorluklarla karşılaşmaktadır. Yoğunluk 2200 ila 2600 kg/m³ için talep edilmesine rağmen, geleneksel betondan farklı olarak basitçe yüksek ağırlıklı betondur. Beton karışımın kendi ağırlığı, karışımın yardımcı malzeme olarak üretkenliğini elde etmek için azalır. Hafif beton, 300 ila 1850 kg/m³ yoğunluğa sahiptir; yapının ölü ağırlığının azaltılmasına yardımcı olur. Genişletilmiş polistiren (EPS), bükülmeyen ve aşırı, kapalı bir hücre köpüğüdür. Normalde beyazdır ve önceden uzatılmış polistiren damlalarından yapılmıştır. EPS, tabak, tabak, kâse ve balık kutuları gibi bazı uygulamalar için kullanılır (Ghadge ve Kamble 2015). Hafif agregaların kullanımı, nominal betona kıyasla toplam beton kütlelerini önemli ölçüde azaltmıştır. Ancak, nominal betonun karakteristik mukavemetini elde etmek gerçekten zor bir uygulamaydı. 0.15×0.15×0.15 m³ boyutlarında çok sayıda beton test küpü, çimento esaslı malzemeler ve farklı oranlarda agregalar kullanılarak dökülmüş ve karakteristik basınç dayanımları tablolandırılmıştır. Yeterli basınç dayanımına ve yüzme özelliğine sahip uygun karışım tasarımı seçilmiştir. Sırasıyla iç katman ve dış katman için çoklu karışım tasarımları seçildi. Belge, beton bir kano inşa etmek için gövde tasarımı, karışım tasarımı, inşaat ve diğer ilgili ayrıntılarla ilgili ayrıntılı bir açıklama sunmaktadır. 1992'de dünya çapında 460 milyon metrik büyük miktarda kömür külü teslim edilmiştir. Bunun yaklaşık yüzde 10'u ABD'de uçucu kül olarak teslim edildi. 1996'da ABD'de betonda 7 milyon metrik tondan fazla kullanıldı Mali olarak, özellikle betonda kullanılma eğiliminde olması durumunda, makul olarak beklenebilecek bu minimum çaba külünün çoğunu kullanmak iyiye işaret etmektedir (Sheth, Goel, ve Pai 2014). Normal olarak, uçucu kül temel çimentoya betonun ağırlığına göre yüzde 15-35 oranında eklenmiş olup ancak barajlarda, silindire sıkıştırılmış katı asfaltlarda ve durma bölgelerinde kullanılan kütle çimentosu için yüzde 70'e kadar eklenmektedir. Betonda gelişmiş özellikleri garanti etmek için

uçucu kül seçiminde yaygın olmayan bir değerlendirme yapılmalıdır. Bu çalışmada sırasıyla iç katman ve dış katman için çoklu karışım tasarımları seçilmiştir. Çalışma, beton bir kano inşa etmek için gövde tasarımı, karışım tasarımı, inşaat ve diğer ilgili ayrıntılarla ilgili ayrıntılı bir açıklama sunmaktadır.

2. Materyal ve Metot

Çalışma kapsamında üretilen betonların hem su üzerinde yüzebilmesi hem de yeterli bir basınç dayanımına sahip olması hedeflenmiş ve bu amaçla 7 farklı karışım düzeni oluşturulmuştur.

2.1. Malzemeler

Çalışma kapsamında tasarımı yapılan ve üretilen karışımlarda bağlayıcı olarak çimento, silis dumanı ve uçucu kül kullanılmıştır. Kullanılan bu malzemelerin özgül ağırlıkları sırasıyla 3.18, 2.2 ve 2.6 olarak hesaplanmıştır. Agregalar ise karışıma hafif agrega (yapay), silis kumu, perlit ve cam agrega eklenmiştir. Bağlayıcı olarak kullanılan malzemeler ait kimyasal özellikler Tablo 1 de verilmiştir. Hafif agrega (yapay), silis kumu ve perlit için özgül ağırlıkları sırasıyla 2.3, 2.65 ve 0.4 olarak hesaplanmıştır. Cam agrega ise 4 farklı boyutta kullanılmış ve boyut dağılımları sırasıyla 1-2, 0.5-1, 0.25-0.5 ve 0.1-0.25 mm olarak sınıflandırılarak kullanılmıştır. Bu gruplara ait özgül ağırlıklar ise sırasıyla 0.4, 0.5, 0.65 ve 0.9 olarak elde edilmiştir. Ayrıca karışımların istenen işlenebilirlik özelliklerini gösterebilmesi için HRWR (yüksek performanslı akışkanlaştırıcı) hava sürükleyici ve Latex eklenmiştir. Bu kimyasallara ait özgül ağırlıklar ise sırasıyla 1, 1.1 ve 0.9 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 1. Çimento, Silis dumanı ve uçucu kül kimyasal özellikleri (Table 1. Chemical properties of cement, silica fume and fly ash)

Kimyasal özellikler (%)	Çimento	Silis Dumanı	Uçucu Kül
SiO ₂	21.06	90.35	61.23
AlO ₃	3.96	----	22.10
Al ₂ O ₃	----	0.72	----
Fe ₂ O ₃	0.35	1.31	7.11
CaO	65.28	0.46	1.49
MgO	1.43	----	1.72
K ₂ O	0.52	1.51	2.34
Na ₂ O	0.32	0.45	----
SO ₃	3.22	0.41	0.07
P ₂ O ₅	0.08	----	----
TiO	0.14	----	0.90
Cr ₂ O ₃	0.0033	----	----
Mn ₂ O ₃	0.0033	----	----
MgO	----	----	----
Kızdırma kaybı	3.54	3.11	2.6
Blaine (cm ² /g)	4530	2108	3790

2.2. Karışım tasarımları

Tüm bu bileşenler kullanılarak kano yapımında kullanılacak 7 farklı karışım üretilmiştir ve bu karışımların tasarımlarına ait bilgiler Tablo 2 de verilmiştir. Karışımların genelinde hafif agrega kullanımına özen göstererek su üzerinde kalabilme kapasitelerinin artırılması temel alınarak deneme yanılma yöntemi ile (tecrübi olarak) tasarımlar oluşturulmuştur. Bu

esnada her karışım bir önceki tasarım değerlendirilerek üretilmiştir. Üretilen karışımların su ile bağlayıcıları (s/b) oranları ise karışım-1 den -7 ye kadar sırasıyla 0.65, 0.41, 0.45, 0.45, 0.45, 0.41 ve 0.62 olarak kullanılmıştır. Ayrıca bu karışımlarda yine bağlayıcı dozajlarına bakıldığında karışım-den -7 ye kadar sırasıyla 390, 490, 463, 451, 478, 482 ve 397 kg/m³ olarak kullanılmıştır. Kullanılan hafif agregalar ise karışımların

içerisinde 576, 619, 587, 584 613, 628 ve 592 dm³/m³ hacim kaplamaktadır. Karışımlar üretildikten sonra kano yapımında kullanılmak üzere uygun mekanik özelliğe (basınç dayanımına) ve su üzerinde kalabilme kapasitelerine bakılmak üzere test edilerek Kano üretimine geçilmiştir.

Tablo 2. Karışım tasarımları (Table 2. Mix designs)

Malzeme Adı	Karışım-1	Karışım-2	Karışım-3	Karışım-4	Karışım-5	Karışım-6	Karışım-7
Bağlayıcılar				kg/m³			
Çimento	220	300	300	250	250	300	220
Silis Dumanı	90	80	75	90	70	75	90
Uçucu Kül	60	65	70	0	40	70	50
Su	240.5	182.45	200	153	162	182.45	222
Agregalar				kg/m³			
Hafif agrega (yapay)	40	0	0	0	0	95	40
Silis Kumu	50	0	80	100	0	0	40
Perlit	0	0	0	80	80	0	0
Cam agrega (1-2 mm)	60	60	60	50	55	60	60
Cam agrega (0.5-1 mm)	65	70	80	70	70	75	60
Cam agrega (0.25-0.5 mm)	90	105	100	60	65	90	90
Cam agrega (0.1-0.25 mm)	100	100	90	75	75	90	100
Kimyasal Katkılar				kg/m³			
HRWR	3.7	4.75	4.6	3.4	3.4	4.6	3.8
Hava sürükleyici	0.37	0.71	0.46	0.34	0.34	0.46	0.38
Latex	3.7	0	6	0	0	0	0

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Numune deneyleri

Karışımlardan elde edilen numuneler 7 günlük su küri sonrasında test edilmiştir. Karışım-1 için üretilen numunelerin basınç dayanımı 150x150x150 mm küpte 8 MPa olarak elde edilmiştir. Karışım-2 de ise bağlayıcı malzemeleri arttırıp silis kumunu çıkardık ve yüksek mukavemet beklerken öyle olmadı, silis kumunun çok az kullanılması durumunda bile mukavemeti doğrudan etkilediği gözlemlendi. Elek aralıkları yakın malzemeler olmasına rağmen silis kumunun boşlukları çok güzel doldurmuştur. Karışım-2 için üretilen numunelerin basınç dayanımı 150x150x150 mm küpte 5.5 MPa olarak elde edilmiştir. Karışım-3 ile üretilen numuneler ilk etapta suda askıda kalamadı. Karışım-3 için üretilen numunelerin basınç dayanımı 150x150x150 mm küpte 11 MPa olarak elde edilmiştir. Karışım-4 de ise hem silis kumu hem de perlitli kullanıldığında, perlitin dolayı segregasyon hızlandığı çok fazla olduğunu ve su oranının da etkisinin aktif olarak etkisini gözlemlenmiştir. Karışım-4 için üretilen numunelerin basınç dayanımı 150x150x150 mm küpte 6 MPa olarak elde edilmiştir. Karışım-5 te ise silis kumunu kullanmayıp perlit ve uçucu kül ile tasarım denendi. Perlitin bulunduğu bütün karışımlarda uçucu külü aynı anda kullandığımız basınç dayanımı ve yoğunluğu daha yüksek olduğu hesaplanmıştır. Daha da önemlisi bu karışım

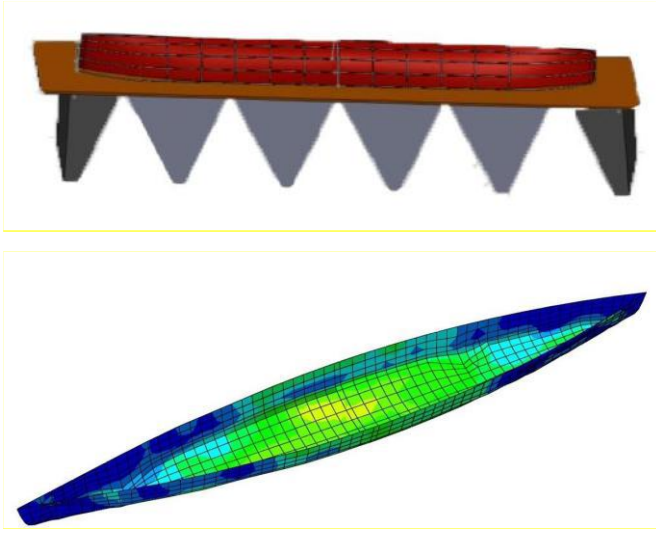
numunelerinde ayrışma olmayan numunelerde su üzerinde kalma özellikleri sağlanmıştır. Karışım-5 için üretilen numunelerin basınç dayanımı 150x150x150 mm küpte 7.2 MPa olarak elde edilmiştir. Karışım-6 da ilk kez hafif yapay agregası kullandık. Ayrıca için silis kumu ve perlitli karışımdan çıkarılması uygun olarak değerlendirilmiştir. Bu agreganın silis kumuna göre daha hafif olmasının yansıra gördük ve mukavemeti doğrudan 150x150x150 mm küpte 9 MPa civarına çıkardığı tespit edilmiştir. Son karışım olan karışım-7 de ise yapay hafif agregası ile silis kumu birlikte denendi. Özgül ağırlığı nerdeyse 1 çıktı ve numune kurduktan sonra suda yüzmeye başladı (Şekil 1). 150x150x150 mm küpte 9 MPa civarına çıkardığı tespit edilmiştir.



Şekil 1. Karışım-7 ile üretilen numune görüntüleri (Figure 1. Sample images produced with Mix-7)

3.2. Kano tasarımı

Kanonun tasarımı, üzerindeki ölü yük, hareketli yük ve suyun kanoya uyguladığı yayılı yükün yapısal analizleri sonucu elde edildi. Ayrıca içerisinde arka arkaya oturacak 4 kişinin rahat hareket edebileceği uzunlukta, yine aynı şekilde yarışacak kişilerin rahatça kürek çekebileceği genişlikte bir tasarım yapılma yoluna gidildi. Kanonun 3 boyutlu modellemesi SolidWorks, statik çözümlemesi sap2000 ve kesit görünüşleri autocad programlarıyla çizildi. Tasarımlar yapılırken kanonun alabora olma riski minimize edilmeye çalışılırken $y=-x^2$ parabolü baz alınarak kanonun ovalleşme açısı belirlendi. Dalgalardan gelen yüklerin kuvveti yayarak yayılı yükten üçgensel yüke dönüşümü sağlandı (Şekil 2).

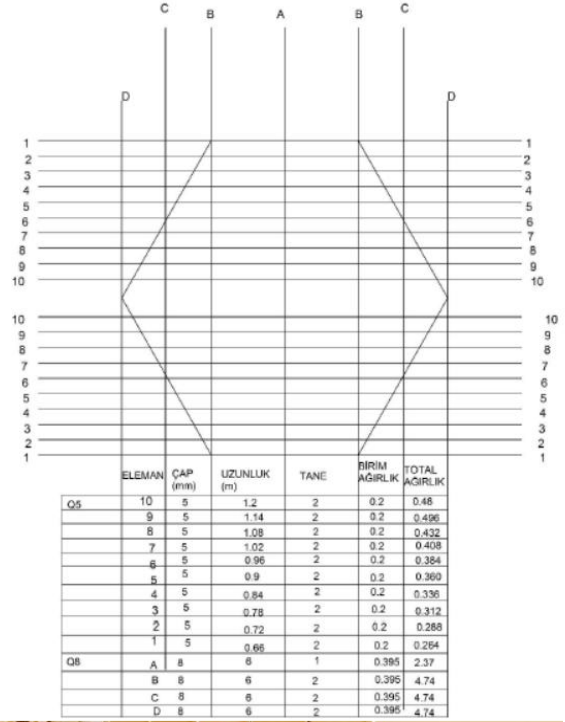


Şekil 2. Tasarım görüntüleri (Figure 2. Sample images from design)

Kanonun statik analizleri ilk olarak 2 erkek yüküne göre sonrasında ise 4 erkek yüklemesine göre yapılmıştır. Yapılan bütün analizlerde maksimum moment noktası kanonun ortasına denk gelmektedir. En kritik bölge ise orta noktanın ovalleşmeyle birleşen noktasıdır. Yapılarda deprem durumunda oluşan yatay yükleri yapıların sorunsuz karşılaması için rijitlik merkezi ile kütle merkezinin çakışması gerekmektedir. Kanonu da dalgalara bu şekilde karşı koyabilmesi için rijitlik merkezi ile kütle merkezinin çakıştırılmasına dikkat edilmiştir. Kanonun taban ovalliğinin fazla olmasının kanonun batan hacmini etkilediği prototip üzerinde yapılan testler sonucu elde edildi. Bu yüzden yapısal analizler sonucu elde edilen maksimum taban ovalliği verildi. Ayrıca kürek çekerken kanonun suda daha iyi ilerlemesi için ön ve arka kısmı sivri uçlu olarak tasarlandı. Yapılan statik analizleri sonucu kanon büyük bir bölümünün eğilme ve çekmeye karşı donatı tasarımı gerekliliği saptanmıştır (Şekil 3). Minimum boyuna donatı alan hesaplamaları sonucu 5'lik demirin yeterli geldiği görülse de güvenli tarafta kalmak için oluşturacağı ağırlık riske alınarak 8'lik demir donatı kullanıldı ve ek olarak karbon fiber hasır kullanıldı. Üretilen tasarıma ait donatı yerleşimi Şekil 4 de verilmektedir.



Şekil 3. Yapısal tasarım görüntüleri (Figure 3. Sample images from structural design)



Şekil 4. Yapısal tasarım sonucunda kullanılan donatılar (Figure 4. Reinforcements used as a result of structural design)

4. Sonuç

Uzun süren yoğun çalışmalar sonucunda üretilen kano su üzerinde yüzdürerek başarıya ulaşılmış bulunmaktadır (Şekil 5). Sonuç olarak normalde ortalama olarak 2400 kg/m^3 yoğunluğa sahip olan betonun yoğunluğunu önemli derecede düşürerek suda yüzdürülebilecek beton tabanlı araçlar üretilebilmiştir. Tasarımda betonun çekme dayanımının da donatılarla günümüz modern analiz programları kullanılarak tamamlanmıştır.



Şekil 5. Kano son hali ve yüzdürme esnası (Figure 5. Final condition for canoe production and during flotation)

5. Teşekkür

Gaziantep Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Mustafa GÜNAL ve çalışma ekibindeki meslektaş ve aynı zamanda arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, yarışmayı düzenleyen İstanbul Teknik Üniversitesine de bu çalışmaya vesile olduklarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Kaynakça

- Etili, Serkan, Selim Cemalgil, and Onur Onat. 2021. "Effect of Pumice Powder and Artificial Lightweight Fine Aggregate on Self-Compacting Mortar." *Computers and Concrete* 27(3): 241–52.
- Ghadge, Mukesh Dattaram, and Vaibhav Dhondiram Kamble. 2015. "Floating Concrete by Using Light Weight Aggregates and Air Entraining Agent." *International Journal of Engineering Research and V4(08)*.
- Jayakumar, Sanjay, Abhishek Kurian, Febin T Zachariah, and Philip Nivin. 2020. "Construction of Concrete Canoe Using Light Weight Aggregates." *International Journal of Engineering Research and V9(04)*.
- Minapu, Lakshmi Kumar, M K M V Ratnam, and U Rangaraju. 2014. "Experimental Study on Light Weight Aggregate Concrete with Pumice Stone, Silica Fume and Fly Ash as a Partial Replacement of Coarse Aggregate." *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology (An ISO Certified Organization)* 3(12): 18130–38.
- Neville, A.M., and J.J. Brooks. 2010. "Properties of Concrete." *Building and Environment* 11: 442.
- Sheth, Ananya, Anirudh Goel, and B H Venkatram Pai. 2014. "Properties of Concrete on Replacement of Coarse

Aggregate and Cementitious Materials with Styfoam And Rice Husk Ash Respectively." *American Journal of Engineering Research* 3(1): 268–71.

Vijaya, Nagashree B S. 2016. "Development Light Weight Concrete by Blending with LECA and Cinder Development Light Weight Concrete by Blending with LECA and Cinder." (January 2015): 2–4.



Marulda Solgunluğa Neden Olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* Etmenine Karşı *Metarhizium anisopliae*'nin Biyokontrol Potansiyelinin Belirlenmesi

Remzi Sağlık^{1,2}, Nedim Altın^{3*}

^{1*} Düzce Üniversitesi, Lisansüstü Enstitüsü, Düzce, Türkiye

² Sakkarya İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Sakarya, Türkiye (ORCID: 0000-0001-8270-2505), remzisaalik0102@gmail.com

³ Düzce Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki koruma Bölümü, Düzce, Türkiye (ORCID: 0000-0003-1267-7951), nedimaltin@duzce.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 27 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 31 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1063983)

ATIF/REFERENCE: Sağlık, R. & Altın, N. (2022). Marulda Solgunluğa Neden Olan *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* Etmenine Karşı *Metarhizium anisopliae*'nin Biyokontrol Etkisinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 335-340.

Öz

Bu çalışma entomopatojen fungus olan *Metarhizium anisopliae*'nin marulda solgunluk hastalığına neden olan *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* etmenine karşı antagonistik etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Marul tarlalarından alınan hastalıklı bitkilerden *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* izolasyonu yapılmıştır. Daha önceki çalışmalardan elde edilen *Metarhizium anisopliae* izolatlarının antagonistik etkileri *in vitro* koşullarda ikili karşılaştırma yöntemine göre belirlenmiştir. *In vivo* koşullarda ise saksı denemeleri yapılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda *in vitro* koşullarda *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* etmenine karşı en iyi yüksek etkiyi % 60.44 ile YK33 izolatı göstermiştir. *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* patojeni ile *Metarhizium anisopliae*'nin YK33-c izolatı arasında ise 15.12 mm'lik engelleme bölgesi oluşmuştur. Saksı denemelerinde ise en az hastalık şiddeti % 30 ile YK33-c ve Yk43-b izolatlarında görülmüştür. Kontrole göre yapılan etki değerlendirmesinde her iki izolat hastalığa karşı % 65 etki göstermiştir. Elde edilen bu sonuçlar marulda solgunluğa neden olan *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* etmenine karşı entomopatojen fungus olan *Metarhizium anisopliae*'nin kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Anahtar Kelimeler: Entomopatojen, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*, Marul, *Metarhizium anisopliae*

Determination of the Biocontrol Potential of *Metarhizium anisopliae* Against *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* Causing Wilt in Lettuce

Abstract

This study was carried out to determine the antagonistic effect of the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* against *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae*, which causes wilt disease in lettuce. *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* was isolated from diseased plants taken from lettuce fields. The antagonistic effects of *Metarhizium anisopliae* isolates obtained from previous studies were determined according to dual culture methods *in vitro* conditions. Pot experiments were carried out under *in vivo* conditions. As a result of the experiments, YK33 isolate showed the highest effect with 60.44% against *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* in vitro conditions. A 15 mm inhibition zone was formed between the pathogen *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae* and the YK33-c isolate of *Metarhizium anisopliae*. In pot experiments, the least disease severity was determined with 30% in YK33-c and Yk43-b isolates. Both isolates showed 65% effect against disease in the effect evaluation compared to the control. These results revealed that the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* can be used against *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae*, which causes wilt in lettuce.

Keywords: Entomopathogen, *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*, Lettuce, *Metarhizium anisopliae*

* Sorumlu Yazar: nedimaltin@duzce.edu.tr

1. Giriş

Marulda solgunluk hastalığına neden olan *Fusarium oxysporum* Schldl.: Fr. f. sp. *lactucae* Matuo ve Motohashi son yıllarda Dünya’da olduğu gibi ülkemizde de marul üretiminde ciddi sorunlara yol açmaktadır. *F. oxysporum* f.sp. *lactucae* etmeni ilk kez 1955 yılında Tokyo’da tespit edilmiştir (Matuo ve Motohaski, 1967). Bu ilk tespitin ardından Amerika Birleşik Devletlerinde 1993 yılında (Hubbard ve Gerik, 1993), İran’da 1995 yılında, Tayvan’da 1998 yılında, Brezilya’da 2000 yılında, İtalya’da 2001 yılında, Kore’de 2006 yılında, Arjantin’de 2014 yılında etmenin varlığı belirlenmiştir (Gordon ve Koike, 2015). *F. oxysporum* f.sp. *lactucae* etmeni İtalya’da 2001 yılında tespit edildikten sonra Avrupa kıtasında yaygınlığı artmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda marul alanlarında etmenin varlığı Portekiz’de 2004 yılında, Belçika’da 2015 yılında (Claerbout vd. 2018), Fransa’da 2016 yılında (Gilardi vd. 2017a), İrlanda’da 2016 yılında, İngiltere’de 2017 yılında (Taylor vd. 2019) tespit edilmiştir.

Etmenin Dünya genelinde 4 adet ırkı bulunmaktadır. İrk 1 ilk kez 1967 yılında Japonya’da tespit edilmiştir. Daha sonra yapılan çalışmalarda bu ırk ABD, İran, Tayvan, Brezilya, Portekiz, Arjantin ve İtalya’da da belirlenmiştir. Şu ana kadar yapılan çalışmaların sonucuna göre İrk 2 sadece Japonya’da bulunmaktadır. İrk 3 ise Japonya ve Tayvan’da belirlenmiştir. Avrupa kıtasında son yıllarda 4 nolu ırk da yayılmaya başlamıştır. İlk olarak 2015 yılında Hollanda’da tespit edilen 4 nolu ırk daha sonra Belçika, İrlanda ve İngiltere’de de tespit edilmiştir (Gilardi vd. 2017a).

Marul yetiştiriciliğinde son yıllarda sorun oluşturmaya başlayan bu hastalık ile mücadele oldukça zordur. Toprak ve tohumla taşınabilen etmenle mücadelede daha çok entegre mücadele yaklaşımı ön plana çıkmaktadır. Bu kapsamda dayanıklı çeşit, hastalıktan ari ve ilaçlı tohum kullanma, bulaşık toprakların tarla içi ve yakın çevresine olan hareketinin engellenmesi, münavebe, dikim tarihinin ayarlanması ve biyolojik mücadele gibi konular çalışılmaktadır (Gordon ve Koike, 2015).

F. oxysporum f.sp. *lactucae* etmenine karşı biyolojik mücadele çalışmaları kapsamında *Pseudomonas chlororaphis* (Cedomon), *Bacillus subtilis* strain QST 713 (Serenade), *Bacillus subtilis* strain FZB 24 (Natürlich), *Bacillus subtilis* strain MBI 600 (Subtilex), *Streptomyces griseoviridis* strain K61 (Mycostop MIX), *Pythium oiygandrum* (Polyversum), *Trichoderma harzianum* T 22 (RootShield) ve *T. harzianum* + *T. viride* (Remedier) gibi ticari biyofungisitlerin etkileri araştırılmıştır (Gilardi vd. 2005; Gilardi vd. 2007).

Hastalıklar ile biyolojik mücadelede son yıllarda dikkati çeken diğer bir antogonist grup da entomopatojen funguslardır. Esas olarak zararlı böceklere karşı kullanılan entomopatojen fungusların son yıllarda bazı hastalık etmenlerine karşı da etkileri araştırılmaktadır. Günümüze kadar tanımlanan yaklaşık 700 entomopatojen fungus türü arasında *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Isaria fumosorosea* (= *Paecilomyces fumosoroseus*) ve *Lecanicillium lecanii* (= *Verticillium lecanii*) türleri ticari olarak üretilerek çeşitli zararlılara karşı kullanılmaktadır (Rath, 2000; Meyling vd. 2018). Zararlılara karşı etkili olan *M. anisopliae*’nın aynı zamanda *Fusarium oxysporum*, *Curvularia clavata* ve *Cladosporium herbarum* (Ravindran vd. 2014), *Alternaria porri* (Gothandapani vd. 2015), *Botrytis cinerea* (Sarven vd. 2020), *Rhizoctonia solani* (Nair vd. 2021) ve *Fusarium graminearum* (Hao vd. 2021) gibi bitki patojeni

funguslara karşı da antagonistik etki gösterdiği yapılan çalışmalarda belirlenmiştir.

Bu çalışmada entomopatojen fungus olan *M. anisopliae*’nin marulda solgunluk hastalığına neden olan *F. oxysporum* f.sp. *lactucae* etmenine karşı antagonistik etkileri araştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Patojen İzolasyonu

Marul üretimi yapılan tarlalara gidilerek solgunluk belirtisi gösteren marul bitkileri toplanmış ve bu bitkilerden izolasyonlar yapılmıştır. Hastalıklı bitki parçalarından 1 cm’lik parçalar alınmış ve %1’lik sodyum hipoklorit içerisinde 1-2 dk yüzeysel dezenfekte edilmiştir. Hastalıklı bitki parçaları steril su ile durulandıktan sonra kurutma kağıdı üzerinde kurutulmuş ve PDA içeren petrilere yerleştirilerek, 24°C’de inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon süresinin sonunda petrilere gelişen *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* kolonileri PDA içeren petrilere aktararak saf kültürler elde edilmiştir. Bu saf kültürlerden tek spor kültürleri elde edilmiş ve test tüplerine aktararak, çalışmanın bundan sonraki aşamalarında kullanılmak üzere +4°C’de muhafaza edilmiştir.

2.2. Patojenisite Testleri

Tek spor kültürleri yapılan *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* izolatları PDA besiyerinde 24°C’de 10 gün süreyle geliştirilmiştir. Bu sürenin sonunda her petriye 5 ml steril saf su ilave edilmiş ve spatül ile sporların suya geçmesi sağlanmıştır. Thoma lamı yardımıyla spor süspansiyonu konsantrasyonu 10⁶ spor/ml olacak şekilde ayarlanmıştır. Viyollerde yetiştirilen 30 günlük Maritima çeşidi marul fidelerinin kökleri torflardan arındırılmıştır. Marul fidelerinin kökleri spor süspansiyonuna daldırılıp 5 dakika bekletilmiştir. Bu sürenin sonunda steril toprak bulunan saksılara dikilmiştir. Her izolat için 7 saksı kullanılmıştır. Saksılar gündüz sıcaklığı 33°C, gece sıcaklığı 23°C olacak şekilde 14 saatlik fotoperiyotta bekletilmiştir (Paugh ve Gordon, 2020). Deneme tesadüf parsellerine göre 7 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Değerlendirme inokulasyondan 15 gün sonra 0-4 skalasına (0 = sağlıklı bitki, 1 = hafif yaprak klorozu, gelişmede hafif azalma, hafif vasküler kahverengileşme, 2 = şiddetli yaprak klorozu, gelişimde belirgin azalma, bazen baş kısmının asimetrik gelişimi, belirgin vasküler kahverengileşme, 3 = yaprak klorozu ve büyümenin engellenmesi, belirgin deformasyon ve günün en sıcak saatlerinde vasküler kayverengileşmeden kaynaklanan solgunluğun ilk belirtileri, 4 = klorozlu veya tamamen nekrotik yapraklı kuvvetli deforme olmuş bitki, bitki tamamen solmuş) göre yapılmıştır (Gilardi vd. 2017b). Skala değerleri Townsend-Heuberger formülüne uygulanarak hastalık şiddeti değeri belirlenmiştir.

$$\text{Hastalık şiddeti \%} = \frac{\sum (n.V)}{Z * N} * 100$$

n : Skalada farklı hastalık derecelerine isabet eden örnek adedi

V : Skala değeri

Z : En yüksek skala değeri

N : Gözlem yapılan toplam örnek adedi

2.3. Entomopatojen *Metarhizium anisoplae* İzolatları

Çalışmada Düzce ilinde yapılan çalışmalar esnasında elde edilmiş ve *Tenebrio molitor* larvaları üzerinde yüksek etki göstermiş *M. anisoplae* izolatları kullanılmıştır (Karabörklü vd. 2019). Düzce Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümündeki stok kültürlerinden alınan izolatlar denemede kullanılmak üzere Patates Dekstroz Agar (PDA) besisi ortamına ekilmiş ve 24 °C’de inkübe edilmiştir.

2.4. Antifungal Aktivitelerin Belirlenmesi

2.4.1. *In vitro* Denemeleri

M. anisoplae izolatlarının antagonistik etkileri ikili karşılaştırma yöntemine göre belirlenmiştir. PDA besisi ortamında geliştirilen bir haftalık *M. anisoplae* izolatlarından 5 mm çapında misel diskler alınmıştır. Bu misel diskleri PDA besisi ortamı bulunan petrilere petri kenarından 2 cm uzağa yerleştirilmiştir. Petriler 24°C’de 2 gün süre ile inkübe edilmiştir. Bu sürenin sonunda bir haftalık *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* kültüründe alınan 5 mm çapındaki misel diskler *M. anisoplae* disklerinin tam karşısına petri kenarından 2 cm uzaklıkta olacak şekilde yerleştirilmiştir. Kontrol grubundaki petrilere ise tek başına *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* kültüründen alınan diskler yerleştirilmiştir. Değerlendirme, kontrol grubundaki petrilere patojen fungus petriyi tamamen kapladığında yapılmıştır. Çalışma, her bir petri kutusu bir tekerrür olarak kabul edilerek, 5 tekerrürlü kurulmuştur. Değerlendirmede kontrol petrideki patojenin yarı çapı ve antagonist uygulaması yapılan petrilereki patojenin yarı çapı ölçülmüştür. Elde edilen veriler ile aşağıdaki formül kullanılarak antagonistlerin (izolatların) yüzde engelleme oranları belirlenmiştir (Bucarei vd. 2020).

$$\text{Engelleme oranı \%} = \frac{R1 - R2}{R1} * 100$$

R1 = Kontrol petrideki patojen fungusun yarıçapı

R2 = İkili kültür petrililerindeki patojen fungusun yarıçapı

2.4.2. *In vivo* Denemeleri

F. oxysporum f. sp. *lactucae* izolatı kepek ortamında 14 gün süreyle geliştirilmiş ve sterilize edilmiş toprak ile 1:20 oranında karıştırılmıştır. PDA besisi ortamında 7 gün süreyle geliştirilmiş her bir *M. anisoplae* izolatı ile 10⁷ spor/ml konsantrasyonunda spor süspansiyonu hazırlanmıştır. Marul fidelerine saksılara dikimden 2 gün önce her bir fideye 20 ml olacak şekilde bu spor süspansiyonundan verilmiştir. Antagonist spor süspansiyonu verilen marul fideleri 2 gün sonra içerisinde *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* ile bulaşık toprak bulunan saksılara dikilmiştir. Saksılar gündüz sıcaklığı 33°C, gece sıcaklığı 23°C olacak şekilde 14 saatlik fotoperiyotta bekletilmiştir (Paugh ve Gordon, 2020). Dikim işleminden 15 gün sonra marul fideleri patojenisite denemesinde kullanılan 0-4 skalasına göre değerlendirilmiştir. Skala değerleri Townsend-Heuberger formülüne uygulanarak hastalık şiddeti değeri belirlenmiştir.

2.5. İstatistiksel Analiz

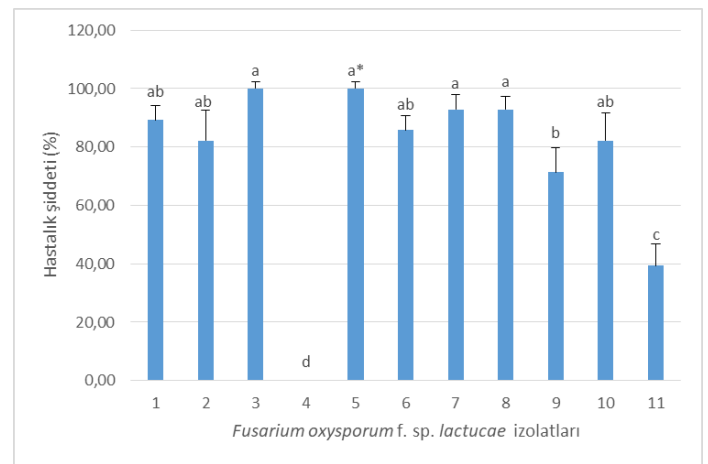
Misel gelişimindeki engelleme oranları ve hastalık şiddeti değerleri Abbott formülü kullanılarak antagonist izolatları ait etkiler hesaplanmıştır. Antagonist izolatları ait etkilerin karşılaştırılmasında SPSS programı (SPSS 17.0 commercial software, SPSS, Inc., Chicago, IL) kullanılarak varyans analizi

(tek-faktör ANOVA) yapılmıştır. Ortalamalar %95’lik güven aralığında Tukey testi kullanılarak karşılaştırılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Patojen İzolasyonu ve Patojenisite Testi

Hastalıklı marul bitkilerden alınan örneklerden yapılan izolasyonlar sonucunda 11 adet izolat elde edilmiştir. Bu izolatlar 11 farklı marul tarlasını temsil etmektedir. Bu izolatlar ile yapılan patojenisite denemesi sonucunda 4 nolu izolatın patojen olmadığı belirlenmiştir. *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* etmeninin 3 ve 5 nolu izolatlarına ait hastalık şiddeti % 100 olarak belirlenmiştir. En düşük hastalık şiddeti değeri ise % 39.29 ile 11 nolu izolatta elde edilmiştir. *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* izolatlarının çoğunun virülensliğinin yüksek olduğu görülmüştür (Şekil 1). Antifungal aktivitelerinin belirlenmesi denemelerinde 5 nolu izolat kullanılmıştır.



Şekil 1. *F. oxysporum* f. sp. *lactucaae* izolatlarının patojenisite sonuçları (Figure 1. Pathogenicity results of *F. oxysporum* f. sp. *lactucaae* isolates)

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmaktadır (P ≥ 0.05).

3.2. Antifungal Aktivitelerin Belirlenmesi

Bu çalışmada marulda solgunluk hastalığına neden olan *F. oxysporum* f. sp. *lactucaae* etmenine karşı entomopatojen fungus *M. anisoplae* kullanılmıştır. *In vitro* denemeleri ikili karşılaştırma yöntemine göre yürütülmüştür. Deneme sonucunda kontrol petrilere *F. oxysporum* f. sp. *lactucaae* etmenine ait misel gelişimi 53.14 mm olarak ölçülmüştür. İkili karşılaştırma yöntemine göre hem *F. oxysporum* f. sp. *lactucaae* hem de *M. anisoplae* etmenlerinin bulunduğu petrilere *F. oxysporum* f. sp. *lactucaae* etmenine ait en fazla misel gelişimi 30.18 mm ile YK35 izolatının olduğu petride gerçekleşmiştir. En az misel gelişimi ise 21.02 mm ile YK33 izolatının olduğu petride belirlenmiştir. Diğer petrilere *F. oxysporum* f. sp. *lactucaae* etmeninin misel gelişimi bu iki değer arasında gerçekleşmiştir (Tablo 1).

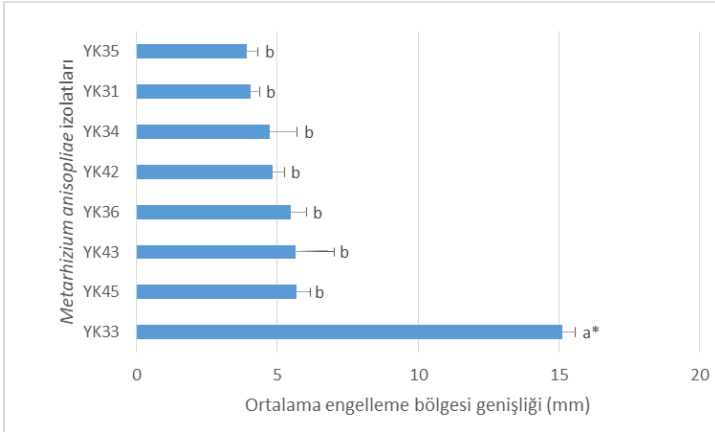
Çalışmada kullanılan *M. anisoplae* izolatları kontrol ile karşılaştırıldığında en yüksek etki % 60.44 ile YK33 izolatında, en düşük etkinin ise % 43.21 ile YK35 izolatında görülmüştür (Tablo 1). Genelde YK 33 izolatı dışındaki diğer izolatların birbirlerine yakın etki değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir.

Tablo 1. *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* etmeninin misel gelişimi üzerine *M. anisopliae* izolatlarının etkileri (Table 1. Effects of *M. anisopliae* isolates on mycelial growth of *F. oxysporum* f. sp. *lactucae*)

<i>M. anisopliae</i> izolatları	Ortalama misel gelişimi (mm)±SH	Ortalama etki (%)±SH
YK33	21.02±0.54a*	60.44±0.98a*
YK45	27.82±0.62b	47.65±1.196b
YK43	28.26±1.26bc	46.82±2.37b
YK36	28.4±0.87bc	46.55±1.65b
YK42	29.08±0.98bc	45.29±1.84b
YK34	29.36±0.75bc	44.75±1.38b
YK31	29.5±0.68bc	44.47±1.26b
YK35	30.18±0.25c	43.21±0.46b
Kontrol	53.14±0.19d	

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmaktadır (P ≥ 0.05). SH: Standart hata

İkili karşılaştırma yönteminde patojen fungus ile *M. anisopliae* arasında bir engelleme bölgesi oluşmaktadır (Şekil 2). Engelleme bölgelerinin ölçümleri sonucunda en yüksek engelleme bölgesi 15.12 mm ile YK33 izolatında elde edilmiştir. Diğer izolatlarda ise engelleme bölgesi 3.92 mm ile 5.68 mm arasında değişmiştir.



Şekil 2. İkili karşılaştırma yöntemine göre *M. anisopliae* izolatları ile *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* etmeni arasındaki engelleme bölgesi genişliği. (Figure 2. The width of the inhibition zone between *M. anisopliae* isolates and *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* according to dual culture method)

*Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmaktadır (P ≥ 0.05).

İn vivo koşullarda Maritima marul çeşidi ile yapılan çalışmalarda elde edilen sonuçlar Tablo 2’de verilmiştir. Yapılan değerlendirmeler sonucunda kontrol saksılarda ortalama % 85 hastalık şiddeti belirlenmiştir. En düşük hastalık şiddeti % 30 ile YK33 ve YK43 izolatında elde edilirken en yüksek hastalık şiddeti % 60 ile YK 42 izolatında elde edilmiştir. Abbot formülü kullanılarak yapılan yüzde etki hesaplamalarına göre en yüksek etki % 65 ile YK 33 ve YK43 izolatlarında elde edilirken en düşük etki % 28.33 ile YK 42 izolatında elde edilmiştir.

Tablo 2. *M. anisopliae* izolatlarının *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* etmeninin hastalık şiddeti üzerine etkileri (Table 2. The effects of *M. anisopliae* on disease severity of *F. oxysporum* f. sp. *lactucae*)

<i>M. anisopliae</i> izolatları	Ort.Hastalık şiddeti (%)±SH	Ort. Etki (%)±SH
YK33	30±3.40e*	65.00±4.34a*
YK43	30±3.40e	65.00±4.34a
YK34	35±3.96de	60.00±5.69ab
YK45	35±6.60de	58.33±6.67ab
YK36	45±3.96cd	48.33±5.08abc
YK31	45±4.61cd	46.67±5.93bc
YK35	55±6.27bc	35.00±7.87cd
YK42	60±3.97b	28.33±5.08d
Kontrol	85±3.98a	

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasında Tukey testine göre istatistiksel açıdan önemli farklılıklar bulunmaktadır (P ≥ 0.05). SH: Standart hata

Marulda *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* etmeninin neden olduğu solgunluk hastalığı marul yetiştiriciliğinde % 100’e kadar varabilen ürün kayıplarına neden olmaktadır (Taylor vd. 2019). Bu çalışma sonucunda etmenin önemli marul üretim merkezlerinden biri olan Sakarya ilinde de bulunduğu belirlenmiştir. Sakarya ilindeki marul tarlalarından alınan hastalıklı bitki örneklerinden yapılan izolasyonlar sonucunda elde edilen 11 adet *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* izolatından 10 adedinin virülent olduğu belirlenmiştir. Patojenisite testi sonucunda ise dokuz adet izolatın hastalık şiddeti değeri % 71.43 ile % 100 arasında değişmiş olup bu izolatların virülensliğinin yüksek olduğu görülmüştür. Benzer şekilde yapılan bazı çalışmalarda da elde edilen *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* izolatların genelde virülensliğinin yüksek olduğu belirlenmiştir (Gilardi vd. 2017b).

F. oxysporum f. sp. *lactucae* etmeninin mücadelesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerden birisi de biyolojik mücadeledir. Bu çalışmalarda *Pseudomonas chlororaphis* (Cedomon), *Bacillus subtilis* strain QST 713 (Serenade), *Bacillus subtilis* strain FZB 24 (Natürlich), *Bacillus subtilis* strain MBI 600 (Subtilex), *Streptomyces griseoviridis* strain K61 (Mycostop), *F. oxysporum* strains MSA 35 (Agroinnova), *Pythium olygandrum* (Polyversum) gibi biyolojik preparatlar kullanılmıştır. Bunların içerisinde en iyi etkiyi *F. oxysporum* strains MSA 35 elde etmiştir (Gilardi vd. 2005).

Son zamanlarda bitki hastalıkları ile biyolojik mücadelede kullanım olanakları araştırılan diğer bir grupta entomopatojen funguslardır. Bu funguslar entomopatojen özellikleri dışında bitkilerde endofitik yaşama, uyarılmış dayanıklılığı teşvik etme, bitki büyümesini teşvik etme, besin alınımını artırma ve bitki hastalıklarına karşı antagonistik etki gibi avantajlara sahiptir (Dara, 2019). Yapılan bazı çalışmalarda *M. anisopliae*’nin *Rhizoctonia solani* (Nair vd. 2021), *Fusarium graminearum* (Hao vd. 2021), *Botrytis cinerea* (Sarven vd. 2020), *Alternaria porri* (Gothandapani vd. 2015) gibi bitki patojenlerine karşı etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmalarda entomopatojen fungus olan *M. anisopliae*’nin bitki hastalıkları ile biyolojik mücadelede kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Çalışmamızda ikili karşılaştırma yöntemine göre yapılan denemede *M. anisopliae*’nin YK33 izolatı *F. oxysporum* f. sp.

lactucae'nin misel gelişimini engellemede % 60.44 oranında etkili olmuştur. Aynı zamanda bu izolat ile *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* arasında 15.12 mm'lik engelleme bölgesi olduğu belirlenmiştir. *M. anisopliae*'nin *Botrytis cinerea* etmenine karşı etkinliğinin araştırıldığı bir çalışmada *Botrytis cinerea*'nin misel gelişimini engelleme oranının % 43.9 ve engelleme bölgesi genişliğinin 6.3 mm olduğu saptanmıştır (Sarven vd. 2020). İkili karşılaştırma yöntemine göre yapılan diğer bir çalışmada *M. anisopliae*'nin bitki patojeni *Rhizoctonia solani*'nin misel gelişimini engelleme oranı % 62.2 olarak belirlenmiştir (Nair vd. 2021). Dara vd. (2018) tarafından *M. anisopliae*'nin çilekte patojen olan *Macrophomina phaseolina* etmenine karşı fungitoksik etki gösterdiği bildirilmektedir. Farklı bir tür olan *M. robertsi* ile yapılan çalışmada *Fusarium solani* etmeninin misel gelişimini engelleme oranı % 59.4, engelleme bölgesi ise 5.9 mm olarak belirlenmiştir (Sasan, 2012).

M. anisopliae ile iklim odası, sera ve tarla koşullarında çeşitli hastalıklara karşı yapılan çalışmalarda farklı yöntemler kullanılmıştır. Tohum kaplama yöntemi ile yapılan çalışmada *M. anisopliae* 37 izolat *Phoma betae* etmenin neden olduğu hastalığı % 62.2 oranında, *M. guizhouense* Bk41 izolatının ise mısırdaki *Fusarium graminearum* etmeninin meydana getirdiği kök çürüklüğü belirtilerini % 22 oranında azalttığı belirlenmiştir (Roberti vd. 1993; Franco, 2018). Kaliforniya'da izole edilen *M. anisopliae* izolatı ile saksılarda bulunan çilek fideleri ile bir çalışma yürütülmüştür. Yapılan çalışmada saksı toprağına *Macrophomina phaseolina* etmeni bulaştırmadan bir hafta önce *M. anisopliae* izolatı verilen saksılarda en iyi sonuç elde edilmiştir (Dara vd. 2018). Çalışmamızda da saksı denemelerinde patojenden 2 gün önce *M. anisopliae* izolatları toprağına uygulanmıştır. Denemenin sonucunda en düşük hastalık şiddeti ortalama % 30 oranında YK33 ve YK43 izolatında elde edilmiştir. Kontrol ile karşılaştırıldığında bu izolatların ortalama etkisinin % 65 olduğu saptanmıştır. Özellikle toprak kökenli hastalıklara karşı *M. anisopliae*'nin patojenlerden önce toprağına bulaştırılmasının elde edilen etkiyi arttırdığı görülmektedir.

4. Sonuç

Yapılan çalışma entomopatojen bir fungus olan *M. anisopliae*'nin marulda solgunluğa neden olan *F. oxysporum* f. sp. *lactucae* etmenine karşı mücadelede umutvar olduğunu ortaya koymuştur. *M. anisopliae*'nin bitki hastalıklarına karşı antagonistik etkilerinin yanı sıra uyarılmış dayanıklılığı teşvik etme, bitki büyümesini teşvik etme, besin alınımını artırma gibi etkilerinin de olması önemlidir. *M. anisopliae*'nin hem entomopatojen özelliklere sahip olması hem de patojenlere karşı etkili olması dikkate alındığında entegre mücadelede en önemli argümanlardan birisi haline gelebileceği düşünülmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma Düzce Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından Yüksek Lisans Tez projesi olarak desteklenmiştir (Proje no: 2020.11.02.1075).

Yazarlar *Metarhizium anisopliae* izolatlarının temini için Prof. Dr. Salih KARABÖRKLÜ'ye teşekkür eder.

Kaynakça

Bucarei, L.B., Iglesias, A.F., González, M.G., Aguayo, G.S., Fernández, J.C., Castro, J.F. & Campos, J.O. (2020).

Antifungal Activity of *Beauveria bassiana* Endophyte against *Botrytis cinerea* in Two Solanaceae Crops. *Microorganisms*, 8, 65.

Claerbout, J., Venneman, S., Vandeveld, I., Decombel, A., Bleyaert, P., Volckaert, A., Neukermans, J. & Höfte, M. (2018). First Report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* Race 4 on Lettuce in Belgium. *Plant Disease*, 102, 1037.

Dara, S.K. (2019). Non-Entomopathogenic Roles of Entomopathogenic Fungi in Promoting Plant Health and Growth. *Insects*, 10, 277.

Dara, S.S.R., Dara, S.S. & Dara, S.K. (2018). Preliminary Report on the Potential of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* s.l. in Antagonizing the Charcoal Rot Causing Fungus *Macrophomina phaseolina* in Strawberry. *E-J. Entomol. Biol.* Erişim:10.01.2022, <<https://ucanr.edu/blogs/blogcore/postdetail.cfm?postnum=28274>>

Franco, F.R. (2018). A new approach for delivery of entomopathogenic fungi for plant protection against insect pests and plant diseases via maize seed coating. Lincoln University, Thesis of Doctoral, Christchurch-New Zealand.

Gilardi, G., Tinivella, F., Gullino, M.L. & Garibaldi, A. (2005). Seed dressing to control *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 112(3), 240-246.

Gilardi, G., Franco Orteg, S., van Rijswijk, P. C. J., Ortu, G., Gullino, M.L. & Garibaldi, A. (2017a). A new race of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* of lettuce. *Plant Pathology*, 66, 677-688.

Gilardi, G., C. Pons, B. Gard, S. Franco-Ortega & Gullino, M.L. (2017b). Presence of Fusarium Wilt, Incited by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lactucae*, on Lettuce in France. *Plant Disease*, 101(6), 1053.

Gilardi, G., Garibaldi, A. & Gullino, M.L. 2007. Effect of Antagonistic *Fusarium* spp. and of Different Commercial Biofungicide Formulations on Fusarium Wilt of Lettuce. *Phytoparasitica*, 35(5), 457-465.

Gordon, T.R. & Koike, S.T. 2015. Management of Fusarium wilt of lettuce. *Crop Protection*, 73, 45-49.

Gothandapani, S., Boopalakrishnan, G., Prabhakaran, N., Chethana, B. S., Aravindhan, M., Saravanakumar, M. & Ganeshan, G. (2015). Evaluation of entomopathogenic fungus against *Alternaria porri* (Ellis) causing purple blotch disease of onion. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 48(2), 135-144.

Hao, Q., Albaghdady, D.M.D., Yannong Xiao, Y., Xueqiong Xiao, X., Chenmi Mo, C., Tian, T. & Wang, G. (2021). Endophytic *Metarhizium anisopliae* is a potential biocontrol agent against wheat Fusarium head blight caused by *Fusarium graminearum*. *Journal of Plant Pathology*, 103, 875-885.

Hubbard J.C. & Gerik J.S. (1993). A new wilt disease of lettuce incited by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucum* forma specialis nov. *Plant Disease*, 77, 750-754.

Karabörklü S., Altın, N. & Keskin, Y. (2019). Native Entomopathogenic fungi isolated from Düzce, Turkey and their virulence on the mealworm beetle *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae). *Philippines Agricultural Scientist*, 102(1), 82-89.

Matuo T. & Motohashi S. (1967). On *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* n.f. causing root rot of lettuce. *Transactions of the Mycological Society of Japan*, 8, 13-5.

Meyling, N.V., Arthur, S., Pedersen, K.E., Dhakal, S., Cedergreen, N. & Fredensborg, B.L., (2018). Implications of sequence and timing of exposure for synergy between the pyrethroid

- insecticide alpha-cypermethrin and the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Pest Management Science*, 74, 2488–2495.
- Nair, M.N., Simon, S. & Lal, A.A. (2021). Effect of *Metarhizium anisopliae* on *Rhizoctonia solani* and *Meloidogyne graminiicola* in Rice Seedlings. *Int.J.Curr.Microbiol.App.Sci.*, 10(03), 895-903.
- Paugh, K.R. & Gordon, T.R. (2020). The population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* in California and Arizona. *Plant disease*, 104,1811-1816.
- Rath, A.C. (2000). The use of entomopathogenic fungi for control of termites. *Biocontrol Science and Technology*, 10, 563-581.
- Ravindran, K., Chitra, S., Wilson, A. & Sivaramakrishnan, S. (2014). "Evaluation of antifungal activity of *Metarhizium anisopliae* against plant phytopathogenic fungi," in *Microbial Diversity and Biotechnology in Food Security* (New Delhi: Springer), 251–255.
- Roberti, R., Ghisellini, L. & Innocenti, G. (1993). Biological control of blackleg of beet (*Phoma betae*) by *Metarhizium anisopliae*. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 100(2), 203-210.
- Sarven, M.S., Hao, Q., Deng, J., Fang Yang, F., Wang, G., Xiao, Y. & Xiao, X. (2020). Biological Control of Tomato Gray Mold Caused by *Botrytis cinerea* with the Entomopathogenic Fungus *Metarhizium anisopliae*. *Pathogens*, 9(3),1-17.
- Sasan, R.K. (2012). The analysis of *Metarhizium robertsii* potential as endophytic plant root coloniser, plant growth enhancer and antagonist to bean root pathogen *Fusarium solani* f. sp. *phaseolis*. Brock Universty, Thesis of MSc, St. Catharines, Ontario
- Taylor, A., Jackson, A.C. & Clarkson, J.P. (2019). First Report of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lactucae* Race 4 Causing Lettuce Wilt in England and Ireland. *Plant Disease*, 103(5), 1033-1033.



Characterization and Antibacterial Activity of Green Copper Nanoparticles Synthesized by *Saponaria officinalis* L., a Plant with High Saponin Content

Hamdi Kamçı¹, Hasan Ufuk Celebioğlu², Recep Taş^{3*}

¹ Bartın University, Faculty of Science, Department of Biotechnology, Bartın, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9255-2125), hkamci@bartin.edu.tr

² Bartın University, Faculty of Science, Department of Biotechnology, Bartın, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9255-2125), hcelebioglu@bartin.edu.tr

^{3*} Bartın University, Faculty of Science, Department of Biotechnology, Bartın, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9255-2125), rtas@bartin.edu.tr

(First received 27 Ocak 2022 and in final form 31 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1063095)

ATIF/REFERENCE: Kamçı, H., Celebioğlu, H. U. & Taş, R. (2022). Characterization and Antibacterial Activity of Green Copper Nanoparticles Synthesized by *Saponaria officinalis* L., a Plant with High Saponin Content. *European Journal of Science and Technology*, (35), 341-348.

Abstract

Evaluation of antimicrobial metal ions and nanoparticles generally concludes that metallic nanoparticles are more stable and active than their metal ion counterparts from which they were synthesized. The antimicrobial effect of these metal ions and nanoparticles typically covers gram-positive, gram-negative bacteria along with fungi. And unlike antibiotics that target specific essential synthetic cellular pathways, antimicrobial actions of metallic nanoparticles are nonspecific. Due to this fact, NPs with antibacterial properties are foreseen as potential agents against stubborn bacterial infections that show multidrug resistance. In this work, we report copper nanoparticle (CuNP) synthesis through the green route, its' structural characterization, and evaluation of its' antibacterial properties. The source of a reducing agent selected was soapwort (*Saponaria officinalis* L.) root extracts known to be high in saponin content. The main aim of generating green nanoparticles from copper with *S. officinalis* root extracts was to combine the antibacterial effects of both CuNPs and bioactive phytochemicals from soapwort. Structural characterizations of the Green-CuNPs were performed through scanning electron microscopy (SEM), UV-Visible spectroscopy (UV-Vis), Fourier transform infrared spectrophotometer (FTIR), and X-ray diffraction (XRD) analyses. Green-CuNPs, probably coated with saponins and other active phytochemicals, were tested for their antimicrobial activities against two common bacteria (*Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*). The bulk of the generated NPs were pure nanocrystalline structures (XRD analysis) with an average diameter of 17 nm. FTIR analysis data has confirmed both CuNP formation and functionalization with aromatic hydrocarbon structures (possibly saponins). In the evaluation of antimicrobial properties, it was observed that NPs had weak to moderate but statistically significant antimicrobial effects against *E. coli* and *S. aureus* when used at high doses. Further diagnostics and experimentations may reveal the actual mechanisms of antimicrobial activity of Green-CuNPs synthesized with *S. officinalis*.

Keywords: CuNPs, *Saponaria officinalis*, Antibacterial, Green-synthesis.

Yüksek Saponin İçerikli *Saponaria officinalis* L. ile Sentezlenen Bakır Nanopartiküllerin Karakterizasyonu ve Antibakteriyel Aktivitesi

Öz

Antimikrobiyal metal iyonlarının ve nanoparçacıkların değerlendirilmesi genel olarak metalik nanoparçacıkların sentezlendikleri metal iyon karşılıklarından daha kararlı ve aktif olduğu sonucuna varır. Bu metal iyonlarının ve nanopartiküllerin antimikrobiyal etkisi genellikle mantarlarla birlikte gram pozitif, gram negatif bakterileri de kapsar. Ve spesifik temel hücresel yolları veya enzimleri hedefleyen antibiyotiklerin aksine, metalik nanopartiküllerin antimikrobiyal etkileri spesifik değildir. Bu nedenle antibakteriyel özelliklere sahip NP'ler, çoklu ilaç direnci gösteren inatçı bakteriyel enfeksiyonlara karşı potansiyel ajanlar olarak öngörülmektedir. Bu çalışmada, yeşil yoldan bakır nanoparçacık (CuNP) sentezini, yapısal karakterizasyonlarını ve antibakteriyel özelliklerinin değerlendirilmesini rapor ediyoruz. Seçilen indirgeyici ajanın kaynağı, saponin içeriği yüksek olduğu bilinen çöğür (*Saponaria officinalis* L.) kök özütleridir. *S. officinalis* kök ekstraktları ile bakırdan yeşil nanopartiküller üretmenin temel amacı, hem CuNP'lerin hem de sabun otundan elde edilen biyoaktif fitokimyasalların antibakteriyel etkilerini birleştirmektir. Bu amaçla sentezlenen Yeşil-CuNP'lerin yapısal karakterizasyonları, taramalı elektron mikroskobu (SEM), UV-Görünür spektroskopisi (UV-Vis), Fourier dönüşümlü kızılötesi spektrofotometre (FTIR) ve X-ışını kırınımı (XRD) analizleri yoluyla gerçekleştirilmiştir. Muhtemelen saponinler ve diğer

* Corresponding Author: rtas@bartin.edu.tr

aktif fitokimyasallarla kaplanmış olan Yeşil-CuNP'ler, iki yaygın bakteriye (*Escherichia coli* ve *Staphylococcus aureus*) karşı antimikrobiyal aktivitesi açısından test edilmiştir. Üretilen NP'nin büyük kısmı, ortalama çapı 17 nm olan saf nanokristal yapılarıdır (XRD analizi). FTIR analiz verileri, hem CuNP oluşumunu hem de aromatik hidrokarbon yapıları (muhtemelen saponinler) ile işlevselleşmeyi doğrulamıştır. Antimikrobiyal özelliklerin değerlendirilmesinde, NP'lerin yüksek dozlarda kullanıldığında *E. coli* ve *S. aureus*'a karşı zayıf ila orta ancak istatistiksel olarak anlamlı antimikrobiyal etkilere sahip olduğu gözlemlendi. Daha fazla teşhis ve deneyler, *S. officinalis* ile sentezlenen Green-CuNP'lerin antimikrobiyal aktivitesinin gerçek mekanizmalarını ortaya çıkarabilir.

Anahtar Kelimeler: CuNPs, *Saponaria officinalis*, Antibakteriyel, Yeşil-sentez.

1. Introduction

So far, no single accepted definition covers all the nanomaterials (Abdulazeem¹, Hussien², Al-Gburi³, & Jassani⁴, 2020). A European Commission definition addresses the issue from the size distribution perspective. In this definition, a mixture of particulate matter is categorized as a nanoparticle if at least half of the particles' size in one dimension is not more than 100 nm. Based on this view, the literature associated with this definition states the nanoscale as the range 1-100 nm (L. Wang, Hu, & Shao, 2017). In this context, only a few hundred atoms are held together in a single nanoparticle structure since the mean sizes of atoms and molecules fit into the 0.1 nm range, meaning that a few hundred ions from the solution can collapse together to form a nanoscale structure. There is another somewhat rough definition for nanomaterials; related literature mentions particulate matter as nanomaterials if at least one of the dimensions measures below (or equal to) the 100 nm range.

The size restriction to 100 nm and the structure being composed of several hundred atoms in an array pattern, ideally approximate the particle structure of nanomaterials to that of perfect crystal lattices at the supra-atomic level. Structural convergence of nanomaterials into these super crystalline forms might reveal the nano-level electronic, optical, physical, and kinetic properties otherwise masked as background noise in their bulky structures.

Along with their cost-effective synthesis being prominently eased through the green route, the versatile nature of nanoparticles being synthesized has potentiated their uses in many industrial, medical, environmental, and research areas; from the manufacture of novel nanomaterials (Velmurugan et al., 2014a) to self-cleaning surfaces and nano-catalysis (Hussain, Singh, Singh, Singh, & Singh, 2016; Mott, Galkowski, Wang, Luo, & Zhong, 2007) and even till nano diagnostics (Abdulazeem¹ et al., 2020).

Accelerating research in nanosciences in the last decade - from electronics to optics (Ananda Murthy, Abebe, C H, & Shantaveerayya, 2018a; Olajire, Ifediora, Bello, & Benson, 2018a; Shashanka, 2021) and the fight against intractable nosocomial infections (Aderibigbe, 2017; Iram et al., 2016; Sathyanarayanan, Balachandranath, Genji Srinivasulu, Kannaiyan, & Subbiahdoss, 2013) to antimicrobial (as well as anti-corrosive) nanosurface coatings on medical devices and implants (Beyth, Hourri-Haddad, Domb, Khan, & Hazan, 2015) as well as from nano-sensors to biosensors (Allaf & Hope-Weeks, 2014; Ananda Murthy, Abebe, C H, & Shantaveerayya, 2018b; Beyth et al., 2015; Murthy, Desalegn, Kassa, Abebe, & Assefa, 2020; Shah, Fawcett, Sharma, Tripathy, & Poinern, 2015; Shashanka, 2021)- made nanomaterials a joint scientific research topic. As a result, science extensively evaluates the value of nanoparticles used in medicine, biology, cosmetics, electronics, food industry, chemical industry, etc. (Virikutyte & Varma, 2011a)

When we shift our focus to a more confined set of nanomaterials, so to say metallic nanoparticles, we observe more

prominent optical, magnetic, electronic properties. The causative fact for the sudden appearance of these properties at the nanoscale is conceptualized within quantum confinement (Shashanka, 2021). As in the case of nanodots, material properties can be enhanced or altered with a change in nanoparticle size or atomic composition. In the case of metallic nanoparticles, as the size is confined (limited) to the quantum scale, electro-optic properties of these nanoparticles and hence excitation-emission patterns are also confined at this quantum level size. Compared to the bulk metallic mass, metallic nanoparticles holding a few crystal lattices exhibit clearer and wider band gaps of excitation-emission approximating a single metaloxide. Several crystal lattices combine into a single metallic nanoparticle unit, possessing an extremely high surface area to volume ratio. From the quantum confinement viewpoint, these crystal lattices are bound into a nanoparticle unit and express their distinct (electronic) excitation-emission patterns in harmony. From this perspective, metallic nanoparticles can be regarded as electronic nano-catalysts that can shuttle electrons to and from the surrounding (organic) milieu consequently catalysing ROS generation.

This perspective above, combined with the historical use of precious metals such as gold and silver for health problems, makes it possible for researchers to use nanoparticles for treating infectious diseases, preserving food, autocatalytic degradation of toxic chemicals, etc. Today, Ag, Au, Pt, Cu, Zn nanoparticles and their metal oxides are used for many purposes.

Synthesis of nanoparticles is another issue (is a factor of art and science in this decade) where synthesis is made through physical, chemical, and biological (green synthesis) methods. When producing nanoparticles through physical and chemical synthesis, comparably higher costs and generation of toxic end-products along with nanoparticles make these routes questionable. With these synthesis routes, it is also a reasonably challenging task to control the surface chemistry, size, and structure of nanoparticles synthesized (Gudikandula & Charya Maringanti, 2016; Taş, Köroğlu, & Çelebioğlu, 2021). Contrary to these two routes, a cheaper, environmentally friendly, and non-toxic synthesis method (the Green-NP synthesis) comes to the fore (Manikandan et al., 2017; Olajire et al., 2018a). Simply stated, green synthesis utilizes organic agents as reducing power for bonding metal ions into nanoparticles in a solution. During this process, particle size, shape, and active surface chemistry are directly affected by the composition of the biological extract used. And during this bottom-up type of synthesis, metal ions are reduced and capped into various dimensions and structures in the presence of active phytochemicals ranging from alkaloids, phenolic acids, polyphenols, terpenoids to sugars (Shah et al., 2015).

Nanoparticles produced through the green route (by reduction and capping with cellular components and metabolites) possess features from both nanomaterials' and phytochemicals' nature. And hence nanoparticles generated through the green route exhibit a plethora of properties; antibacterial (Beyth et al., 2015; Chinnappan et al., 2018; Desalegn, Murthy, Ravikumar, & Nagaswarupa, 2021; Gholami,

Azarbani, Hadi, & Murthy, 2021; Gudikandula & Charya Maringanti, 2016; Hussain et al., 2016; Tovar-Corona et al., 2018; Virkutyte & Varma, 2011a), antioxidant (Ananda Murthy et al., 2018a; Jayarambabu, Akshaykranth, Venkatappa Rao, Venkateswara Rao, & Rakesh Kumar, 2020; Shah et al., 2015), photo-catalytic and chemo-catalytic (Allaf & Hope-Weeks, 2014; Ananda Murthy et al., 2018a; Beyth et al., 2015; Hussain et al., 2016; Olajire et al., 2018a; Shah et al., 2015) properties.

These properties further potentiate nanoparticle use in diverse application areas such as drug delivery systems (Abdulazeem¹ et al., 2020; Shah et al., 2015; Velmurugan et al., 2014b), cosmetics, pharmaceuticals (Ananda Murthy et al., 2018a; Jayarambabu et al., 2020; Saranyaadevi, Subha, Ernest Ravindran, & Renganathan, 2014; Shah et al., 2015; Virkutyte & Varma, 2011b) and food industry (Beyth et al., 2015; Gholami et al., 2021; Hussain et al., 2016; Manikandan et al., 2017; Raghunath & Perumal, 2017; Velmurugan et al., 2014b)

Utilization of nanoparticles (NP) in medicine is still hot, especially in treating infectious diseases, where exceptional infectious agents with multidrug resistance phenotypes are emerging. As noted elsewhere in the text above, the antimicrobial effects of nanoparticles (especially metal oxides) are attractive solutions for such difficult-to-eradicate nosocomial infections (Abdulazeem¹ et al., 2020; Iram et al., 2016; Lee, Ko, & Hsueh, 2019a; Z. Wang et al., 2017). Current (non-nano particle type) antimicrobials exert their effects by interfering with the cell wall, protein synthesis, nucleic acid synthesis, or blocking any metabolic pathway (Beyth et al., 2015; Raghunath & Perumal, 2017; Tenover, 2006).

While the antibacterial action modes of nanoparticles are mentioned in scientific studies, the contact of nanoparticles with the cell wall and the formation of free radicals by nanoparticles at the contact points, and the subsequent local cell wall damage and DNA chain breaks due to these free radicals, DNA replication and DNA repair are all discussed issues (Abdulazeem¹ et al., 2020; Aderibigbe, 2017; Beyth et al., 2015). Unlike the mechanisms of action of antibiotics that target subcellular structures in specific ways, nanoparticles disrupt their subcellular targets mostly non-specifically and affect them through ROS generation and physically shreds or disjoint the structural integrity. And consequently, if the microorganism does not possess nanoparticle deactivating, modifying mechanisms (unlike their antimicrobial chemical inactivating enzymes), the organism may not develop resistance against the actions of nanoparticles (Abdulazeem¹ et al., 2020; Lee et al., 2019a; Raghunath & Perumal, 2017; Z. Wang et al., 2017) Nanoparticles, synthesized with active phytochemicals or with antibiotics or synthesized as standard (plain, bald) nanoparticles, hold the premise for the fight against stubborn microbial infections (Iram et al., 2016; Tenover, 2006).

Copper itself and its nanoparticle counterparts (Cu and CuO NPs) are known to be effective against both bacterial and fungal infections. CuNPs are in the metallic nanoparticles group and withhold the features like the high surface area to volume ratio, producing an almost complete set of reactive oxygenic species and possessing excellent catalytic yield. It is also cited that the antimicrobial activity of CuNPs is associated with metal ions released from nanoparticles (Jayarambabu et al., 2020). Its close interaction with microbial membranes further increases this antimicrobial action due to its small size and high surface area to volume ratio (Mott et al., 2007).

Besides these properties (stated above in the previous paragraph) and lower preparation costs, ease of accessibility to

different forms of Cu raw materials, and availability of different CuNP synthesis methods highlight Cu and CuO NPs use as prominent antimicrobial agents (Aderibigbe, 2017; Beyth et al., 2015; Lee, Ko, & Hsueh, 2019b; Olajire, Ifediora, Bello, & Benson, 2018b).

In this work, we have utilized *Saponaria officinalis* root extracts as reducing and capping agents for CuNP synthesis. *S. officinalis* plant parts are among the agents traditionally used in folk medicine. Roots of the plant have diuretic properties and are utilized for curing respiratory tract infections, bronchitis, gastrointestinal illnesses. While the leaves of *S. officinalis* are consumed as a tea against liver diseases, it is also used as an insect repellent by applying the leaf extracts to the skin among the folk. The most prominent active phytochemical of the plants' roots is saponins with ribosome function inhibition and with anticancer, antimicrobial and insect repellent effects (Chandra, Rawat, & Bhatt, 2021).

Here, we also want to draw attention to the use of *S. officinalis* root saponins as a stable foaming agent in the food industry, as we encountered this foaming phenomenon during nanoparticle synthesis (Jurado Gonzalez & Sørensen, 2020). Throughout the scope of the broad literature search we have done, to our knowledge, NP synthesis with *S. officinalis* extract has not been touched yet.

In this study, we evaluated whether the reduction of copper ions to CuNPs in the presence of *S. officinalis* extracts showed significant antibacterial effects against two common bacteria, *Escherichia coli* and *Staphylococcus aureus*. Since aqueous extracts of *S. officinalis* have been shown to have vigorous antimicrobial activity against many bacteria (Sengul et al., 2011), we aimed to see if both CuNPs and *S. officinalis* root extracts could have a combinatorial antibacterial effect.

2. Material and Method

2.1. Preparation of the Plant Extract

Commercially sold soapwort (*Saponaria officinalis* L.) roots, the Bartın region (Turkey) was collected. *Saponaria officinalis* L. roots were washed several times with distilled water to remove dust and soil debris and dry blotted on filter paper. After drying, the roots were cut into small pieces and placed in mortar for grinding. Root phytochemical extraction was made with 10 gr of powdered root in 100 ml of distilled water at ambient room temperature overnight on a magnetic stirrer (500 rpm). During sample preparation, the mixture was covered to prevent any possible photo-oxidation. In the end, the plant extract obtained was filtered, bott dry, and stored at 4 °C for later use.

2.2. Synthesis of Copper Nanoparticles

As described below, *S. officinalis* root extracts prepared then stored at four °C were used for CuNP synthesis. A 0.1 M 100 ml stock solution of Cu(NO₃)₂·3H₂O in distilled water (99.99%, Sigma-Aldrich) was used as a Cu⁺² ion source. A 10 ml of this Copper (II) nitrate solution was titrated into 100 ml of plant root extract (solution prepared from 10 gr of plant material) with a slow phase, in a dropwise manner while, the whole solution was mixed at 500 rpm on a magnetic stirrer. The development of Cu nanoparticles was maintained on the same setup on a magnetic stirrer for 24 hours at room temperature. The expected gradual color change as the indication of NP synthesis was observed during 24 hrs incubation period. Color development was recorded as a transition from light yellow to brown, as shown in Figure 1. At the end of 24 hours of NP synthesis, the whole sample was centrifuged at 8000 rpm for 20 minutes at room

temperature to harvest the nanoparticles. After the centrifugation step, the supernatant was gently poured out, and the pellet containing the nanoparticles was washed several times with distilled water. The CuNPs handled at the end of this process were dried in a vacuum oven at 70° C for 24 hours and finally stored in sterile tubes until later usage.

2.3. Characterization of Copper Nanoparticles

Cu nanoparticles generated with *Saponaria officinalis* L. root extracts were analyzed through UV–vis spectroscopy (THERMO Multiscaner Spectrophotometer), FTIR spectroscopy (Shimadzu Irtaffinity-1), SEM (TESCAN, MAIA3 XM), EDAX, and XRD (Rigaku, Smartlab) methods and characterized according to the protocols frequently cited in the literature (Rajaganesh et al., 2016)

2.4. Antibacterial Activity Tests

Broth Micro-dilution Assay was used to investigate antibacterial activities of the nanoparticles synthesized (Brandt et al., 2010). For this, frozen stocks (-20° C) of Gram-negative *Escherichia coli* and Gram-positive *Staphylococcus aureus* were inoculated into Nutrient Broth (NB) as starter cultures. Following culture development at 37°C for 24 hours, bacteria were inoculated into new media to achieve 0.5 McFarland Unit bacterial concentration. Bacterial product at 0.5 McFarland Unit bacterial concentration was utilized as the test bacterial stock solution. For testing the antibacterial effects of CuNPs, 200 µL microtiter plate wells were inoculated with 20 µL of test bacterial stock solution and 160 µL of NB. The final 20 µL empty volume of the microtiter plate was filled with varied (0-30 mM) concentrations of CuNPs dissolved in 50% DMSO. The final DMSO concentration of all preparations was around 5% maximum.

A negative control group was devised with only LB media without any bacterial inoculation to test any unintended microorganism contamination during the culture period. Also, another negative control group was devised for discriminating the NPs' effect, where LB media without NPs but with 5% DMSO was utilized.

Bacterial growths were measured through absorbance values at 600 nm (optical densities at 600 nm; OD₆₀₀). Measurements were made with the micro-plate reader (Thermo Scientific™ Multiskan™ GO Microplate Spectrophotometer) at culture start (hour zero) and after 24 hours. A comparison of the effects of NPs was made by evaluating OD₆₀₀ growth score measurements. Comparisons of OD₆₀₀ scores from NP administration groups and OD₆₀₀ scores from negative control groups with only LB and DMSO were used to measure the antibacterial effects of CuNPs. Based on these measurements, bacterial growth inhibitions were stated as the percentages of recorded optical densities concerning the negative controls (bacterial growths of negative control groups were taken as 100%).

2.5. Statistical Analysis

Statistical analysis of antibacterial tests was performed through one-way ANOVA or Students' t-test. Observed score differences that fit into probabilities below 0.05 (p<0.05) were considered statistically significant.

3. Results and Discussion

3.1. UV–Visible Absorbance Spectrum of NPs Generated

UV-Vis spectrum of CuNPs synthesized by the green synthesis method from *Saponaria officinalis* L. is shown in Figure 1. Synthesis of the nanoparticles (CuNPs) was confirmed by UV-visible spectrum and surface plasmon resonance analysis. UV-

visible absorbance spectrum scanning performed between 200 and 800 nm revealed an absorption maximum at 555 nm (Figure 1). This absorbance is consistent with the literature cited CuNPs particles obtained by similar methods (Lv et al., 2018). Absorbance value at 555 nm was related to the $\pi \rightarrow \pi^*$ transitions of CuNPs.

3.2. Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) Analysis of NPs Generated

FTIR analysis performed to characterize the surface structure of CuNP is shown in Figure 2. The numbered pits in the graph seen are the percent depressions in infrared transmission. These depressions are signs of intra-atomic bond vibrations triggered at the infrared range. At the fingerprint region of the infrared spectrum (below 1500 cm⁻¹ frequency), transmission depression at 864 cm⁻¹ infrared vibration refers to Cu-Cu bond length that confirms the formation of CuNPs. At higher IR vibration frequencies, transmission depression at 1434 cm⁻¹ is cited as C=C bond stretches. And at 1692 cm⁻¹ vibration frequency, transmission depression refers to C=O bond stretches. And also, at 2329 cm⁻¹, IR vibration frequency transmission depression refers to C-N bond stretches. These three transmission depressions at the aforementioned vibration frequencies are signs of aromatic amines. In scientific literature, similar IR transmission depression patterns are cited as indications of flavonoids, terpenoids, and polyphenols in structure (Saranyaadevi et al., 2014; Velmurugan et al., 2014b)

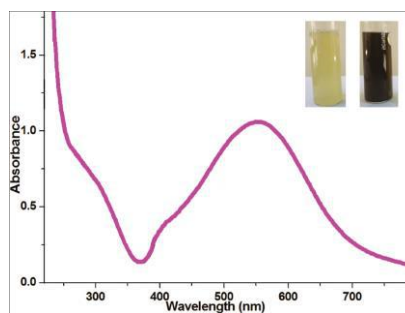


Figure 1: UV-visible spectrum data of CuNPs synthesized with *Saponaria officinalis* L. extract

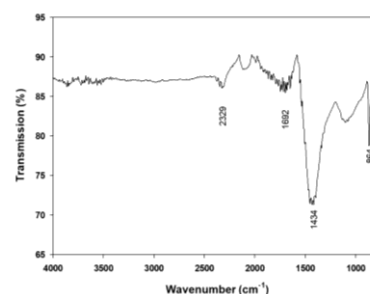


Figure 2: FTIR spectra of CuNPs synthesized with *Saponaria officinalis* L. Extract

3.3. XRD Analysis of NPs Generated

XRD is considered as an essential key tool for evaluating the crystallinity of nanoparticles synthesized and the presence of tertiary structures at molecular levels. XRD patterns of CuNPs biosynthesized with *Saponaria officinalis* L. are shown in Figure 3. Distinct crystal phases observed in CuNP by X-ray diffraction pattern belong to the metallic Cu structures. X-ray diffraction patterns of CuNP were obtained in the $2\theta = 20-80$

angle range. Diffraction peaks were observed at 32.43°, 35.48°, 44.15°, 51.84°, 56.51°, 61.29°, and 64.64° (Figure 3). Diffraction peaks at 2θ of 35.48°, 44.15°, and 51.84° correspond to the (002), (111) and (200) planes, respectively. These findings confirm the formation of single-phase CuNP in the fcc crystal structure. In addition, the crystal structures of the nanoparticles we obtained are in harmony with the crystal structures of the nanoparticles obtained similarly in the literature (Nasrollahzadeh, Sajadi, & Hatamifard, 2016; Valodkar et al., 2012). In addition, all peaks comply with JCPDF Card No: 01-089-5899. The asterisk sign (*) assigned peaks at 32.43°, 56.51°, 61.29°, and 64.64° in the graph are unidentified peaks. These unidentified peaks may be due to surface docking of biomolecules from *Saponaria officinalis* L. extract. Crystal size measurement for synthesized CuNPs was calculated using the Debye-Scherrer equation (Equation 1) (Aladpoosh & Montazer, 2015). The average crystal size of CuNPs was estimated to be approximately 17.81 nm according to the Debye-Scherrer formula

$$D = \frac{K \lambda}{\beta \cdot \cos \theta} \quad (1)$$

D: crystal size,
 K: Debye Scherrer constant (0.94),
 λ: Cu-Kα radiation (1.54 Å),
 β: half-length width of maximum peak (FWHM),
 θ: it is the Bragg angle value obtained from the 2θ value of the maximum peak in the XRD diffraction pattern.

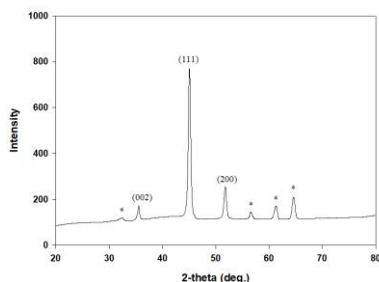


Figure 3: XRD patterns for CuNPs biosynthesized with *Saponaria officinalis* L.

3.4. Scanning Electron Microscopy (SEM) Study of CuNPs

SEM images of CuNPs obtained from *Saponaria officinalis* L. extract with green synthesis method are given in Figure 4. SEM images show that the particles possess variances in diameters and sizes. It has been determined that the shapes of CuNP are spherical, and particle sizes fit well below 100 nm. Elemental analysis of Cu nanoparticles was performed using energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX). Figure 4 shows

the EDX image of Cu nanoparticles prepared by *Saponaria officinalis* L. extract. The synthesized nanoparticles' EDX spectrum shows strong signals belonging to elemental copper and confirms the presence of copper in nanof orm. This indicates that the prepared CuNPs contain only metallic copper, not any other form of copper. Also, the EDX spectrum clearly shows that CuNPs are in crystalline form. Typically the stoichiometric mass percentage of Cu and O in CuO is 50.57% and 16.86%, respectively. But with our prepared nanoparticles, Cu content revealed is approximately 50.5%, whereas the remaining 49.5% are organic molecules composed of carbon and oxygen. This stoichiometry based on weight percent also signs phytochemicals that surround the nanoparticles.

3.5. Antibacterial activity of CuNPs

In the test of the antibacterial effects of CuNPs biosynthesized with *Saponaria officinalis* L. aqueous root extracts, an increase in antibacterial effect was observed with the rise of applied NP concentration. Antibacterial tests against the common bacterium *E. coli* showed that gradual increase in the concentration of applied CuNP yielded 13% inhibition (OD₆₀₀ absorbance score comparisons) in bacterial growth at maximum (Figure 5A). The maximum CuNP concentration used in the experimental setup was 2500 µg/mL where we observed the most bacterial growth inhibition. OD₆₀₀ score at this concentration significantly differentiates from the rest of the application and positive control groups (Turkey's test p<0,05/ Figure 5.A).

Like the antibacterial scores seen with *E. coli* tests, a gradual increase in CuNP concentration against *Staphylococcus aureus* showed enhanced depression in bacterial growth. Antibacterial activity scores measured were 13% and 16% at CuNP concentrations of 1250 µg/mL and 2500 µg/mL respectively (Figure 5B). Both 1250 µg/mL and 2500 µg/mL applications were significantly different from the rest of the application groups (Turkey's test p<0,05/ Figure 5.B).

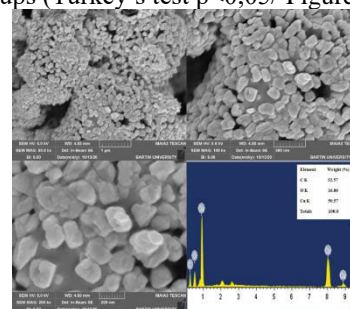


Figure 4: SEM graph of CuNPs biosynthesized using the *Saponaria officinalis* L. extract, and EDS spectrum showing the chemical composition of nanoparticles

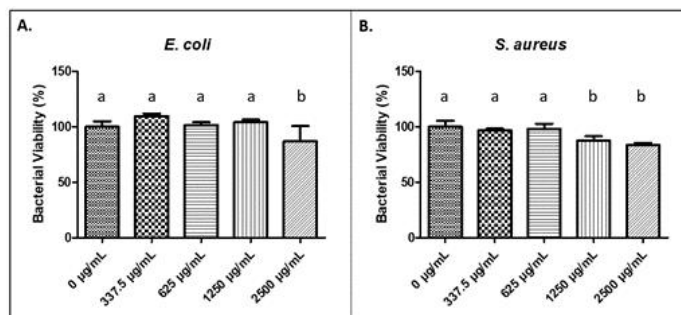


Figure 5. Anti-bacterial activity of Green-CuNPs against (A) *E. coli* and (B) *S. aureus*. Different lower-case letters indicate p<0.05, according to Tukey's test.

4. Conclusions and Recommendations

CuNPs synthesized through the green route exhibit antibacterial properties against a plethora of microbes (Ananda Murthy et al., 2018a; Gholami et al., 2021; Jayarambabu et al., 2020; Kaur, Thakur, & Chaudhury, 2016; Lv et al., 2018; Tovar-Corona et al., 2018). These antibacterial properties of Green-NPs can be further potentiated in combination with different plant extracts. In this sense, we are all aware of the (rich) parental legacy of folk remedies, which is passed down from old to young.

Copper ions are long known to have natural antibacterial and antimycotic effects in a dose-dependent manner. Elevating concentration to achieve a therapeutic effect is usually not suitable since the gap between toxic and therapeutic doses is so narrow and changes from one patient to another. To get around this problem, CuNPs synthesized through the green route with *Saponaria officinalis* root extracts can be utilized. Our scientific approach was to question the combinatorial antibacterial effect of Cu and *Saponaria officinalis* root extracts. So Green-CuNPs that deliver sub-toxic doses of Cu ions were utilized as antibacterial agents.

Antibacterial activities of the Green NPs can be attributed back to both metallic ions liberated from the nanoparticles and the presence of both redox states (in our case, Cupric and Cuprous states) within the nanoparticles. Nucleation and capping with various phytochemicals may generate distinct zones of redox centers in a nanoparticle unit (Jayarambabu et al., 2020). Possible antibacterial factors of green NPs can be discussed under four headings; (1) higher catalytic activities at the nanoscale combined with higher nano-kinetics, (2) release of metallic ions while in interaction, (3) holding a range of redox states in each NP units or NP mixture, and (4) antimicrobial phytochemical coatings borrowed from plant extracts. Due to such properties, Green-NPs continuously generate reactive oxygenic species and damage bacterial cell walls, proteins, DNA (Lv et al., 2018), etc.

CuNPs synthesized in our study through the green route with *Saponaria officinalis* L. root extracts were analyzed first with a UV-Visible spectrophotometer. The color transition of the reaction mixture from dirty-yellow to dark brown and the maximum peak absorbance value at 555 nm were regarded as the signature of reducing metal ions into CuNPs (Figure 1).

To detect the functional groups on the Green-CuNPs surface, we have focused on excitation frequencies spanning from 3000 to 1500 cm⁻¹ in the FTIR spectrum scan (Figure 2). The transmission depression pits around 1600 cm⁻¹ are usually denoted as aromatic hydrocarbons in the scientific literature. In our study, these regions can be annotated as the surface saponin content of the NPs. Also, in the fingerprint region, transmission depression pit around 864 cm⁻¹ excitation frequency is literature cited as CuNP presence.

In the XRD analysis graph, the diffraction peaks formed in the 2θ scan (from 20 to 80 degrees) yielded a bulk peak (111) at 44.15°. This peak is indicative of the bulk crystal Cu structures residing in the core of CuNP generated. The unidentified peaks tagged with asterisks (*) may be attributed to the follow-up leftover saponin foams or crystals from the initial synthesis step. The average size calculation from the XRD data revealed an approximate NP size of 17 nm.

SEM image analysis of the nanoparticles shows that the particles generated were non-uniform crystalline structures,

while EDS spectrum analysis revealed that the typical compositions were Cu but not CuO.

Throughout these analyses, we can conclude that the generation of CuNP using *Saponaria officinalis* L. root extract was successful, as evident from SEM, EDS, XRD, FTIR, and UV-Vis Spectra analysis.

The bactericidal effects of the NP generated were scored in terms of depression in growth and measured as optical density scores of bacterial growths. Different concentrations of CuNP applications introduced meaningful differences as bacterial growth inhibitions ranging from 10 to 15% growth depression. The resulting bactericidal effects are surprisingly low compared to similar reports (Raffi et al., 2010). Depending on the experimental data we have shared, we can conclude that we have in hand CuNPs functionalized with saponins. And saponins are regarded as antioxidant molecules. As we expect that the bactericidal effects of metallic nanoparticles are through the generation of a plethora of ROS agents, and saponins are antioxidant molecules in their nature, antioxidant saponins on the outer shell might counteract the ROS generated by the CuNP core. This scenario can explain why Green CuNPs synthesized in our work showed lower bactericidal effects than similar scientific reports. Controversially, the pronounced antibacterial effects seen at high CuNP applications can be attributed to eradicating bacterial membrane potential due to the extreme saponin load moved to bacterial surfaces through NPS.

Saponaria officinalis root extracts are already known in folk and used in many health issues and food preparations. The strong foamification in any preparations using *Saponaria officinalis* extracts is prominent. It should be diagnosed in another study if this saponification (also seen in our experimental setup during NP synthesis) is interfering with the complex formation between bioactive phytochemicals (other than saponins) and NPs.

As a result, we can conclude that CuNPs successfully synthesized with *Saponaria officinalis* root extracts showed moderate to low antibacterial activities against the two common bacteria, namely *E. coli*, and *S. aureus*. Further studies can diagnose the mechanisms behind this unexpectedly low antibacterial activity. We may shed light on why some combinations of bioactive phytochemicals and NPs are far more effective in eradicating microbial growth and hence infection.

5. Acknowledge

This study was partly supported by Bartın University

References

- Abdulazeem¹, L., Hussien², M. D., Al-Gburi³, N. M., & Jassani⁴, M. J. Al. (2020). A Minireview: Nanomaterial as Antimicrobial Agents. *European Journal of Molecular & Clinical Medicine*, 7(11), 2020.
- Aderibigbe, B. A. (2017). Metal-based nanoparticles for the treatment of infectious diseases. *Molecules*, 22(8). <https://doi.org/10.3390/molecules22081370>
- Aladpoosh, R., & Montazer, M. (2015). The role of cellulosic chains of cotton in biosynthesis of ZnO nanorods producing multifunctional properties: Mechanism, characterizations and features. *Carbohydrate Polymers*, 126, 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2015.03.036>
- Allaf, R. M., & Hope-Weeks, L. J. (2014). Synthesis of ZnO-CuO nanocomposite Aerogels by the sol-gel route. *Journal of Nanomaterials*, 2014(Ii). <https://doi.org/10.1155/2014/491817>

- Ananda Murthy, H. C., Abebe, B., C H, P., & Shantaveerayya, K. (2018a). A Review on Green Synthesis and Applications of Cu and CuO Nanoparticles. *Material Science Research India*, 15(3), 279–295. <https://doi.org/10.13005/msri/150311>
- Ananda Murthy, H. C., Abebe, B., C H, P., & Shantaveerayya, K. (2018b). A Review on Green Synthesis and Applications of Cu and CuO Nanoparticles. *Material Science Research India*, 15(3), 279–295. <https://doi.org/10.13005/msri/150311>
- Beyth, N., Hourri-Haddad, Y., Domb, A., Khan, W., & Hazan, R. (2015). Alternative antimicrobial approach: Nano-antimicrobial materials. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. Hindawi Publishing Corporation. <https://doi.org/10.1155/2015/246012>
- Chandra, S., Rawat, D. S., & Bhatt, A. (2021). Phytochemistry and pharmacological activities of *Saponaria officinalis* L.: A review. *Notulae Scientia Biologicae*, 13(1), 1–13. <https://doi.org/10.15835/nsb13110809>
- Chinnappan, S., Kandasamy, S., Arumugam, S., Seralathan, K. K., Thangaswamy, S., & Muthusamy, G. (2018). Biomimetic synthesis of silver nanoparticles using flower extract of *Bauhinia purpurea* and its antibacterial activity against clinical pathogens. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(1), 963–969. <https://doi.org/10.1007/s11356-017-0841-1>
- Desalegn, T., Murthy, H. C. A., Ravikumar, C. R., & Nagaswarupa, H. P. (2021). Green Synthesis of CuO Nanostructures using *Syzygium guineense* (Willd.) DC Plant Leaf Extract and Their Applications. *Journal of Nanostructures*, 11(1), 81–94. <https://doi.org/10.22052/JNS.2021.01.010>
- Gholami, M., Azarbani, F., Hadi, F., & Murthy, H. C. A. (2021). Eco-friendly synthesis of copper nanoparticles using *Mentha pulegium* leaf extract: characterisation, antibacterial and cytotoxic activities. *Materials Technology*, 00(00), 1–9. <https://doi.org/10.1080/10667857.2021.1959214>
- Gudikandula, K., & Charya Maringanti, S. (2016). Synthesis of silver nanoparticles by chemical and biological methods and their antimicrobial properties. *Journal of Experimental Nanoscience*, 11(9), 714–721. <https://doi.org/10.1080/17458080.2016.1139196>
- Hussain, I., Singh, N. B., Singh, A., Singh, H., & Singh, S. C. (2016). Green synthesis of nanoparticles and its potential application. *Biotechnology Letters*, 38(4), 545–560. <https://doi.org/10.1007/s10529-015-2026-7>
- Iram, S., Khan, J. A., Aman, N., Nadhman, A., Zulfiqar, Z., & Yameen, M. A. (2016). Enhancing the anti-enterococci activity of different antibiotics by combining with metal oxide nanoparticles. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 9(3). <https://doi.org/10.5812/jjm.31302>
- Jayarambabu, N., Akshaykranth, A., Venkatappa Rao, T., Venkateswara Rao, K., & Rakesh Kumar, R. (2020). Green synthesis of Cu nanoparticles using *Curcuma longa* extract and their application in antimicrobial activity. *Materials Letters*, 259. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.126813>
- Jurado Gonzalez, P., & Sørensen, P. M. (2020). Characterization of saponin foam from *Saponaria officinalis* for food applications. *Food Hydrocolloids*, 101(August 2019). <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105541>
- Kaur, P., Thakur, R., & Chaudhury, A. (2016). Biogenesis of copper nanoparticles using peel extract of *Punica granatum* and their antimicrobial activity against opportunistic pathogens. *Green Chemistry Letters and Reviews*, 9(1), 33–38. <https://doi.org/10.1080/17518253.2016.1141238>
- Lee, N. Y., Ko, W. C., & Hsueh, P. R. (2019a). Nanoparticles in the treatment of infections caused by multidrug-resistant organisms. *Frontiers in Pharmacology*, 10(October). <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01153>
- Lee, N. Y., Ko, W. C., & Hsueh, P. R. (2019b). Nanoparticles in the treatment of infections caused by multidrug-resistant organisms. *Frontiers in Pharmacology*, 10(October), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01153>
- Lv, Q., Zhang, B., Xing, X., Zhao, Y., Cai, R., Wang, W., & Gu, Q. (2018). Biosynthesis of copper nanoparticles using *Shewanella loihica* PV-4 with antibacterial activity: Novel approach and mechanisms investigation. *Journal of Hazardous Materials*, 347, 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.12.070>
- Manikandan, V., Velmurugan, P., Park, J. H., Chang, W. S., Park, Y. J., Jayanthi, P., ... Oh, B. T. (2017). Green synthesis of silver oxide nanoparticles and its antibacterial activity against dental pathogens. *3 Biotech*, 7(1), 1–9. <https://doi.org/10.1007/s13205-017-0670-4>
- Mott, D., Galkowski, J., Wang, L., Luo, J., & Zhong, C. J. (2007). Synthesis of size-controlled and shaped copper nanoparticles. *Langmuir*, 23(10), 5740–5745. <https://doi.org/10.1021/la0635092>
- Murthy, H. C. A., Desalegn, T., Kassa, M., Abebe, B., & Assefa, T. (2020). Synthesis of Green Copper Nanoparticles Using Medicinal Plant *Hagenia abyssinica* (Brace) JF. Gmel. Leaf Extract: Antimicrobial Properties. *Journal of Nanomaterials*, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/3924081>
- Olajire, A. A., Ifediora, N. F., Bello, M. D., & Benson, N. U. (2018a). Green Synthesis of Copper Nanoparticles Using *Alchornea laxiflora* Leaf Extract and Their Catalytic Application for Oxidative Desulphurization of Model Oil. *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A: Science*, 42(4), 1935–1946. <https://doi.org/10.1007/s40995-017-0404-9>
- Olajire, A. A., Ifediora, N. F., Bello, M. D., & Benson, N. U. (2018b). Green Synthesis of Copper Nanoparticles Using *Alchornea laxiflora* Leaf Extract and Their Catalytic Application for Oxidative Desulphurization of Model Oil. *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A: Science*, 42(4), 1935–1946. <https://doi.org/10.1007/s40995-017-0404-9>
- Raffi, M., Mehrwan, S., Bhatti, T. M., Akhter, J. I., Hameed, A., Yawar, W., & Ul Hasan, M. M. (2010). Investigations into the antibacterial behavior of copper nanoparticles against *Escherichia coli*. *Annals of Microbiology*, 60(1), 75–80. <https://doi.org/10.1007/s13213-010-0015-6>
- Raghunath, A., & Perumal, E. (2017). Metal oxide nanoparticles as antimicrobial agents: a promise for the future. *International Journal of Antimicrobial Agents*, 49(2), 137–152. <https://doi.org/10.1016/j.ijantimicag.2016.11.011>
- Rajaganesh, R., Murugan, K., Panneerselvam, C., Jayashanthini, S., Aziz, A. T., Roni, M., ... Benelli, G. (2016). Fern-synthesized silver nanocrystals: Towards a new class of mosquito oviposition deterrents? *Research in Veterinary Science*, 109, 40–51. <https://doi.org/10.1016/j.rvsc.2016.09.012>
- Saranyaadevi, K., Subha, V., Ernest Ravindran, R. S., & Renganathan, S. (2014). Synthesis and characterization of copper nanoparticle using *capparis zeylanica* leaf extract. *International Journal of ChemTech Research*, 6(10), 4533–4541.
- Sathyanarayanan, M. B., Balachandranath, R., Genji Srinivasulu,

- Y., Kannaiyan, S. K., & Subbiahdoss, G. (2013). The Effect of Gold and Iron-Oxide Nanoparticles on Biofilm-Forming Pathogens. *ISRN Microbiology*, 2013, 1–5. <https://doi.org/10.1155/2013/272086>
- Sengul, M., Ercisli, S., Yildiz, H., Gungor, N., Kavaz, A., & Çetina, B. (2011). Antioxidant, antimicrobial activity and total phenolic content within the aerial parts of artemisia absinthum, artemisia santonicum and *Saponaria officinalis*. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 10(1), 49–56. <https://doi.org/10.22037/ijpr.2010.877>
- Shah, M., Fawcett, D., Sharma, S., Tripathy, S. K., & Poinern, G. E. J. (2015). *Green synthesis of metallic nanoparticles via biological entities*. *Materials* (Vol. 8). <https://doi.org/10.3390/ma8115377>
- Shashanka, R. (2021). Investigation of optical and thermal properties of CuO and ZnO nanoparticles prepared by Crocus Sativus (Saffron) flower extract. *Journal of the Iranian Chemical Society*, 18(2), 415–427. <https://doi.org/10.1007/s13738-020-02037-3>
- Taş, R., Köroğlu, E., & Çelebioğlu, H. U. (2021). Green Synthesis of Nickel Nanoparticles Using Peumus Boldus Koch. Extract and Antibacterial Activity. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 5(2), 2–5. <https://doi.org/10.46460/ijiea.929625>
- Tenover, F. C. (2006). Mechanisms of Antimicrobial Resistance in Bacteria. *American Journal of Medicine*, 119(6 SUPPL. 1). <https://doi.org/10.1016/j.amjmed.2006.03.011>
- Tovar-Corona, A., Lobo-Sánchez, M. A., Herrera-Perez, J. L., Zanella, R., Rodriguez-Mora, J. I., & Vázquez-Cuchillo, O. (2018). Green synthesis of copper (0) nanoparticles with cyanidine-O-3-glucoside and its strong antimicrobial activity. *Materials Letters*, 211, 266–269. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2017.10.020>
- Velmurugan, P., Anbalagan, K., Manosathyadevan, M., Lee, K. J., Cho, M., Lee, S. M., ... Oh, B. T. (2014a). Green synthesis of silver and gold nanoparticles using Zingiber officinale root extract and antibacterial activity of silver nanoparticles against food pathogens. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 37(10), 1935–1943. <https://doi.org/10.1007/s00449-014-1169-6>
- Velmurugan, P., Anbalagan, K., Manosathyadevan, M., Lee, K. J., Cho, M., Lee, S. M., ... Oh, B. T. (2014b). Green synthesis of silver and gold nanoparticles using Zingiber officinale root extract and antibacterial activity of silver nanoparticles against food pathogens. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 37(10), 1935–1943. <https://doi.org/10.1007/s00449-014-1169-6>
- Virkutyte, J., & Varma, R. S. (2011a). Green synthesis of metal nanoparticles: Biodegradable polymers and enzymes in stabilization and surface functionalization. *Chemical Science*, 2(5), 837–846. <https://doi.org/10.1039/c0sc00338g>
- Virkutyte, J., & Varma, R. S. (2011b). Green synthesis of metal nanoparticles: Biodegradable polymers and enzymes in stabilization and surface functionalization. *Chemical Science*. <https://doi.org/10.1039/c0sc00338g>
- Wang, L., Hu, C., & Shao, L. (2017, February 14). The antimicrobial activity of nanoparticles: Present situation and prospects for the future. *International Journal of Nanomedicine*. Dove Medical Press Ltd. <https://doi.org/10.2147/IJN.S121956>
- Wang, Z., Wang, Z., Lu, W. W., Zhen, W., Yang, D., & Peng, S. (2017). Novel biomaterial strategies for controlled growth factor delivery for biomedical applications. *NPG Asia*
- Materials*, 9(10), <https://doi.org/10.1038/am.2017.171> e435-17.



Agresif Kür Ortamının Beton-Donatı Aderansına Etkisinin İncelenmesi

Ramazan Yavuz^{1*}, Osman Günaydın², Kadir Güçlüer³

^{1*} Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adıyaman, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-7069-3231), reymyavuz@gmail.com

²Adıyaman Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Adıyaman, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7559-5684), gunaydin@adiyaman.edu.tr

³Adıyaman Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, İnşaat Bölümü, Adıyaman, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7617-198X), kgucluer@adiyaman.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 18 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 31 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1075676)

ATIF/REFERENCE: Yavuz, R., Günaydın, O., Güçlüer, K. (2022). Agresif Kür Ortamının Beton-Donatı Aderansına Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 349-354.

Öz

Betondaki çelik donatının klorür kaynaklı korozyona uğraması sonucu betonarme yapıda meydana gelen hasar, yapının uzun süreli dayanımı için ciddi bir endişe kaynağıdır. Beton içerisindeki bu çelik donatıyı korozyona karşı korumak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Bu çalışmada donatı korozyonundan korunma yöntemi olarak korozyon inhibitörü kullanılmıştır. Kullanılan korozyon inhibitörünün donatı korozyonuna ve beton-donatı aderansına etkisi araştırılmıştır. Çalışmada 15×15×15cm boyutlarında donatılı küp beton numuneleri kullanılmıştır. Beton karışımında çimentonun ağırlıkça %1'i oranında kalsiyum nitrat esaslı korozyon inhibitörünün kullanıldığı numunelere, deniz suyu baz alınarak hazırlanan tuzlu su kürü çözeltisinde 7, 28, 90 ve 180 gün olmak üzere dört farklı kür süresi uygulanmıştır. Hazırlanan numuneler üzerinde yarı hücre potansiyeli ve çekme-çıkarma deneyleri yapılmıştır. Yarı hücre potansiyeli deneyi numunelerde oluşan korozyon aktivitelerini çekme-çıkarma deneyi ise numunelerdeki aderans dayanımlarını belirlemek amacı ile yapılmıştır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda inhibitör kullanılan numunelerdeki korozyon oluşumunun inhibitör kullanılmayan numunelere göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca inhibitör kullanılan numunelerdeki aderans dayanımlarının inhibitör kullanılmayan numunelere göre arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Korozyon, Aderans, İnhibitör, Yarı Hücre Potansiyeli

An Investigation of the Effect of Aggressive Curing Environment on Concrete-Steel Adherence

Abstract

The damage to the reinforced concrete structure caused by chloride-induced corrosion of the steel reinforcement in the concrete is a major worry for the structure's long-term durability. Several ways for protecting this steel reinforcement in concrete against corrosion have been devised. Corrosion inhibitors were utilized in this investigation to prevent against reinforcement corrosion. The corrosion inhibitor's influence on reinforcement corrosion and concrete-reinforcement adhesion was studied. In the study, reinforced cube concrete samples with dimensions of 15×15×15 cm were employed. Four different curing times, 7, 28, 90, and 180 days, were applied to the samples in the brine curing solution generated from sea water, with 1% by weight of calcium nitrate-based corrosion inhibitor employed in the concrete mixture. On the prepared materials, half-cell potential and pull-extraction experiments were carried out. The half-cell potential test was used to measure the corrosion activities in the samples, and the tensile-extraction test was used to determine the samples' adhesion strength. As a consequence of the experiments, it was discovered that the corrosion formation in the samples containing inhibitor was lower than in the samples containing no inhibitor. Furthermore, it was discovered that the adhesion strength of samples including inhibitors was greater than that of samples containing no inhibitors.

Keywords: Corrosion, Adherence, Inhibitor, Half Cell Potential

* Sorumlu Yazar: reymyavuz@gmail.com

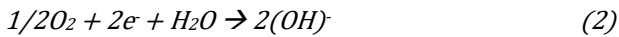
1. Giriş

Dünyada en sık kullanılan yapı malzemelerinden biri betonarmedir. Betonarme yapı malzemesinde çelik donatı ile beton birlikte kullanılarak betonun düşük çekme dayanımının çelik donatılarla güçlendirilmesi amaçlanır. Bu güçlendirme işlemi çekme gerilmeleri etkisi altındaki betonun çatlamasını ve kırılmasını önlemek amacıyla çekme gerilmelerinin meydana geldiği yerlere çelik donatılar yerleştirilerek uygulanır. Çelik donatı ve beton arasındaki aderans iyi olduğunda, bu iki malzeme tek bir malzeme davranışı gösterir (Boğa, 2005). Betonda kullanılan donatı çeliğinin hem fiziksel hem de kimyasal açıdan beton örtüsüyle korunabilmesi, betonarme yapı elemanlarının dayanıklılığı ve hizmet verdiği süre boyunca oldukça önemlidir. Fiziksel açıdan bakıldığında, çelik donatı, yoğun ve nispeten geçirimsiz beton örtü sayesinde karbondioksit, nem ve klorür iyonları gibi agresif maddelerin erişimi önlenerek korunabilmektedir. Kimyasal açıdan incelendiğinde ise beton örtü tabakası, çimentonun hidratasyonu ile oluşan yüksek alkali bir özelliğinden dolayı çelik donatı yüzeyinde oluşan pasif bir oksit film tabakası oluşturarak çelik donatıyı korozyona karşı koruyabilir (Zhang, 2021). Fakat yetersiz beton örtü kalınlığı veya agresif olan çevresel koşullar, donatı çeliğinin korozyona uğramasına neden olur. Oluşan korozyon nedeniyle çelik donatının kesit alanı küçülür ve aynı zamanda oluşan çukurlaşma etkisinin bir sonucu olarak, donatının sünekliği ve aderans özellikleri olumsuz yönde etkilenir (Özolt vd., 2014).

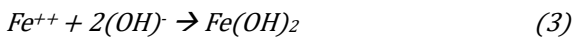
Beton-donatı kesit alanındaki değişim klorüre maruz kalan ortamlarda korozyon davranışı üzerinde özel bir etkiye sahiptir. Birkaç belirgin örnek vermek gerekirse, bazı koşullar altında gözenekler, boşluklar ve çatlakların klorür kaynaklı korozyonun başlamasını etkilediği gözlemlenmiştir (Angst vd., 2017). Beton içerisinde başlayacak olan bu çelik donatı korozyonu elektrokimyasal bir süreçtir. Korozyona uğrayan çelik donatı yüzeyi, anodik ve katodik reaksiyonların gerçekleştiği çelik gövdenin aracılığıyla elektriksel olarak bağlanan hem katodik hem de anodik bölgelerden oluşan karışık bir elektrot görevi görür. Anot ve katotta meydana gelen reaksiyonlara genel olarak “yarım hücre reaksiyonları” denilmektedir. Anottaki reaksiyon, metalin kaybolması veya çözünmesiyle sonuçlanan bir oksidasyon reaksiyonu iken, katottaki reaksiyon, çözünmüş oksijeni azaltarak hidroksil iyonlarının oluşumuyla sonuçlanan bir indirgeme reaksiyonudur. Demir (Fe) atomları elektronlarını kaybeder (Denklem 1) ve çevredeki alana demir iyonları (Fe^{2+}) olarak hareket eder (H.-S. Lee vd., 2018; Li vd., 2021; Prasanna Chinthala, 2018).



Katodik işlemde, donatıyla beraber katoda aktarılan elektronlar oksijen ve suyla bir araya gelerek (Denklem 2) hidroksit iyonlarını oluşturur.

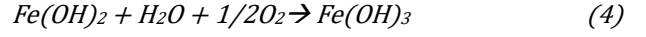


Anottan çözeltiye taşınan demir iyonları, demir hidroksiti oluşturmak için hidroksit iyonları ile reaksiyona girerler (Denklem 3).

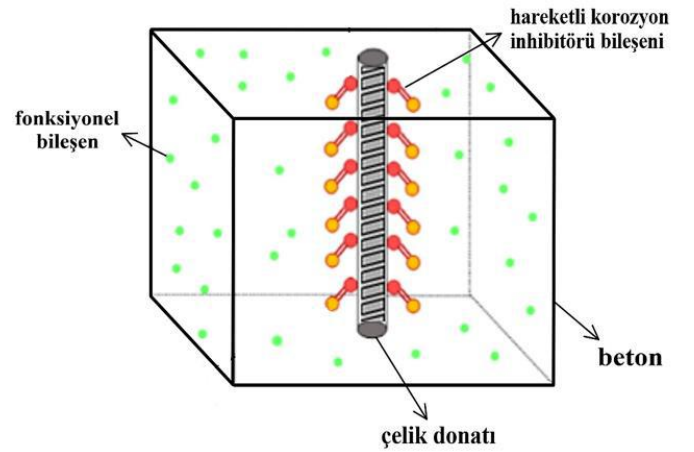


$Fe(OH)_2$ suda çözünmesi ve kararsız olması nedeniyle daha sonra oksijen ve suyla bir araya gelerek (Denklem 4) anodu çevreleyen sarı renkte boşluklu bir “pas tabakası” oluşturur. Hem

katodik hem de anodik reaksiyon sonucu oluşan ürünler birleşerek korozyon ürünlerini meydana getirir (Sassine vd., 2018; Yiğiter, 2008).



Donatı çeliği korozyonu, tüm dünyada betonarme yapıların bozulmasının ana nedenlerinden biri ve günümüzde inşaat mühendislerinin karşı karşıya olduğu önemli sorunlar arasında yer almaktadır. Beton içindeki çelik donatıları korozyona karşı korumak için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir. Son istatistiklere göre, 2019 yılında küresel korozyon maliyetinin 2.5 trilyon dolar veya dünya gayri safi hasılasının yüzde 3.4’ü olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle beton içerisindeki donatının korozyonunu geciktirmek, azaltmak veya kontrol altına almak ve dayanıklılığını artırmak için yeni teknolojiler ve malzemeler geliştirilmiştir. Geliştirilen korozyon önleme tekniklerinden bir tanesi ise inhibitör kullanımıdır. İnhibitörler, betona küçük konsantrasyonlarda eklenen, betonarme yapılarda korozyonun başlamasını önleyen veya korozyon başlama süresini uzatan kimyasallardır. İnhibitör korozyon direnç etkisi ve düşük maliyet ile donatının korozyona karşı korunması için en uygun ve verimli yöntemlerden biri olarak değerlendirilebilir. İnhibitörlerin çoğu çelik yüzeyinde koruyucu bir film oluşturarak (Şekil 1.) donatı çeliğini korozyona karşı korurken, bazı inhibitörler ise beton malzemesi ile reaksiyona girerek betonun geçirgenliğini azaltır (Topçu ve Uzunömeroğlu, 2020).



Şekil 1. Korozyon inhibitörünün işlevselliği (Figure 1. Functionality of the corrosion inhibitor) (Pan vd., 2020)

Bu çalışmada beton içine gömülü çelik donatının korozyonu ve aderans özellikleri deneysel olarak araştırılmıştır. Donatılı olarak hazırlanan numuneler oda sıcaklığında tuzlu su kürüne tabi tutulmuştur. Beton içerisindeki donatının korozyon değerlerini tespit etmek için yarı hücre potansiyeli ve aderans dayanımlarını belirlemek için de çekme-çıkarma deneyleri uygulanmıştır.

2. Materyal ve Metot

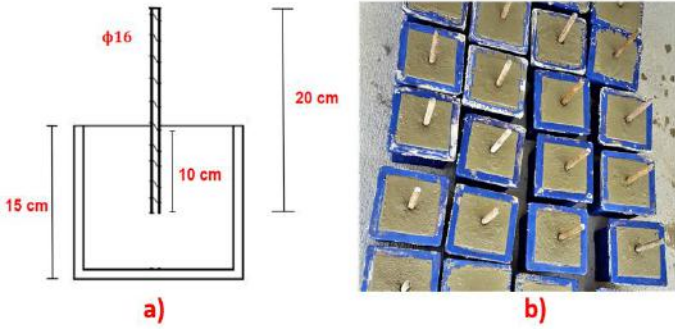
Yapılan deneysel çalışmada hazır beton santrali tarafından üretilen C30 beton kullanılmıştır. Deneylerde çelik donatıda oluşacak olan korozyona etkisini incelemek amacıyla üretilen donatılı beton numuneleri hazırlanırken, beton karışımında çimentonun ağırlıkça %1’i oranında kalsiyum nitrat esaslı korozyon inhibitörü katkısı kullanılmıştır. Korozyon inhibitörü olarak anodik inhibitörlerden en yaygın olan Darex korozyon inhibitörü (DCI) kullanılmıştır. İnhibitörün bileşimi genel olarak %30 kalsiyum nitrat ve %70 sudan meydana gelmektedir

(Kepler ve Locke, 2000). Beton karışımında kullanılan malzeme miktarları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. 1 m³ beton karışımında bulunan malzeme miktarları (Table 1. Amount of material in 1 m³ of concrete mix)

Malzeme Cinsi	Miktarı (kg/m ³)
Doğal kum	1132
İnce agrega	216
İri agrega	575
Su	185
Çimento CEM I 42.5 R	310
Korozyon inhibitörü	3.10
Toplam	2421.1

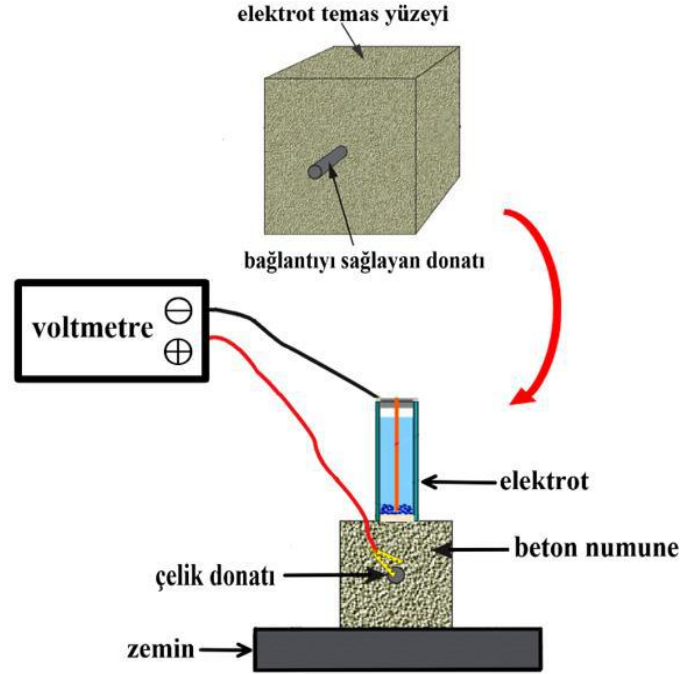
Çalışmada 15×15×15cm boyutlarında Şekil 2’de verilen 48 adet donatılı küp beton numuneleri hazırlanmıştır. Hazır beton santrali tarafından temin edilen beton kalıplara döküldükten sonra 1-10sn olacak şekilde vibrasyon işlemi uygulanmıştır. Vibrasyon işlemi uygulandıktan sonra 16 mm çapında ve uzunluğu 20cm olan S420a çelik donatısı, beton içerisine 10 cm’lik kısmı gömülü olacak şekilde yerleştirilmiştir.



Şekil 2. a) Küp numune ve donatı boyutu b) Üretilen donatılı beton numuneleri (Figure 2. a) Cube sample and reinforcement steel size b) Produced reinforced concrete samples)

Numuneler kalıplarından çıkarıldıktan sonra oda sıcaklığında (22 ± 2°C) ve kür süreleri 7, 28, 90 ve 180 gün olacak şekilde deniz suyu baz alınarak kür havuzunda hazırlanan tuzlu su kürüne (%3 NaCl) tabi tutulmuştur. Kür havuzundan çıkarılan numunelerin korozyon ölçümlerini yapmak amacıyla Şekil 3’te verilen yarı hücre potansiyel deney aleti kullanılmıştır. Yarı hücre potansiyeli, aktif korozyonun varlığını tahribatsız olarak tespit etmek için kullanılan hızlı ve uygun maliyetli bir yöntemdir. Yarı hücre potansiyeli ilk olarak 1957’de korozyon değerlendirme yöntemi olarak kullanılmıştır. Bu yöntem, donatıdaki korozyonun elektro-kimyasal davranışını karakterize etmek için kullanılır. Bu yöntemde ortamın türü ne olursa olsun, sıcaklık +2 °C’den fazla olduğu sürece, yapının ömrü boyunca herhangi bir zamanda kullanılabilir. Genel olarak yarım hücre ölçümleri için referans elektrot olarak bakır/bakır sülfat elektrotu (Cu/CuSO₄) veya gümüş/gümüş klorür elektrotu (Ag/AgCl) kullanılır. Bu deney yönteminde referans elektrotu beton yüzey üzerine yerleştirildikten sonra voltmetre nin pozitif kutbu çelik donatıya bağlanarak yarı hücre potansiyel okumaları yapılır e-ISSN: 2148-2683

(Amiri, 2020). Bu yöntemde betonda gömülü çelik donatı için olası anodik reaksiyonlar, agresif anyonların varlığına, elektrolitin pH’ına ve donatının yüzeyinde uygun bir elektrokimyasal potansiyelin mevcudiyetine bağlıdır. Buna karşılık olarak, olası katodik reaksiyonlar, O₂’nin varlığına ve çelik donatı yüzeyinin çevresindeki pH’a bağlıdır (Zou vd., 2016).



Şekil 3. Yarı hücre potansiyeli deney düzeneği (Figure 3. Half-cell potential experimental setup) (Volpi-León vd., 2017)

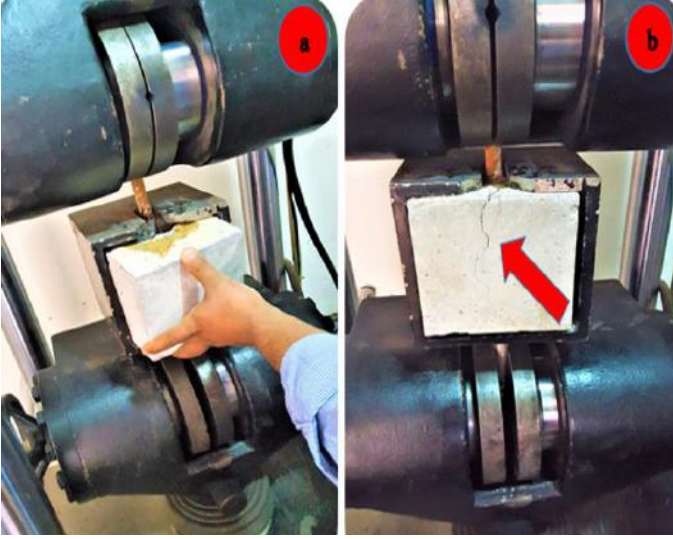
Yarı hücre potansiyel ölçümleri yapılacağı zaman çevresel parametreler olan test tarihi, test sırasında ve testten birkaç gün önceki hava durumu (sıcaklık, nem) dikkate alınmalıdır (Assouli vd., 2008). Bu nedenlerden dolayı yarı hücre potansiyel okumaları yapılmadan önce referans elektrotu kalibre edilmelidir. Betona gömülü çelik donatının farklı tipteki elektrotlara göre yarı hücre potansiyel sınır değerleri ve korozyon olasılıkları arasındaki ilişki Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. ASTM C 876’ya göre yarı hücre potansiyel değerlerine ait korozyon durumu (Table 2. Corrosion status of half-cell potential values according to ASTM C 876) (Reichling vd., 2013)

Cu/CuSO ₄ mV (CSE)	Korozyon Durumu
-200 < E	Korozyon olasılığı %10
-350 < E < -200	Korozyon olasılığı %50
E < -350	Korozyon olasılığı %90
E < -500	Şiddetli korozyon

Korozyon ölçümleri yapıldıktan sonra donatılı beton numunelerin 7, 28, 90 ve 180 günlük aderans dayanımlarını ölçmek amacıyla Şekil 4’te verilen çekme-çıkarma deneyi yapılmıştır. Çekme-çıkarma deneyi uygulama açısından basit

olması nedeniyle aderans deneyleri arasında en fazla uygulanan deney çeşididir. Bu deney yapılırken, silindir veya küp beton numune içinde gömülü halde bulunan çelik donatının aksel çekme kuvveti sayesinde çekilip çıkarılması işlemi gerçekleştirilmektedir. Böylece, donatının betondan sıyrılması test edilmektedir (Tunç, 2020).



Şekil 4. Numunenin a) Kalıba yerleştirilmesi b) Çekip-çıkarması sonucu oluşan beton çatlağı (Figure 4. a) Placing the sample into the mold b) Concrete crack formed as a result of pull-out)

Çekme-çıkarma deneyi esnasında betona gömülü çelik donatı çekilirken veya yük uygulandığında kayma eğilimi gösterir. Donatı çubuğu ile beton arasındaki mekanik kilitleme ve kimyasal yapışma bu kayma eğilimine karşı bir direnç oluşturur. Belirli bir yükün ötesinde, kimyasal yapışma zarar görür ve daha sonra beton kaymaya karşı çelik donatıda bulunan nervürler sayesinde çelik donatının hareketine direnç gösterir. Gömülü çelik donatının kayması sırasında nervürlerin beton örtüye uyguladığı direnç sonucu beton örtü çatlar. Çelik donatı ve beton arasındaki bu dirençten dolayı oluşan sürtünme kuvveti, nervürlerin ve betonun kaymasına karşı koyarak hareketin ve beton üzerinde ortaya çıkan çekme kuvvetinin azalmasına yol açar (Khatua, 2017).

Yapılan çalışmada çekme-çıkarma deneyinden elde edilen çekme dayanımları kullanılarak aderans kuvvetleri bulunmuştur. Daha sonra bulunan aderans kuvvetleri Denklem 5'te verilen formülde yerine yazılarak aderans dayanımları hesaplanabilir.

$$\tau = \frac{\text{Aderans kuvveti}}{\pi \times \varnothing \times \ell} \quad (5)$$

τ = Aderans dayanımı, \varnothing = Çelik donatının çapı, ℓ = Beton içine gömülü çelik donatı uzunluğunu ifade etmektedir (Tsiotsias ve Pantazopoulou, 2021).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Yarı Hücre Potansiyel Ölçümleri

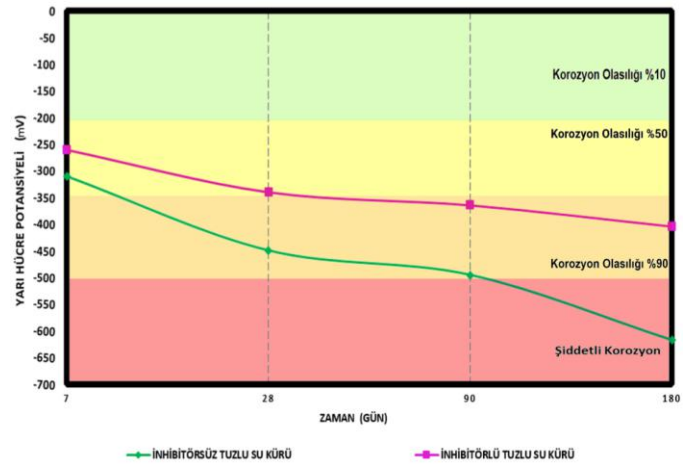
Kür süreleri 7, 28, 90 ve 180 gün olan numuneler %3 NaCl kullanılarak oluşturulan tuzlu su kür havuzundan çıkarıldıktan sonra küp numunenin donatının bulunduğu ve karşı yüzeyi hariç diğer dört yüzeyinden yarı hücre potansiyel okumaları alınmıştır. Küp numunelerin 4 yüzeyinden elde edilen yarı hücre potansiyel okuma değerlerinin ortalaması Şekil 5'te grafiksel olarak

verilmiştir. Hesaplanan bu değerler Tablo 2'de verilen ASTM C 876 sınır değerleri kullanılarak korozyon riskleri belirlenmiştir.

Şekil 5 incelendiğinde en yüksek yarı hücre potansiyel okumalarının 180 günlük numunelere en düşük yarı hücre potansiyel okumalarının ise 7 günlük numunelere ait olduğu ve tüm serilerde inhibitör kullanılan numunelere ait okumaların daha düşük değerlerde kaldığı görülebilir.

Kür süresi 7 gün olan numunelere ait okumalar incelendiğinde inhibitörlü ve inhibitörsüz numunelere ait korozyon olasılığının %50 olan bölgede kaldığı görülmüştür. Fakat inhibitör kullanılan numunelere ait değerlerin kullanılmayan numunelere göre %39'luk bir artış gösterdiği tespit edilmiştir. Böylece kür süresinin 7 gün olmasına rağmen korozyon inhibitörü kullanımının korozyon oluşumunun azalmasında önemli bir etkisinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Kür süresi 28 gün olan numunelere ait değerler incelendiğinde inhibitör kullanılmayan numunelere ait değerlerin -350 mV sınır değerini aşarak korozyon oluşma olasılığının %90 olduğu bölgede olduğu görülmektedir. Buna karşılık olarak inhibitör kullanılan numunelere ait okumaların -350 mV sınır değerinin altında kaldığı ve kullanılmayan numunelere göre 32'lik artış gösterdiği belirlenmiştir. Belirlenen bu artışın kür süresi 7 gün olan numunelerdeki artışa göre daha düşük olduğu görülmüştür.



Şekil 5. Yarı hücre potansiyel okumalarının kür sürelerine göre değişimi (Figure 5. Variation of half-cell potential values with respect to curing times)

Kür süresi 90 gün olan numunelere ait yüzdelik artış incelendiğinde numunelere ait artışın kür süresi 28 gün olan numunelere ait yüzdelik artışa göre daha dengeli ve yavaş olduğu görülmüştür. İnhibitör kullanılmayan numunelere ait değerler şiddetli korozyon bölgesine ait değerlere yaklaşmışken, inhibitör kullanılan numunelere ait okumaların ise şiddetli korozyon bölgesinden uzak olduğu gözlemlenmiştir. İnhibitör kullanılan numunelere ait değerler kullanılmayan numunelere ait değerlere göre %35'lik artış göstermiştir.

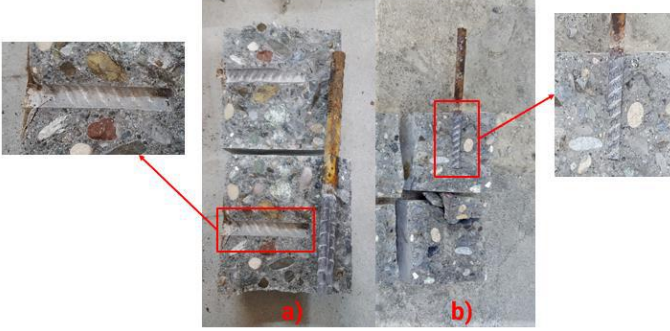
Kür süresi 180 gün olan numunelere ait değerler incelendiğinde inhibitör kullanılmayan numunelere ait değerler şiddetli korozyon bölgesine geçmiş ve inhibitör kullanılan numunelere ait değerlerin yaklaşık olarak iki katı bulunmuştur.

Sonuç olarak tüm kür sürelerine ait değerler incelendiğinde korozyon inhibitörü kullanımının korozyon oluşumu olasılığını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. Bu azalışın nedeni, inhibitör kullanımının betondaki geçirgenliği azaltarak klorür

iyonlarının çelik donatıya ulaşmasını engellediği şeklinde açıklanabilir.

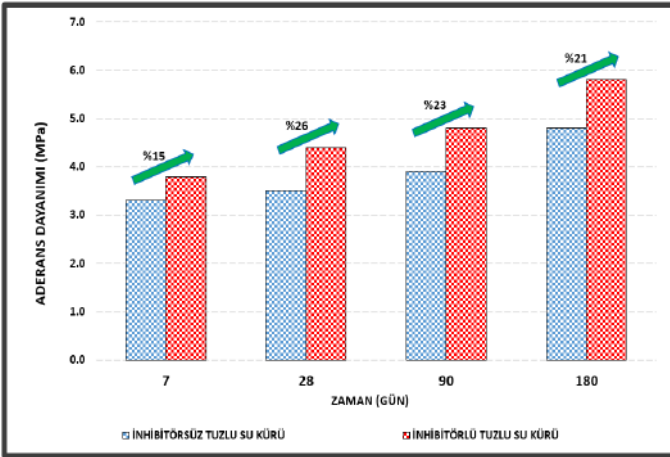
3.1. Aderans Dayanımları

Çekme-çıkarma deneyi sonrası kür süresi 180 gün olan numunelere ait görüntü Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6 incelendiğinde inhibitör kullanılmayan numunede bulunan çelik donatı betondan ayrılırken, inhibitör kullanılan numunede ise çelik donatının beton tarafından sarıldığı ve hala betondan tam olarak ayrılmadığı gözlemlenmiştir. Ayrıca inhibitör kullanılan numunede çekme-çıkarma işlemi esnasında beton-donatı arasındaki aderansın tam olarak kaybolmamasından dolayı betonda parçalanmalar oluşmuştur.



Şekil 6. Çekme-çıkarma deneyi sonrası numunelere ait görüntüler a) İnhibitörsüz b) İnhibitörlü (Figure 6. Images of the samples after the pull-out test a) Without inhibitor b) With inhibitor)

Yarı hücre potansiyeli deneyi yapılarak numunelere ait değerler belirlendikten sonra donatılı beton numunelerin 7, 28, 90 ve 180 günlük aderans dayanımlarını tespit etmek amacıyla çekme-çıkarma deneyi yapılmıştır. Çekme-çıkarma deneyi sonrası bulunan aderans dayanımları Şekil 7'de grafiksel olarak gösterilmiştir.



Şekil 7. Aderans dayanımlarının kür sürelerine göre değişimi (Figure 7. Variation of bond strengths according to curing times)

Şekil 7'ye göre en yüksek aderans dayanımları 180 günlük, en düşük aderans dayanımlarının ise 7 günlük numunelere ait olduğu görülmüştür. Tüm serilere ait inhibitörsüz ve inhibitörlü numunelerin aderans dayanımı ortalamaları ise sırasıyla 3.9 MPa ve 4.7 MPa olarak hesaplanmıştır.

İnhibitör kullanılmayan numunelerde korozyonun oluşmasıyla birlikte inhibitör kullanılan numunelere göre aderans dayanımları daha düşük değerler almıştır. 7 gün olan

numunelerin aderans dayanımları incelendiğinde inhibitör kullanılan numunelere ait aderans dayanımlarında kullanılmayan numunelerin aderans dayanımlarına göre %15'lik bir artış görülmüştür.

Kür süresi 28 gün olan numunelerin aderans dayanımları incelendiğinde inhibitör kullanılan ve kullanılmayan numunelerin aderans dayanımları arasında %26'lık artış olmuştur. Bu yüzdelik artışın 7 günlük numunelerdeki yüzdelik artışa göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Kür süresi 90 ve 180 gün olan numunelerin aderans dayanımları incelendiğinde kür süresi 7 ve 28 gün olan numunelerde olduğu gibi korozyon inhibitörü kullanımının çelik donatı üzerindeki pasif tabakanın korumasını sağlayıp aderans dayanımı üzerinde olumlu sonuçlar verdiği tespit edilmiştir.

Sonuç olarak tüm kür süresi serileri incelendiğinde inhibitör kullanılan numunelere ait aderans dayanımları daha yüksek değerler almıştır. Bu sonuç klorür saldırısına maruz kalan betona gömülü çeliğin korozyonunun başlamasını geciktirmeye yardımcı olabileceği şeklinde açıklanabilir. Ayrıca inhibitör kullanılan numunelerin yüksek değerler almasının nedeni, inhibitör kullanımının donatı ve beton arasındaki kimyasal bağ kuvvetlendirdiği şeklinde değerlendirilmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

- Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda yarı hücre potansiyel okumaları incelendiğinde en büyük değerlerin 7 günlük inhibitör kullanılan numunelerde, en küçük değerlerin ise inhibitör kullanılmayan 180 günlük numunelerde gözlemlenmiştir.
- Çelik donatının korozyon seviyesinin artmasıyla birlikte yarı hücre potansiyel okuma değerleri azalmıştır.
- Yarı hücre potansiyel okumaları değerlerindeki yüzdelik artış inhibitör kullanılan numunelerde kullanılmayanlara göre daha dengeli ve yavaş gerçekleşmiştir.
- Tüm serilerde inhibitör kullanılan numunelerdeki yarı hücre potansiyel okuma değerleri inhibitör kullanılmayan numunelere göre daha büyük değerler almıştır. Sonuç olarak inhibitör kullanımı çelik donatı korozyonu üzerinde olumlu etki oluşturduğu sonucuna varılmıştır.
- En düşük aderans dayanımları 7 günlük numunelerde, en yüksek aderans dayanımları ise kür süresi olan 180 günlük numunelerde hesaplanmıştır.
- Tüm seriler incelendiğinde inhibitör kullanılan numunelere ait aderans dayanımlarının daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu artışın nedeni inhibitör kullanımından kaynaklı donatı ile beton arasındaki kenetlenmenin artması olarak değerlendirilmektedir.
- Yarı hücre potansiyel deneyine göre bulunan korozyon olasılıkları ve çekme-çıkarma deneyi sonrası elde edilen aderans dayanımı arasındaki ilişki incelendiğinde, çelik donatıda korozyonun artmasıyla birlikte aderans dayanımlarının düştüğü tespit edilmiştir. Fakat korozyon inhibitörü kullanılmasıyla birlikte korozyondan az etkilenen numunelerdeki beton-donatı aderansında artış meydana gelmiştir.
- Yapılacak olan betonarme yapıların klorür kaynaklı korozyonunu engellemek için üretilecek olan betonlarda

zararlı iyonların neden olacağı donatı korozyonunun meydana gelmemesi için beton olabildiğince geçirimsiz olmalıdır.

- Beton içinde gömülü olan çelik donatının etrafında koruyucu bir tabaka oluşturan korozyon inhibitörünün kullanım miktarına dikkat edilmesi gerekmektedir. Beton karışımına eklenen miktar çok düşük olursa donatı korozyonunu korumada yetersiz kalacaktır. İnhibitörün aşırı kullanılması durumunda ise sızıntıya ve çukurlaşmaya neden olacaktır. Bu nedenlerden dolayı, kullanılacak inhibitör miktarı (çimentonun ağırlığının %1'i) betonun gözenek çözeltisindeki klorür iyonlarının yoğunluğundan daha fazla olması durumunda çelik donatı için yeterli koruma sağlayabilecektir.

Kaynakça

- Amiri, A. S. (2020). *A Comparison Between Ultrasonic Guided Wave Leakage and A Comparison Between Ultrasonic Guided Wave Leakage and Half-Cell Potential Methods in Detection of Corrosion in Reinforced Concrete Structure*
- Angst, U. M., Geiker, M. R., Michel, A., Gehlen, C., Wong, H., Isgor, O. B., Elsener, B., Hansson, C. M., François, R., Hornbostel, K., Polder, R., Alonso, M. C., Sanchez, M., Correia, M. J., Criado, M., Sagüés, A., & Buenfeld, N. (2017). The steel–concrete interface. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 50(2).
- Assouli, B., Ballivy, G., & Rivard, P. (2008). Influence of environmental parameters on application of standard ASTM C876-91: Half cell potential measurements. *Corrosion Engineering Science and Technology*, 43(1), 93–96.
- Boğa, A. R. (2005). *Uçucu küllü betonarme elemanlarda donatı korozyonunun hızlandırılmış yöntemlerle araştırılması*. Yüksek lisans tezi, Osmangazi Üniversitesi.
- Kepler, J. L., & Locke, C. E. (2000). Evaluation of Corrosion Protection Methods for Reinforced Concrete Highway Structures. *Corrosion*, 58, 231.
- Khatua, S. (2017). *Effect of accelerated corrosion on the bond strength of corrosion resistant reinforcing bars embedded in concrete*. Yüksek lisans tezi, Akron Üniversitesi.
- Lee, H.-S., Saraswathy, V., Kwon, S.-J., & Karthick, S. (2018). Corrosion Inhibitors for Reinforced Concrete: A Review. In *Corrosion Inhibitors, Principles and Recent Applications*. InTech.
- Li, Z., Jin, Z., Wang, P., & Zhao, T. (2021). Corrosion mechanism of reinforced bars inside concrete and relevant monitoring or detection apparatus: A review. *Construction and Building Materials*, 279.
- Ožbolt, J., Oršanić, F., & Balabanić, G. (2014). Modeling pull-out resistance of corroded reinforcement in concrete: Coupled three-dimensional finite element model. *Cement and Concrete Composites*, 46, 41–55.
- Pan, C., Chen, N., He, J., Liu, S., Chen, K., Wang, P., & Xu, P. (2020). Effects of corrosion inhibitor and functional components on the electrochemical and mechanical properties of concrete subject to chloride environment. *Construction and Building Materials*, 260.
- Prasanna Chinthala, S. (2018). *Study of corrosion inhibitors for reinforcement corrosion of low carbon steel in simulated pore solution*. Yüksek lisans tezi, Akron Üniversitesi.
- Reichling, K., Raupach, M., Broomfield, J., Gulikers, J., L'Hostis, V., Kessler, S., Ostermiski, K., Pepenar, I., Schneck, U., Sergi, G., & Taché, G. (2013). Full surface inspection methods regarding reinforcement corrosion of concrete structures. *Materials and Corrosion*, 64(2), 116–127.
- Sassine, E., Laurens, S., François, R., & Ringot, E. (2018). A critical discussion on rebar electrical continuity and usual interpretation thresholds in the field of half-cell potential measurements in steel reinforced concrete. *Materials and Structures/Materiaux et Constructions*, 51(4).
- Topçu, İ. B., & Uzunömeroğlu, A. (2020). Properties of corrosion inhibitors on reinforced concrete. *Journal of Structural Engineering & Applied Mechanics*, 3(2), 93–109. <https://doi.org/10.31462/jseam.2020.02093109>
- Tsiotsias, K., & Pantazopoulou, S. J. (2021). Analytical Investigation on the Effect of Test Setup on Bond Strength. *CivilEng*, 2(1), 14–34.
- Tunç, E. T. (2020). *Yüksek performanslı hafif betonlarda aderans özelliklerinin belirlenmesi*. Doktora tezi, Fırat Üniversitesi.
- Volpi-León, V., López-León, L. D., Hernández-ávila, J., Baltazar-Zamora, M. A., Olguín-Coca, F. J., & López-León, A. L. (2017). Corrosion study in reinforced concrete made with mine waste as mineral additive. *International Journal of Electrochemical Science*, 12(1), 22–31.
- Yiğiter, H. (2008). *Betonarme donatısında klorid korozyonu gelişiminin elektrokimyasal yöntemlerle belirlenmesi*. Doktora tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi.
- Zhang, W. (2021). *Effect of top-casting defects and transverse cracks on the corrosion behavior of steel in reinforced concrete exposed to chloride environment*. Doktora tezi, Chongqing Üniversitesi.
- Zou, Z. H., Wu, J., Wang, Z., & Wang, Z. (2016). Relationship between half-cell potential and corrosion level of rebar in concrete. *Corrosion Engineering Science and Technology*, 51(8), 588–595.



A Note on Central Collineations in Fuzzy and Intuitionistic Fuzzy Projective Planes

Elif Altıntaş^{1*}, Ayşe Bayar²

^{1*} Haliç University, Faculty of Engineering, Department of Software Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-3454-0326), elifaltintaskahriman@halic.edu.tr

² Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Science and Letters, Department of Mathematics and Computer, Eskişehir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2210-5423), akorkmaz@ogu.edu.tr

(First received 18 February 2022 and in final form 31 March 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1075566)

ATIF/REFERENCE: Altıntaş, E., Bayar, A. (2022). A Note on Central Collineations in Fuzzy and Intuitionistic Fuzzy Projective Planes. *European Journal of Science and Technology*, (35), 355-363.

Abstract

In this paper, the fuzzy counterparts and the intuitionistic fuzzy counterparts of the central collineations defined in the classical projective planes are introduced in the fuzzy and intuitionistic fuzzy projective planes, respectively. Some basic properties of fuzzy and intuitionistic fuzzy projective planes under the types of central fuzzy and intuitionistic fuzzy collineations are given depending on the base point, the base line and the membership degrees of the fuzzy and intuitionistic fuzzy projective planes.

Keywords: Central collineation, Central fuzzy collineation, Fuzzy projective plane, Central intuitionistic fuzzy collineation, Intuitionistic fuzzy projective plane.

Bulanık ve Sezgisel Bulanık Projektif Düzlemlerde Merkezsel Kolinasyonlar Üzerine Bir Not

Öz

Bu makalede, projektif düzlemlerde tanımlanan merkezsel kolinasyonların bulanık projektif düzlemlerde ve sezgisel bulanık projektif düzlemlerdeki karşılıkları sırasıyla bulanık merkezsel kolinasyonlar ve sezgisel bulanık merkezsel kolinasyonlar olarak sunulmaktadır. Bulanık ve sezgisel bulanık merkezsel kolinasyonların türleri altında, bulanık ve sezgisel bulanık projektif düzlemlerin sağladıkları bazı temel özellikler, bulanık ve sezgisel bulanık projektif düzlemin taban noktası, taban doğrusu ve üyelik derecelerine bağlı olarak verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Merkezsel kolinasyon, Bulanık merkezsel kolinasyon, Bulanık projektif düzlem, Sezgisel bulanık merkezsel kolinasyon, Sezgisel bulanık projektif düzlem.

* Corresponding Author: elifaltintaskahriman@halic.edu.tr

1. Introduction

A method of studying projective planes started with a paper by Baer in 1942, which pointed out the close relationship between the Desargues theorem and the existence of central collineations [5]. The fuzzy concept was first proposed by Zadeh in 1965 [15], and many scientists have contributed to this field. The first article on fuzzy groups was published by Azriel Rosenfeld in 1971 [14]. Fuzzy vector spaces were introduced by Katsaras and Liu in 1977 [8]. The fuzzy correspondings of the maps in the vector space was first given by Abdulhalikov in 1996 [1]. In addition, it has been studied by Abdulhalikov that the fuzzy subspace of fuzzy linear maps is isomorphic to the fuzzy subspace of dual maps. Projective planes have been fuzzified by Kuijken et al., see [9]. Also a fuzzy group corresponding to the fuzzy projective geometry was created, so that through these fuzzy projective geometries a relationship between fuzzy vector spaces and fuzzy groups was obtained by Kuijken, Maldeghem and Kerre in 1999 [10]. The fuzzy projective plane collineations were described by Kuijken and Maldeghem in 2003 [12]. As a generalization of Zadeh's Fuzzy Sets, Intuitionistic Fuzzy Set which is characterized by a membership function and a nonmembership function was proposed by Atanassov [4]. In 2009, a new model of intuitionistic fuzzy projective geometry was constructed by Ghassan [6].

The aim of this study is to give the fuzzy and intuitionistic fuzzy counterparts of central collineations defined in the classical projective planes in the fuzzy projective planes and the intuitionistic fuzzy projective planes, respectively and to determine some basic properties under the fuzzy collineation and the intuitionistic fuzzy collineations.

2. Preliminaries

Firstly, some relevant definitions of fuzzy set theory, fuzzy vector space, fuzzy projective space, intuitionistic fuzzy set theory, intuitionistic fuzzy vector space and intuitionistic fuzzy projective space and the collineations are reminded. First recall that fuzzy sets were introduced by Zadeh in the fundamental paper [11].

Definition 2.1. [11] A fuzzy set λ of a set X is a function $\lambda: X \rightarrow [0,1]: x \rightarrow \lambda(x)$. The number $\lambda(x)$ is called the degree of membership of the point x in λ . The intersection $\lambda \wedge \mu$ of the two fuzzy sets λ and μ on X is given by the fuzzy set $\lambda \wedge \mu: X \rightarrow [0,1]: \lambda(x) \wedge \mu(x)$, where \wedge denotes the minimum operator and also \vee denotes the maximum operator.

Definition 2.2. [4] Let X be a nonempty fixed set. An intuitionistic fuzzy set A on X is an object having the form $A = \{ \langle x, \lambda(x), \mu(x) \rangle : x \in X \}$ where the function $\lambda: X \rightarrow I$ denote the degree of membership (namely, $\lambda(x)$) and the degree of nonmembership (namely, $\mu(x)$) of each element $x \in X$ to the set A , respectively $0 \leq \lambda(x) + \mu(x) \leq 1$ for each $x \in X$. An intuitionistic fuzzy set $A = \{ \langle x, \lambda(x), \mu(x) \rangle : x \in X \}$ can be written in $A = \{ \langle x, \lambda, \mu \rangle : x \in X \}$, or simply $A = \langle \lambda, \mu \rangle$.

Let $A = \{ \langle x, \lambda(x), \mu(x) \rangle : x \in X \}$ and $B = \{ \langle x, \delta(x), \gamma(x) \rangle : x \in X \}$ be an intuitionistic fuzzy sets on X . Then,

- (a) $\bar{A} = \{ \langle x, \mu(x), \lambda(x) \rangle : x \in X \}$ (the complement of A).

- (b) $A \cap B = \{ \langle x, \lambda(x) \wedge \delta(x), \mu(x) \vee \gamma(x) \rangle : x \in X \}$ (the meet of A and B).
- (c) $A \cup B = \{ \langle x, \lambda(x) \vee \delta(x), \mu(x) \wedge \gamma(x) \rangle : x \in X \}$ (the join of A and B).
- (d) $A \subseteq B \iff \lambda(x) \leq \delta(x)$ and $\mu(x) \geq \gamma(x)$ for each $x \in X$.
- (e) $A = B \iff A \subseteq B$ and $B \subseteq A$.
- (f) $\bar{1} = \{ \langle x, 1, 0 \rangle : x \in X \}$, $\bar{0} = \{ \langle x, 0, 1 \rangle : x \in X \}$.

Definition 2.3. [7] Let $\mu: V \rightarrow [0,1]$ be a fuzzy set on V . Then we call μ a fuzzy vector space on V if and only if $\mu(a \cdot \bar{u} + b \cdot \bar{v}) \geq \mu(\bar{u}) \wedge \mu(\bar{v}), \forall \bar{u}, \bar{v} \in V$ and $a, b \in K$.

Definition 2.4. [13] Let $A = \langle \lambda_A, \mu_A \rangle$ be an intuitionistic fuzzy set of a classical vector space V over F . For any $x, y \in V$ and $\alpha, \beta \in F$, if it satisfy $\lambda_A(\alpha x + \beta y) \geq \min\{\lambda_A(x), \lambda_A(y)\}$ and $\mu_A(\alpha x + \beta y) \leq \max\{\mu_A(x), \mu_A(y)\}$, then A is called an intuitionistic fuzzy subspace of V . Let V_n denote the set of all n -tuples $(\langle x_{1\lambda}, x_{1\mu} \rangle, \langle x_{2\lambda}, x_{2\mu} \rangle, \dots, \langle x_{n\lambda}, x_{n\mu} \rangle)$ over F . An element of V_n is called an intuitionistic fuzzy vector (IFV) of dimension n , where $x_{i\lambda}$ and $x_{i\mu}$ are the membership and non-membership values of the component x_i .

Definition 2.5. [7] Suppose \mathcal{P} is an n -dimensional projective space. A fuzzy set λ on the point set of \mathcal{P} is a fuzzy n -dimensional projective space on \mathcal{P} if $\lambda(p) \geq \lambda(r)$, for all collinear points p, q, r of \mathcal{P} . We denote as (λ, \mathcal{P}) . The projective space \mathcal{P} is called the underlying (crisp) projective space of (λ, \mathcal{P}) . If \mathcal{P} is a fuzzy point, line, plane, etc., we use underlying point, underlying line, underlying plane, etc., respectively. We will sometimes briefly write λ instead of (λ, \mathcal{P}) .

Definition 2.6. [6] An intuitionistic fuzzy set $A = \{ \langle x, \lambda(x), \mu(x) \rangle : x \in X \}$ on n -dimensional projective space S is an intuitionistic fuzzy n -dimensional projective space on S if $\lambda(p) \geq \lambda(q) \wedge \lambda(r)$ and $\mu(p) \geq \mu(q) \vee \mu(r)$, for any three collinear points p, q, r of A we denoted $[A, S]$. The projective space S is called the base projective space of $[A, S]$ if $[A, S]$ is an intuitionistic fuzzy point, line, plane, ... , we use base point, base line, base plane, ... , respectively.

In practice, this means in the point set of a line, all elements have the same degree of membership, but may not be the same. Moreover, more generally speaking, this means that in any subspace U , all points have the same degree of membership, except that they may be in subspace U' of U . All points have the same degree of membership, except for those that may be in a subspace U'' of U' , etc. [2].

Definition 2.7. [2] Let (λ, \mathcal{P}) be a fuzzy projective space and let U be a subspace of \mathcal{P} . Then (λ_U, U) is called a fuzzy subspace of (λ, \mathcal{P}) if $\lambda_U(x) \leq \lambda(x)$ for $x \in U$, and $\lambda_U(x) = 0$ for $x \notin U$.

Definition 2.8. [3] Let $\langle \lambda, \mu \rangle$ be an intuitionistic fuzzy projective space and let U be a subspace of \mathcal{P} . Then (λ_U, μ_U, U) is called a intuitionistic fuzzy subspace of (λ, \mathcal{P}) if $\lambda_U(x) \leq \lambda(x)$ and $\mu_U(x) \geq \mu(x)$ for $x \in U$, and $\lambda_U(x) = 0, \mu_U(x) = 1$ for $x \notin U$.

Definition 2.9. [9] Let (λ, \mathcal{P}) be a fuzzy projective space of dimension n . Then there are constants $a_i \in [0, 1], i = 0, 1, \dots, n$, with $a_i \geq a_{i+1}$, and a chain of subspaces $(U_i)_{0 \leq i \leq n}$ with $U_i \subseteq U_{i+1}$ and $\dim U_i = i$, such that

$$\begin{aligned} \lambda: \mathcal{P} &\rightarrow [0, 1] \\ x &\rightarrow a_0 \quad \text{for } x \in U_0, \\ x &\rightarrow a_i \quad \text{for } x \in U_i \setminus U_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

Definition 2.10. [3] Let (λ, μ) be an intuitionistic fuzzy projective space of dimension n . Then there are constants $a_i, b_i \in [0, 1], i = 0, 1, \dots, n$, with $a_i + b_i \leq 1$, and a chain of subspaces $(U_i)_{0 \leq i \leq n}$ with $U_i \subseteq U_{i+1}$ and $\dim U_i = i$, such that

$$(\lambda, \mu): \begin{aligned} \mathcal{P} &\rightarrow [0, 1] \times [0, 1] \\ \bar{u} &\rightarrow (a_0, b_0), \quad \text{for } \bar{u} \in U_0, \\ \bar{u} &\rightarrow (a_i, b_i), \quad \text{for } \bar{u} \in U_i \setminus U_{i-1}, \quad i = 1, 2, \dots, n. \end{aligned}$$

Definition 2.11. [9] Consider the projective plane $\mathcal{P} = (N, D, \circ)$.

Suppose $p \in N$ and $\alpha \in [0, 1]$. The fuzzy point (p, α) is the following fuzzy set on the point set N of \mathcal{P} :

$$(p, \alpha): \begin{aligned} N &\rightarrow [0, 1] \\ p &\rightarrow \alpha \\ x &\rightarrow 0 \quad \text{if } x \in N \setminus \{p\}. \end{aligned}$$

The point p is called the base point of the fuzzy point (p, α) .

A fuzzy line (L, β) with base line L is defined in a similar way.

Two fuzzy lines (L, α) and (M, β) , with $\alpha \wedge \beta > 0$, intersect in the unique fuzzy point $(L \cap M, \alpha \wedge \beta)$. Dually, the fuzzy points (p, λ) and (q, μ) with $\lambda \wedge \mu > 0$, span the unique fuzzy line $(\langle p, q \rangle, \lambda \wedge \mu)$.

Definition 2.12. [6] Consider the projective plane $\mathcal{P} = (N, D, \circ)$. Suppose $a \in N$ and $\alpha, \beta \in [0, 1]$. The IF-point (a, α, β) is the following intuitionistic fuzzy set on the point set N of \mathcal{P} :

$$(a, \alpha, \beta): N \rightarrow [0, 1] \times [0, 1]: \begin{cases} a \rightarrow \alpha, a \rightarrow \beta \\ x \rightarrow 0, \quad x \in N \setminus \{a\} \end{cases}$$

The point $a \in N$ is called the base point of the IF-point (a, α, β) . An IF-line (L, α, β) with base line L is defined in a similar way.

The IF-lines (L, α, β) and (M, σ, ω) intersect in the unique IF-point $(L \cap M, \alpha \wedge \sigma, \beta \vee \omega)$.

Definition 2.13. [11] Suppose \mathcal{P} is a projective plane $\mathcal{P} = (N, D, \circ)$. The fuzzy set (λ, \mathcal{P}) on $N \cup D$ is a fuzzy projective plane on \mathcal{P} if

- i) $\lambda(L) \geq \lambda(p) \wedge \lambda(q), \forall p, q: \langle p, q \rangle = L$ and
- ii) $\lambda(p) \geq \lambda(L) \wedge \lambda(M), \forall L, M: L \cap M = p$.

Definition 2.14. [6] Suppose \mathcal{P} is a projective plane $\mathcal{P} = (N, D, \circ)$. The intuitionistic fuzzy set $Z = \langle \lambda, \mu \rangle$ on $N \cup D$ is an intuitionistic fuzzy projective plane on \mathcal{P} if:

- i) $\lambda(L) \geq \lambda(p) \wedge \lambda(q)$ and $\mu(L) \leq \mu(p) \vee \mu(q); \forall p, q: \langle p, q \rangle = L$ and
- ii) $\lambda(p) \geq \lambda(L) \wedge \lambda(M)$ and $\mu(p) \leq \mu(L) \vee \mu(M); \forall L, M: L \cap M = p$.

The intuitionistic fuzzy projective plane can be considered as an ordinary projective plane, where to every point (and only to points) one (and only one) degrees of membership and non-membership are assigned.

Definition 2.15. [1] Let E and L be vector spaces over the same field F , and let $\mu: E \rightarrow [0, 1], \lambda: L \rightarrow [0, 1]$ be fuzzy subspaces. If $\lambda(\varphi(x)) \geq \mu(x)$ for all $x \in E$, we say that a linear map $\varphi: E \rightarrow L$ is fuzzy linear from the fuzzy subspace μ to fuzzy subspace λ . The space of fuzzy linear maps from μ to λ is denoted by $FHom(\mu, \lambda)$.

Definition 2.16. [1] Let (E_1, μ_1) and (E_2, μ_2) be two fuzzy vector spaces. If there exists an isomorphism $\varphi: E_1 \rightarrow E_2$ with the

property $\mu_1(x) = \mu_2(\varphi(x))$ for all $x \in E_1, \mu_1: E_1 \rightarrow [0, 1]$ and $\mu_2: E_2 \rightarrow [0, 1]$ are isomorphic.

Now here, the intuitionistic fuzzy counterparts of the theorems and the proofs related to the fuzzy linear maps in Abdulhalikov's works [1] are given by using the intuitionistic fuzzy linear maps definition.

Definition 2.17. [3] Let V and W be two vector spaces over the same field F and T be a linear map from V to W . Suppose that (V, λ_V, μ_V) and (W, λ_W, μ_W) are intuitionistic fuzzy vector spaces on F . For all $x \in V$, if

$$\lambda_W(T(x)) \geq \lambda_V(x) \text{ and } \mu_W(T(x)) \leq \mu_V(x)$$

is satisfied such that $0 \leq \lambda_V + \mu_V \leq 1$ and $0 \leq \lambda_W + \mu_W \leq 1, T$ is called as an intuitionistic fuzzy linear maps from the intuitionistic fuzzy vector space (V, λ_V, μ_V) to the intuitionistic fuzzy vector space (W, λ_W, μ_W) .

Definition 2.18. [3] Let $[\mathcal{P}, \lambda]$ and $[\mathcal{P}', \mu]$ be two fuzzy projective planes with base planes $\mathcal{P} = (N, D, \circ), \mathcal{P}' = (N', D', \circ')$ respectively. Suppose that f is a homomorphism from \mathcal{P} to \mathcal{P}' . \bar{f} is called as the fuzzy homomorphism from $[\mathcal{P}, \lambda]$ to $[\mathcal{P}', \mu]$, if $\bar{f}(p, \alpha) = (f(p), \beta)$ for all the points $(p, \alpha) \in [\mathcal{P}, \lambda]$ where $\lambda(p) = \alpha, \mu(f(p)) = \beta$ and $\alpha \leq \beta$. If f is an isomorphism of \mathcal{P} into \mathcal{P}' and $\alpha = \beta$, then \bar{f} is called as the fuzzy isomorphism between the fuzzy projective planes $[\mathcal{P}, \lambda]$ and $[\mathcal{P}', \mu]$. Also if $\mathcal{P} = \mathcal{P}'$, the fuzzy isomorphism \bar{f} is called as the fuzzy collineation of $[\mathcal{P}, \lambda]$.

Definition 2.19. [3] Let $[\mathcal{P}, \lambda_{\mathcal{P}}, \mu_{\mathcal{P}}]$ and $[\mathcal{P}', \lambda_{\mathcal{P}'}, \mu_{\mathcal{P}'}]$ be two intuitionistic fuzzy projective planes with base planes $\mathcal{P} = (N, D, \circ), \mathcal{P}' = (N', D', \circ')$ respectively. Suppose that f is a homomorphism from \mathcal{P} to \mathcal{P}' . \bar{f} is called as the intuitionistic fuzzy homomorphism from $[\mathcal{P}, \lambda_{\mathcal{P}}, \mu_{\mathcal{P}}]$ to $[\mathcal{P}', \lambda_{\mathcal{P}'}, \mu_{\mathcal{P}'}]$, if $\bar{f}(p, \alpha, \beta) = (f(p), \alpha', \beta')$ for all the points $(p, \alpha, \beta) \in [\mathcal{P}, \lambda_{\mathcal{P}}, \mu_{\mathcal{P}}]$ where $\lambda_{\mathcal{P}}(p) = \alpha, \mu_{\mathcal{P}}(f(p)) = \beta, \lambda_{\mathcal{P}'}(p) = \alpha', \mu_{\mathcal{P}'}(f(p)) = \beta'$ and $\alpha \leq \alpha', \beta \geq \beta'$. If f is an isomorphism of \mathcal{P} to \mathcal{P}' and $\alpha = \alpha', \beta = \beta'$, then \bar{f} is called as the intuitionistic fuzzy isomorphism between the fuzzy projective planes $[\mathcal{P}, \lambda_{\mathcal{P}}, \mu_{\mathcal{P}}]$ and $[\mathcal{P}', \lambda_{\mathcal{P}'}, \mu_{\mathcal{P}'}]$. Also if $\mathcal{P} = \mathcal{P}'$, the intuitionistic fuzzy isomorphism \bar{f} is called as the intuitionistic fuzzy collineation of $[\mathcal{P}, \lambda_{\mathcal{P}}, \mu_{\mathcal{P}}]$.

3. Central Fuzzy Collineations in Fuzzy Projective Planes

The fuzzy counterparts of the central collineations of the projective planes are given in [12]. In this section, we investigate some basic properties of fuzzy projective planes under the types of central fuzzy collineations are given depending on the base point, the base line and the membership degrees of the fuzzy projective planes.

Definition 3.1. Let $[\mathcal{P}, \lambda]$ be fuzzy projective plane with base plane $\mathcal{P} = (N, D, \circ)$ and \bar{f} determined by the collineation f in \mathcal{P} be the fuzzy collineation of $[\mathcal{P}, \lambda]$. The fuzzy point (p, α) is called as the center of \bar{f} if every fuzzy line passing through (p, α) remains invariant under the fuzzy collineation \bar{f} in $[\mathcal{P}, \lambda]$. The fuzzy line (E, β) is called as an axis of the fuzzy collineation, if

every fuzzy point on the fuzzy line (E, β) is invariant under the fuzzy collineation \bar{f} .

The fuzzy collineation \bar{f} which has the center point (m, α) and the axis (E, β) is called a $((m, \alpha), (E, \beta))$ - central fuzzy collineation. If the center point is on the axis, \bar{f} is called as a fuzzy elation and if the center point is not on the axis, then \bar{f} is called as a fuzzy homology.

For the fuzzy unit collineation, each fuzzy point as a center and each fuzzy line as an axis can be considered in $[\mathcal{P}, \lambda]$. Therefore, the fuzzy unit collineation is both a fuzzy elation and a fuzzy homology.

Since the fuzzy lines passing through the center are invariant under the fuzzy collineation \bar{f} , the center, a point and its image are fuzzy collinear. But the fuzzy points on the fuzzy lines passing through the center can be replaced by each other.

Theorem 3.2. Each fuzzy homology of Fuzzy Fano plane is an unit collineation.

Proof. Let \bar{f} be a fuzzy homology of Fuzzy Fano plane $[\mathcal{P}, \lambda]$ with (m, α) -center and (E, β) -axis. Since \bar{f} is a fuzzy homology, the center point m is not on the axis in the base projective plane \mathcal{P} defined by collineation f . Suppose that \bar{f} is a fuzzy collineation different from the fuzzy unit collineation. The center (m, α) and each point on the axis (E, β) are invariant under \bar{f} . All points of Fuzzy Fano plane are on the fuzzy lines intersect with the axis. So the center and the intersection point on the axis are invariant under \bar{f} . There remains a fuzzy point on the fuzzy line passing through (m, α) such that its image is undefined. Since the center, the point and its image are fuzzy collinear, it has to turn into itself under \bar{f} . In this case, each point remains invariant. So \bar{f} is fuzzy unit collineation.

Theorem 3.3. Fuzzy Fano plane has only one central fuzzy collineation different from the unit collineation.

Proof. Let \bar{f} be a central fuzzy collineation of Fuzzy Fano plane different from the unit collineation. From previous theorem, if \bar{f} is a fuzzy homology, then \bar{f} is a fuzzy unit collineation. Suppose that \bar{f} is a fuzzy elation. Then the center is on the axis of \bar{f} . The image of any fuzzy point not on the axis must be on a fuzzy line joining it to the center. Since \bar{f} is different from fuzzy unit collineation, there are two remaining fuzzy points on the fuzzy line which must match each other under \bar{f} . So there is only one central fuzzy collineation different from unit collineation in Fuzzy Fano projective plane.

Corollary Fuzzy Fano plane has only one fuzzy elation different from the unit collineation.

From now on, we considered the fuzzy projective plane $[\mathcal{P}, \lambda]$ with base plane \mathcal{P} and λ in the following form:

$$\begin{aligned} \lambda: \mathcal{P} &\rightarrow [0, 1] \\ q &\rightarrow a_0, \\ p &\rightarrow \alpha_1, \quad p \in L \setminus \{q\} \\ p &\rightarrow a_2, \quad p \in \mathcal{P} \setminus \{L\} \end{aligned}$$

where L is a projective line of \mathcal{P} contains q and $a_0 \geq a_1 \geq a_2$, $\alpha_i \in [0, 1]$, $i=0, 1, 2$.

The fuzzy point (q, a_0) and the fuzzy line (L, a_1) are called as the base point, the base line of the fuzzy projective plane $[\mathcal{P}, \lambda]$, respectively. Some properties under the central fuzzy collineation in $[\mathcal{P}, \lambda]$ depending on the base line, the base point and the membership degrees of $[\mathcal{P}, \lambda]$ are introduced with the following theorems.

Theorem 3.4. Suppose that \bar{f} is a central fuzzy collineation of $[\mathcal{P}, \lambda]$ defined by the collineation f of the base plane \mathcal{P} of order n with m -center and E -axis.

- i) The center (m, α) is invariant under the central fuzzy collineation \bar{f} .
- ii) The axis (E, β) is invariant under the central fuzzy collineation \bar{f} .

Proof. i) Let (m, α) be center of \bar{f} in $[\mathcal{P}, \lambda]$. The lines $L_i, i = 1, 2, \dots, n + 1$ passing through the center are invariant from the definition of the center of f in \mathcal{P} . Let the center (m, α) be the intersection point of the fuzzy lines $(L_i, \beta_i), i = 1, 2, \dots, n + 1$ in $[\mathcal{P}, \lambda]$.

$$(m, \alpha) = \bigcap_{i=1}^{n+1} (L_i, \beta_i) = \left(\bigcap_{i=1}^{n+1} L_i, \bigwedge_{i=1}^{n+1} \beta_i \right)$$

By using definition \bar{f} ,

$$\begin{aligned} \bar{f}(m, \alpha) &= (f(m), \alpha) = f \left(\bigcap_{i=1}^{n+1} L_i, \bigwedge_{i=1}^{n+1} \beta_i \right) \\ &= \left(f \left(\bigcap_{i=1}^{n+1} L_i \right), \bigwedge_{i=1}^{n+1} \beta_i \right) = \left(\bigcap_{i=1}^{n+1} f(L_i), \alpha \right) \\ &= \left(\bigcap_{i=1}^{n+1} L_i, \alpha \right) = (m, \alpha) \end{aligned}$$

is obtained. So the center (m, α) is invariant under \bar{f} .

ii) For all $(p_i, \alpha_i), i = 1, 2, \dots, n + 1$ on the axis, from the definition of the axis of the central fuzzy collineation \bar{f} ,

$$\bar{f}(p_i, \alpha_i) = (p_i, \alpha_i), \quad i = 1, 2, \dots, n + 1.$$

The axis E can be written $E = \cup_{i=1}^{n+1} p_i$ in \mathcal{P} and

$(E, \beta) = (\cup_{i=1}^{n+1} p_i, \wedge_{i=1}^{n+1} \alpha_i)$ in $[\mathcal{P}, \lambda]$. By using the definition of the fuzzy collineation \bar{f} in $[\mathcal{P}, \lambda]$,

$$\begin{aligned} \bar{f}(E, \beta) &= \bar{f}\left(\left\langle \bigcup_{i=1}^{n+1} p_i, \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha_i \right\rangle\right) = \left\langle f\left(\bigcup_{i=1}^{n+1} p_i\right), \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha_i \right\rangle \\ &= \left\langle \bigcup_{i=1}^{n+1} f(p_i), \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha_i \right\rangle = \left\langle \bigcup_{i=1}^{n+1} p_i, \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha_i \right\rangle \\ &= \left(E, \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha_i\right) = (E, \beta) \end{aligned}$$

is obtained. So the axis (E, β) is invariant under \bar{f} .

Theorem 3.5. Suppose that \bar{f} is a central fuzzy collineation with (m, α) –center of $[\mathcal{P}, \lambda]$. If \bar{f} leaves two distinct lines that do not pass through the center invariant, then \bar{f} is the fuzzy unit collineation.

Proof. Let (L_1, β_1) and (L_2, β_2) be two fuzzy invariant line that do not pass through the center of \bar{f} in $[\mathcal{P}, \lambda]$. From [3], the intersection point of these lines remains invariant under \bar{f} . Since the center and every fuzzy line passing through the center are invariant under \bar{f} , the intersection points of the fuzzy lines (L_1, β_1) and (L_2, β_2) with the lines passing through the center (m, α) are invariant under \bar{f} . So, every point on $(L_i, \beta_i), i = 1, 2$ is invariant and it is well shown that if two fuzzy points that are not on a fuzzy line which is pointwise are invariant, \bar{f} is the unit in [3]. So the proof is completed.

Theorem 3.6. Suppose that \bar{f} is a central fuzzy collineation of $[\mathcal{P}, \lambda]$, defined by the collineation f of the base plane \mathcal{P} . Then,

- i) Let f be a homology such that its center m is the base point on the base line L . If the fuzzy collineation \bar{f} with the center (q, a_0) has an axis, then $a_1 = a_2$.
- ii) Let f be a homology such that its center m is on the base line L different from the base point. If the central fuzzy collineation \bar{f} with the center (m, a_1) has an axis, then there are the relationships $a_1 = a_2$ or $a_0 = a_1 = a_2$ among the membership degrees of $[\mathcal{P}, \lambda]$.
- iii) Let f be a homology such that its center m not on the base line L . If the fuzzy collineation \bar{f} has an axis (E, a_2) , then there are relationships $a_1 = a_2$ or $a_0 = a_1 = a_2$ in $[\mathcal{P}, \lambda]$.

Proof. i) Let f be (q, E) -homology.

Since the center q is not on the axis, $L \neq E$.

Let the fuzzy collineation \bar{f} with the center (q, a_0) have an axis. Suppose that the axis E has a_2 membership degree different from the fuzzy base line (L, a_1) . Let's take (p_1, a_1) and (p_2, a_2) be on the axis (E, a_2) such that $p_1 = qp_1 \cap E$.

$$\begin{aligned} \bar{f}(p_1, a_1) &= \bar{f}((qp_1, a_1) \cap (E, a_2)) = (qp_1 \cap E, a_2) \\ &= (p_1, a_2). \end{aligned}$$

Since (E, a_2) is the axis of the fuzzy collineation \bar{f} , (p_1, a_1) must be invariant. In this case, $a_1 = a_2$ is obtained.

ii) Let f be (m, E) -homology such that $m \circ L, m \neq q$.

Case 1: Let the axis E intersect the base line on a point different from the base point q .

Suppose that the axis of \bar{f} is (E, a_2) .

Let's take the fuzzy points (p_1, a_1) and (p_2, a_2) be on the axis (E, a_2) such that $p_1 = mp_1 \cap E$. Then, $\bar{f}(p_1, a_1) = \bar{f}((mp_1, a_1) \cap (E, a_2)) = (f(mp_1 \cap E), a_1 \wedge a_2) = (p_1, a_2)$. Since (p_1, a_1) is on the axis, it is invariant. Hence, $a_1 = a_2$ is obtained.

Case 2: Let the axis E of f intersect the base line L on the base point q .

Let's take the fuzzy points (q, a_0) and (p, a_2) be on the axis (E, a_2) such that $q = mq \cap E$. Then, $\bar{f}(q, a_0) = \bar{f}((mq, a_1) \cap (E, a_2)) = (f(mq \cap E), a_1 \wedge a_2) = (mq \cap E, a_2) = (q, a_2)$. Since (q, a_0) is on the axis, so it is fuzzy invariant. $a_0 = a_2$ is obtained.

From the relationship $a_0 \geq a_1 \geq a_2$ among the membership degrees in $[\mathcal{P}, \lambda]$, $a_0 = a_1 = a_2$ is obtained.

iii) Suppose that f is (m, E) -homology, $m \notin L$. Two results are obtained. The axis can be the base line (L, a_1) or different from the base line.

If the axis (E, a_2) of \bar{f} is the base line (L, a_1) , it is easily seen that $a_0 = a_1 = a_2$.

When the axis (E, a_2) of \bar{f} is different from the base line (L, a_1) , it intersects the base line in the base point (q, a_0) or a point (p, a_1) on the base line (L, a_1) . If the intersection point is the base point (q, a_0) , the relationship $a_0 = a_1 = a_2$ is obtained easily. Similarly, if the intersection point is not the base point (q, a_0) on the base line, the equation $a_1 = a_2$ among the membership degrees is obtained.

Corollary Suppose that \bar{f} is a central fuzzy collineation of $[\mathcal{P}, \lambda]$ defined by the (m, E) –homology f of the base plane \mathcal{P} such that the base point q is on the axis E , then there is only one membership degree in $[\mathcal{P}, \lambda]$.

Theorem 3.7. Suppose that the collineation f of the base plane \mathcal{P} is a (m, E) –central collineation. Then, the fuzzy collineation \bar{f} of $[\mathcal{P}, \lambda]$ defined by the collineation of f is central fuzzy collineation, too.

Proof. Let f be (m, E) –central collineation of the base plane \mathcal{P} . Since E is the axis of f , E is pointwise. From the definition of the fuzzy collineation \bar{f} , the fuzzy line (E, β) is pointwise. So the fuzzy line (E, β) is the axis for the fuzzy collineation \bar{f} . Similarly, since m is the axis of f , m is linewise. Using the definition \bar{f} , $\bar{f}(m, \alpha) = (f(m), \alpha) = (m, \alpha)$ and for any fuzzy line $(L_i, \beta_i), i = 1, 2, \dots, n + 1$ passing through (m, α) , $\bar{f}(L_i, \beta_i) = (f(L_i), \beta_i) = (L_i, \beta_i)$. Hence the fuzzy point (m, α) is the center for the fuzzy collineation \bar{f} .

Consequently, the fuzzy collineation \bar{f} is a $((m, \alpha), (E, \beta))$ –central fuzzy collineation.

Corollary There is a central fuzzy collineation determined by the central collineation f of the base plane \mathcal{P} in the fuzzy projective plane $[\mathcal{P}, \lambda]$.

4. Central Intuitionistic Fuzzy Collineations in Intuitionistic Fuzzy Projective Planes

In this section, the definition of the central fuzzy collineations in the fuzzy projective planes is extended to the central intuitionistic fuzzy collineations in the intuitionistic fuzzy projective planes and some basic properties of these are introduced.

Definition 4.1. Let $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$ be the intuitionistic fuzzy projective plane with the base plane $\mathcal{P} = (N, D, \circ)$ and \bar{f} determined by the collineation f in \mathcal{P} be the intuitionistic fuzzy collineation of $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$. The intuitionistic fuzzy point (p, α, β) is called as the center of \bar{f} if every intuitionistic fuzzy line passing through (p, α, β) remains invariant under the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} in $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$. The intuitionistic fuzzy line (E, α', β') is called as an axis of the intuitionistic fuzzy collineation if every intuitionistic fuzzy point on the intuitionistic fuzzy line (E, α', β') is invariant under the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} .

The intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} which has the center point (m, α, β) and the axis (E, α', β') is called a $((m, \alpha, \beta), (E, \alpha', \beta'))$ – central intuitionistic fuzzy collineation. If the center point is on the axis, \bar{f} is called as an intuitionistic fuzzy elation and if the center point is not on the axis, then \bar{f} is called as an intuitionistic fuzzy homology.

For the intuitionistic fuzzy unit collineation, each intuitionistic fuzzy point as a center and each intuitionistic fuzzy line as an axis can be considered in $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$. Therefore, the intuitionistic fuzzy unit collineation is both an intuitionistic fuzzy elation and an intuitionistic fuzzy homology.

Since the intuitionistic fuzzy lines passing through the center are invariant under the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} , the center, a point and its image are intuitionistic fuzzy collinear. But the intuitionistic fuzzy points on the intuitionistic fuzzy lines passing through the center can be replaced by each other under the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} .

Theorem 4.2. Each intuitionistic fuzzy homology of Intuitionistic Fuzzy Fano plane is an unit collineation.

Proof. Let \bar{f} be an intuitionistic homology of Intuitionistic Fuzzy Fano plane $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$ with (m, α, β) -center and (E, α', β') – axis. Since \bar{f} is intuitionistic fuzzy homology, the center point is not on the axis in the base plane. Suppose that \bar{f} is an intuitionistic fuzzy collineation different from the intuitionistic fuzzy unit collineation. The center (m, α, β) and each point on the axis (E, α', β') are invariant. All points of Intuitionistic Fuzzy Fano plane are on the intuitionistic fuzzy lines passing through the center and all of these intuitionistic fuzzy lines intersect with the axis. So the center and the intersection point on the axis are invariant under \bar{f} . There remains only one intuitionistic fuzzy point on the intuitionistic fuzzy line passing through (m, α, β)

such that its image is undefined. Since the center, the point and its image are intuitionistic fuzzy collinear, this point has to turn into itself under \bar{f} . In this case, each point remains invariant. So \bar{f} is the intuitionistic fuzzy unit collineation.

Theorem 4.3. Intuitionistic Fuzzy Fano plane has only one central intuitionistic fuzzy collineation different from the unit collineation.

Proof. Let \bar{f} be a central intuitionistic fuzzy collineation of Intuitionistic Fuzzy Fano plane different from the unit collineation. From previous theorem, if \bar{f} is an intuitionistic fuzzy homology, then \bar{f} is the intuitionistic fuzzy unit collineation. Suppose that \bar{f} is an intuitionistic fuzzy elation. The center is on the axis. The image of any intuitionistic fuzzy point not on the axis must be on an intuitionistic fuzzy line joining it to the center. Since \bar{f} is different from the intuitionistic fuzzy unit collineation, there are two remaining intuitionistic fuzzy points on this line which must match each other under \bar{f} . So there is only one central intuitionistic fuzzy collineation different from the unit collineation in Intuitionistic Fuzzy Fano projective plane.

Corollary Intuitionistic Fuzzy Fano plane has only one intuitionistic fuzzy elation different from the unit collineation.

From now on, we considered the intuitionistic fuzzy projective plane $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$ with the base plane \mathcal{P} and (λ, μ) in the following form:

$$\begin{aligned}
 (\lambda, \mu) : \mathcal{P}G(V) &\rightarrow [0, 1] \times [0, 1] \\
 q &\rightarrow (a_0, b_0) \\
 p &\rightarrow (a_1, b_1), \quad p \in L \setminus \{q\} \\
 p &\rightarrow (a_2, b_2), \quad p \in \mathcal{P}G(V) \setminus \{L\}
 \end{aligned}$$

where L is an intuitionistic projective line of \mathcal{P} containing q and $a_0 \geq a_1 \geq a_2, b_0 \leq b_1 \leq b_2, 0 \leq a_i + b_i \leq 1, i=0, 1, 2$.

The intuitionistic fuzzy point (q, a_0, b_0) and the intuitionistic fuzzy line (L, a_1, b_1) are called as the base point, the base line of the intuitionistic fuzzy projective plane $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$, respectively. Some properties under the central intuitionistic fuzzy collineation in $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$ depending on the base line, the base point and the membership degrees of $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$ are introduced with the following theorems.

Theorem 4.4. Suppose that \bar{f} is a central intuitionistic fuzzy collineation of $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$ defined by the collineation f of the base plane \mathcal{P} with m -center and E –axis.

- i) The center (m, α, β) is invariant under the central intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} .
- ii) The axis (E, α', β') is invariant under the central intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} .

Proof. i) Let (m, α, β) be the center of \bar{f} in $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$. The lines $L_i, i = 1, 2, \dots, n + 1$ passing through the center are invariant from the definition of the center of f in \mathcal{P} . Let the center (m, α, β) be the intersection point of the intuitionistic fuzzy lines $(L_i, \alpha_i, \beta_i), i = 1, 2, \dots, n + 1$ in $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$.

$$(m, \alpha, \beta) = \bigcap_{i=1}^{n+1} (L_i, \alpha_i, \beta_i) = \left(\bigcap_{i=1}^{n+1} L_i, \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha_i, \bigvee_{i=1}^{n+1} \beta_i \right)$$

By using the definition \bar{f} ,

$$\begin{aligned} \bar{f}(m, \alpha, \beta) &= (f(m), \alpha, \beta) \\ &= \left(f \left(\bigcap_{i=1}^{n+1} L_i \right), \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha_i, \bigvee_{i=1}^{n+1} \beta_i \right) \\ &= \left(\bigcap_{i=1}^{n+1} f(L_i), \alpha, \beta \right) \\ &= \left(\bigcap_{i=1}^{n+1} L_i, \alpha, \beta \right) = (m, \alpha, \beta) \end{aligned}$$

is obtained. So the center (m, α, β) is invariant under \bar{f} .

ii) For all $(p_i, \alpha_i, \beta_i), i = 1, 2, \dots, n$ on the axis, from the definition of the axis of the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} ,

$$\bar{f}(p_i, \alpha_i, \beta_i) = (p_i, \alpha_i, \beta_i), i = 1, 2, \dots, n + 1.$$

The axis E can written $E = \bigcup_{i=1}^{n+1} p_i$ in \mathcal{P} and

$$(E, \alpha', \beta') = \langle \bigcup_{i=1}^{n+1} p_i, \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha'_i, \bigvee_{i=1}^{n+1} \beta'_i \rangle \text{ in } [\mathcal{P}, \lambda, \mu].$$

By using the definition of the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} in $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$.

$$\begin{aligned} \bar{f}(E, \alpha', \beta') &= \bar{f} \left(\left\langle \bigcup_{i=1}^{n+1} p_i, \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha'_i, \bigvee_{i=1}^{n+1} \beta'_i \right\rangle \right) \\ &= \left\langle f \left(\bigcup_{i=1}^{n+1} p_i \right), \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha'_i, \bigvee_{i=1}^{n+1} \beta'_i \right\rangle \\ &= \left\langle \bigcup_{i=1}^{n+1} f(p_i), \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha'_i, \bigvee_{i=1}^{n+1} \beta'_i \right\rangle \\ &= \left\langle \bigcup_{i=1}^{n+1} p_i, \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha'_i, \bigvee_{i=1}^{n+1} \beta'_i \right\rangle \\ &= \left(E, \bigwedge_{i=1}^{n+1} \alpha'_i, \bigvee_{i=1}^{n+1} \beta'_i \right) = (E, \alpha', \beta') \end{aligned}$$

is obtained. So the axis (E, α', β') is invariant under \bar{f} .

Theorem 4.5. Suppose that \bar{f} is a central intuitionistic fuzzy collineation with (m, α, β) –center of $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$. If \bar{f} leaves two distinct lines that do not pass through the center invariant, then \bar{f} is the intuitionistic fuzzy unit collineation.

Proof. Let (L_1, α_1, β_1) and (L_2, α_2, β_2) be two intuitionistic fuzzy invariant line that do not pass through the center of \bar{f} in $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$. From [3], the intersection point of these lines remains invariant under \bar{f} . Since the center and every intuitionistic fuzzy line passing through the center are invariant under \bar{f} , the intersection points of the intuitionistic fuzzy lines (L_1, α_1, β_1) and (L_2, α_2, β_2) with the lines passing through the center

(m, α, β) are invariant under \bar{f} . So, every point on $(L_i, \alpha_i, \beta_i), i = 1, 2$ is invariant and it is well shown that if two intuitionistic fuzzy points that are not on an intuitionistic fuzzy line which is pointwise are invariant, \bar{f} is the unit in [3]. So the proof is completed.

Theorem 4.6. Suppose that \bar{f} is an intuitionistic fuzzy collineation of $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$ defined by the collineation f of the base plane \mathcal{P} . Then,

- i) Let f be a homology such that its center m is the base point on the base line L . If the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} with the center (q, a_0, b_0) has an axis, then $a_1 = a_2, b_1 = b_2$.
- ii) Let f be a homology such that its center m is on the base line L different from the base point. If the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} with the center (m, a_1, b_1) has an axis, then there are the relationships $a_1 = a_2, b_1 = b_2$ or $a_0 = a_1 = a_2, b_0 = b_1 = b_2$ among the membership degrees of $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$.
- iii) Let f be a homology such that its center m not on the base line L . If the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} has an axis (E, a_2, b_2) , then there are the relationships $a_1 = a_2, b_1 = b_2$ or $a_0 = a_1 = a_2, b_0 = b_1 = b_2$ in $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$.

Proof. i) Let f be (q, E) -homology. Since the center q is not on the axis, $L \neq E$.

Let the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} with the center (q, a_0, b_0) have an axis. Suppose that the axis E has the membership and nonmembership degree (a_2, b_2) different from (a_1, b_1) . Let's take (p_1, a_1, b_1) and (p_2, a_2, b_2) be on the axis (E, a_2, b_2) such that $p_1 = qp_1 \cap E$.

$$\begin{aligned} \bar{f}(p_1, a_1, b_1) &= \bar{f}((qp_1, a_1, b_1) \cap (E, a_2, b_2)) \\ &= (qp_1 \cap E, a_2, b_2) = (p_1, a_2, b_2). \end{aligned}$$

Since (E, a_2, b_2) is the axis of the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} , (p_1, a_1, b_1) must be invariant. In this case $a_1 = a_2$ and $b_1 = b_2$ are obtained.

ii) Let f be (m, E) -homology such that $m \circ L, m \neq q$.

Case 1: Let the axis E intersect the base line on a point different from the base point q .

Suppose that the axis of \bar{f} is (E, a_2, b_2) .

Let's take the intuitionistic fuzzy points (p_1, a_1, b_1) and (p_2, a_2, b_2) be on the axis (E, a_2, b_2) such that $p_1 = mp_1 \cap E$. Then, $\bar{f}(p_1, a_1, b_1)$ is $\bar{f}((mp_1, a_1, b_1) \cap (E, a_2, b_2)) = (f(mp_1 \cap E), a_1 \wedge a_2, b_1 \vee b_2) = (p_1, a_2, b_2)$. Since (p_1, a_1, b_1) is on the axis, it is invariant. Hence, $a_1 = a_2, b_1 = b_2$ are obtained.

Case 2: Let the axis E of f intersect the base line L on the base point q .

Let's take the intuitionistic fuzzy points (q, a_0, b_0) and (p, a_2, b_2) be on the axis (E, a_2, b_2) such that $q = mq \cap E$. Then, $\bar{f}(q, a_0, b_0)$ is $\bar{f}((mq, a_1, b_1) \cap (E, a_2, b_2)) = (f(mq \cap E), a_1 \wedge a_2, b_1 \vee b_2) = (mq \cap E, a_2, b_2) = (q, a_2, b_2)$. Since (q, a_0) is on the axis, so it is intuitionistic fuzzy invariant. $a_0 = a_2$ and $b_0 = b_2$ are obtained.

From the relationships $a_0 \geq a_1 \geq a_2$ and $b_0 \leq b_1 \leq b_2$, among the membership degrees in $[\mathcal{P}, \lambda]$, $a_0 = a_1 = a_2$ and $b_0 = b_1 = b_2$ are obtained.

iii) Suppose that f is (m, E) -homology, $m \notin L$. Two results are obtained. The axis can be the base line (L, a_1, b_1) or different from the base line.

If the axis (E, a_2, b_1) of \bar{f} is the base line (L, a_1, b_1) , it is easily seen that $a_0 = a_1 = a_2, b_0 = b_1 = b_2$.

When the axis (E, a_2, b_2) of \bar{f} is different from the base line (L, a_1, b_1) , it intersects the base line in the base point (q, a_0, b_0) or a point (p, a_1, b_1) on the base line (L, a_1, b_1) . If the intersection point is the base point (q, a_0, b_0) , the relationships $a_0 = a_1 = a_2$ and $b_0 = b_1 = b_2$ are obtained easily. Similarly, if the intersection point is different from the base point (q, a_0, b_0) on the base line, the equations $a_1 = a_2$ and $b_1 = b_2$ are obtained.

Corollary Suppose that \bar{f} is a central intuitionistic fuzzy collineation of $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$ defined by the (m, E) -homology f of the base plane \mathcal{P} such that the base point q is on the axis E , then there is only one membership degree in $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$.

Theorem 4.7. Suppose that the collineation f of the base plane \mathcal{P} is (m, E) -central collineation. Then, the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} of $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$ defined by the collineation of f is the central collineation, too.

Proof. Let f be (m, E) -central collineation of the base plane \mathcal{P} . Since E is the axis of f , E is pointwise. From the definition of the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} , the intuitionistic fuzzy line (E, α', β') is pointwise. So the intuitionistic fuzzy line (E, α', β') is the axis for the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} . Similarly, since m is the axis of f , m is linewise. Using the definition \bar{f} , $\bar{f}(m, \alpha, \beta) = (f(m), \alpha, \beta) = (m, \alpha, \beta)$ and for any intuitionistic fuzzy line $(L_i, \alpha_i', \beta_i'), i = 1, 2, \dots, n + 1$ passing through (m, α, β) , $\bar{f}(L_i, \alpha_i', \beta_i') = (f(L_i), \alpha_i', \beta_i') = (L_i, \alpha_i', \beta_i')$. Hence the intuitionistic fuzzy point (m, α, β) is the center for the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} .

Consequently, the intuitionistic fuzzy collineation \bar{f} is $((m, \alpha), (E, \beta))$ -central intuitionistic fuzzy collineation.

Corollary There is a central intuitionistic fuzzy collineation determined by the central collineation f of the base plane \mathcal{P} in the intuitionistic fuzzy projective plane $[\mathcal{P}, \lambda, \mu]$.

5. Conclusion

The fuzzy counterparts and intuitionistic fuzzy counterparts of the central collineations defined in classical projective planes are introduced in fuzzy and intuitionistic fuzzy projective planes, *e-ISSN: 2148-2683*

respectively. It is determined that every homology of both Fuzzy Fano plane and Intuitionistic Fuzzy Fano plane is an unit collineation and also Fuzzy Fano projective plane and Intuitionistic Fuzzy Fano projective plane have only one elation distinct from the unit collineation.

It is seen that if the axis of a fuzzy homology of the fuzzy projective plane is passing through the base point, then all membership degrees in the fuzzy projective plane must be equal. The same result is obtained for the intuitionistic fuzzy projective plane. That is, in this case the fuzzy and intuitionistic fuzzy projective planes are crisp.

Consequently, the obtained results and introduced theorems showed that there is an important relationship between the axis, the center of the central collineations in the fuzzy and intuitionistic fuzzy projective plane and the base point, the base line of the fuzzy and intuitionistic fuzzy projective plane.

These obtained results on the central fuzzy collineation and the central intuitionistic fuzzy collineations have an important effect on enriching the theory of the fuzzy and intuitionistic fuzzy geometries.

5. References

- [1] K.S. Abdukhalikov, The Dual of a Fuzzy Subspace, FSS 82 (1996) 375-381.
- [2] Z. Akça, A. Bayar, S. Ekmekci, H.V. Maldeghem, Fuzzy projective spreads of fuzzy projective spaces, Fuzzy Sets and Systems, 157(24) (2006) 3237-3247.
- [3] E. Altintas Kahrirman, On Maps in Fuzzy and Intuitionistic Fuzzy Projective Planes, Eskisehir Osmangazi University, Institute of Science, Doctoral Thesis, 2020.
- [4] K.T. Atanassov, Intuitionistic Fuzzy Sets, Fuzzy Sets and Systems, 20 (1986) 87-96.
- [5] R. Baer, Projectivities with fixed points on every line of the plane. Bull. Amer. Math. Soc. 52 (1946) 273-286.
- [6] E. A. Ghassan, Intuitionistic fuzzy projective geometry, J. of Al-Ambar University for Pure Science, 3 (2009) 1-5.
- [7] D. R. Hughes and F. C. Piper, Projective Planes, Springer-Verlag, New York Heidelberg, Berlin, 1973.
- [8] A. K. Katsaras, D. B. Liu, Fuzzy vector spaces and fuzzy topological vector spaces, J. Math. Anal. Appl. 58 (1) (1977) 135-146.
- [9] L. Kuijken, H.V. Maldeghem, E.E. Kerre, Fuzzy projective geometries from fuzzy vector spaces, Information processing and management of uncertainty in knowledge-based systems. Editions Medicales et Scientifiques. Paris, La Sorbonne, (1998) 1331-8.
- [10] L. Kuijken, H.V. Maldeghem, E.E. Kerre, Fuzzy projective geometries from fuzzy groups, Tatra Mt. Math. Publ. 16 (1999) 85-108.
- [11] L. Kuijken, Fuzzy projective geometries, Mathematics, Computer Science, EUSFLAT- ESTYLF Joint Conf., 1999.
- [12] L. Kuijken, H.V. Maldeghem, On the definition and some conjectures of fuzzy projective planes by Gupta and Ray, and a new definition of fuzzy building geometries, Fuzzy Sets and Systems 138 (2003) 667-685.
- [13] R. Pradhan, M. Pal, Intuitionistic Fuzzy Linear Transformations, Annals of Pure and Applied Mathematics, 1 (1), (2012) 57-68.

- [14] A. Rosenfeld, Fuzzy Groups, J. Math. Anal. Appl. 35 (1971) 512-517.
- [15] L. A. Zadeh, Fuzzy Sets, Inform. and Control, 8 (1965) 338-353 Sowell.



A Case Study on Building a Cross-Selling Model through Machine Learning in the Insurance Industry

Yunus Emre Ozdemir¹, Selim Bayrakli^{2*}

¹ Multi Turkey Yönetim A.Ş., Esentepe Mah. Büyükdere Cad. 199 Levent Plaza K:26 Şişli, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8730-3658), yeozdemir@gmail.com

^{2*} Milli Savunma Üniversitesi, Hava Harp Okulu Dekanlığı, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Yesilyurt / İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3115-6721), hbayrakli@hho.msu.edu.tr

(First received 11 March 2021 and in final form 3 January 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.895069)

ATIF/REFERENCE: Ozdemir, Y.E. & Bayrakli, S. (2022). A Case Study on Building a Cross-Selling Model through Machine Learning in the Insurance Industry. *European Journal of Science and Technology*, (35), 364-372.

Abstract

Cross-selling, has become widespread in recent years and has increased in importance, is a strategy of selling interrelated products or services to the customer by analyzing the general buying trend. In this study, firstly, its usage in data-based marketing and insurance is explained. As known, possibilities are very important in the insurance industry. For example, premiums to be determined in the next year in life insurance are based on the number of deaths (mortality) in the past years among certain age groups. Accordingly, the probability of customers with private pension contracts to obtain life insurance will be estimated. While making this estimation, besides the personal information of the customers, their behavior in the past periods of 1-3-6 months and the various traces they left on the system will be used. Machine learning, decision trees, and Cross Sales have been studied in detail. Customer data of an insurance company in Turkey is used in the implementation of the project. Then, it was examined whether a product can be purchased based on the past behavior of individual customers with the Chaid, C5.0 and Crt algorithms used in decision trees. Finally, it will analyzed that this study does not contribute to company sales, and new generation sales techniques will be used instead of traditional sales methods.

Keywords: Machine learning, Cross-selling model, Insurance, Decision trees.

Sigorta Sektöründe Makine Öğrenmesi ile Çapraz Satış Modeli Oluşturma Üzerine Bir Örnek Çalışma

Öz

Son yıllarda oldukça yaygınlaşan ve önemi artan çapraz satışlar, genel satın alma eğilimini analiz ederek müşteriye birbiriyle ilişkili ürün veya hizmetleri satma stratejisidir. Bu çalışmada öncelikle veri tabanlı pazarlama ve sigortacılıkta kullanımı açıklanmıştır. Makine öğrenmesi, karar ağaçları ve Çapraz Satışlar ayrıntılı olarak incelenmiştir. Projenin uygulama kısmında Türkiye'deki bir sigorta şirketinin müşteri verileri kullanılmıştır. Bilindiği üzere sigorta sektöründe ihtimaller çok önemlidir. Örneğin hayat sigortasında önümüzdeki yıl belirlenecek primler belirli yaş grupları arasında geçmiş yıllardaki ölüm sayılarını (mortalite) baz almaktadır. Bu doğrultuda bireysel emeklilik sözleşmesine sahip olan müşterileri hayat sigortası alma ihtimalleri tahmin edilecektir. Bu tahmin yapılırken müşterilerin özlük bilgilerinin yanı sıra 1 - 3 - 6 aylık geçmiş periyotlardaki davranışları ve sisteme bıraktıkları çeşitli izlerden faydalanılacaktır. Daha sonra karar ağaçlarında kullanılan Chaid, C5.0 ve Crt algoritmaları ile bireysel müşterilerin geçmiş davranışları üzerinden bir ürünün alınıp alınmayacağı incelenecektir. Son olarak bu çalışmanın şirket satışlarına katkısının bulunup bulunmadığı analiz edilecek, geleneksel satış yöntemleri yerine yeni jenerasyon satış teknikleri kullanılmaya başlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Makine öğrenmesi, Çapraz satış modeli, Sigortacılık, Karar ağaçları.

* Corresponding Author: hbayrakli@hho.msu.edu.tr

1. Introduction

According to literature, the very first practices which are similar to insurance in the world date back to approximately 4000 years ago in Babylonia. In Babylon, which had become the trade center of its time, financiers that gave loans to caravan traders would write the debt off in the event that a caravan was robbed or a ransom situation arose and, in return for the risk they took, they would charge an extra amount in addition to the outstanding debt to be paid. This practice was later legalized by King Hammurabi. The most prominent aspect of the Code of Hammurabi was that it stipulated for the damages to caravans that were attacked by robbers to be shared among all other caravans. All assets, enterprises and securities belonging to people all over the world are under the threat of uncertainties referred to as "risks". Insurance involves compensation of the damages that arise for the insured in the event that the uncertain risks materialize.

This ensures for the uncertainty in the future to be eliminated for the insured. Insurance provides individuals and organizations with confidence in planning for the future. Insurance can also be defined as a sort of cooperation among people who are subject to essentially similar risks through unification of financial capabilities. The principal function of insurance companies is to bring people who are exposed to the same type of risk together and organize compensation of the damages that occur through use of a shared pool. When people who are subject to the same risk come together and face the materialized risk in unison, the amount to be paid by each person is decreased and even a major risk becomes affordable. The predictability of the amount of damages per person increases in direct proportion to the number of people who unite against the risk.

Insurance is a contract which is concluded between the insurer and the insured. The purpose of this contract is to establish an agreement in which the insurer indemnifies a pecuniary interest of the insured which can be protected legally against a potential situation of risk in return for a premium. The insurance policy, in which the details of the agreement are stipulated, contains the specific and general conditions that are individually stated.

In order for the insurance contract to have legal validity, it is essential for the parties to reach an agreement on key elements such as the risk against which indemnity will be provided, the sum to be insured, the subject matter of the insurance, the conditions of insurance and the premium. Insurance is not a source of revenue under any circumstances. The function of restoring the welfare of the insured to a state before the damages occurred renders insurance very important for both individuals and contribution to national economy.

As in all sectors, the customer is very important for the insurance sector. Since there are no goods or services produced and offered in the insurance sector, it is necessary to be there when the customer needs it. Because insurance is needed when the customer loses or damages anything that has a value on it. Like all commercial organizations, insurance companies need new customers to increase their profitability. Finding new customers and maintaining the satisfaction of existing customers is important in terms of customer relationship management. While determining customer relations, parameters such as the importance of the customer, the benefit it provides to the

company, and the number of services or products offered are taken into consideration.

The number of touch points between a customer and a company increases in direct proportion to the amount of additional products or services the customer purchases from the company. This, in turn, increases the switching cost for the customer. In addition, the more contact there is between the company and the customer, the more information the company obtains on the purchasing behaviors and preferences of the customer. This ensures for the company to acquire the skill of meeting the needs of the customer in a more effective way than its competitors. As a result, the company becomes able to increase both customer loyalty and customer profitability.

Our study includes a literature review which is as comprehensive as possible and is followed by an exploration of the fields of machine learning and cross-selling. The next phase involves a review of model building, followed by a comparative analysis of models.

2. Literature Review

This study involves two research areas in literature: cross-selling and supervised classification. A brief discussion on these two areas will be followed by a summary of the contributions of this study in relation to the aforementioned areas.

Unlike other CRM and direct marketing elements such as customer segmentation, customer targeting and customer management, there are relatively few studies in the field of cross-selling (Kumar et al., 2008). As discussed by Kamakura (2008), the analytical methods for cross-selling can be grouped in acquisition pattern analysis and collaborative filtering (CF). For the acquisition model analysis, the data from the previous purchases of current and other involved customers is used to define the next product that will be recommended (Kamakura, 2008). Kamakura et al. (2004) has developed a multi-dimensional acquisition model analysis and a multivariate split hazard model in order to predict the probability and timing of new product purchases. Prinzie & Van den Poel (2011) have considered customer purchasing behaviors as one-dimensional or multivariate sequences and implemented the mixture transition distribution model, Markov chain and Bayesian network in order to respectively model and predict behavioral data. Ansell et al. (2007) has combined customer lifestyle segmentation and proportional hazards model in order to determine cross-selling opportunities through use of demographic charts and the first five purchases of a customer. Kumar et al. (2008) has analyzed collective behavior characteristics, marketing efforts and product features on the statistical model for purposes of cross-selling and customer-targeting. [Ahn](#) et al. (2011) have used demographic and collective behavioral data as input to multiple classification models for cross-selling in the mobile telecommunications industry and utilized genetic algorithms to find solutions. In the last decade, CF has caught the attention of researchers in the field of computer sciences and is widely used for recommendation systems in the area of electronic commerce. ICF, UCF and matrix coefficient (MC) are three CF methods which are commonly used Bellogin et al. (2013). MC has recently become one of the mainstream recommendation algorithms (Bellogin et al., 2013). Li et al. (2011) has applied a multivariate probit model in order to predict customer responses for cross-selling recommendations. Later on, they suggested a stochastic dynamic programming model to reach decisions regarding cross-selling

recommendations for the purpose of taking temporal customer demand and the long-term effects of cross-selling promotions into consideration. [Netessine et al. \(2006\)](#) has used product stock and customer preference probability distribution data as input for cross-selling and pricing of packaged products. The most significant contribution of this study is inclusion of polycentric multi-directional data in classification models for purposes of tensor-based classification and cross-selling recommendations for improving classification performance and customer response rate in particular. In the past, customer demographic and collective behavior data, which was represented by matrices, was generally used as input for standard cross-selling models ([Ansell et al., 2007](#); [Ahn et al., 2011](#); [Chen et al., 2013](#)). For IF, purchasing samples related to customers and products are used in order to identify cross-selling opportunities and recommend additional products to customers ([Bellogin et al., 2013](#); [Kamakura, 2008](#)).

3. Machine Learning and Cross-Selling

Machine learning is often confused with the field of data mining. The primary reason behind this is the fact that the methods used are very similar for both. Data mining can be defined as processing of collected and recorded data with mathematical and statistical methods for the purpose of generating significant results. This endeavor also constitutes the first step of machine learning. However, the process of machine learning involves not only exploration of the collected data but also prediction of future events through use of this data.

When viewed as a process, data mining generally ends when the targeted information is acquired but machine learning continues the learning process with each bit of information that is acquired and constantly improves itself. While the name “machine learning algorithms” causes hesitation in people’s minds, these algorithms are essentially based on a very simple logic. If we were to summarize this logic in three steps, we could say that it requires us to follow the order of “watch, learn and apply”. To clarify the issue with an example from daily life, we can take a look at the students who prepare for university admission exams each year. Since these exams are in the form multiple-choice tests and require students to answer a specific number of questions within a limited period of time, factors such as the students’ level of familiarity with the questions, speed in answering the questions and grasp of the subject affect the results directly. At this point, the students make an effort to both learn the subjects within scope of the university exam and increase their knowledge on these, and form an understanding of the exam itself by examining the questions asked in the previous years. Analyzing and answering the questions from previous years provides the students with an idea on the structure and form of the questions as well as the paths to take while coming up with the answer, and at the same time increases their speed in answering by familiarizing them with the question types.

The more questions a student answers, the higher their level of familiarity becomes, and the faster and more accurately they answer the questions. This is the same logic as the one adopted in machine learning: “Watch, learn and apply.” Regardless of the purpose, a prediction model must have high accuracy. Precision and specificity are assessed on the basis of the types of error we deem to be critical and costly. In some cases, a researcher can focus on precision or specificity alone. In other cases, having balance for both can be important for the researcher. Through the cross-selling model included in our study, we will predict the

purchase probability of customers who have not purchased the R1 product. As a result of this prediction, sales actions are defined for customers with a high probability of purchase. Based on this example, an indication by our model for high purchase probability in relation to customers who are, in reality, not likely to make a purchase would lead to unnecessary sales attempts and create costs. In such a case, the error that must be avoided is prediction of high purchase probability for customers who are unlikely to make a purchase. A prediction of low purchase probability for a customer who is likely to make a purchase, on the other hand, does not create costs but has an effect on the accuracy of our model.

4. Cross-Selling

It is a generally accepted fact that selling a product or service to a new customer is five times as costly as selling it to an existing customer. This makes cross-selling very appealing for many marketing specialists. Despite being a new concept in marketing, cross-selling is a term that is frequently encountered in daily life (in grocery stores, restaurants, banks, etc.). Cross-selling is an idea that has gained popularity towards the end of the 20th century. Basically, it involves selling more products of different types and brands to the same customer. In a broader sense, it consists of selling a customer who has already purchased a product or service from a company an additional, different product or service. According to the Economist, cross-selling is a synergic concept which defines the way in which a person that has purchased a service from a company once again attains customer status for another service from the same company. The objective is to make another sale in addition to the product or service a customer is convinced to purchase or has already purchased. Selling to an existing customer increases both the revenue of the company and the revenue acquired from the customer in question. Furthermore, it costs less than acquiring a new customer. Notwithstanding this fact, factors such as selecting the customer, the effect of the customer profile on cross-selling and choosing the right time for cross-selling play a major role in achieving success.

5. Model Building

In this study, IBM SPSS Modeler (SPSS Clementine) version 18.0 has been used in the stages of data preparation, data cleaning and running of machine learning algorithms. Modeling will be performed in accordance with the CRISP-DM methodology shown in detail in Figure 1.

During calculation of the current value segmentation to be used as input in the study, the first activities were data exploration, examination of the distributions and grouping as per the 80/20 rule. In general, a rule-based structure was preferred. The following section includes detailed information without revealing the structure of the model. Of the 86 variables listed 6th section, the ones that were likely to be used in the model were examined through logistic regression and those that caused multiple correlations were eliminated in the first stage.

There are a total of 686,811 active and passive policies belonging to 192,966 customers included in the sample. Among these customers, 45,214 have previously purchased the R1 product (including both active and passive) while 147,752 are customers that have previously purchased products that are different than R1. The values are shown in Table 1.

6. Dataset

While creating the dataset, it is basically divided into 4 main categories. These categories are; It consists of customer demographic information, financial information, customer contact points, product information and results generated from other analytical models linked to the relevant customer. Below are examples of data for each category used in the model.

Demographic Dimension

- 1- Age of Customer
- 2- Gender
- 3- Education Status
- 4- Profession
- 5- Marital Status
- 6- City of Residence
- 7- District of Residence
- 8- Number of Children
- 9- Customer Segment
- 10- Job Title

Product Ownership

- 11- Active Product Flag
- 12- Active B1 flag
- 13- Active H1 Flag
- 14- Active F1 flag
- 15- Active O1 flag
- 16- Active O1 External B1 flag
- 17- Active SH1 flag
- 18- Active KH1 flag
- 19- Active IG1 flag
- 20- Active GB1 flag
- 21- Number of Active Product
- 22- Active B1 unit
- 23- Active H1 unit
- 24- Active F1 number
- 25- Active O1 unit
- 26- Active O1 External B1 number
- 27- Active SH1 pieces
- 28- Active KH1 unit
- 29- Active IG1 number
- 30- Active GB1 pcs

Product Ownership

- 31- Number of products purchased in the last 1 year
- 32- Number of B1 taken in the last 1 year

- 33- Number of H1s taken in the last 1 year
- 34- Number of F1s taken in the last 1 year
- 35- Number of O1 taken in the last 1 year
- 36- Number of B1 other than O1 taken in the last 1 year
- 37- Number of SH1s taken in the last 1 year
- 38- Number of KH1 taken in the last 1 year
- 39- Number of products purchased in the last 3 years
- 40- Number of B1s taken in the last 3 years
- 41- Number of H1s taken in the last 3 years
- 42- Number of F1s taken in the last 3 years
- 43- Number of O1 taken in the last 3 years
- 44- Number of B1 excluding O1 taken in the last 3 years
- 45- Number of SH1s taken in the last 3 years
- 46- Number of KH1 received in the last 3 years
- 47- Is BES its first product?
- 48- Is his first product Life?
- 49- Is his first product FKS?
- 50- Max active product life time
- 51- Year of first product purchase

Channel Information and History

- 52- Active Bank flag
- 53- Active DSF flag
- 54- Active Agency flag
- 55- Active Corporate flag
- 56- Active Telesales flag
- 57- Multichannel flag
- 58- Number of Active Banks
- 59- Active DSF number
- 60- Number of Active Agents
- 61- Active Corporate Number
- 62- Number of Active Telesales
- 63- Last 3 years Bank flag
- 64- Last 3 years DSF flag
- 65- Last 3 years Agency flag
- 66- Last 3 years Corporate flag
- 67- Last 3 years Telesales flag

Financial

- 68- Bulk payment in the last 1 year flag
- 69- Total B1 savings amount
- 70- Total B1 monthly payment amount
- 71- Total non-B1 premium

- 72- Critical illness coverage flag
- 73- Unemployment benefit flag
- 74- Has he taken a break in the last 3 years?
- 75- Have there been any cancellations in the last 3 years?
- 76- Active CC Payment Flag
- 77- Active Remittance Payment Flag
- 78- Payment from Active Account Flag
- 79- Active Other Payment Type Flag
- 80- Payment in the first 10 days of the month
- 81- Payment on the second 10 days of the month
- 82- Payment in the last 10 days of the month
- 83- Annual payment period flag
- 84- 6 month payment period flag
- 85- 3-month payment period flag
- 86- Monthly payment period flag

Table 1. Sample distribution and state of balance

	Sample	
Total	192,966	100%
R1 Buyer	45,214	25%
Non-R1 Buyer	147,752	75%
Training	112,748	65%
Test	75,240	35%

The preliminary preparation process was followed by the model building stage. The first step in this stage involved analysis of the data quality for the 86 variables that would serve as input for the model, elimination of deviating values and data transformation to render blank and invalid records meaningful. The process was continued until the fullness and quality ratio of each colon was 100%, and the deviating values were minimized.

Following the completion of the required cleaning procedures for the data, the distribution of the R1 product purchase state, which was the target variable, was checked in order to avoid biased results from the model. The requirement for the number of buyers and the number of non-buyers in the distribution to be close is an important prerequisite for model building. The sample of 112,748 people in total consisted of 20,754 (23%) R1 buyers and 91,994 (77%) non-R1 buyers. The lack of balance between these ratios indicated the necessity of balancing for model building.

In accordance with the result variable, the number of non-R1 buyers were balanced with a ratio of 0,25 and reduced to 22,822. As per the new results following the balancing, which are shown in Table 2, the number of R1 buyers was 20,754 (47%) while the number of non-R1 buyers was 22,822 (53%) in the distribution.

Table 2. Record numbers before balancing

Buying-Non_Buying	Partition	Record_Count
1	1_Training	20754
0	1_Training	91994
0	2_Testing	61142
1	2_Testing	14098

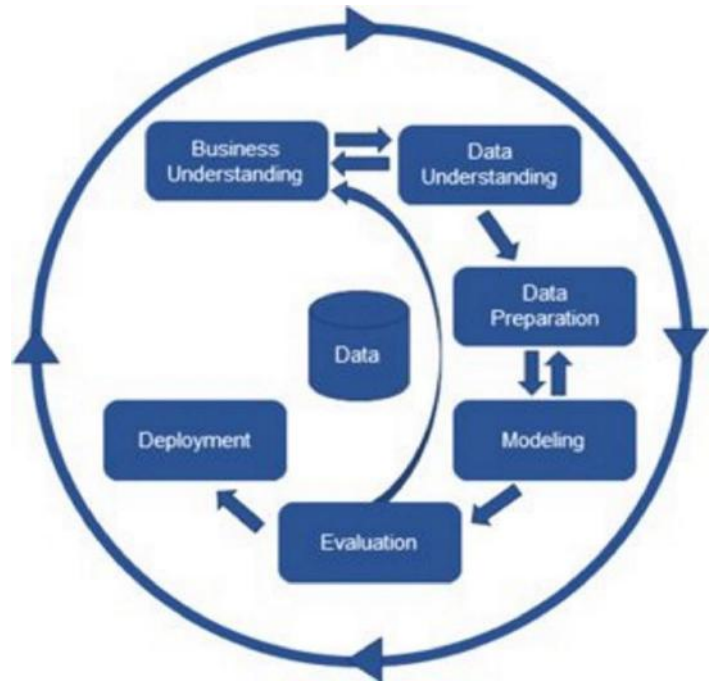


Figure 1. CRISP-DM Methodology cycle

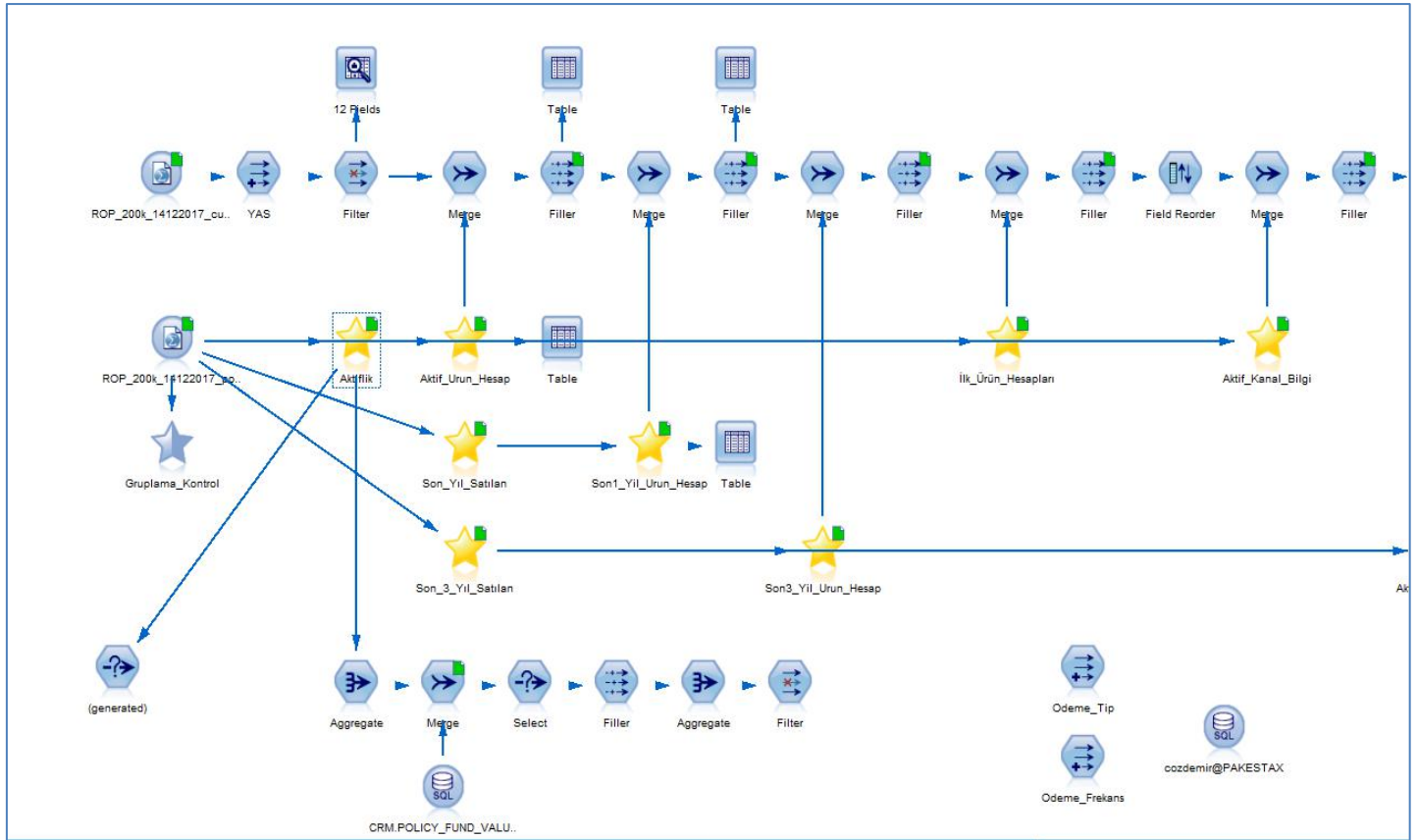


Figure 2. Collection of data and the established model flows (summary)

The model shown in Figures 2 and 3 was built and the accuracy calculation of the model was performed through use of 3 decision tree algorithms. The decision tree algorithms that were used while the models were being built and the success ratios of the models are specified in detail in Table 3.

7. Comparison of Model Results

An examination of the results of the 3 decision tree models in which the customer variables was given as input reveals the strongest model as the one produced with the C5.0 algorithm through the training data. The performance of all 3 models in prediction of the output state was very close and varied between 98 to 99%.

At this point, since we could not use champion model structure, it was essential to lean on 2 criteria while deciding which model to choose. Choosing an algorithm which had high training data performance and did not involve a large difference between training and test data performance (i.e., one that was consistent) was of great importance in avoiding large future deviations in the model. Since the results acquired with the selected 3 algorithms were very close, we performed an ensemble procedure in order to use them all and ensure for them to provide accuracy for each other. With this ensemble procedure, using averaging model another model result was produced through blending of the variables with the highest explanatory power from the 3 models

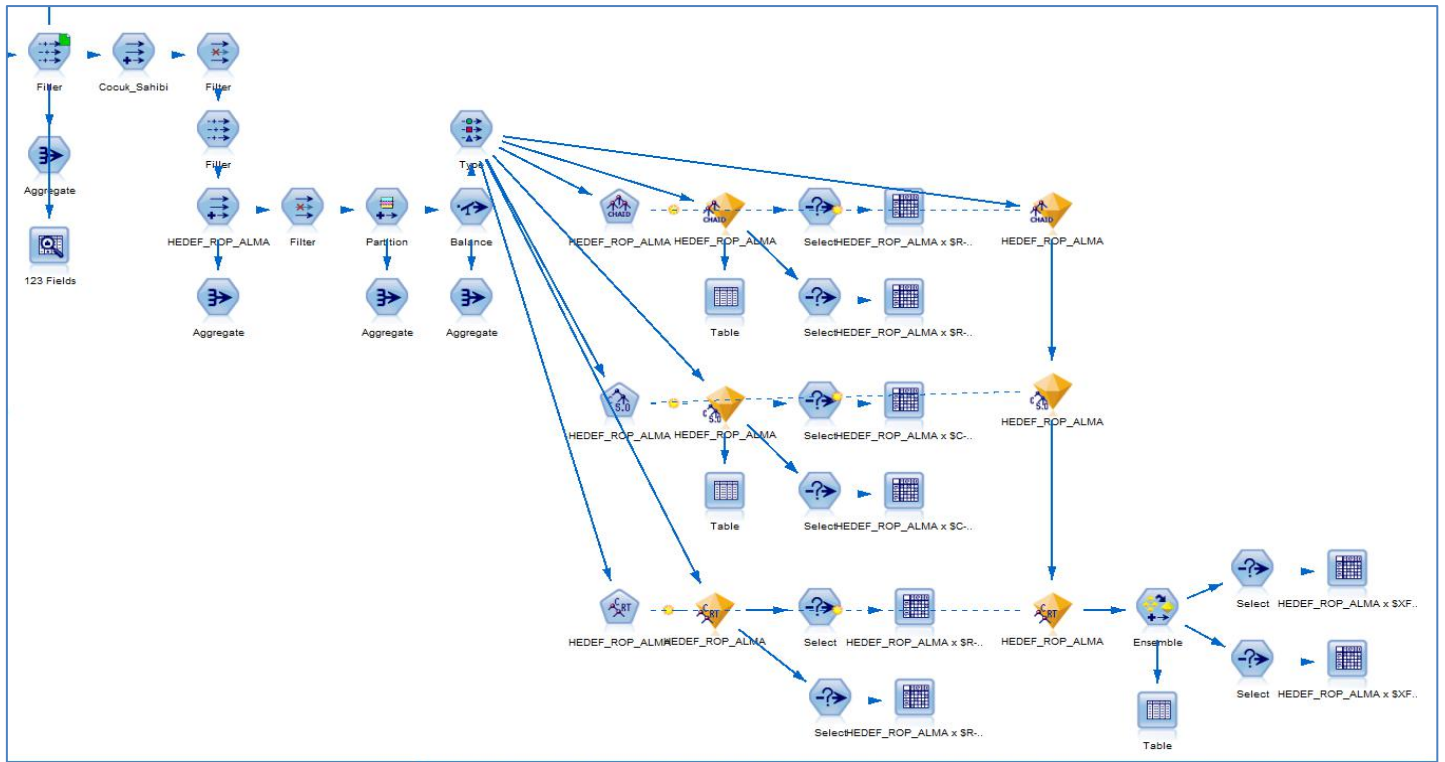


Figure 3. Collection of data and the established model flows (continued)

Table 3. Training and test results for the model results

Chaid Training		Predicted	
		Purchase	No Purchase
Actual	Purchase	22458	422
	No Purchase	235	20519
Total		43634	
C5.0 Training		Predicted	
		Purchase	No Purchase
Actual	Purchase	23031	128
	No Purchase	41	20713
Total		43913	
C&Rt Training		Predicted	
		Purchase	No Purchase
Actual	Purchase	22459	588
	No Purchase	374	20380
Total		43801	
Chaid Test		Predicted	
		Purchase	No Purchase
Actual	Purchase	60084	1058
	No Purchase	172	13926
Total		75240	
C5.0 Test		Predicted	
		Purchase	No Purchase
Actual	Purchase	60764	378
	No Purchase	33	14065
Total		75240	
C&Rt Test		Predicted	
		Purchase	No Purchase
Actual	Purchase	59718	1424
	No Purchase	302	13796
Total		75240	

Table 4. The result acquired after the ensemble procedure

Target_Rop_Purchase		0	1	Total
0	Count	22872	102	22974
	Row %	99,556	0,444	100
1	Count	87	20667	20754
	Row %	0,419	99,581	100
Total	Count	22959	20769	43728
	Row %	52,504	47,496	100

As shown in Table 4, the prediction ratio of the result acquired after the ensemble procedure is over 99.5%.

8. Conclusion

We are aware of the potential of our customers to sell one more product in our world, where 80% of them are a single product. At the same time, this is actually very difficult in life, and at this point, we embarked on this cross-sell modeling journey to harness the power of data.

We know that propensity scores alone don't mean much. The point where data analytics modeling results take action must be a strategy, a customer experience journey and a common point with the goals of the salesperson. As a result of the cross selling trend we made, a purchasing trend score was obtained for each customer and each product. Different strategies were prepared for each category along with the propensity scores as well as other features. Here, the point we make the most use is the customer's value segment and behavior segment, the customer's return rates, and micro segments were created according to the usage of the app, and special scripts and communication models were prepared for these micro segments.

In these breakdowns where customer behaviors and sensitivities are different, customers with high customer returns are approached with affirmation and a new product that they can actually think about is presented. On the other hand, a product recommendation was offered to our customers with families with a special script.

Communication channels have been differentiated for some of our customers. First of all, in order to raise awareness, sms and mails were sent, and then tasks were assigned to the field communication channels through the company CRM to touch a certain audience one-on-one. We measure the field success of this paper by collecting the soft responses of these tasks and at the same time bringing the hard responses to them. At the same time, unlike testing, in the modeling process, we also separate a population that has a product-buying tendency score but cannot be assigned to the field as a test. In this way, it is possible to compare the sales realized spontaneously without communicating with the customers who reach the result with communication.

We compared the cross-product sales studies with customers we had done in the previous periods and the actual results based on the results of the cross-selling modeling. Here, we found a 25% positive increase. We see the 25% increase as a very valuable increase in a standard work where we move forward with a smarter, targeted list and communication channel towards the right segment. Nowadays, it is difficult to sell a product to the

customer, and with this work, our customers, who have only one product, have been reduced from 80% to 75%.

When the customer buys a second product, it also helps to establish stronger relationships by increasing the loyalty of the customer within the scope of loyalty. These customers gradually move to the top segment customer profile. In addition, segment ranges and customer profiles are updated every year and missing parts are revised

References

- Ahn, H., Ahn, J. J., Oh, K. J., & Kim, D. H. (2011). Facilitating cross-selling in a mobile telecom market to develop customer classification model based on hybrid data mining techniques. *Expert Systems with Applications*, 38 (5), 5005–5012.
- Akpınar, Ö. (2018). Data Mining and Usage Areas in the Insurance Sector. *Dumlupınar University Journal of Social Sciences*, 103-119.
- Ansell, J., Harrison, T., & Archibald, T. (2007). Identifying cross-selling opportunities, using lifestyle segmentation and survival analysis. *Marketing Intelligence & Planning*, 25 (4), 394-410.
- Atalay M., Çelik, E. (2017). Büyük Veri Analizinde Yapay Zekâ ve Makine Öğrenmesi Uygulamaları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9 (22), 155-172.
- Bellogin, A., Cantador, I., & Castells, P. (2013). A comparative study of heterogeneous item recommendations in social systems. *Information Sciences*, 221 (1), 142–169.
- Chen, T., Li, H., Yang, Q., & Yu, Y. (2013). General functional matrix factorization using gradient boosting. In *Proceedings of the 30th international conference on machine learning*, Atlanta, Georgia, USA. *Journal of Intelligent Information System*, 36 (3), 283–304.
- Doğan, O. (2017). Türkiye’de Veri Madenciliği Konusunda Yapılan Lisansüstü Tezler Üzerine Bir Araştırma. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19 (3), 929-951.
- Kamakura, W. A. (2008). Cross-selling: Offering the right product to the right customer at the right time. *Journal of Relationship Marketing*, 6 (3–4), 41–58.
- Kamakura, W. A., Kossar, B. S., & Wedel, M. (2004). Identifying innovators for the cross-selling of new products. *Management Science*, 50 (8), 1120–1133.
- Kumar, V., George, M., & Pancras, J. (2008). Cross-buying in retailing: Drivers and consequences. *Journal of Retailing*, 84 (1), 15-27.

- Li, S., Sun, B., & Montgomery, A. (2011). Cross-selling the right product to the right customer at the right time. *Journal of Marketing Research*, 48 (4), 683-700 .
- Netessine, S., Savin, S., & Xiao, W. (2006). Revenue management through dynamic cross selling in e-commerce retailing. *Operations Research*, 54 (5), 893-913 .
- Prinzie, A., & Van den Poel, D. (2011). Modeling complex longitudinal consumer behavior with dynamic Bayesian networks: An acquisition pattern analysis application. *Journal of Intelligent Information Systems*, 36 (3), 283-304.
- Qadadeh, W., Abdallah, S. (2018). Customers Segmentation in the Insurance Company (TIC) Dataset. *Procedia Computer Science*, 144, 277-290.



Yeni Artı (+) Tip 4 Kutuplu Temassız Taşıyıcı Sistemin Tasarımı ve Manyetik Kuvvet Analizleri

Enes Mahmut Göker^{1*}, Kadir Erkan²

^{1*}Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Bölümü, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9429-8164), enesgkr@hotmail.com

²Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Mekatronik Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9293-7279), kerkan@yildiz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 11 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 28 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1032443)

ATIF/REFERENCE: Göker E. M., Erkan K., (2021). Yeni Artı (+) Tip 4 Kutuplu Taşıyıcı Sistem Tasarımı ve Manyetik Kuvvet Analizleri *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 373-379.

Öz

Bu çalışmada artı şeklinde U tipli karma elektromıknatıs (kalıcı mıknatıs ve elektromıknatıs) kullanılarak yeni artı tip 4 kutuplu temassız taşıyıcı sistemi tasarlanmıştır. Artı tip elektromıknatıs için sonlu elemanlar metodu ile manyetik yastıklama kuvvetlerinin üç ekseninde (z, α, β) 3 boyutlu analizi ve elektromıknatısın manyetik eş değer devresi (MEC) çıkartılarak kuvvet analizleri gerçekleştirilmiştir. MEC ile elde edilen analitik model ile sonuçları karşılaştırılmıştır. Taşıyıcı sistemin, askılama işlemi yapıldığındaki nüvenin manyetik akı performansı incelenmiştir. Analitik hesaplamalar için Matlab programı, sonlu elemanlar analizi için ANSYS Maxwell-3D yazılımı kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Manyetik yastık, Maglev Taşıyıcı Sistemi, Manyetik Eş Devre (MEC).

Design and Magnetic Force Analysis of Novel Cross (+) Shaped 4-Pole Maglev Carrier System

Abstract

In this study, a new cross type 4-pole non-contact carrier system is created by using U-type hibrid electromagnets (permanent magnet and electromagnet). For the cross type electromagnet, 3-dimensional analysis of the magnetic levitation forces in three axes (z, α, β) was made with the finite element method (FEM) and analytical calculations of the force analyzes were made by developing the magnetic equivalent circuit (MEC) of the electromagnet. The simulation results were compared with the analytical model obtained with MEC. The magnetic flux performance of the core when the levitating process of the carrier system is performed has been investigated. Matlab program was used for analytical calculations and ANSYS Maxwell-3D software was used for finite element analysis.

Keywords: Magnetic Levitation, Maglev Carrier System, Magnetic Equivalent Circuit (MEC).

* Sorumlu Yazar: enesgkr@hotmail.com

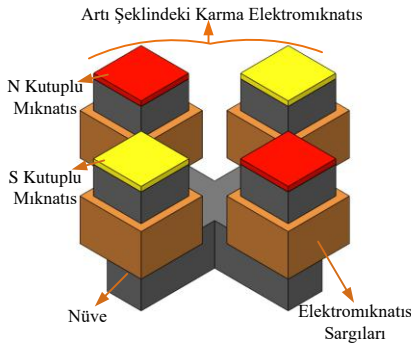
1. Giriş

Teknolojinin ve üretimin hızla ilerlemesi zor olan üretim alanlarına kolaylık sağlamaktadır. Üretim alanlarının olmazsa olmazlarından birisi üretilen malzemelerin taşınmasıdır. Özellikle temiz odalar ve yüksek teknolojiye sahip olan malzemelerin üretilmesinde ve üretilen malzemelerin taşınma esnasındaki ortamda; titreşim, ses ve toz gibi partiküllerin olması taşımadaki hassasiyeti olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda bu taşıma sistemlerinin ve imalat alanlarının taban uzayında olması mekânın verimli kullanılmasını da engellemektedir. Mevcut olan taşıma sistemleri bu konularda yetersiz kalmaktadır (Kim vd 2011; Morishita 1989). Bu gibi problemlerin çözümü için elektromanyetik kuvvetler kullanılarak taşıyıcının temassız bir şekilde askıda kalmasını sağlayan manyetik levitasyon teknolojisi geliştirilmiştir (Atherton,1980; Han, Kim, 2016; Erkan vd 2016). Taşıyıcı platformlar aktif veya pasif olarak iki farklı türde taşıma sistemlerine sahip olsalarda yastıklama kısımları aynıdır (Bozkurt vd 2018;Ertuğrul 2014). Karma elektromıknatis yapısı bünyesinde kalıcı mıknatıslar ve elektromıknatısları barındırmaktadır. Karma elektromıknatıslar; enerji kayıplarını büyük oranlarda azaltırlar ve buna ek olarak mıknatis boyutu ve elektromıknatısın sarım sayılarıyla taşınacak olan malzemenin ağırlığına göre kolayca ölçeklendirilerek olumlu katkı sağlar (Morishita 1989).

Yastıklama elemanı olarak U tipli, E tipli, 4 kutuplu U tipli karma elektromıknatıslar kullanılmaktadır (Tzeng, Y. ve Wang 1998;Lee vd 2013;Ertuğrul 2014). Bu sistemde ise artı şeklindeki u tipli karma elektromıknatis ilk defa kullanılmaktadır.

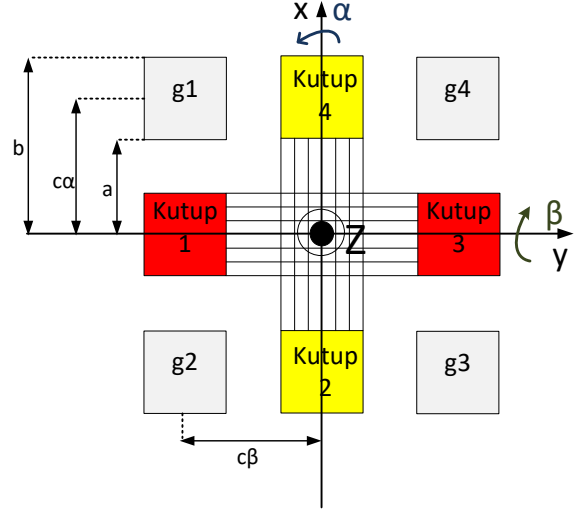
2. Materyal ve Metot

2.1. Artı Tipli Karma Elektromıknatısın Manyetik Analizi ve Analitik Hesabı



Şekil 1. Artı Kutuplu Karma Elektromıknatis (Figure 1. Cross-Pole Hybrid Electromagnet)

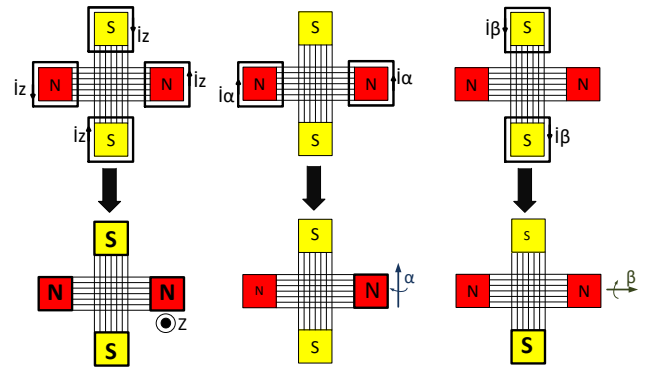
Şekil 1’de + şeklindeki U-tipli taşıyıcı platformun kutup başları gösterilmiştir. İki adet N kutuplu, iki adet S kutuplu mıknatıslar karşılıklı olarak + şeklindeki trafo saçlarından oluşturulan çelik saç paketlerinin kutup başlarına konulmuştur. Kutup başlarının üst kısmına kalıcı mıknatıslar yerleştirilmiştir. Kalıcı mıknatısların altına bobin sargıları eklenerek hibrid elektromıknatis yapısı oluşturulmuştur. Sarı ve kırmızı renkle gösterilen mıknatıslar Şekil 1’deki gibi yerleştirilmiştir.



Şekil 2. Artı Kutuplu Manyetik Yastık Hareket Eksenleri (Figure 2. Cross Pole Magnetic Levitation Motion Axes)

Artı kutuplu manyetik yastık, hareket serbestliği bakımından 3 serbestlik derecesine sahiptir. Bunlar; dikey z ekseninde doğrultusunda, x-ekseni (α eğimi) etrafında ve y-ekseni (β eğimi) etrafındaki dönel hareketlerdir. Şekil 2’de hareket eksenleri gösterilmiştir. Literatürde var olan 4 kutuplu u tipli taşıyıcıların kutup başlarının konumlarının karşılaştırılması g harfiyle gösterilmiştir.

Her bir eksende hareket kontrolü sağlayacak akımlar farazi eksen akımlarına çevrilir ve kontrol işlemi benimsenecek metoda bağlı olarak ayrı ayrı tanımlanır. i_z farazi akımı kutup başlarını kuvvetlendirecek yönde, i_α ve i_β farazi akımları dönme ekseninde kutupları kuvvetlendirecek yönde belirlenmiştir. Şekil 3’te büyük punto ve kalınlaştırılmış çizgilerle gösterilen kutup başları farazi akımlarla kuvvetlendirilmiş, küçük punto ile gösterilenler de azaltılmış kutup başlarını gösterilmektedir.



Şekil 3. Artı Kutuplu Manyetik Yastığın Kontrol Metotları (Figure 3. Control Methods of Cross-Pole Magnetic Levitation)

Şekil 3 dikkate alınarak gerçek sargı akımları ile farazi eksen akımları arasında aşağıdaki dönüşüm yapılabilir.

$$\begin{aligned}
 i_z &= \frac{1}{4}(i_1 + i_2 + i_3 + i_4) \\
 i_\alpha &= \frac{1}{4}(-i_1 + i_3) \\
 i_\beta &= \frac{1}{4}(i_2 - i_4)
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

$$\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \\ i_3 \\ i_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & -2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i_z \\ i_\alpha \\ i_\beta \end{pmatrix}$$

Gerilimler de, akımlara benzer şekilde yazılabilmektedir.

$$\begin{aligned}
 e_z &= \frac{1}{4}(e_1 + e_2 + e_3 + e_4) \\
 e_\alpha &= \frac{1}{4}(-e_1 + e_3) \\
 e_\beta &= \frac{1}{4}(e_2 - e_4)
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

$$\begin{pmatrix} e_1 \\ e_2 \\ e_3 \\ e_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & -2 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \\ 1 & 2 & 0 \\ 1 & 0 & -2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e_z \\ e_\alpha \\ e_\beta \end{pmatrix}$$

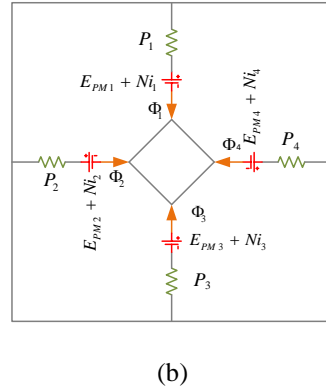
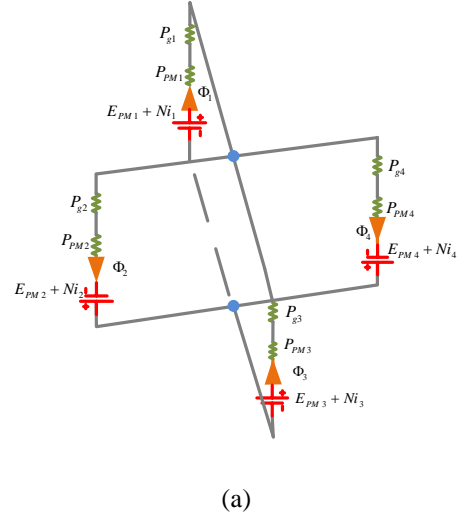
Tüm kutup başları dikkate alındığında yer değiştirmeler ise aşağıdaki dönüşüme tabi tutulur.

$$\begin{aligned}
 z &= \frac{1}{4}(g_1 + g_2 + g_3 + g_4) \\
 \alpha &= -\frac{1}{4c_\alpha}(g_1 - g_2 - g_3 + g_4) \\
 \beta &= \frac{1}{4c_\beta}(-g_1 - g_2 + g_3 + g_4)
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

$$\begin{pmatrix} g_1 \\ g_2 \\ g_3 \\ g_4 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -1 & c_\alpha & -c_\beta \\ -1 & -c_\alpha & -c_\beta \\ -1 & -c_\alpha & c_\beta \\ -1 & c_\alpha & c_\beta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} z \\ \alpha \\ \beta \end{pmatrix}$$

Manyetik yastıklama için çekme kuvvetleri ve moment değerlerinin bulunabilmesi için artı kutuplu elektromıknatısın eş

değer devresinin çözülmesi gerekmektedir. Artı kutuplu elektromıknatısın manyetik eş devresi Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. (a) Artı Kutuplu Manyetik Yastığın Eş Devresi (b) İndirgenmiş Eş Devresi (Figure 4. (a) Equivalent Circuit of Cross-Pole Magnetic Levitation (b) Reduced Equivalent Circuit)

Şekil 4'te ifade edilen P manyetik geçirgenlikleri, E_{PM} sabit mıknatısların AT değerini, N sargı sayım sayısını, i ilgili uyarım akımlarını ve Φ kutup akımlarını ifade etmektedir. Sabit mıknatıs laminasyonuna ait manyetik geçirgenlik 4.denklemden verilmiştir. S kutup yüzey alanı, l_{PM} mıknatısın kalınlığını ve μ_0 manyetik geçirgenlik sabitini ifade etmektedir.

$$P_{PM} = \frac{\mu_0 S}{l_{PM}}
 \tag{4}$$

P_{g1} hava aralıklarına ilişkin manyetik geçirgenlik ise Şekil 2 refans alınarak merkez eksenine göre iki katlı integral hesabı yapılarak bulunabilir. Bu hesaplamayı yapmak için Matlab programında *integral2* komutu kullanılarak çözümü kolaylıkla yapılabilmektedir.

$$P_{g1} = \int_a^b \int_{-(b-a)/2}^{(b-a)/2} \frac{\mu_0}{z + y \tan \beta + x \tan \alpha} dx dy$$

$$P_{g2} = \int_{-(b-a)/2}^{(b-a)/2} \int_{-b}^{-a} \frac{\mu_0}{z + y \tan \beta + x \tan \alpha} dx dy$$

$$P_{g3} = \int_{-b}^{-a} \int_{-(b-a)/2}^{(b-a)/2} \frac{\mu_0}{z + y \tan \beta + x \tan \alpha} dx dy$$

$$P_{g4} = \int_{-(b-a)/2}^{(b-a)/2} \int_a^b \frac{\mu_0}{z + y \tan \beta + x \tan \alpha} dx dy$$

İntegrallerin analitik sonuçlarının bulunması zor, zaman alıcı ve uzun sürmektedir. Nümerik hesapları ise daha kolaydır. Bu yüzden artı kutuplu manyetik yastığın modellenmesinde nümerik hesaplar kullanılmaktadır. P_i her bir kutup devresi üzerindeki toplam manyetik geçirgenliği ifade etmektedir.

$$P_i = \frac{P_{PM} P_{gi}}{P_{PM} + P_{gi} \quad (i=1,2,3,4)}$$

Kalıcı mıknatısa ilişkin manyeto motor kuvveti ise;

$$E_{PM} = H_c I_{pm}$$

ifade edilir. Artı kutuplu manyetik yastıkta depolanan enerji miktarı ise;

$$W^* = \sum_{n=1}^4 \frac{1}{2} (E_{PM} + N i_n)^2 P_n$$

hesaplanmaktadır. Çekme kuvveti ve her eksenlerde endüklenen elektromanyetik moment değerleri virtüel yerdeğiştirme prensibine göre hesaplanabilmektedir.

$$f_z(z, \alpha, \beta, i_z, i_\alpha, i_\beta) = \frac{\partial W^*}{\partial z} \Big|_{i = const}$$

$$T_\alpha(z, \alpha, \beta, i_z, i_\alpha, i_\beta) = \frac{\partial W^*}{\partial \alpha} \Big|_{i = const}$$

$$T_\beta(z, \alpha, \beta, i_z, i_\alpha, i_\beta) = \frac{\partial W^*}{\partial \beta} \Big|_{i = const}$$

9. denklemde kuvvet hesaplarının çözümünün zorluğu görülmektedir. Bu yüzden alternatif olarak buradaki modelleme yerine her bir kutup başında endüklenen çekme kuvveti hesabı temel alan yaklaşım kullanılacaktır. Böylelikle türev alma işlemlerine gerek kalmadan kolayca bulunmuş olunacaktır. Buna göre f_z manyetik çekme kuvveti;

$$f_z(z(t), i_z(t)) = \frac{B^2 S}{2\mu_0} \cdot 4 = \frac{2\mu_0 S (E_{pm} + N i_z(t))^2}{(z(t) + l_{PM})^2}$$

ile ifade edilebilir. Manyetik akıların yüzey alanı üzerinden dağılımsızın aktığı kabul edilerek, manyetik akı yoğunluğu (B) kolay bir şekilde hesaplanabilir.

$$i = 1, 2, 3, 4$$

$$f_i = \frac{B_i^2 S}{2\mu_0}$$

$$B_i = \frac{\Phi_i}{S}$$

$$\Phi_i = \sum_{n=1}^4 \Phi_{in}$$

Φ_{in} , i. kutuptan n.sargı bobininininden geçirmiş olduğu manyetik akı miktarıdır. Sonuç olarak çekme kuvveti ve momentini;

$$f_z = f_1 + f_2 + f_3 + f_4$$

$$T_\alpha = (f_1 - f_3) \left(\frac{b-a}{2} + a \right)$$

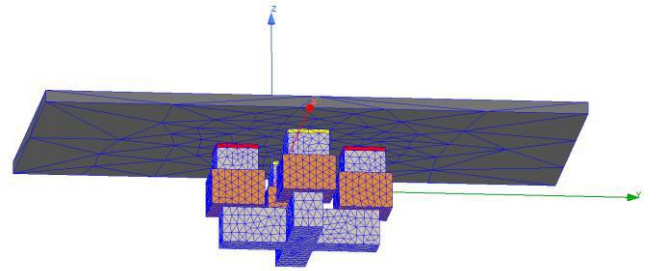
$$T_\beta = (-f_2 + f_4) \left(\frac{b-a}{2} + a \right)$$

hesaplanır.

Tablo 1. Model Parametreleri (Table 1. Model Parameters)

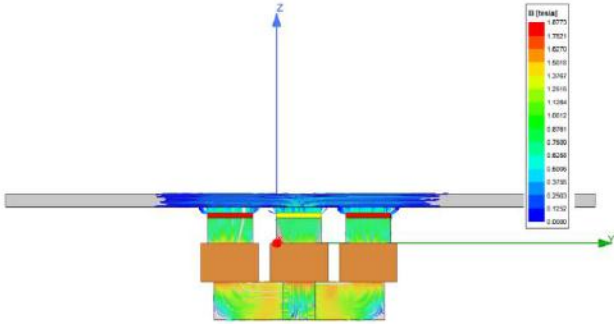
a (mm)	36,5	b (mm)	71,5	L_{pm} (mm)	3,5	N (turn)	200
q (mm)	10	z (mm)	5	H_c (kA/m)	939	i (A)	5

Tablo 1’de artı kutuplu elektromıknatısın model parametreleri verilmiştir. Şekil 2’de gösterilmiş olan uzaklıklar a ve b’yi mıknatıs kalınlığı L_{pm} ’yi, q plaka kalınlığını, z z eksenindeki hava aralığını, N bobin sarım sayısını, i bobinlerden geçecek akım değerini ifade etmektedir.



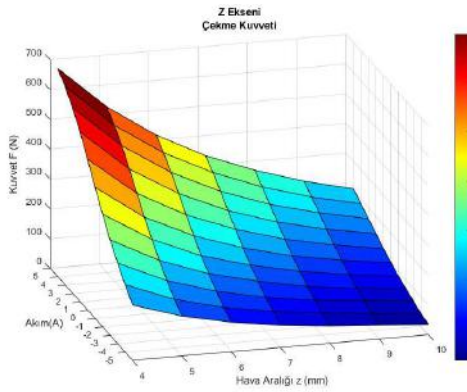
Şekil 5. Artı Kutuplu Manyetik Yastığın Maxwell Analiz Modeli (Figure 5. Maxwell Analysis Model of Cross-Pole Magnetic Levitation)

Şekil 5’ te analizi yapılan artı tipli karma elektromıknatısın 3 boyutlu adaptif ağ yapısı (mesh) gösterilmiştir. Bu 3 boyutlu ağ yapısı Maxwell programının manyeto-statik analiz bölümünden üretilmiştir. Analizin önemli olan bölgeleri artı tipli taşıyıcının olduğu kısımlardır. Bu kısımlarda ağ yapısının daha da arttığı görülmektedir.

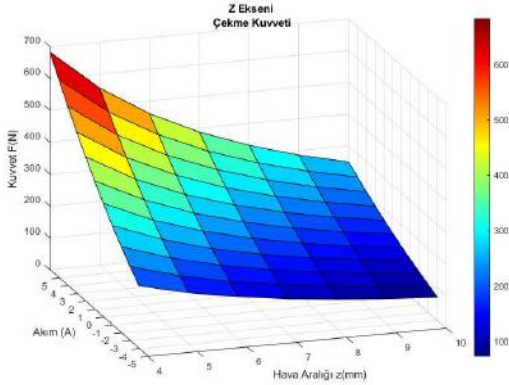


Şekil 6. Artı Kutuplu Manyetik Yastığın Maxwell Akı Yoğunluğu (Figure 6. Maxwell Flux Density of Cross-Pole Magnetic Levitation)

Şekil 6'da artı kutuplu manyetik yastığın Maxwell akı yoğunluğu verilmiştir.

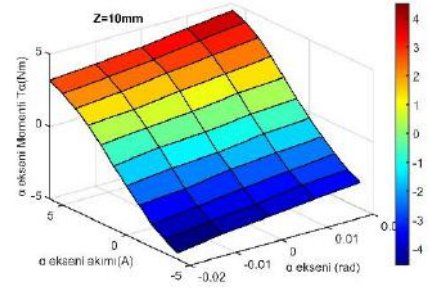


Şekil 7. Z Eksenli Çekme Kuvvetinin (F_z) Sonlu Elemanlar Analizi (Figure 7. Finite Element Analysis of Z Axis Attraction Force (F_z))

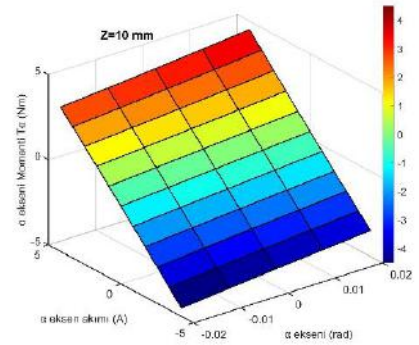


Şekil 8. Z Eksenli Çekme Kuvvetinin (F_z) Analitik Hesaplanması (Figure 8. Analytical Calculation of Z Axis Attraction Force (F_z))

Şekil 8'de 12. formül ile Z eksenindeki çekme kuvvetinin (F_z) hava aralığına ve z eksenindeki akımına (i_z) bağlı olarak değişim grafiği verilmiştir. Şekil 7'de ise sonlu elemanlar analizi ile elde edilen F_z kuvveti verilmektedir. F_z için sonuçlara bakıldığında analitik model sonlu elemanlar metodu ile yapılan analiz sonuçlarıyla yaklaşık olarak aynı olduğu görülmektedir. Geliştirilmiş olan bu model z eksenindeki çekim kuvveti açısından doğru olarak kabul edilir.



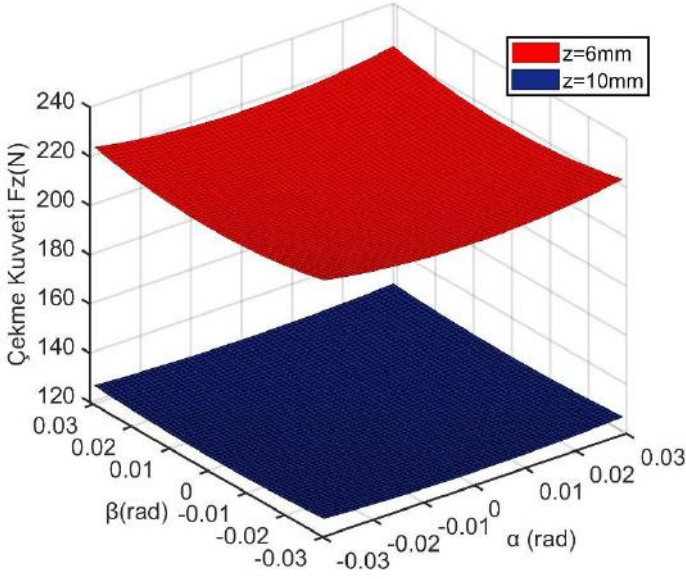
Şekil 9. Moment Değişimi Sonlu Elemanlar Analizi (Figure 9. Moment Change Finite Element Analysis)



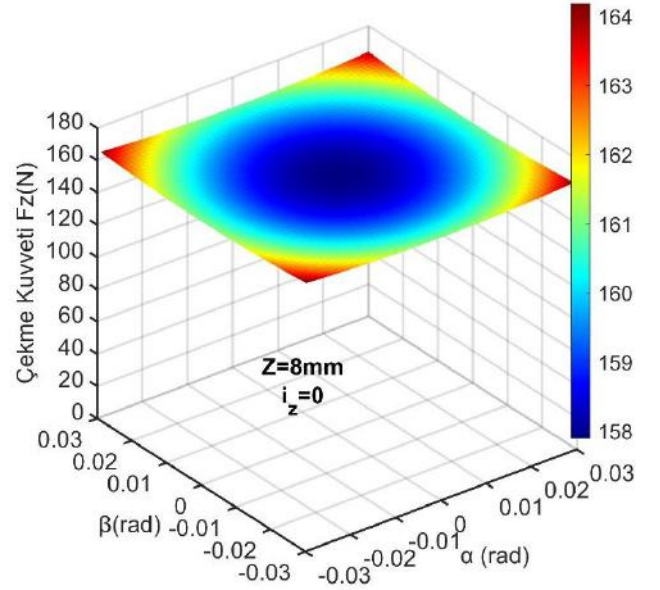
Şekil 10. Moment Değişimi Analitik Hesaplanması (Figure 10. Analytical Calculation of Moment Change)

Şekil 10'da 13. formül ile açılal yer değiştirme momenti α eksenindeki dönme ve α akımına bağlı olarak değişim grafiği verilmiştir. Şekil 9'da ise sonlu elemanlar analizi ile elde edilen T_α momenti verilmektedir. Artı kutuplu elektromagnıt yapı gereği simetriktir. Bu yüzden β eksenindeki dönme momentide α eksenindeki dönme momentide aynı olacağı için verilmemiştir. Moment için sonuçlara bakıldığında analitik model sonlu elemanlar metodu ile yapılan analiz sonuçlarıyla yaklaşık olarak aynı olduğu görülmektedir. Geliştirilmiş olan bu model de dönme eksenlerindeki moment değerleri açısından teyit edilmiştir.

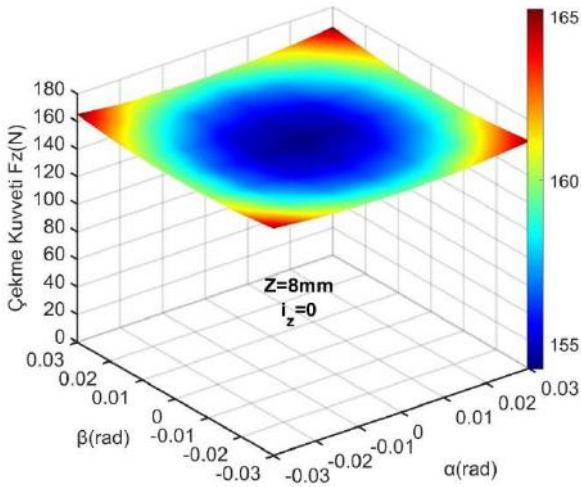
Taşıyıcı platformda dengesiz yüklenmeler sonucu kuplaj etkisi oluşabilmektedir. Bu durumu gözlemek için belirli bir i_z akımı için α ve β açılal yerdeğişimlerine karşı z eksenine düşen F_z çekme kuvveti hesaplanmalıdır. Bunun için denklem 12 kullanılabilir. Şekil 11'de $i_z=0$ için ve hava aralığının 10 mm ve 6 mm arasındaki değerler incelendiğinde, hava aralığının daha düşük olduğu yerlerde (6 mm) kuplaj etkisini gösterirken daha yüksek olan (10 mm) yerde kuplaj etkisi azalmaktadır.



Şekil 11. α ve β Açısal Yer Değiştirmelerine Bağlı Olarak Farklı z Değerleri (Figure 11. Different z-Values Due to Angular Displacements of α and β)



Şekil 13. $z = 8$ mm ve $i_z = 0$ için α ve β Açısal Yer Değiştirmelerine Bağlı F_z 'nin Analitik Hesaplanması (Figure 13. Analytical Calculation of F_z Due to Angular Displacements of α and β for $z = 8$ mm and $i_z=0$)



Şekil 12. $z = 8$ mm ve $i_z = 0$ için α ve β Açısal Yer Değiştirmelerine Bağlı F_z 'nin Sonlu Elemanlar Analizi (Figure 12. Finite Element Analysis of F_z Due to Angular Displacements of α and β for $z = 8$ mm and $i_z=0$)

Şekil 12'de görüldüğü üzere dönme açısı arttıkça oluşan kuvvet artmaktadır. Bu kuvvetlerin maksimum ve minimum değerler arasındaki farka incelendiğinde %6 lik bir farkın olduğu görülmektedir. Dönmeden dolayı değişen hava aralığının 8 mm'den küçük hava aralığında artarken daha düşük hava aralığı değerlerinde azalma göstermektedir.

Şekil 12 ve Şekil 13 karşılıklı incelendiğinde, F_z için analitik model ile sonlu elemanlar metoduyla yapılan analiz sonuçlarının yaklaşık olarak aynı olduğu görülmektedir. Geliştirilmiş olan bu modelin doğruluğu teyit edilmiştir.

3. Sonuç

Bu çalışmada yeni bir tip olarak artı tip 4 kutuplu karma elektromıknatıslara sahip maglev taşıma sistemi önerilmiştir. Bu sistem iki tane U tipli karma elektromıknatısın farklı dizaynıyla gerçekleştirilmiştir. Analitik hesaplamalarda çekme kuvvetleri için virtüel yerdeğiştirme prensibine göre hesaplayabilmek zor olacağı için bu model yerine her bir kutup başında endüklenen çekme kuvveti hesaplanarak bulunmuştur.

Sonlu elemanlar metodu ile analitik hesaplarının başarılı bir şekilde örtüştüğü ve hata miktarlarının çok az olduğu görülmüştür. Bu hata miktarının nedenleri ise hesaplara katılmayıp ihmal edilen parametrelerden dolayı olduğu belirlenmiştir. Hata miktarlarının az olması sistemin çalışmasında kabul edilebilir sınırlar dahilinde modelin doğruluğunu kanıtlamaktadır. Bu durum da bizlere çıkartılmış olan modelin doğruluğunu tasarlanan model ile gerçekleştirilecek kapalı çevrim kontrolcü benzetim sonuçlarının, gelecek çalışmalarda gerçekleştirilecek deneysel çalışmaların sonuçlarına yakın olacağı öngörülmektedir.

4. Teşekkür

Çalışmalarımıza desteklerinden dolayı TÜBİTAK ARDEB Başkanlığı'na, projemizi gerçekleştirme imkanı verdiği için YTÜ Rektörlüğü'ne, Mekatronik Mühendisliği Bölüm Başkanlığı'na teşekkür ederiz (Proje No:112M210).

Kaynakça

- Atherton, D. (1980). Maglev Using Permanent Magnet. IEEE Transactions on Magnetics, (Vol.16, No: 1, Sf. 146–148.).
- Bozkurt, A.F., Güney, Ö.F., Erkan, K., (2018) Multi degrees of freedom robust magnetic levitation control of a flexible transport mover with disturbance observer and state feedback control, Control Engineering and Applied Informatics, 20(3):50-59.
- Erkan, K., Yalçın, B. C., Garip, M., (2016). Three-axis gap clearance I-PD controller design based on coefficient diagram method for 4-pole hybrid electromagnet. *Automatika: Journal for Control, Measurement, Electronics, Computing and Communications*, 58:2, 147-167.
- Ertuğrul H.F., (2014). 4 kutuplu 3 Serbestlik dereceli karma elektromıknatısın modellenmesi ve kontrolü. [Yüksek lisans tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]
- Han, H. S., Kim D. S., (2016). Magnetic Levitation: Maglev Technology and Applications, Springer. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-7524-3>.
- Kim, C., Lee, J., Han, H. ve Kim, B. (2011). Levitation and Thrust Control of a Maglev LCD Glass Conveyor. IECON 2011- 37th Annual Conference on IEEE Industrial Electronics Society, Sf. 610 – 615.
- Lee, J., Khoo, S. and Wang, Z., (2013). DSP-Based Sliding-Mode Control for Electromagnetic-Levitation Precise-Position System, IEEE Transactions on Industrial Informatics, vol. 9, no. 2, pp. 817-827
- Morishita, M., Azukizawa, Teruo; Kanda, S.; Tamura, N.; Yokoyama, T. (1989). A new Maglev System for Magnetically Levitated Carrier System. IEEE Transactions on Vehicular Technology, (Vol. 38, No: 4, Sf. 230 – 236.)
- Tzeng, Y. ve Wang, T. C. (1994). Optimal Design of the Electromagnetic Levitation with Permanent and Electro Magnets. IEEE Transactions on Magnetics, (Vol. 30, No. 6, Sf. 4731 – 4733.)



Sequence-to-Sequence Video Captioning with Residual Connected Gated Recurrent Units

Selman Aydın^{1*}, Özkan Çaylı¹, Volkan Kılıç¹, Aytuğ Onan²

¹ Izmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics, Izmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2851-6303, 0000-0002-3389-3867, 0000-0002-3164-1981), selman.aydin017@gmail.com, ozkan.cayli@ikcu.edu.tr, volkan.kilic@ikcu.edu.tr

² Izmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering, Department of Computer, Izmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9434-5880), aytug.onan@ikcu.edu.tr

(First received 11 February 2022 and in final form 16 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.)

ATIF/REFERENCE: Aydın, S., Çaylı, Ö., Kılıç, V., & Onan, A. (2022). Sequence-to-Sequence Video Captioning with Residual Connected Gated Recurrent Units. *European Journal of Science and Technology*, (35), 380-386.

Abstract

Recurrent neural networks, have recently emerged as a useful tool in computer vision and language modeling tasks such as image and video captioning. The main limitation of these networks is preserving the gradient flow as the network gets deeper. We propose a residual connection based video captioning approach to overcome this limitation and maintain the gradient flow by carrying the information through layers from bottom to top with additive features. The experimental evaluations on the MSVD dataset indicate that the proposed approach achieves accurate caption generation compared to the state-of-the-art results. In addition, the proposed approach is integrated with our custom-designed Android application, *WeCapV2*, capable of generating captions without an internet connection.

Keywords: Convolutional Neural Network, Recurrent Neural Network, Residual Connections, Video Captioning, Android Application

Artık Bağlı Kapılı Tekrarlayan Birimlerle Sıradan Sıraya Video Altyazılama

Öz

Tekrarlayan sinir ağları, son zamanlarda görüntü ve video altyazılama gibi bilgisayarla görme ve dil modelleme görevlerinde kullanışlı bir araç olarak ortaya çıkmıştır. Bu ağların ana sorunu ağ derinleştikçe gradyan akışını koruyamamaktır. Bu sorunun üstesinden gelmek ve gradyan akışını sürdürmek için bilgileri katmanlar arasında aşağıdan yukarıya özellikleri taşıyan artık bağlantı tabanlı bir video altyazı yaklaşımı öneriyoruz. MSVD veriseti üzerindeki deneysel değerlendirmeler, önerilen yaklaşımın en son sonuçlarla karşılaştırıldığında doğru altyazı oluşturmayı başardığını göstermektedir. Ayrıca, önerilen yaklaşım, özel tasarım olan Android uygulamamız *WeCapV2* ile entegre edilip internet bağlantısı olmadan altyazı oluşturabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Evrişimsel Sinir Ağı, Kapılı Tekrarlayan Birim, Artık Bağlantılar, Video Altyazılama, Android Uygulama

* Corresponding Author: selman.aydin017@gmail.com

1. Introduction

Video captioning aims to describe video content with a meaningful caption using techniques from the fields of natural language processing and computer vision. There has been increasing attention for video captioning due to its potential in video understanding (Gan, Yao, Yang, Yang, & Mei, 2016) and virtual assistant applications (Baran, Moral, & Kılıç, 2021; Çaylı, Makav, Kılıç, & Onan, 2020; Fetiler, Çaylı, Moral, Kılıç, & Onan, 2021; Keskin, Çaylı, Moral, Kılıç, & Onan, 2021; Makav & Kılıç, 2019a, 2019b).

Earlier studies mostly employed the template-based approach, which uses fixed templates that are a set of most likely words to generate a caption (Guadarrama et al., 2013; Khan, Zhang, & Gotoh, 2011; Rohrbach et al., 2013). In other words, a sentence is first parsed into an SVO triplet that stands for the subject, verb, and object, respectively. Then using continuous space word representation (Frome et al., 2013), each word in SVO is expressed as a continuous vector. The norm of continuous vectors denotes the correlation between words and continuous vector form of SVO defines sentence templates. Then, various objects, attributes and actions are detected from frames to generate a syntactically correct caption with predefined sentence templates. Therefore, the performance of those methods highly depends on a predefined template and are limited by the accuracy of the detection of the word.

Recently, a deep learning-based encoder-decoder framework was proposed for more accurate captions than the template-based approach (Amirian, Rasheed, Taha, & Arabnia, 2020). This framework combines a convolutional neural network (CNN) to extract features from each frame of an input video in the encoder and a recurrent neural network (RNN) in the decoder to generate caption. There are several pre-trained CNNs, including ResNet (Targ, Almeida, & Lyman, 2016), Xception (Chollet, 2017), and Inception-v3 (Szegedy, Vanhoucke, Ioffe, Shlens, & Wojna, 2016), which are commonly used in the encoder. The RNN-based decoder processes extracted features by the encoder to generate caption word-by-word. However, the simple RNN suffers from vanishing and exploding gradient problems, causing short-term dependencies.

Gating mechanisms in RNN are introduced to mitigate this issue, such as long short-term memory (LSTM) and gated recurrent unit (GRU). LSTM has three gates to regulate the flow of information and cell state to keep information in memory for long periods. Similar to the LSTM unit, the GRU has two gates to control the flow of information, but no cell state.

In (Venugopalan et al., 2014), the sequence-to-sequence approach was proposed that uses CNN to extract features in the encoder, and LSTM for generating natural language captions in the decoder. Therefore, the temporal structures of the video sequence were ignored in this approach. Yao et al. introduced a temporal attention mechanism based on a soft-alignment method to evaluate the importance of each frame (L. Yao et al., 2015). Donahue et al. used an LSTM architecture to model visual time series, and used the maximum posterior estimation of a conditional random field to define the semantic representation of the video in the tuple (Donahue et al., 2015). Finally, it converted the tuple into sentences with the final LSTM layer. (Venugopalan et al., 2015) proposed a completely neural architecture approach that includes temporal information with the optical flow in the

encoder and stacked LSTMs in both encoder and decoder. Before passing through a CNN, optical flow between pairs of frames was calculated to model the temporal aspects of activities. Stacked LSTM encoded the CNN outputs of each frame, and LSTM in the decoder was conditioned on the last hidden state of the LSTM in the encoder to generate caption. It is the first implementation of sequence to sequence approach on video captioning as opposed to conventional implementation in machine translation (T. Yao, Pan, Li, Qiu, & Mei, 2017).

Although the deep learning-based encoder-decoder framework has been found to be promising, it limits preserving the gradient flow as the network gets deeper. In (He, Zhang, Ren, & Sun, 2016), a deep residual learning framework is presented to solve the vanishing gradient problem in depth networks. Residual nets, which are eight times deeper than VGG nets, is evaluated on the ImageNet dataset, and improved accuracy is achieved for image classification and object detection solely. In (Wu et al., 2016), an end-to-end learning approach is proposed for automated translation that residual connected LSTM network used on both encoder and decoder.

In this study, a residual connection based sequence-to-sequence video captioning approach is proposed to mitigate the vanishing gradient problem in deep layers. The encoder of the proposed approach consists of a combination of the Inception-v3 CNN architecture to extract features from the frames one by one and a residual connected multi-layer GRU to encode features, while the decoder employs multi-layer GRU with residual connections to generate meaningful caption.

The proposed approach was trained on the MSVD dataset and evaluated with commonly used performance metrics, such as BLEU-n ($n = 1, 2, 3, 4$) (Papineni, Roukos, Ward, & Zhu, 2002), ROUGE-L (Lin, 2004), SPICE (Anderson, Fernando, Johnson, & Gould, 2016), METEOR (Banerjee & Lavie, 2005) and CIDEr (Vedantam, Lawrence Zitnick, & Parikh, 2015). The impact of residual connections on captioning performance is analyzed with these metrics. Then, the proposed approach is also compared with the state-of-art approaches under the same metrics.

The rest of this paper is organized as follows: Section 2 covers the encoder-decoder-based sequence-to-sequence approach for video captioning. Section 3 presents the dataset, performance metrics, and proposed approach results. Closing remarks are given in Section 4.

2. Methodology

In this section, the proposed video captioning approach based on sequence-to-sequence learning with residual connections is presented. Then, our custom-designed Android application, *WeCapV2*, capable of running the proposed approach in offline mode (without internet connection), is described.

2.1. Proposed Video Captioning Approach

The proposed video captioning approach is based on an encoder-decoder framework, in which the encoder extracts visual attributes from each frame to feed the decoder that creates captions describing events and scenes for relevant parts of the video. As illustrated in Figure 1, the encoder contains both CNN and RNN while the decoder consists an RNN, embedding and fully-connected layers. Both encoder and decoder use multi-layer

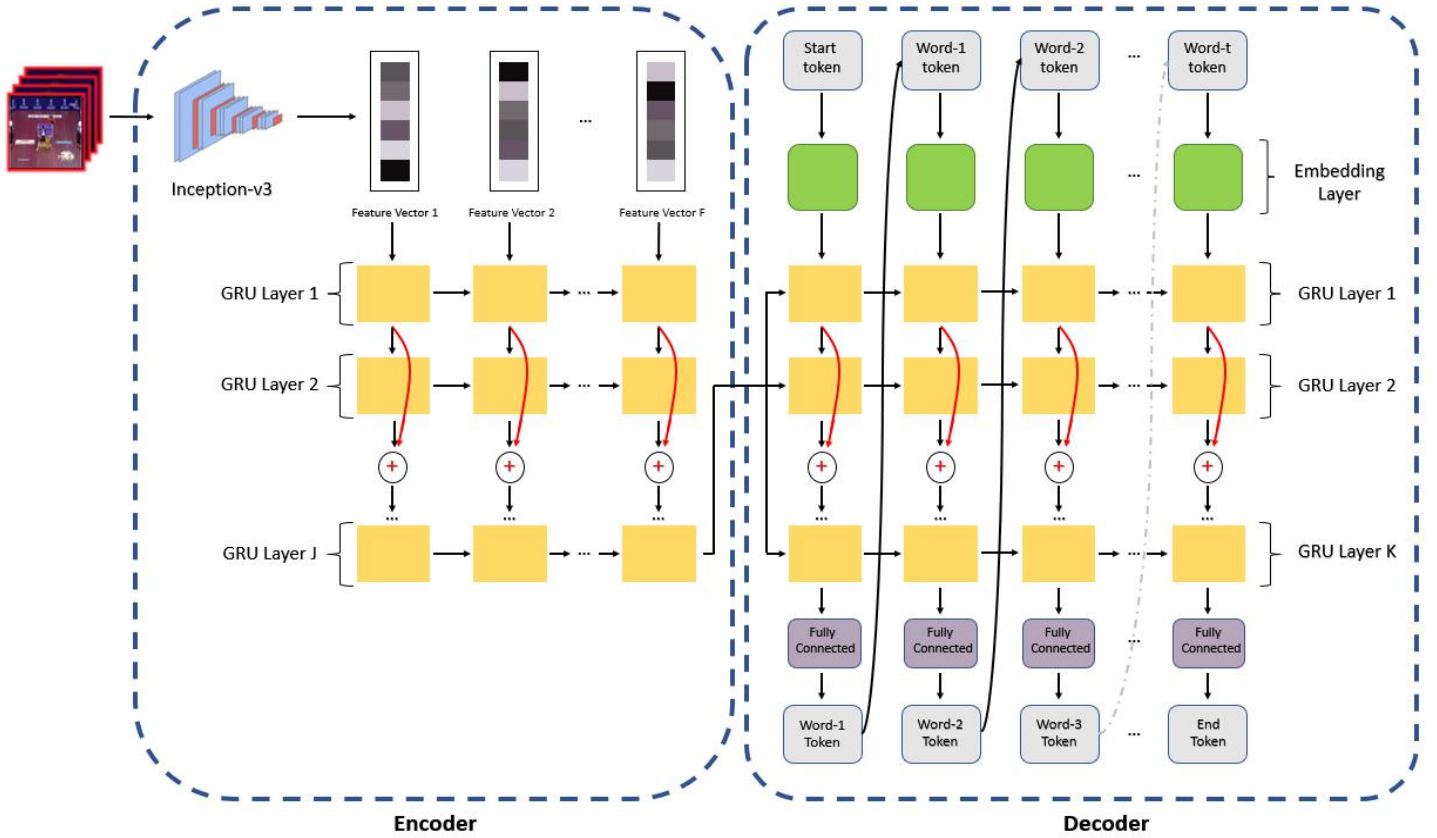


Figure 1. The proposed Encoder-Decoder Approach

GRU as an RNN due to its ability to retain more semantic information of the image (Keskin, Moral, Kılıç, & Onan, 2021; Kılıç, 2021). The proposed encoder first utilizes a pre-trained CNN architecture to extract attributes. The purpose of the multi-layer GRU based RNN in the encoder is to create a final feature vector for the decoder. Then, the multi-layer GRU based RNN in the decoder processes the feature vector with embedding and fully-connected layers to generate a caption.

GRU is an improved version of RNN that solves the vanishing and exploding gradient problem for long sequence data. It has a gating mechanism consisting of an update (z_t) and reset gates (r_t), which control the flow of information through cells (W. Liu, Wang, Zhu, & Chen, 2020). The update gate (z_t) decides which information should be passed to the next step while the reset gate (r_t) controls what information should be forgotten. The flow of information in GRU has been carried on with the following equations at time step t :

$$r_t = \sigma(W_r x_t + W_r h_{t-1}) \quad (1)$$

$$z_t = \sigma(W_z x_t + W_z h_{t-1}) \quad (2)$$

$$u_t = \tanh(W_h x_t + W_h (r_t \odot h_{t-1})) \quad (3)$$

$$h_t = (1 - z_t)h_{t-1} + z_t u_t \quad (4)$$

where x_t is the input vector, h_{t-1} is the hidden state vector of the previous time step, u_t is the candidate hidden vector and W refers to the weights. σ and \tanh are sigmoid and hyperbolic tangent activation functions. \odot denotes the Hadamard (element-wise) product operator. The residual connections allow us to train very

deep encoder and decoder networks as they significantly improve the gradient flow in the backward pass (Wu et al., 2016). Residual connections are shown with red arrows in Figure 1 and the flow of the input on GRU is as follows:

$$x_t^i = x_t^{i-1} \oplus x_t^{i-2} \quad (5)$$

where x_t^i is the input vector of GRU at time step t , and i represents the respective layer of GRU, starting from 3. The input of (i)-th GRU layer is the element-wise sum of the input of ($i - 1$)-th and ($i - 2$)-th GRU layers. The proposed encoder employs the Inception-v3 CNN architecture, which consists of 48 convolution, pooling, and fully connected layers, for feature extraction in video frames. Multi-layer GRU uses these feature vectors as input to represent them with a single vector. The last hidden state in the last GRU layer is fed to the decoder for further process of caption generation. The multi-layer GRU in the decoder uses these vectors as input. The final output of the last GRU layer is fed into the fully connected layer. The FC layer generates the word-1 token used by the embedding layer in the next time step, and this process is repeated t times until it reaches the end token. A fully connected layer predicts meaningful and grammatically correct words at each time step to generate a caption.

2.1. Android Application

The proposed approach was embedded in our custom-designed Android application, *WeCapV2*, capable of generating captions in offline mode. First, the proposed video captioning approach was optimized using PyTorch (Paszke et al., 2019), an open-source machine learning framework to perform inference on mobile devices. Dynamic quantization method was applied to reduce the size of model weight, leading to a faster execution time

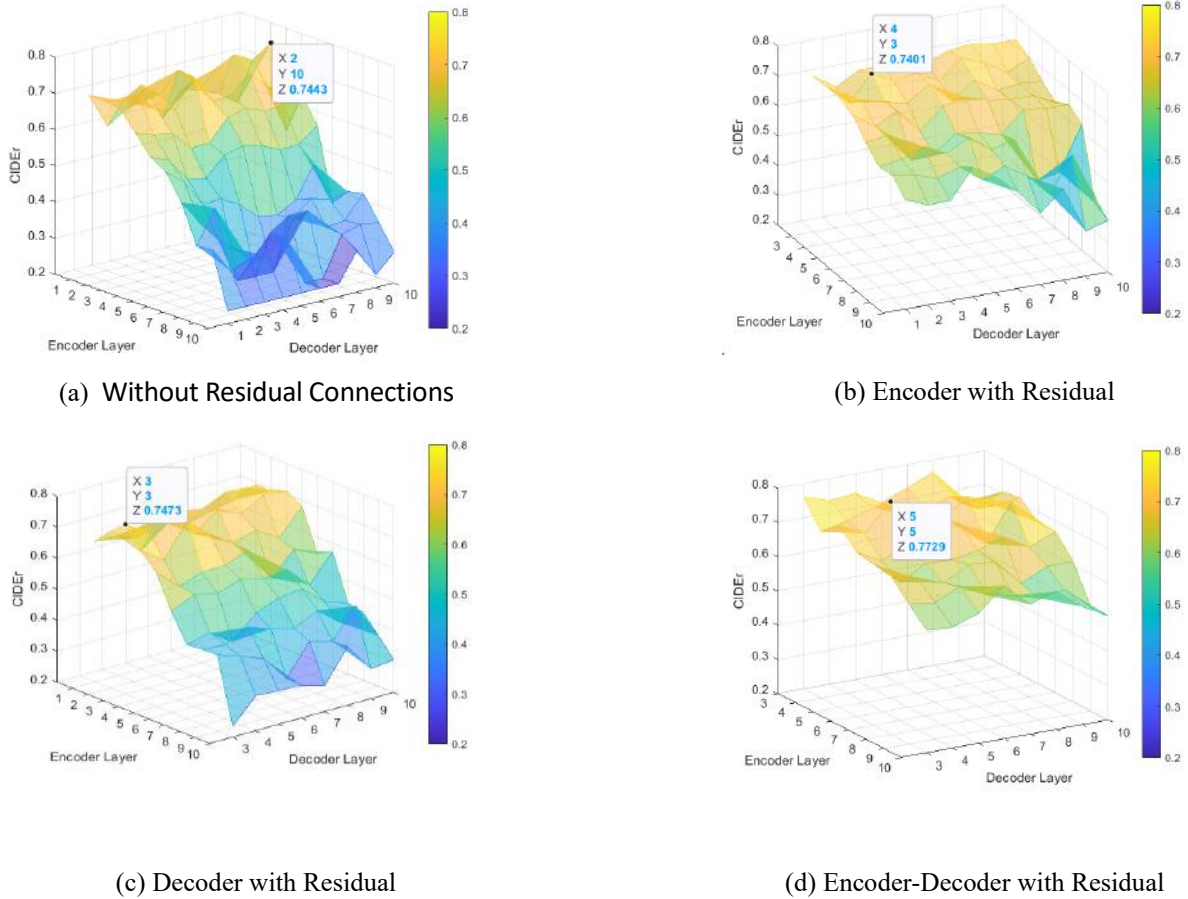


Figure 2. 3D illustration of CIDEr results. The residual connections are not applied in (a) while the residual connections are used on the encoder in (b). The decoder has residual connections in (c), and the residual connections are applied on both encoder and decoder in (d).

for video captioning. To integrate the quantized model into the application, it was converted to TorchScript format. Two buttons on the homepage allow the user to choose a video from the gallery or capture a video. An icon on the button indicates these preferences. After the user uploads the video, the embedded model generates captions directly without requiring an internet connection. The generated caption with running time is displayed on the homepage under the video. Although the caption is generated in English as a default, the application allows translating other languages using the language settings of the smartphone. After the language selection, the caption could be translated using Google Cloud Translation API.

3. Experimental Evaluations

The dataset and performance metrics, implementation details, and evaluation of the proposed video captioning approach are presented in this section.

3.1. Dataset and Performance Metrics

In order to evaluate the proposed approach, three datasets, including a large set of videos and reference captions, have been analysed. Youtube2Text (Chen & Dolan, 2011), MSR-VTT (Xu, Mei, Yao, & Rui, 2016), and MSVD (Chen & Dolan, 2011) are open source video captioning datasets. Youtube2Text includes 1970 video clips from YouTube consisting of 1300 training, 1300 validation and 670 test with a total number of 80839 reference captions. MSR-VTT contains 6513 training, 2990 validation and 497 test video clips with an average of 20 captions for each video.

Datasets	Train	Validation	Test	Total Caption
Youtube2Text	1300	1300	670	80839
MSR-VTT	6513	2990	497	20000
MSVD	1380	295	295	78800

Table 1 Comparison of Datasets

MSVD consists of 1970 short video clips collected from YouTube while there are multi-language descriptions for videos, and there is an average of 40 English descriptions for a video clip. In this study, MSVD is adopted to evaluate our video captioning approach due to its large reference caption set compared to other datasets. Furthermore, we split the MSVD into 1380 training, 295 validation and 295 test video clips. The specifications of the datasets are shown in Table 1.

The study is evaluated on common performance metrics such as BLEU-n, METEOR, ROUGE-L, SPICE, and CIDEr. BLEU-n and METEOR are used to evaluate machine translation. BLEU-n uses n-gram to evaluate generated caption with the reference caption, while METEOR aligns translation hypotheses with reference translations and evaluates them by calculating sentence-level similarity scores. ROUGE-L compares reference and generated summary based on the longest subsequence. SPICE is a semantic evaluation metric and evaluates the objects, attributes, and relationships in the generated captions, rather than comparing the generated captions with reference captions for syntactic agreement (S. Liu, Zhu, Ye, Guadarrama, & Murphy, 2017). CIDEr evaluates the consensus between the generated caption and

Table 2 Performance Metric Results

	CIDEr	BLEU-4	BLEU-3	BLEU-2	BLEU-1	ROUGE-L	METEOR	SPICE
Encoder with residual connections	0.740	0.502	0.601	0.697	0.828	0.700	0.331	0.048
(Pan, Yao, Li, & Mei, 2017)	0.740	0.528	0.628	0.720	0.828	-	0.335	-
Without residual connections	0.744	0.536	0.628	0.715	0.855	0.704	0.327	0.051
Decoder with residual connections	0.747	0.482	0.589	0.687	0.812	0.698	0.328	0.050
(Gao, Guo, Zhang, Xu, & Shen, 2017)	0.748	0.508	0.611	0.708	0.818	-	0.333	-
Encoder-Decoder residual connections	0.772	0.502	0.602	0.702	0.823	0.706	0.330	0.053



Figure 3. Android application: the homepage is given in (a), a live video is captured in (b), the generated caption with video is shown in (c), language options, gallery, and the translated caption are given in (d), (e) and (f), respectively.

reference captions. Results in this paper are ranked by the CIDEr metric as it better evaluates salient features in the image, and relationship between the generated caption and reference captions grammatically and semantically.

3.2. Implementation Details

We split the input video into eight equally distributed parts to take a sample frame from each part. Therefore, the number of feature vectors denoted as F in Figure 1 becomes eight. Latent feature size in the embedding, fully connected, and GRU layers were set to 256. After processing and tokenizing the captions in the training set, the vocabulary size was set to 1270, resulting in a same size for the fully connected layer. Last, a stochastic gradient descent optimizer was employed in training with a 0.01 learning rate.

3.3. Result and Discussion

Four different encoder-decoder designs depending on the residual connections have been examined to observe the effect of residual connections in deep layers. All designs were evaluated with BLEU-n, ROUGE-L, SPICE, METEOR, and CIDEr metrics on the MSVD dataset. CIDEr performance of different encoder-decoder designs has been visualized with mesh graph in Figure 2. The encoder and decoder layer numbers are specified on horizontal axes, and CIDEr metric results are specified on vertical axes. The visualized CIDEr results in Figure 2 indicate that the performance of the captioning system degrades when the layer gets deeper without residual connections, and using the residual connections in both encoder and decoder prevents this issue and leads to an improved performance compared to the others. Among

all the designs, the highest performance is obtained by 5-layer GRU using the residual connections in both encoder and decoder. Therefore, it has been integrated into the *WeCapV2* application.



In Table 2, the proposed approach is also compared with state-of-the-art approaches on the MSVD dataset in terms of six evaluation metrics. The results in Table 2 indicate that the proposed approach, in which the residual connections are used in both encoder and decoder, outperforms the state-of-the-art approaches in terms of the CIDEr metric. Table 3 shows the ground truth and generated captions by the proposed approach for two videos. Note that generated caption by our proposed approach is more meaningful compared to other encoder-decoder designs.

Screen shots of the application are given in Figure 3. The homepage welcomes the user at the first login in Figure 3 (a). Next, the user accesses the video capture screen by tapping the camera icon in Figure 3 (b). Video capture time is limited to a maximum of 5 seconds. Figure 3 (c) shows the generated caption from the captured video. The language selection for the caption is shown in Figure 3 (d). Gallery icon is used to choose a video from the gallery in Figure 3 (e). Figure 3 (f) shows the generated caption for the video taken from the gallery.

4. Conclusions

In this paper, an encoder-decoder-based sequence-to-sequence video captioning approach has been presented. This approach is based on Inception-v3 CNN to extract features from video frames, and residual connected multi-layer GRU was used to process the features and generate the caption. The results on the MSVD dataset demonstrate that the proposed approach can achieve meaningful and grammatically true caption with residual

Table 3. Examples of ground truth and generated captions of video frames selected from the MSVD dataset

	
<p>Reference Captions:</p> <p>(1) A soccer team practicing drills.</p> <p>(2) A few men are playing football on a field.</p> <p>(3) A soccer team kicks a soccer ball around.</p> <p>(4) Men are playing soccer.</p> <p>(5) Men are practicing soccer.</p>	<p>Reference Captions:</p> <p>(1) Three women are dancing outside.</p> <p>(2) The ladies danced in white dresses outside.</p> <p>(3) The three girls danced on the grass.</p> <p>(4) Three women are dancing in a field.</p> <p>(5) Three women dance in a green field.</p>
<p>Generated Captions:</p> <p>No Residual: A group of the playing the ball.</p> <p>Encoder Residual: The boys are playing the ball.</p> <p>Decoder Residual: A group is playing the ball.</p> <p>Encoder-Decoder Residual: <u>A group of men are playing soccer.</u></p>	<p>No Residual: A man is dancing.</p> <p>Encoder Residual: A group of men are fighting.</p> <p>Decoder Residual: A group of men are dancing.</p> <p>Encoder-Decoder Residual: <u>A group of people are dancing.</u></p>

connections. Our proposed approach achieves state-of-the-art performance in terms of CIDEr. Additionally, we integrated the approach into our custom-designed Android application, *WeCapV2*, which extracts features and generates captions with an embedded encoder and decoder. Future research includes bidirectionality in recurrent neural networks and attention mechanisms to increase the accuracy of captions in terms of performance metrics.

5. Acknowledge

This research was supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)-British Council (The Newton-Katip Celebi Fund Institutional Links, Turkey-UK project: 120N995) and TUBITAK 2209-B Industry Oriented Research Project Support Programme for Undergraduate Students with project no: 1139B412100439.

References

Amirian, S., Rasheed, K., Taha, T. R., & Arabnia, H. R. J. I. A. (2020). Automatic image and video caption generation with

deep learning: A concise review and algorithmic overlap. *IEEE Access*, 8, 218386-218400.

Anderson, P., Fernando, B., Johnson, M., & Gould, S. (2016). *Spice: Semantic propositional image caption evaluation*. Paper presented at the European Conference on Computer Vision.

Banerjee, S., & Lavie, A. (2005). *METEOR: An automatic metric for MT evaluation with improved correlation with human judgments*. Paper presented at the Proceedings of the ACL Workshop on Intrinsic and Extrinsic Evaluation Measures for Machine Translation and/or Summarization.

Baran, M., Moral, Ö. T., & Kılıç, V. J. A. B. v. T. D. (2021). Akıllı telefonlar için birleştirme modeli tabanlı görüntü altyazılama. *European Journal of Science and Technology*(26), 191-196.

Chen, D., & Dolan, W. B. (2011). *Collecting highly parallel data for paraphrase evaluation*. Paper presented at the Proceedings of the 49th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies.

Chollet, F. (2017). *Xception: Deep learning with depthwise separable convolutions*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.

Çaylı, Ö., Makav, B., Kılıç, V., & Onan, A. (2020). *Mobile application based automatic caption generation for visually impaired*. Paper presented at the International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems.

Donahue, J., Anne Hendricks, L., Guadarrama, S., Rohrbach, M., Venugopalan, S., Saenko, K., & Darrell, T. (2015). *Long-term recurrent convolutional networks for visual recognition and description*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.

Fetiler, B., Çaylı, Ö., Moral, Ö. T., Kılıç, V., & Onan, A. (2021). Video captioning based on multi-layer gated recurrent unit for smartphones. *European Journal of Science and Technology*(32), 221-226.

Frome, A., Corrado, G. S., Shlens, J., Bengio, S., Dean, J., Ranzato, M. A., & Mikolov, T. J. A. i. n. i. p. s. (2013). Devise: A deep visual-semantic embedding model. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 26.

Gan, C., Yao, T., Yang, K., Yang, Y., & Mei, T. (2016). *You lead, we exceed: Labor-free video concept learning by jointly exploiting web videos and images*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.

Gao, L., Guo, Z., Zhang, H., Xu, X., & Shen, H. T. J. I. T. o. M. (2017). Video captioning with attention-based LSTM and semantic consistency. *IEEE Transactions on Multimedia*, 19(9), 2045-2055.

Guadarrama, S., Krishnamoorthy, N., Malkarnenkar, G., Venugopalan, S., Mooney, R., Darrell, T., & Saenko, K. (2013). *Youtube2text: Recognizing and describing arbitrary activities using semantic hierarchies and zero-shot recognition*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision.

He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). *Deep residual learning for image recognition*. Paper presented at the

- Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.
- Keskin, R., Çaylı, Ö., Moral, Ö. T., Kılıç, V., & Onan, A. (2021). A benchmark for feature-injection architectures in image captioning. *European Journal of Science and Technology*(31), 461-468.
- Keskin, R., Moral, Ö. T., Kılıç, V., & Onan, A. (2021). *Multi-GRU based automated image captioning for smartphones*. Paper presented at the 2021 29th Signal Processing and Communications Applications Conference.
- Khan, M. U. G., Zhang, L., & Gotoh, Y. (2011). *Human focused video description*. Paper presented at the 2011 IEEE International Conference on Computer Vision Workshops.
- Kılıç, V. (2021). Deep gated recurrent unit for smartphone-based image captioning. *Sakarya University Journal of Computer and Information Sciences*, 4(2), 181-191.
- Lin, C.-Y. (2004). *Rouge: A package for automatic evaluation of summaries*. Paper presented at the Text Summarization Branches Out.
- Liu, S., Zhu, Z., Ye, N., Guadarrama, S., & Murphy, K. (2017). *Improved image captioning via policy gradient optimization of spider*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision.
- Liu, W., Wang, Q., Zhu, Y., & Chen, H. J. T. J. o. S. (2020). GRU: optimization of NPI performance. *The Journal of Supercomputing*, 76(5), 3542-3554.
- Makav, B., & Kılıç, V. (2019a). *A new image captioning approach for visually impaired people*. Paper presented at the 2019 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering.
- Makav, B., & Kılıç, V. (2019b). *Smartphone-based image captioning for visually and hearing impaired*. Paper presented at the 2019 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering.
- Pan, Y., Yao, T., Li, H., & Mei, T. (2017). *Video captioning with transferred semantic attributes*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.
- Papineni, K., Roukos, S., Ward, T., & Zhu, W.-J. (2002). *Bleu: a method for automatic evaluation of machine translation*. Paper presented at the Proceedings of the 40th annual meeting of the Association for Computational Linguistics.
- Paszke, A., Gross, S., Massa, F., Lerer, A., Bradbury, J., Chanan, G., . . . Antiga, L. J. A. i. n. i. p. s. (2019). Pytorch: An imperative style, high-performance deep learning library. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 32.
- Rohrbach, M., Qiu, W., Titov, I., Thater, S., Pinkal, M., & Schiele, B. (2013). *Translating video content to natural language descriptions*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE international Conference on Computer Vision.
- Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., & Wojna, Z. (2016). *Rethinking the inception architecture for computer vision*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.
- Targ, S., Almeida, D., & Lyman, K. J. a. p. a. (2016). Resnet in resnet: Generalizing residual architectures. *arXiv preprint arXiv:1603.08029*.
- Vedantam, R., Lawrence Zitnick, C., & Parikh, D. (2015). *Cider: Consensus-based image description evaluation*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.
- Venugopalan, S., Rohrbach, M., Donahue, J., Mooney, R., Darrell, T., & Saenko, K. (2015). *Sequence to sequence-video to text*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision.
- Venugopalan, S., Xu, H., Donahue, J., Rohrbach, M., Mooney, R., & Saenko, K. J. a. p. a. (2014). Translating videos to natural language using deep recurrent neural networks. *arXiv preprint arXiv:1412.4729*.
- Wu, Y., Schuster, M., Chen, Z., Le, Q. V., Norouzi, M., Macherey, W., . . . Macherey, K. J. a. p. a. (2016). Google's neural machine translation system: Bridging the gap between human and machine translation. *arXiv preprint arXiv:1609.08144*.
- Xu, J., Mei, T., Yao, T., & Rui, Y. (2016). *Msr-vtt: A large video description dataset for bridging video and language*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition.
- Yao, L., Torabi, A., Cho, K., Ballas, N., Pal, C., Larochelle, H., & Courville, A. (2015). *Describing videos by exploiting temporal structure*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision.
- Yao, T., Pan, Y., Li, Y., Qiu, Z., & Mei, T. (2017). *Boosting image captioning with attributes*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE International Conference on Computer Vision.



Covid-19 Pandemisi Sürecinde Hijyen Ürünleri Üreten Bir Firmada Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı

Şebnem Demirkol Akyol^{1*}

^{1*} Dokuz Eylül Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü, İzmir, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6106-388X), sebnem.demirkol@deu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 18 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 7 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1075942)

ATIF/REFERENCE: Akyol, S.D. (2022). Covid-19 Pandemisi Sürecinde Hijyen Ürünleri Üreten Bir Firmada Tedarik Zinciri Ağı Tasarımı. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 387-394.

Öz

Ekonomik anlamda küreselleşmenin bir sonucu olarak, tedarik zinciri yönetiminin rekabet gücü üzerindeki önemi daha da anlam kazanmıştır. Uygun tedarik zinciri ağı tasarımı sayesinde ciddi avantajlar elde etmek mümkündür. Tedarik zinciri ağ yapısında yer alan ve sevk edilmek üzere bekleyen ürünlerin, fabrika ve dağıtım merkezlerinin lokasyonları arasındaki fiziksel hareketlerinin belirlenmesi, stratejik seviyede ele alınması gereken bir konudur. Stratejik seviyede kararlar alınmadan yönetilen tedarik ağları, yeterli olmayan dağıtım süreçlerine ve dolayısıyla da ekonomik başarısızlıklara yol açmaktadır. Bu bağlamda, tedarik zinciri ağı tasarımı hem günümüz rekabet koşullarında başarılı olmak isteyen işletmeler, hem de bilimsel çalışmalar yapan araştırmacılar tarafından ilgi duyulan bir konudur. Ayrıca, Covid-19 virüsünün hızla tüm dünyaya yayılmasıyla birlikte, 2020 yılında Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi ilan edilmiştir. Özellikle pandeminin ilk safhaları bilinmezliklerle dolu olduğundan tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de panik havası oluşmuş, hijyen ürünlerine talep dramatik olarak artmış ve tedarik zincirinde aksamalar ortaya çıkmıştır. Bu çalışmada, hijyen ürünleri imalatı yapan bir fabrikanın pandemi sürecinde ortaya çıkan tedarik zinciri ağı tasarımı problemi ele alınmıştır. Ortaya konan problemin amacı, dağıtım ve toplama süreçlerinde ortaya çıkan maliyetleri enküçükmektir. Çalışma kapsamında, İzmir Torbalı'da faaliyet gösteren bir imalat firması, farklı şehirlerdeki tedarikçilerden elde ettiği hammaddelerle üretim yapmakta; sonrasında ise nihai ürünlerini farklı dağıtım merkezlerine sevk etmektedir. Problemin çözümü için bir doğrusal programlama modeli geliştirilmiş ve Lingo çözücüsü kullanılarak çözülmüştür. Elde edilen sonuçlar firma yöneticilerine sunulmuş ve firma tarafından uygulanmaya başlanmıştır. İşletme, yeni tasarlanan bu tedarik zinciri ağı yapısını kullanarak maliyetlerinde yaklaşık %3'lük bir azalma sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Tedarik zinciri yönetimi, Optimizasyon, Doğrusal programlama.

Supply Chain Network Design in a Hygiene Product Manufacturing Company During the Covid-19 Pandemic

Abstract

The importance of supply chain management on competitiveness has increased as a result of economic globalization. It is possible to get significant advantages with the proper supply chain network design. Determining the physical movements of products in the supply chain network structure is an issue that needs to be addressed at the strategic level. Supply networks that are managed without decisions at the strategic level lead to inefficient distribution processes and thus to economic failures. In this context, supply chain network design is of interest to both businesses seeking to succeed in today's competitive environment and researchers conducting scientific studies. Moreover, the World Health Organization declared the Covid-19 virus a pandemic in 2020 due to its rapid spread all over the world. Since the early stages of the pandemic were unknown, an atmosphere of panic has occurred in our country as well as all over the world, and demand for hygiene products has increased dramatically, causing supply chain disruptions. The supply chain network design problem that emerged during the pandemic process of a factory producing hygiene products is discussed in this paper. The purpose of the proposed problem is to minimize the costs associated with the distribution and collection processes. In this study, a manufacturing company operating in Torbalı, İzmir is examined. The company produces hygiene products by using raw materials which are obtained from suppliers in different cities. Then, the company ships its finished products to various distribution centers. A linear programming model is developed to tackle with the proposed problem and it is solved via Lingo solver. The obtained results are presented to the company managers, and they are started to be implemented by the company. The company has saved almost 3% of its costs by implementing this newly proposed supply chain network structure.

Keywords: Supply chain management, Optimization, Linear programming.

* Sorumlu Yazar: sebnem.demirkol@deu.edu.tr ; sebnemdemirkol@gmail.com

1. Giriş

Günümüzde müşteriler, hizmet standartları ve ürün özellikleri konusunda çok seçicidirler. Kalitesi yüksek ve fiyatı uygun ürünler, ürün ailelerinin çok çeşitli olması, hızlı ve başarılı hizmet bunlardan sadece bazılarıdır. Bu nedenle firmalar tüm değişkenlerle uyum içerisinde çalışan sistemleri tercih etmektedir. Tedarik zinciri yönetimi (TZY) bu yönetim sistemlerinden biridir. TZY’de gerekli olan tüm faaliyetler müşteri istekleri de göz önünde bulundurularak koordineli bir şekilde yönetilmektedir. Dikkat edilmesi gereken asıl önemli konu firmanın elindeki kaynakları en verimli şekilde kullanarak, müşteri memnuniyetini sağlamaktır. TZY tedarikçiden hammadde temin edilmesinden başlayarak, üretim yerlerinde hammaddeleri nihai ürüne dönüştürmeyi kapsayan ve dağıtım merkezleri aracılığıyla ürünleri müşterilere ulaştıran tüm eylemleri kapsamaktadır.

TZY kavramı ilk defa Oliver ve Webber (1982) tarafından tanımlanmıştır. TZY, en basit haliyle, işletme sınırlarının ötesinde, tedarikçi ile müşteri arasındaki bağlantıyı sağlayan lojistik faaliyetler bütünü olarak ifade edilebilir (Özdemir-Güngör, 2021). Çomaklı Sökmen ve Yılmaz (2021) tarafından yapılan çalışmada web of science veri tabanında yöneylem araştırması ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların bibliyometrik analizi yapılmıştır. Bu çalışmanın sonucuna göre arama motorunda en çok arana anahtar kelime TZY olarak bulunmuştur. Bu sonuç, TZY konusunun on yıllardır oldukça popüler bir araştırma alanı olduğunu ortaya koymaktadır.

TZY ile ilgili öncül çalışmalardan biri Cohen ve Lee (1989) tarafından yapılmıştır. Yazarlar malzeme kontrol işlemlerinin optimizasyonu, seri üretim süreci, nihai ürün stok durumu ve dağıtım süreci dahil olmak üzere bir çok stokastik alt model geliştirmişlerdir. Bu alt modeller bir dizi değişken kullanılarak birbirine bağlanır ve birbirleriyle ilişkilidir. Çözüm yöntemi olarak karışık tam sayılı doğrusal olmayan programlama uygulamışlardır. Problemin amacı, dağıtım merkezleri ve üretim yerleri için karı enbüyüklemektir. Cohen ve Moon (1991) ise, bir imalat firmasında üretim akışının ve tedarik zincirinin en iyi sonucu için karışık tam sayılı konkav bir model geliştirmişlerdir. İlerleyen yıllarda küresel TZY kavramı gündeme gelmiştir (Amstzen vd., 1995). Yazarlar, kapsamlı dağıtım ve üretim kararlarıyla tedarik zincirleri için çok ürünli malzeme tasarımı içeren karışık tamsayılı doğrusal bir program ortaya koymuşlardır. Önerilen küresel TZY, maliyet, malzeme, vergi, talep gibi girdileri kullanarak envanter, üretim, dağıtım ve malzeme taşıma maliyetlerini enbüyüklemeyi hedeflemektedir. Çalışmanın sonucu olarak, dağıtım merkezlerinin lokasyonları ve sayıları belirlenmiştir. Stenger vd. (2001) tedarik zincirinin performansına etki edebilecek tahmin hatası, planlama sıklığı, süreçlerin iletişimi gibi bazı faktörlerin etkilerini incelemişlerdir. Simülasyon modeliyle beraber vaka çalışması uyarlaması olan veriler ile birlikte bu üç parametrenin üçünün de tedarik zinciri performansı üzerindeki etkisinin önemli bir boyutta olduğu ortaya çıkmıştır. Elde edilen sonuçlar, tahmin hatalarının artışı ve sık yapılan planlamalar neticesinde hizmet kalitesinin düştüğünü, yatırımların geri dönüşünün azaldığını ve tekrar süresini arttırdığını göstermiştir. Paksoy (2005) Türkçe yazında öncü bir çalışmaya imza atmış ve malzeme ihtiyaç kısıtı altında TZY dağıtım ağı tasarlamıştır. Yazar, önerilen problemi çözmek amacıyla karma tamsayılı bir matematiksel model geliştirmiştir.

Wang (2009) eğer bir tedarik zincirinde üretim kayıpları bulunuyorsa, bunu *hatalı tedarik zinciri* kavramı olarak

açıklamıştır. Hatalı tedarik zinciri ağı sisteminde ortak seçim ve dağıtım–üretim planlaması problemi geliştirerek karınca kolonisi algoritması ile çözmüştür. Espuna vd. (2012) TZY problemini çözmek amacıyla bir karışık tamsayılı doğrusal programlama modeli geliştirmişlerdir. Önerdikleri çözüm yaklaşımını, çok ürünli tesisleri, depolama merkezleri ve tüketicilere dağıtımını içeren bir vaka çalışması yaparak anlatmışlardır. McGinnis vd. (2013) uçak kanadı üretimi yapan bir işletme için tedarik zinciri ağı tasarlamışlardır. Önerilen karma tam sayılı doğrusal modelde amaç, ağın maliyetini enbüyüklemektir. Elde edilen sonuçlar, üretim sahalarının lokasyonlarını, kapasitelerini ve ağı içindeki taşıma yollarını ortaya koymuştur. Leal ve Reis (2015), Güney Amerika’da yetiştirilen soya fasulyesinin tedarik zincirini eniyilemişlerdir. Kurguladıkları modelde çeşitli senaryoları deneyerek, alternatifler arasından eniyiyi seçmişlerdir. Baki (2019) Türkiye’de faaliyet gösteren imalat, tekstil, gıda, lojistik gibi farklı sektörlerde görev alan yönetici ve uzmanlarla çalışarak, bilgi teknolojileri ve üst yönetim desteğinin TZY performansını üzerindeki etkisini incelemiştir. Elde edilen sonuçlar, bilgi teknolojilerinin şirket içi entegrasyonu artırdığını, ancak bu entegrasyonun TZY performansı üzerinde önemli bir etkisi olmadığını göstermiştir. Ayrıca, üst yönetim desteği ve bilgi paylaşımının TZY performansına olumlu etkisi olduğu belirtilmiştir. Sanei vd. (2020) maliyet ve kısıt parametrelerinin aralık içerisinde sayılardan oluştuğu, belirsizlik içeren tek ürünli bir sistemi ele almışlardır. Çözüm yöntemi olarak iki aşamalı tedarik zinciri ağı tasarlayarak CPLEX yazılım paketi yardımıyla çözmüşlerdir. Önerilen çözüm yaklaşımı küçük boyutlu problemler için iyi sonuçlar elde etmekle birlikte, büyük boyutlu problemlerin çözümü için uygun değildir. Yazarlar, bu tarz problemler için sezgisel yaklaşımlar geliştirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Gelmez (2020) TZY’de son yıllarda popüler olan *yeşil* uygulamaları ele almıştır. Yazar, otomotiv sektöründe faaliyet gösteren işletmeleri inceleyerek yeşil tedarik zinciri uygulamaları, çevresel performans ve işletme performansı arasındaki ilişkileri ortaya koymuştur. Erdil (2021) TZY’ni kalite fonksiyonu açısından araştırmış ve mobilya sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede uygulama çalışması yapmıştır.

Yukarıda detayları verilen çalışmalardan da açıkça görüleceği üzere, TZY konusu on yıllardır bilimsel yazında önemle incelenmiştir. Oldukça farklı vakalar üzerinde çalışmalar yapılarak, TZY hemen hemen her sektöre uyarlanmıştır. Özellikle 2020 yılında dünyayı etkisi altına alan Covid-19 pandemisi neticesinde farklı sektörlerde ait tedarik zincirleri farklı şekillerde etkilenmiştir. Chowdhury vd. (2021) Covid-19 pandemisinin farklı tedarik zincirleri üzerindeki etkilerini ortaya koyan bir derleme makalesi sunmuşlardır. 28 Eylül 2020 tarihine kadar yayınlanmış olan 74 adet pandemi koşullarında TZY konulu çalışmayı incelemişlerdir. Yapılan bu derleme çalışması ile temel tüketim maddeleri ve sağlık ürünlerine olan talebin aşırı artması sonucu oluşan tedarik zinciri sorunlarına çözüm yaklaşımları ortaya konulmuştur. Goodarziyan vd. (2021) Covid-19 pandemisi sürecinde ilaç endüstrisinin tedarik zincirini ele almışlardır. Bozulma riski bulunan Covid-19 ilaçları için çok amaçlı, çok katmanlı ve çok periyotlu bir tedarik zinciri ağı tasarlamışlardır. Önerilen problemin çözümünde karınca kolonisi optimizasyonu, balık sürü algoritması ve ateş böceği algoritması yöntemlerini kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlar, balık sürü algoritmasının daha iyi performans gösterdiğini ortaya koymuştur. Nagurney (2021) Covid-19 pandemisi sürecinde tedarik zincirlerinde işgücünün etkisini araştırmıştır. Yazar, pandemi hastalığa yakalanma korkusu, hastalanma, ölüm, sosyal/fiziksel mesafe zorunluluğu gibi çok çeşitli sebeplerden ötürü işgücü kayıpları

yaşandığını belirtmiştir. Yazar, tedarik zincirlerinde işgücünün ulaşım, depolama ve dağıtımda kullanılan oldukça önemli bir kaynak olduğunu belirtmiş ve verdiği örnek modellerde işgücünü de göz önünde bulundurmıştır.

Bu çalışmada ele alınan işletme cerrahi maske, lateks eldiven, el dezenfektanı, yüzey dezenfektanı ve ıslak mendilden oluşan hijyen kitleri üreten bir firmadır. Pandemi etkisiyle talepte oluşan ani artışı karşılamak amacıyla uygun bir tedarik zinciri ağı tasarlanması problemi ortaya çıkmış olması, bu çalışma için motivasyon olmuştur. Çalışmanın geri kalanı şu şekilde düzenlenmiştir. İkinci bölümde problemin formal tanımı verilmiş ve geliştirilen çözüm yaklaşımı sunulmuştur. Üçüncü bölümde elde edilen sonuçlara yer verilmiş ve bu sonuçlar hakkında yorumlar yapılmıştır. Son olarak, dördüncü bölümde yapılan çalışmanın sonucu ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalar açıklanmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Problemin Tanımı

2020 yılında, Covid-19 virüsü nedeniyle, Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi ilan edilmesiyle birlikte tüm dünyayla beraber ülkemizde de günlük hayat dramatik bir şekilde etkilenmiştir. Özellikle bireylerin yüksek miktarlarda kuru gıda ve hijyen ürünleri satın almasıyla, bu sektörlerde üretim yapan işletmelerin ürünlerine olan talep büyük bir hızla artmış, diğer bir tabirle talep patlaması yaşanmıştır (Kayabaşı, 2020; Chowdhury vd., 2021). Talebin ani şekilde artması piyasa tarafından öngörülemediği için bu sürecin başında zaman zaman bazı ürünlere ulaşmak zorlaşmıştır. Hatırlanacağı üzere, özellikle pandeminin başlarında maske tedarikinde ciddi sıkıntılar yaşanmıştı. Bu yaşanan sorunlar firmaların birçoğuna tedarik zinciri ağlarını gözden geçirmesi gerektiğini hatırlatmış, bu ağları yeni koşullara göre adapte etmeleri gerektiğini göstermiştir. İşte, bu çalışmada, hijyen ürünleri üreten bir işletmenin taleplerinde oluşan dramatik artışa cevap verebilmesini sağlamak amacıyla tedarik zinciri ağı tasarlanmıştır.

Ele alınan işletme, İzmir ilinde faaliyet gösteren ve cerrahi maske, lateks eldiven, el dezenfektanı, yüzey dezenfektanı ile ıslak mendil üreten bir fabrikadır. Şekil 1'de cerrahi maske talebine pandemi döneminin etkisi gösterilmiştir. Firma gerçek sayısal değerlerin paylaşımına izin vermediği için, bu değerler q_1 , p_1 gibi noktalarla ifade edilmiştir.

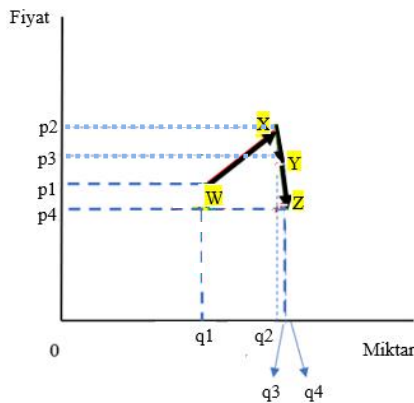
Şekil 1. Pandemi Döneminin Maske Talebine Etkisi (Figure 1. The Effect of the Pandemic on Mask Demand)

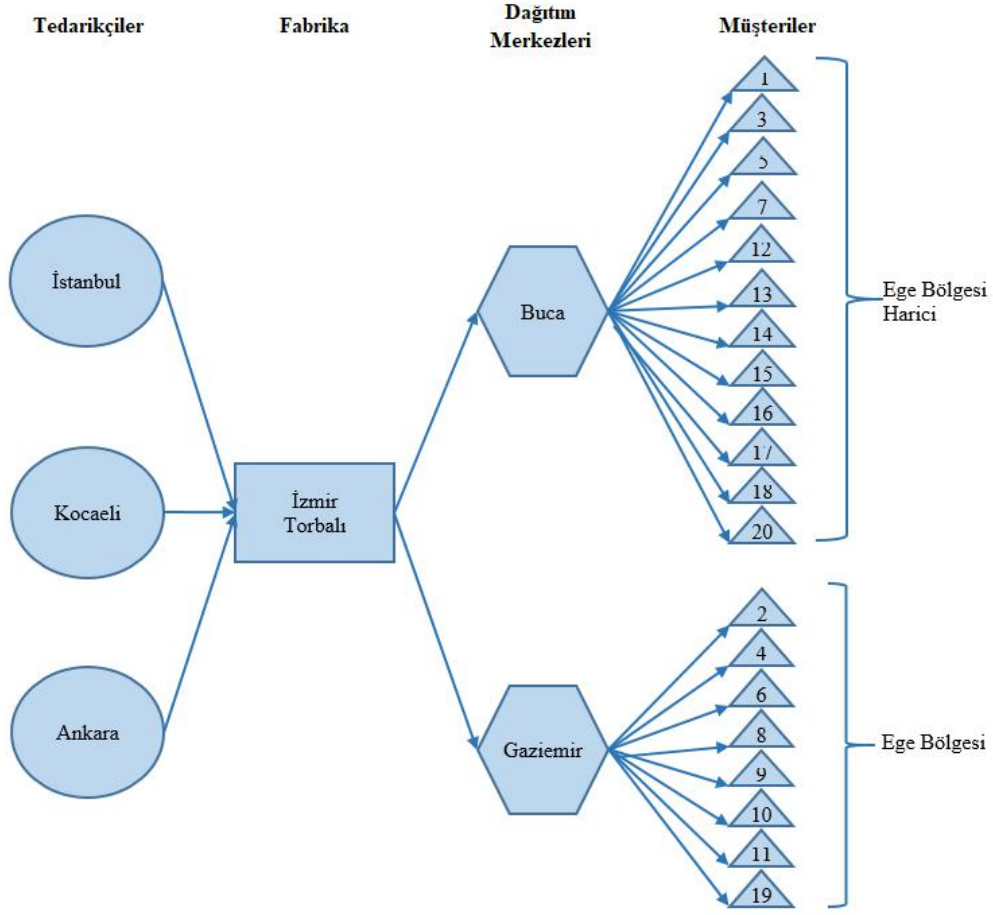
Şekil 1'de düşey eksen cerrahi maske satış fiyatını, yatay eksen ise satış adedini göstermektedir. Covid-19 pandemisi öncesi cerrahi maskeye ait arz-talep noktası W (q_1, p_1) ile ifade edilmiştir. Pandemiyle birlikte ürünün talebinde ani bir yükseliş ortaya çıkmıştır. Pandeminin ilk aylarında ürünün satış fiyatı artarak X (q_2, p_2) noktası ile ifade edilmiştir. Sonraki aylarda ise, ürüne ait yüksek talep değişmezken, ürünün satış fiyatının azaldığı gözlenmiştir. Talepteki bu ani yükselmeyi, maliyet artışına izin vermeden karşılayabilmek amacıyla uygun bir tedarik zinciri ağı tasarımının yapılması gerekliliği doğmuştur.

Probleme ait bilgiler şu şekildedir. Hijyen ürünleri üreten fabrika, İzmir / Torbalı'da yer almakta olup cerrahi maske, lateks eldiven, el dezenfektanı, yüzey dezenfektanı ve ıslak mendil üretebilmek için gerekli olan hammaddeleri İstanbul, Kocaeli ve Ankara'daki tedarikçilerden sağlamaktadır. Bu tedarikçilerden elde edilen malzemeler kullanılarak fabrikada yukarıda sıralanan hijyen ürünleri üretilmektedir. Sonrasında, on adet maske, bir adet el dezenfektanı, bir adet yüzey dezenfektanı, on adet eldiven ve bir adet ıslak mendil bir araya getirilerek ambalajlanmakta ve hijyen kiti adı altında nihai ürün olarak satışa sunulmaktadır.

Fabrikada üretilen nihai ürün olan hijyen kitleri, İzmir'de Buca ve Gaziemir'de yer alan iki adet dağıtım merkezine (DM) sevk edilmektedir. Daha sonra ise, bu DM'lerinden tüm Türkiye'de yer alan çeşitli müşterilere nihai ürünler gönderilmektedir. Gaziemir DM, İzmir ve civar illere hizmet verirken; Buca DM ise, Ege Bölgesi dışındaki müşterilere hizmet vermektedir. Şekil 2'de işletmeye ait dağıtım ağı gösterilmiştir.

İşletme, maliyet değerlerinin sayısal olarak paylaşılmasını istememiştir. Bunun yerine, maliyetler arasında katsayı ilişkileri hesaplanmıştır. Tablo 1'de tedarikçilerden fabrikaya taşınan malzemelere ait maliyetler yer almaktadır. Örneğin, cerrahi maske için gerekli malzemeler eğer İstanbul'daki tedarikçiden temin edilirse maliyet X TL; Kocaeli'ndeki tedarikçiden temin edilirse 2X TL; Ankara'daki tedarikçiden temin edilirse 3X TL kadar maliyet ortaya çıkmaktadır. İşletme yönetimi ile yapılan görüşmeler neticesinde, işletmenin amacının, dağıtım miktarlarında meydana gelen değişiklikler nedeniyle ortaya çıkan değişken maliyetin en aza indirilmesi olduğu anlaşılmıştır. Bu nedenle, fabrikanın ve dağıtım merkezlerinin sabit masrafları bu çalışmanın kapsamı dışındadır.





Şekil 2. Dağıtım Ağı (Figure 2. Distribution Network)

Tablo 1. Tedarikçilerden Fabrikaya Birim Taşıma Maliyeti (Table 1. Unit Transportation Cost from Suppliers to Factory)

	İstanbul	Kocaeli	Ankara
Maske	1	2	3
El Dezenfektanı	4	1	2
Yüzey Dezenfektanı	1	2	3
Eldiven	5	4	1
Islak Mendil	5	5	4

Tablo 2’de fabrikadan dağıtım merkezlerine nihai ürün taşınması sırasında ortaya çıkan birim maliyetler verilmiştir.

Tablo 2. Fabrikadan Dağıtım Merkezlerine Birim Taşıma Maliyeti (Table 2. Unit Transportation Cost from Factory to Distribution Centers)

	Dağıtım Merkezi	
Fabrika	Buca	Gaziemir
Torbalı	2	2

Tablo 3’te dağıtım merkezlerinden müşterilere nihai ürün taşınması sırasında oluşan birim maliyetler görülmektedir.

Tablo 3. Dağıtım Merkezlerinden Müşterilere Birim Taşıma Maliyeti (Table 3. Unit Transportation Cost from Distribution Centers to Customers)

Müşteri Numarası	Buca DM	Gaziemir DM
1	4	5
2	3	2
3	3	3
4	5	4
5	1	4
6	3	2
7	2	3
8	4	3
9	5	4
10	4	3
11	4	3
12	1	3
13	2	4
14	1	5
15	1	3
16	2	5
17	4	5
18	1	3
19	3	1
20	1	2

Tablo 4'te tedarikçilerin ilgili ürüne ait malzemeleri temin etme kapasiteleri yer almaktadır. Örneğin, cerrahi maske için gerekli olan malzeme İstanbul tedarikçisinden ayda 32.874 adet temin edilebilirken, Ankara tedarikçisinden 39.550 adet temin edilebilmektedir.

Tablo 4. Tedarikçilerin Hijyen Ürünü Bazında Malzeme Kapasiteleri (Table 4. Material Capacities of Suppliers based on Hygiene Products)

	İstanbul	Kocaeli	Ankara
Maske	32874	38180	39550
El Dezenfektanı	36080	38700	37533
Yüzey Dezenfektanı	36865	39819	36778
Eldiven	39369	39917	39446
Islak Mendil	42800	38546	36333

Fabrikanın üretim kapasitesi ayda 120.000 adet hijyen kiti ile sınırlıdır. Buca ve Gazidemir'de yer alan DM'lerinin kapasiteleri ise, sırasıyla, ayda 55.000 ve 75.000 adet hijyen kitidir.

Müşterilerin aylık bazda talep ettikleri hijyen kiti miktarları Tablo 5'te yer almaktadır. Tabloda koyu renk ile işaretlenen müşteriler Ege Bölgesi dışında yer alan müşterileri ifade etmektedir.

Tablo 5. Nihai Ürüne Olan Müşteri Talebi (Table 5. Customer Demand for the Final Product)

Müşteri Numarası	Talep Miktarı (adet)
1	2635
2	8430
3	7196
4	7887
5	6137
6	5327
7	4956
8	9192
9	8248
10	2860
11	7040
12	2120
13	6936
14	1913
15	3734
16	4609
17	2014
18	8593
19	7711
20	2364

2.2. Matematiksel Model

Bu çalışmada kullanılan notasyon aşağıdaki gibidir.

İndisler

- i Tedarikçi
- j Fabrika
- k Dağıtım merkezi
- l Müşteri
- t Hijyen ürünü

Kümeler

- I Tedarikçi kümesi
- J Fabrika kümesi
- K Dağıtım merkezi kümesi
- L Müşteri kümesi
- LE Ege Bölgesi'nde yer alan müşterilerin kümesi
- LE' Ege Bölgesi dışında yer alan müşterilerin kümesi
- T Hijyen ürünü kümesi

Parametreler

- C_{ijt} i . tedarikçiden j . fabrikaya t . hijyen ürünü malzemesi birim taşıma maliyeti
- C_{2jk} j . fabrikadan k . dağıtım merkezine hijyen kiti birim taşıma maliyeti
- C_{3kl} k . dağıtım merkezinden l . müşteriye hijyen kiti birim taşıma maliyeti
- D_i i . tedarikçinin kapasitesi
- E_j j . fabrikanın kapasitesi
- F_k k . dağıtım merkezinin kapasitesi
- T_l l . müşterinin talebi
- w_t Bir adet hijyen kiti içindeki t . hijyen ürünün kullanım miktarı

Karar değişkenleri

- x_{ijt} i . tedarikçiden j . fabrikaya sevk edilen t . hijyen ürünü malzemesi miktarı
- y_{jk} j . fabrikadan k . dağıtım merkezine gönderilen hijyen kiti miktarı
- z_{kl} k . dağıtım merkezinden l . müşteriye gönderilen hijyen kiti miktarı

Problemin çözümü için geliştirilen matematiksel model aşağıda yer almaktadır (Sanei vd., 2016; Paksoy, 2005).

Amaç Fonksiyonu;

$$\text{Min } \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} \sum_{t \in T} C_{1ijt} \times x_{ijt} + \sum_{j \in J} \sum_{k \in K} C_{2jk} \times y_{jk} + \sum_{k \in K} \sum_{l \in L} C_{3kl} \times z_{kl} \quad (1)$$

Kısıtlar;

$$\sum_{j \in J} x_{ijt} \leq D_i \quad \forall i \in I, \forall t \in T \quad (2)$$

$$\sum_{k \in K} y_{jk} \leq E_j \quad \forall j \in J \quad (3)$$

$$\sum_{l \in L} z_{kl} \leq F_k \quad \forall k \in K \quad (4)$$

$$\sum_{i \in I} x_{ijt} - w_t \times \sum_{k \in K} y_{jk} = 0 \quad \forall t \in T, \forall j \in J \quad (5)$$

$$\sum_{j \in J} y_{jk} - \sum_{l \in L} z_{kl} = 0 \quad \forall k \in K \quad (6)$$

$$\sum_{k \in K} z_{kl} \geq T_l \quad \forall l \in L \quad (7)$$

$$\sum_{l \in LE} z_{2l} = 0 \quad \forall l \in LE \quad (8)$$

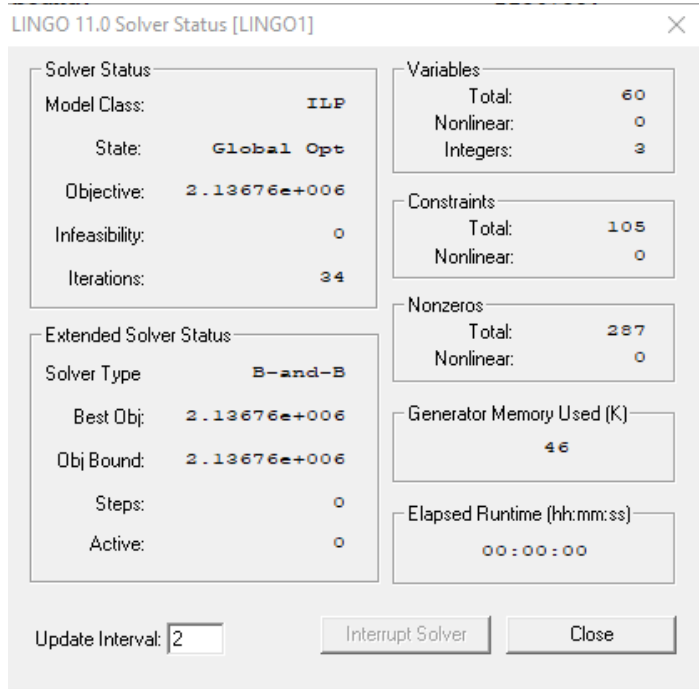
$$\sum_{l \in LE'} z_{1l} = 0 \quad \forall l \in LE' \quad (9)$$

$$x_{ijt}, y_{jk}, z_{kl} \geq 0 \quad \forall i, j, t, k, l \quad (10)$$

Amaç fonksiyonu (1), tedarikçilerden fabrikaya, fabrikadan dağıtım merkezlerine ve dağıtım merkezlerinden de müşteriye toplam değişken taşıma maliyetini en küçükler. (2), (3) ve (4) numaralı denklemler, sırasıyla tedarikçi, fabrika ve dağıtım merkezlerine ait kapasite kısıtlarını ifade etmektedir. Denklem (5) birinci aşama denge kısıtıdır; tedarikçilerden fabrikaya sevk edilen hijyen ürünü malzemesi miktarı ile fabrikadan dağıtım merkezlerine gönderilen hijyen kiti miktarı arasında akışın korunumunu sağlar. Denklem (6) ikinci aşama denge kısıtıdır; fabrikadan dağıtım merkezlerine ve dağıtım merkezlerinden de müşterilere gönderilen hijyen kiti miktarında akışın korunumunu sağlar. Denklem (7) üçüncü aşama denge kısıtıdır; diğer bir deyişle her müşterinin talebinin karşılanmasını sağlar (Paksoy, 2005). Denklem (8) ve (9) sırasıyla, Gaziemir DM'nden gönderilen nihai ürünlerin Ege Bölgesi'ndeki müşterilere hizmet vermesini; ve Buca DM'nden gönderilen nihai ürünlerin Ege Bölgesi dışındaki müşterilere hizmet vermesini garantiler. Son olarak, denklem (10) karar değişkenlerinin negatif değer almasını önler.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bir önceki bölümde verilen doğrusal programlama modeli Lingo çözücüsüne girilmiştir. Bu çalışmada 1,99 GHz işlemci hızına sahip, Windows 10 işletim sistemi olan bir dizüstü bilgisayar kullanılmıştır.



Şekil 3. Tedarik Zinciri Ağı Lingo Ekran Çıktısı (Figure 3. Lingo Output for the Supply Chain Network)

Şekil 3'ten görüleceği üzere, 34. iterasyonda en iyi çözüme ulaşılmıştır. En iyi çözümde amaç fonksiyonu olan aylık maliyetin en küçük değeri 2.136.760

(ikimilyonyüzotuzaltıbinyediyüzaltmış) birim olarak bulunmuştur.

Lingo çözücüsünden elde edilen sonuç raporu, karar vericiye detaylı çözümler sunmaktadır. Birinci aşamada, hangi hijyen ürününe ait malzemenin, hangi tedarikçiden, fabrikaya ne kadar miktarda temin edilmesi gerektiği saptanmıştır. Bu sonuçlar aşağıdaki tablolarda sunulmuştur. Tablo 6, Tablo 7 ve Tablo 8'de, sırasıyla İstanbul, Kocaeli ve Ankara'daki tedarikçilerden temin edilen malzeme miktarları yer almaktadır.

Tablo 6. İstanbul'daki Tedarikçinin Fabrikaya Sağladığı Malzeme Miktarları (Table 6. Amount of Materials Provided to the Factory by the Supplier in Istanbul)

Malzeme Türü	Malzeme Adedi
Maske	32874
El Dezenfektanı	33669
Yüzey Dezenfektanı	36865
Eldiven	30539
Islak Mendil	42800

Tablo 6'dan, İstanbul ilinde ikamet eden tedarikçiden 32.874 adet cerrahi maske malzemesi, 33.669 adet el dezenfektanı malzemesi, 36.865 adet yüzey dezenfektanı malzemesi, 30.539 adet eldiven malzemesi ve 42.800 adet ıslak mendil malzemesi temin edildiği anlaşılmaktadır. Benzer şekilde, Tablo 7 Kocaeli'nde bulunan tedarikçiden elde edilen malzeme adetlerini ve Tablo 8 ise Ankara'da bulunan tedarikçiden temin edilen malzeme adetlerini vermektedir.

Tablo 7. Kocaeli'ndeki Tedarikçinin Fabrikaya Sağladığı Malzeme Miktarları (Table 6. Amount of Materials Provided to the Factory by the Supplier in Kocaeli)

Malzeme Türü	Malzeme Adedi
Maske	38180
El Dezenfektanı	38700
Yüzey Dezenfektanı	39819
Eldiven	39917
Islak Mendil	30769

Tablo 8. Ankara'daki Tedarikçinin Fabrikaya Sağladığı Malzeme Miktarları (Table 6. Amount of Materials Provided to the Factory by the Supplier in Ankara)

Malzeme Türü	Malzeme Adedi
Maske	38848
El Dezenfektanı	37533
Yüzey Dezenfektanı	33218
Eldiven	39446
Islak Mendil	36333

Lingo çözücüsünden elde edilen sonuç raporuna göre, ikinci aşamaya ilişkin, fabrikadan, hangi DM'lerine, ne kadar nihai ürün gönderilmesi gerektiği saptanmıştır. Buna göre, fabrikada üretilmiş nihai ürün olan hijyen kitlerinin Buca ve Gaziemir'de yer alan DM'lerine, sırasıyla 53.207 ve 56.695 adet gönderilmesinin optimal olduğunu ortaya koymuştur.

Lingo çözücüsünden elde edilen sonuç raporuna göre, üçüncü aşamada ise, hangi DM'nden, hangi müşterilere, ne miktarda nihai ürün gönderilmesi gerektiği belirlenmiştir. Tablo 9'da Buca DM'nden Ege Bölgesi dışında yer alan müşterilere gönderilen hijyen kiti paketi adetleri yer almaktadır. Şirket gizliliği açısından müşterilerin isimlerine yer verilemediği için numaralandırılmıştır. Örneğin, Buca DM'nden 1 numaralı müşteriye 2.635 adet; 3 numaralı müşteriye 7.196 adet hijyen kiti sevk edilmiştir.

Tablo 9. Buca'daki Dağıtım Merkezinden Müşterilere Sevk Edilen Nihai Ürün Miktarı (Table 9. Amount of Final Products Transported to Customers from the Distribution Center in Buca)

Müşteri Numarası	Nihai Ürün Miktarı(Adet)
1	2635
3	7196
5	6137
7	4956
12	2120
13	6931
14	1913
15	3734
16	4609
17	2014
18	8598
20	2364

Tablo 10'da Gaziemir ilçesinde yer alan DM'nden İzmir ili ve çevresinde ikamet eden müşterilere sevk edilen hijyen kiti adetleri verilmiştir. Örneğin, Gaziemir DM'nden 2 numaralı müşteriye 8.430 adet, 4 numaralı müşteriye 7.887 adet, 6 numaralı müşteriye 5.327 adet nihai ürün sevkiyatı yapılmıştır.

Geliştirilen model ile en düşük maliyeti sağlayacak bir tedarik zinciri ağı tasarlanmıştır. Detayları yukarıda verilen bu tedarik zinciri ağı, söz konusu işletme yöneticilerine sunulmuştur. Önerilen çözüm yaklaşımı fabrika yönetimince ilgiyle karşılanmış ve uygulamaya geçilmesine karar verilmiştir. Çözüm yöntemini uygulamak için hiçbir ek maliyete ihtiyaç duyulamamıştır. Yapılan değişiklikler sonucunda tedarik zinciri maliyetlerinde ciddi bir azalma ortaya konduğu firma yetkililerince bildirilmiştir. İşletme, maliyetlerinin gerçek değerlerinin paylaşılmasına izin vermemiş olmakla birlikte, maliyetlerde yaklaşık %3'lük bir azalma olduğunu belirtmiştir. Bu değer maliyetlerin yüksekliği düşünülürse oldukça iyi bir rakamdır. Ayrıca, bu azalmanın sağlanması için hiçbir ekstra maliyet yükü doğmamış olması da, bu yöntemin bir diğer avantajıdır.

Tablo 10. Gaziemir'deki Dağıtım Merkezinden Müşterilere Sevk Edilen Nihai Ürün Miktarı (Table 10. Amount of Final Products Transported to Customers from the Distribution Center in Gaziemir)

Müşteri Numarası	Nihai Ürün Miktarı(Adet)
2	8430
4	7887
6	5327
8	9192
9	8248
10	2860
11	7040
19	7711

4. Sonuç

TZY uzun yıllardır hem akademik yazında, hem de gerçek hayat uygulamalarında önemli bir yer tutmakta ve hala güncelliğini korumaktadır. Bu çalışmada, İzmir'de faaliyet gösteren ve hijyen ürünleri üreten bir firmanın tedarik zinciri ele alınmıştır. Bahsi geçen firmanın ürünlerine ait talep, Covid-19 pandemisinin ortaya çıkmasıyla birlikte dramatik olarak artmıştır. Firma, üretim sürecinde kullanacağı malzemelerini üç farklı şehirde ikamet eden tedarikçilerden almakta; ürettiği nihai ürünlerini dağıtım merkezlerine göndermekte ve bu dağıtım merkezlerinden de yirmi farklı müşterisine dağıtım yapmaktadır. Ani talep artışıyla beraber, işletme için yeni bir tedarik zinciri ağı tasarlanması gerekliliği doğmuştur. Bu çalışma kapsamında doğrusal programlama modeli kurularak bahsi geçen problem için bir çözüm yaklaşımı ortaya konmuştur. İleri sürülen matematiksel model, Lingo çözücüsü yardımıyla çözülmüş ve en düşük maliyeti veren en iyi sonuç elde edilmiştir. İşletme için en uygun tedarik zinciri ağı, firma yöneticileri ile paylaşılmıştır. İşletme yönetimi, önerilen metodolojiyi uygulamaya koymuştur. İşletme tarafından yapılan analizler, yeni tedarik zinciri ağı kullanılmasıyla işletme maliyetlerinde yaklaşık %3'lük azalma olduğunu göstermektedir.

İlerleyen zamanlarda çalışma çok yönlü geliştirmelere açıktır. Örneğin, ortaya konan bu model kolaylıkla başka sektörlere adapte edilerek uygulanabilir. Bunun dışında, bu çalışmanın devamında araç rotalama problemi ele anılarak müşterileri ziyaret eden araçlar için en iyi rotalar belirlenebilir.

Kaynakça

- Arntzen, B.C., Brown, G.G., Harrison, T.P., and Trafton, L.L. (1995), Global supply chain management at Digital Equipment Corporation, *Interfaces* 25/1, 69-93.
- Baki, R. (2019). Bilgi Teknolojileri ve Üst Yönetim Desteğinin Tedarik Zinciri Performansına Etkisi: Türkiye İçin Ampirik Bir Yaklaşım. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 916-926.
- Chowdhury, P., Paul, S.K., Kaiser, S., & Moktadir, M.A. (2021). COVID-19 pandemic related supply chain studies: A systematic review. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 148, 102271.
- Cohen, M.A. ve Lee, H.L. (1989). Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution networks. *Journal of Manufacturing and Operations Management*, 2, 81-104.

- Cohen, M.A. ve Moon, S. (1991). An integrated plant loading model with economies of scale and scope. *European Journal of Operational Research*, 50, 266–279.
- Çomaklı Sökmen, Ö. & Yılmaz, M. (2021). Yöneylem Araştırması Alanında Yapılan Çalışmaların Bibliyometrik Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (28), 940-946.
- Erdil, A. Development Supply Chain Management In Terms of Quality Function: An Application in the Manufacturing Industry. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (26), 456-465.
- Espuna, A., Mendez, A.C., Aguirre M.A., Zamarripaa A.M. (2012). Improving supply chain planning in a competitive environment. *Computers and Chemical Engineering*, 42, 178–188.
- Gelmez, E. (2020). The Mediation Role of Environmental Performance in the Effects of Green Supply Chain Management Practices on Business Performance. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (19), 606-613.
- Goodarziyan, F., Taleizadeh, A. A., Ghasemi, P., & Abraham, A. (2021). An integrated sustainable medical supply chain network during COVID-19. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 100, 104188.
- Kayabaşı, E.T. (2020). Covid-19'un piyasalara ve tüketici davranışlarına etkisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(5), 15-25.
- Leal, E.J. ve Reis, A.S. (2015). A deterministic mathematical model to support temporal and spatial decisions of the soybean supply chain. *Journal of Transport Geography*, 43, 48–58.
- McGinnis, L., Goetschalckx, M., Tang, E.Z. (2013) Modeling-based design of strategic supply chain networks for aircraft manufacturing. *Procedia Computer Science*, 16, 611 – 620.
- Nagurney, A. (2021). Optimization of supply chain networks with inclusion of labor: Applications to COVID-19 pandemic disruptions. *International Journal of Production Economics*, 235, 108080.
- Oliver, R.K., & Webber, M.D. (1982). Supply-chain management: logistics catches up with strategy. *Outlook*, 5(1), 42-47.
- Özdemir-Güngör, D. (2021). Tedarik Zincirlerinden Tutumlu İnovasyonun Etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 261-267.
- Paksoy, T. (2005). Tedarik zinciri yönetiminde dağıtım ağlarının tasarımı ve optimizasyonu: malzeme ihtiyaç kısıtı altında stratejik bir üretim-dağıtım modeli. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (14), 435-454.
- Sanei, M., Mahmoodirad, A., & Niroomand, S. (2016). Two-stage supply chain network design problem with interval data. *International Journal of e-Navigation and Maritime Economy*, 5, 74-84.
- Stenger, J.A., Boone, T., Ganeshan, R. (2001). The impact of inventory and flow planning parameters on supply chain performance: An exploratory study. *International Journal of Production Economics*, 71, 111-118.
- Wang, S.H. (2009). A two-phase ant colony algorithm for multi-echelon defective supply chain network design. *European Journal of Operational Research*, 192, 243–252.



Sağlıkta Yapay Zekanın Kullanım Alanları Üzerine Nitel Bir Araştırma

Haydar Hoşgör^{1*}, Hacer Güngördü²

^{1*} Uşak Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Uşak, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-1174-1184), haydar.hosgor@usak.edu.tr

² Uşak Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Hizmetler ve Teknikler Bölümü, Uşak, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-3978-9259), hacer.gungordu@usak.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 3 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 16 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1052614)

ATIF/REFERENCE: Hoşgör, H. & Güngördü, H. (2022). Sağlıkta Yapay Zekanın Kullanım Alanları Üzerine Nitel Bir Araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 395-407.

Öz

Bu araştırmanın temel amacı, sağlıkta yapay zekanın kullanım alanlarını incelemektir. Doküman ve içerik analizlerini kullanıldığı bu nitel araştırmada, Ulusal Tez Merkezi'nde yer alan açık erişimli tezler değerlendirilmiştir. Konuyla ilgili toplam 123 adet tez farklı açılardan ele alınmıştır. Tezlerinin %89,4'ünün Türkçe dilinde, %64,2'sinin yüksek lisans düzeyinde, %26,0'ının 2021 yılında, %14,6'sının ise Selçuk ve Sakarya Üniversitelerince yazıldığı saptanmıştır. Çalışma sonucunda, sağlıkta yapay zekanın kullanım alanlarına ilişkin 13 farklı tema ortaya çıkartılmıştır. Bu temaların sırayla; "hastalıkların teşhisi (f: 21)", "hastalıkların sınıflandırılması (f: 20)", "hastalıkların tespiti (f: 15)", "tıbbi görüntülerin işlenmesi (f: 14)", "hastalıkların öngörülmesi (f: 13)", "medikal destek sistemlerinin geliştirilmesi (f: 10)", "hastalıkların tanınması (f: 9)", "hastalıkların risk derecesinin tayini (f: 8)", "hastalıkların prognoz takibi (f: 5)", "hastalıkların izlenmesi (f: 4)", "halk sağlığı (f: 2)", "sağlık hizmetleri yönetimi (f: 1)" ve "hekim görüşlerinin saptanması (f: 1)" şeklinde olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca; Kanser, Diyabet Covid-19, Alzheimer, Demans, Parkinson, Çölyak, Epilepsi, Multiple Skleroz, Beyin Timörü, İnfertilite, Tiroid, Anemi, Uyku Apnesi, Glokom, Obsesif Kompulsif Bozukluk, Kalp Ritim Bozukluğu, Bakteriyel Cilt Enfeksiyonu, Yanık ve İşitme Kaybı gibi pek çok sağlık sorununda yapay zeka teknolojilerinin güvenilir ve başarılı bir biçimde kullanıldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Teknoloji, Robotik, Yapay Zeka, Tıp, Tez

A Qualitative Research on the Uses of Artificial Intelligence in Health

Abstract

The main purpose of this research is to examine the usage areas of artificial intelligence in health. In this qualitative research, in which document and content analyzes were used, open access theses in the National Thesis Center were evaluated. A total of 123 theses on the subject have been discussed from different perspectives. It has been determined that 89.4% of the theses were written in Turkish, 64.2% at the master's level, 26.0% in 2021, and 14.6% by Selçuk and Sakarya Universities. As a result of the study, 13 different themes related to the use of artificial intelligence in health were revealed. These themes are in order; "diagnosis of diseases (f: 21)", "classification of diseases (f: 20)", "detection of diseases (f: 15)", "processing of medical images (f: 14)", "prediction of diseases (f: 13)", "development of medical support systems (f: 10)", "diagnosis of diseases (f: 9)", "determination of the degree of risk of diseases (f: 8)", "prognosis follow-up of diseases (f: 5)", "monitoring of diseases (f: 4)", "public health (f: 2)", "healthcare services management (f: 1)" and "determination of physician opinions (f: 1)". In addition, it has been determined that artificial intelligence technologies are used reliably and successfully in many health problems such as Cancer, Diabetes, Covid-19, Alzheimer's, Dementia, Parkinson's, Celiac, Epilepsy, Multiple Sclerosis, Brain Tumor, Infertility, Thyroid, Anemia, Sleep Apnea, Glaucoma, Obsessive Compulsive Disorder, Heart Rhythm Disorder, Bacterial Skin Infection, Burn and Hearing loss.

Keywords: Technology, Robotic, Artificial Intelligence, Medicine, Thesis

* Sorumlu Yazar: haydar.hosgor@usak.edu.tr

1. Giriş

Günümüzden yaklaşık 200 yıl önce buhar gücünün makinelerde kullanılmasıyla birlikte endüstri devrimi, dünyada ciddi ve şiddetli bir değişim iklimi yaratmıştır. Aynı şekilde 19. yüzyılda Tesla ve Edison'un çalışmalarıyla elektrik teknolojilerinin sınırları zorlanmış, yeni bir konfor, rahatlık ve bağlanabilirlik çağına geçişin önü açılmıştır. Günümüzdeyse oldukça hız kazanan ve her yönüyle devrim niteliğinde olan Yapay Zeka (YZ) teknolojilerinin nimetlerinden kurumlar ve uluslar olabildiğince faydalanmayı çabalar olmuşlardır. Bu bağlamda YZ'nin uzay araştırmalarından, gelişen yaşam bilimlerine, otonom araç geliştirmekten kara para aklamaya mücadele kadar her konuda eşi görülmemiş yeni fırsatlara kapı araladığı ifade edilebilir (Horgan vd., 2019).

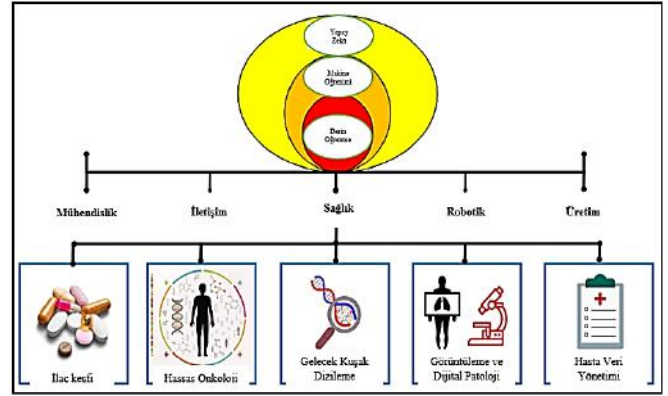
YZ, biri "Yapay", diğeri "Zeka" olmak üzere iki kelimeden meydana gelmektedir. Bu kelimelerden ilki olan "Yapay", insan yapımını ifade ederken; "Zeka" ise, düşünme kapasitesini işaret etmektedir. Parçalardan hareketle bütüne gidildiğinde genel olarak YZ; insan gibi davranabilen, insan gibi düşünebilen ve hafızadaki mantık programlarına göre karar verebilen akıllı makineler geliştirilebilecek bir bilgisayar bilim dalıdır (Bhbosale vd., 2020). Daha geniş bir ölçekte, Alan Turing gibi erken dönem YZ teorisyenleri, ilk olarak bilgisayarların insan beynine benzer olarak çalışacak şekilde yapıp yapılmadığını sorgulamışlardır. Mevcut literatürde bu sorgulama, Turing Testi olarak da bilinmektedir. Erken makine öğrenimi ilkelerinin uygulanmasına, II. Dünya Savaşı sırasında Almanların Enigma adlı makinesine ait kodları deşifre etmek için kullanılan Polonyalılara ait "Bomba" ve İngilizlere ait "Bombe" isimli makinelerinin tanıtılmasıyla başladığı bilinmektedir (Becker, 2019).

YZ teknolojileri, çevresini algılayan ve belirli bir hedefte başarı şansını en üst düzeye çıkaran eylemlerde bulunan herhangi bir cihazı ifade etmektedir. Bu tür teknolojiler arasında makine öğrenimi, derin öğrenme, kural tabanlı sistemler, doğal dil işleme ve konuşma tanıma yer almaktadır. Popülaritesinde bir dizi yükseliş ve düşüşün ardından YZ teknolojileri artık bir yayılma dalgası yaşamaktadır. Web 3.0, Nesnelerin İnterneti, açık inovasyon, büyük ve açık veri kavramlarının ortaya çıkmasına paralel olarak yapay zeka son zamanlarda finans, otomotiv, perakende, seyahat ve medya gibi birçok endüstri alanında ciddi dönüşümlere kaynaklık teşkil etmektedir (Sun ve Medaglia, 2019). Sağlık hizmetleri sektörü de bu alanların başında gelmektedir.

Tıbbi YZ konusundaki en eski çalışma, YZ'nin yaklaşık 15 yaşında olduğu 1970'lerin başlarına dayanmaktadır. YZ terimi ilk defa 1955 yılında ünlü bir Darmouth Koleji Konferansı esnasında McCarthy tarafından ortaya atılmış ve literatüre kazandırılmıştır. Tıpta erken YZ araştırmacıları; Edward Feigenbaum gibi bilgisayar bilimcilerini, Carl Djerassi gibi kimyagerleri, Joshua Lederberg gibi genetikçileri ve Bruce Bunanan gibi bilim felsefecilerini bir araya getiren YZ yöntemlerinin yaşam bilimlerine uygulanabilirliğini keşfetmişlerdir (Patel vd., 2009).

Makine Öğrenimi; bilgisayar algoritmalarının verilerdeki örneklerden tahmin gücü ilişkilerini öğrendiği bir YZ alt disiplindir. En basit şekilde Makine Öğrenimi, istatistiksel modellerin bilgisayarlar vasıtasıyla verilere uygulanmasıdır. Makine Öğrenimi, tıp alanında tipik olarak kullanılanlardan daha

geniş bir istatistiksel teknikler seti kullanmaktadır. Derin Öğrenme gibi daha yeni teknikler ise temel alınan veriler hakkında daha az varsayımına sahip modellere dayanır ve bu nedenle karmaşık verileri işleyebilir (Panch vd., 2018). Beyin nöronlarının mimarisinden etkilenecek oluşturulmuş olan Derin Öğrenme (Tan vd., 2021); Facebook'ta yüz tanıma, Google'da görüntü arama gibi görüntü tanıma faaliyetlerinde güçlü bir potansiyele sahiptir. Ayrıca yeni ilaç geliştirme, ilaç etkileşimlerini tanıma gibi pek çok öğrenme görevleri için denetimsiz şekilde eğitilebilmektedir. Derin Öğrenme algoritmaları sayesinde, hastalıklara ait farklı görüntülerin daha iyi uzamsal ve çözünürlükte işlenmesi kolay hale gelmekte, maliyetler azalmakta ve hastalara sunulan bakımın kalitesi iyileşebilmektedir (Krittana Wong vd., 2017).



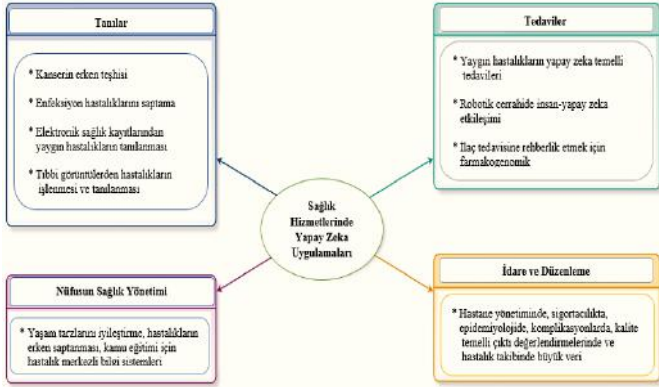
Şekil 1. Bazı Major Alanlarda YZ Uygulamalarının Genel Bir Görünümü (Figure 1. An Overview of AI Applications in Some Major Fields) (Dlamini vd., 2020)

Sağlık sektöründe YZ'nin pek çok avantajı mevcuttur. Örneğin, hastaların yaşamlarında hayati bir rol oynayan tedavi, YZ sayesinde daha doğru ve daha kısa sürede yapılabilir. Azalan tedavi sürelerinin, hastaların ruh sağlığı için önemli kazanımlar sağlayacağı bilinmektedir. Büyük olasılıkla YZ, sağlık hizmetlerindeki geleneksel ilaçların sonunu getirecek ve artık her bir insanın DNA'sına uygun ilaçların geliştirilerek kişiselleştirilmiş tıbbı geçişin önünü açacaktır. Sağlık hizmetlerinde buna Hassas Tıp adı verilmektedir (Yeasmin, 2019). Buna ek olarak Max Planck Enstitüsü araştırmacıları tarafından, bir milimetreden daha küçük boyutlu, hastanın vücut sıvısında yüzecek ve ilaç veya diğer tıbbi yardım sağlamak için kullanılacak robotlar üzerinde deneyler yapılmaktadır. Tıp tarihinde bir devrim yaratacağı düşünülen bu mikro robotların, insanların kan dolaşımında veya göz kürelerinin yüzeyinde yüzecek şekilde tasarlanacağı belirtilmektedir.

YZ, hasta bakımında büyük bir gelişme ve sağlık bakım maliyetlerinde azalma potansiyeli sunmaktadır. Sağlık hizmetleri sektörünün aşırı harcama yapmadan nasıl daha etkin ve verimli olabileceğini bulmak için yenilikçi çözümlere ihtiyacı vardır. Söz konusu bu çözümler noktasında teknolojinin geldiği yer tam da burayı, YZ'yi işaret etmektedir. Zira, teknolojiye, özellikle de YZ ve robotik alanlarındaki hızlı gelişmeler, sağlık sektörünün tamamlanmasına yardımcı olmaktadır (Sunarti vd., 2021).

YZ'nin faydalarından bir diğeri, hekimlerin performans düzeyini artırmasıdır. Bu durum, birer sağlık hizmeti alıcısı konumunda olan hastaların çıkarlarına hizmet etmektedir. Hastane personeli, en fazla risk altındaki hastaları belirlemek için özel olarak geliştirilmiş bilgisayar sistemlerini kullanabilir.

Bu türden sistemler, hastanede bulunan çeşitli hastaların yaşayabileceği belirli fizyolojik sorunları hassas bir şekilde analiz edebilir ve hızlı müdahale gerektiren hasta hakkında uygun bilgileri anında sunabilir (Nadimpalli, 2017). Örneğin en az 40 yıldır radyoloji hekimliği yapan deneyimli ve üretken bir sağlık profesyonelinin tüm bu meslek yaşamı boyunca yaklaşık 225.000 adet MR/CT görüntüsüne bakıp karar verebilirken, YZ'nin kısa bir süre içerisinde milyonlarca taramaya ulaşabileceği ve böylece doğruluk oranını daha da geliştirebileceği bilinmektedir. Dolayısıyla insana ait tıbbi görüntülerin YZ aracılığıyla okunması ve teşhis edilmesi hızının, ortalama bir insandan çok daha hızlı ve doğru olduğu belirtilebilir (Mintz ve Brodie, 2019).



Şekil 2. Sağlıkta YZ Temelli Teknolojilerin Potansiyel Rollerini (Figure 2. Potential Roles of AI-Based Technologies in Healthcare) (He vd., 2019)

Tıp alanındaki pek çok YZ uygulamasının, özellikle de meme kanseri gibi yaygın bir hastalıkta, daha doğru okumalar yaparak tanı, tedavi ve prognoz konusunda gerçek hekimlere kıyasla daha üst düzey bir performans sergilediği ortaya konulmuştur. İlgili çalışmada Watson'un meme kanseri tedavileriyle ilgili tavsiyelerde uzman multidisipliner bir tümör kuruluyla %93 uyum oranına sahip olduğu rapor edilmiştir (Somashkhar vd., 2018).

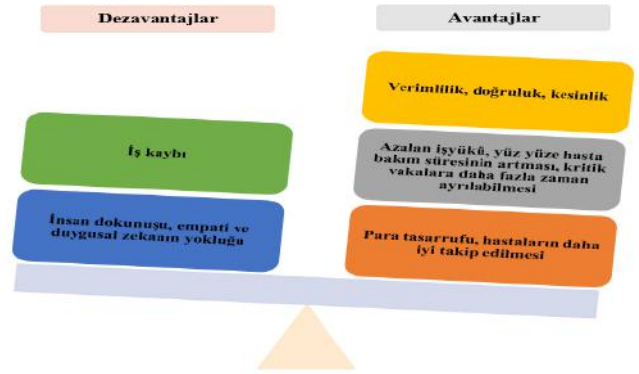
Günlük yaşamın hemen her alanında aktif olarak kullanılmaya başlanan YZ teknolojileri, tüm dünyayı etkisi altına alan Covid-19 pandemisinde de önemli bir role sahip olmuştur. Örneğin enfeksiyonların erken teşhisi ve tanılanmasında, tedavilerin izlenmesinde, temaslı hastaların takibinde, gelecekteki vakaların ve ölüm oranlarının tahminlenmesinde, ilaçların ve aşıların geliştirilmesinde, sağlık çalışanlarının iş yüklerinin azaltılmasında ve hastalıkların önlenmesinde çeşitli YZ uygulamalarından faydalanılmıştır (Pradhan vd., 2021).

YZ ve makine öğrenme algoritmaları kullanılarak Covid-19 pozitif tanısı alan hastaların ölüm risklerini tahmin etmek, hastaneye yatma açısından kimin daha fazla öncelikli olduğuna karar vermek ve hastaları doğru bir triyaj sistemiyle yönetmek amacıyla gerçekleştirilen bir çalışmada, 146 ülkeden 307.382 Covid-19 pozitif tanılı hasta verisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda, kullanılan bu akıllı karar destek sisteminin ölüm oranlarını öngörmede yaklaşık %90'lık bir doğruluk oranına sahip olduğu tespit edilmiştir (Pourhomayoun ve Shakibi, 2021).

YZ'nin pek çok alandaki kolaylaştırıcı ve iyileştirici avantajlarına rağmen, dezavantajları da mevcuttur. Bu dezavantajlardan literatürde kendisine en çok yer bulanlardan ilki ve belki de en önemlisi iş kaybıdır. Örneğin; hekim, hemşire

ve teknisyen unvanlı sağlık profesyonellerinin katılımıyla Suudi Arabistan'da gerçekleştirilen bir çalışmada (Abdullah ve Fakieh, 2020); katılımcıların dörtte üçünden fazlasının, YZ'nin gelecekte kendilerinin yerini alacağından korktukları sonucuna varılmıştır.

YZ'nin dezavantajlarına yönelik vurgulanan diğer hususların ise mahremiyet ve etikle ilgili sorunlara ek olarak insan dokunuşunun, empatinin ve duygusal zekanın yokluğu gibi sorunlara dair olduğudur. Gelecekte insan bir hekim yerine robot veya bilgisayar tabanlı bir elektronik sisteme muayene olacağını veya onun tarafından ameliyat edileceğini düşünen hastalar için en büyük sorunlardan biri, insana özgü empatik dokunuşun ortadan kalkacağı endişesidir. Öyle ki, teknolojik olarak ilerlemenin bu duygusal maliyeti hafife alınmamalıdır (Kassam ve Kassam, 2020). Konuyla ilgili olarak Birleşik Krallık'ta hekim, hemşire, terapist ve hastane yöneticileri gibi sağlık profesyonellerinin katılımıyla yapılan bir çalışmada (Castagno ve Khalifa, 2020); katılımcıların %80'inin YZ kullanımıyla ilgili ciddi mahremiyet sorunları doğabileceğini düşündükleri, %40'ının YZ'nin potansiyel olarak nükleer silahlardan bile daha tehlikeli olduğuna inandıkları saptanmıştır. Bununla birlikte %10'unun ise YZ'nin işlerinde kendilerinin yerini alacağından endişe duydukları ortaya konulmuştur.



Şekil 3. Tıpta YZ'nin Avantajları ve Dezavantajları (Figure 3. Advantages and Disadvantages of AI in Medicine) (Amisha vd., 2019)s

Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ), sağlık için YZ'nin etik, yönetim ve düzenlemelerini ele alma taahhüdünde bulunmuştur. DSÖ 2019'un sonlarında YZ'de etik ve yönetim için küresel bir çerçeve geliştirmeye yardımcı olacak bir uzman grubu kurmuştur. Bu girişimin amacı, bu teknolojilerin adil ve eşitlikçi küresel sağlığı teşvik etme, insan hakları standartlarını karşılama ve üye devletlerin evrensel sağlık kapsamına ulaşma taahhütlerini destekleme gibi kapsayıcı amaçlarla uyumlu olmasını sağlamaktır (Goodman vd., 2020).

2. Materyal ve Metot

2.1. Araştırmanın Amacı, Önemi, Kapsamı

Bu çalışmanın temel amacı, sağlıkta YZ'nin kullanım alanlarını araştırmaktır. Oldukça güncel bir konu olmasına rağmen, ulusal literatürde henüz konuyla ilgili ikinci veri değerlendirmesini içeren bir çalışma bulunmamaktadır. Dolayısıyla bu çalışma sonuçlarının, hem mevcut literatüre katkı sunacağı, hem de bu konuda ilerlemeyi düşünen araştırmacılara fikir vereceği ifade edilebilir. Çalışmanın kapsamını Ulusal Tez Merkezi'nde yer alan tezler oluşturulmaktadır. Tarama işlemi

yapılırken, en fazla sayıda teze erişmek için yalnızca “Yapay Zeka” veya “Artificial Intelligence” anahtar kelimesi kullanılmış ve tarama işlemi 06-13 Aralık 2021 tarihleri arasında tamamlanmıştır. Tarama yapılırken yıl aralığı gözetilmemiş ve konuyla ilgili erişilen en eski tarihli tezin 2000 yılına ait olduğu belirlenmiştir. Tarama sonucunda 1837 adet tezin listelendiği bilgisine ulaşılmıştır. Tüm bu tezler başlıklarına göre tek tek incelenerek, bunlar arasından sadece sağlık alanıyla ilgili olanlar tasnif edilmiştir. Tasnif işlemi sonrasında sağlıkta yapay zeka ile ilgili 135 adet teze erişilmiş olmasına rağmen erişime kapalı olan, araştırma türünde olmayan veya konuyla doğrudan ilgili bulunmayan 12 adet tezin dışlanması sonucunda toplam 123 adet tez değerlendirme kapsamına alınmıştır. Tezler; dillerine (Türkçe, İngilizce), türlerine (yüksek lisans, doktora, tıpta uzmanlık, diş hekimliğinde uzmanlık), yıllarına, üniversitelerine ve sağlıkta yapay zekanın kullanım alanlarına (temalarına) göre sınıflandırılmıştır.

2.2. Araştırmanın Yöntemi ve Analizi

Çalışma kapsamında, nitel araştırma türlerinden doküman analizi ve içerik analizi birlikte kullanılmıştır. Doküman analizi, basılı ve elektronik materyallerin incelenmesi veya değerlendirilmesi amacıyla takip edilen sistematik bir yaklaşımdır (Bowen, 2009). İçerik analizi ise; belirli kurallara dayalı kodlamalar ile bir metnin bazı kelimelerinin daha küçük içerik kategorileri ile özetlendiği sistematik ve yinlenebilir bir tekniktir (Maden, 2021). İçerik analizi çalışmalarının genel amacı, ele alınan konuyla ilgili olarak daha sonra yapılacak muhtemel akademik çalışmalara yol göstermesi ve konuyla ilgili genel eğilimlerin saptanmasıdır (Ültay vd., 2021). İçerik analizi yardımıyla temalandırılan her bir unsura dair frekans ve yüzdelerin hesaplanmasına ek olarak, mevcut bulguların grafiklerinin çizilmesinde Microsoft Excel 2016 Ofis Programı kullanılmıştır.

2.3. Araştırmanın Sınırlılıkları ve Etik Beyan

Çalışmanın yalnızca tezler üzerinden gerçekleştirilmiş olması, bu çalışmanın en önemli sınırlılığını oluşturmaktadır. Verilerin herhangi bir kurumdan veya insan katılımcılardan toplanmamış olması dolayısıyla etik kurul onayı gerekmemektedir.

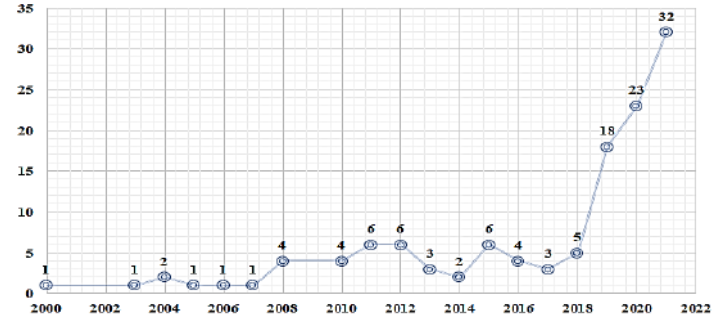
3. Bulgular

İkincil kaynaklara ilişkin niteliklerin sunulduğu Şekil 4-5 incelendiğinde; YZ'nin sağlıkta kullanımına ilişkin yazılan tezlerin büyük bir çoğunluğunun (%89,4) Türkçe dilinde olduğu görülmektedir. İlgili konuda yazılan tezlerin büyük bir çoğunluğunun yüksek lisans tezi (%64,2) olduğu ve sırasıyla onu doktora (%24,4), tıpta uzmanlık (%10,6) ve diş hekimliğinde uzmanlık (%0,8) türündeki tezlerin izlediği belirlenmiştir.

Nitelikler	f	%	Şekil-4
Yayın Dilleri	Türkçe	110	89,4
	İngilizce	13	10,6
Nitelikler	f	%	Şekil 5
Yayın Türleri	Yüksek Lisans	79	64,2
	Doktora	30	24,4
	Tıpta Uzmanlık	13	10,6
	Diş Hekimliğinde Uzmanlık	1	0,8

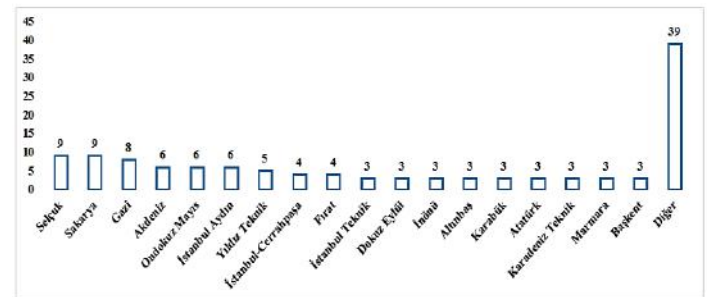
Şekil 4-5. Konuyla İlgili Çalışmaların Yayın Dillerine ve Türlerine Göre Dağılımı (Figure 4-5. Distribution of Studies on the Subject by Publication Languages and Types)

Konuyla ilgili ikincil veri kaynaklarının yıllar itibarıyla dağılımını yansıtan Şekil-6 incelendiğinde, ilk tezin 2000 yılında yazıldığı ve 2000-2021 yılları arasında toplam 123 adet tezin mevcut olduğu görülmektedir. Yaklaşık 21 yıllık bir zaman periyodunda, ilgili konuda tezin yazılmadığı yılların yalnızca 2001, 2002 ve 2009 yılları olduğu belirlenmiştir. En fazla tezin (%26) 2021 yılında yazıldığı saptanmıştır. Günümüze yaklaştıkça, özellikle de son üç yıllık dönemde (2019-2021), konuyla ilgili tez sayılarının oldukça arttığı ortaya konulmuştur.



Şekil 6. Konuyla İlgili Çalışmaların Yıllara Göre Dağılımı (Figure 6. Distribution of Studies on the Subject by Years)

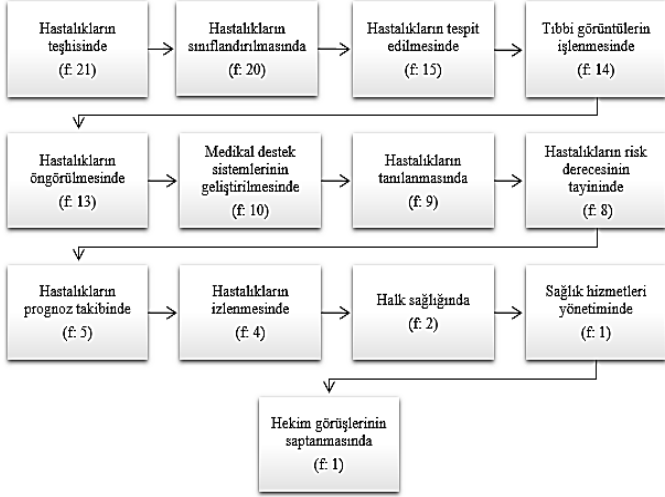
Konuyla ilgili tezlerin en fazla hangi üniversitelerin kurumsal kimliği altında yazıldığını içeren Şekil-7 incelendiğinde; Selçuk Üniversitesi (f: 9) ve Sakarya Üniversitesi (f: 9)'nin birinciliği, Gazi Üniversitesi (f: 8)'nin ikinciliği, Akdeniz Üniversitesi (f: 6), Ondokuz Mayıs Üniversitesi (f: 6) ve İstanbul Aydın Üniversitesi (f: 6)'nin üçüncülüğü, Yıldız Teknik Üniversitesi'nin (f: 5) dördüncülüğü, İstanbul-Cerrahpaşa Üniversitesi (f: 4) ve Fırat Üniversitesi (f: 4)'nin beşinciliği, İstanbul Teknik Üniversitesi (f: 3), Dokuz Eylül Üniversitesi (f: 3), İnönü Üniversitesi (f: 3), Altınbaş Üniversitesi (f: 3), Karabük Üniversitesi (f: 3), Atatürk Üniversitesi (f: 3), Karadeniz Teknik Üniversitesi (f: 3), Marmara Üniversitesi (f: 3) ve Başkent Üniversitesi'nin (f: 3) ise altıncılığı paylaştıkları görülmektedir. Bunun haricindeki 39 adet üniversite ise diğer kısmında gösterilmektedir. Daha genel bir ifadeyle, tezlerin %14,6'sının Selçuk ve Sakarya Üniversiteleri tarafından yazıldığını belirtmek olasıdır.



Şekil 7. Konuyla İlgili Çalışmaların Üniversitelere Göre Dağılımı (Figure 7. Distribution of Studies on the Subject by Universities)

Tezler gereği sağlıkta YZ'nin kullanım alanları incelendiğinde (Şekil 8), ilk sırada yer alan çalışma konusunun “Hastalıkların Teshisi (f: 21)” hakkında olduğu bilgisine

erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan çalışmalardan (Özsoy, 2021; K. Yıldız, 2021; Nazlı, 2021; Saken, 2020, N. Ahmed, 2020; Tursun, 2019; Alkan, 2019; Nalçakan, 2018; Yahyaoui, 2017; Uçar, 2017; Durak, 2017; Özkan, 2015; Karacan, 2015; Yücelbaş, 2013; Hacıfendioglu, 2012; Türk, 2012; Orhan, 2011; Gürbüz, 2011; Yücebaş, 2006; Polat, 2004; Babalık, 2000) bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür.



Şekil 8. İkincil Kaynaklara Göre Sağlıkta YZ'nin Kullanım Alanlarına İlişkin Temaların Dağılımı (Figure 8. Distribution of Themes Related to Uses of AI in Health by Secondary Sources)

K. Yıldız (2021) tarafından tamamlanan bir doktora tezinde, 12 farklı anemi türüne teşhis koyabilen bir yapay zeka öğrenme mimarisi tasarlanmıştır. Bu kapsamda çalışmada Destek Vektör Makineleri, Karar Ağaçları, Naïve Bayes ve Yapay Sinir Ağları yöntemleri kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, anemi türlerinin teşhis edilmesinde bu türden YZ öğrenme yöntemlerinin başarılı sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Nazlı (2021)'nin yüksek lisans tezinde 35 hastanın EKG kayıtları incelenmiş ve bu hastalara Uyku Apnesi teşhisi konulmaya çalışılmıştır. Teşhisin konulmasında Makine Öğrenmesi, Derin Öğrenme ve Evrişimsel Sinir Ağı algoritmaları kullanılmıştır. Hastalara Uyku Apnesi teşhisinin konulmasında en yüksek başarı gösteren algoritmanın, %97,1 doğruluk, %100 seçicilik ve %95,6 hassasiyet oranlarıyla Evrişimsel Sinir Ağı algoritması olduğu sonucuna varılmıştır.

Saken (2020)'in doktora tezinde, Çölyak Hastalığı'nın teşhis edilmesinde hibrit bir Makine Öğrenmesi yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada; sınıflandırma doğruluğunun, duyarlılığının ve özgüllüğünün %94'ün üzerinde olduğu hesaplanmıştır. Buradan hareketle önerilen bu türden bir hibrit YZ yaklaşımının, Çölyak Hastalığı'nın teşhis edilmesinde doğru, hızlı ve kabul edilebilir düzeyde olduğu sonucuna varılmıştır.

Alkan (2019) tarafından tamamlanan bir yüksek lisans tezinde, Parkinson Hastalığı'nın teşhisinde Derin Öğrenme ve Evrişimsel Sinir Ağı algoritmaları kullanılmıştır. Çalışma sonucunda en başarılı hastalık teşhis yönteminin %94,1 doğruluk, %91,0 duyarlılık ve %95,7 özgüllük oranları ile Adamax Optimizasyonu'na ait olduğu tespit edilmiştir.

Tezlere göre sağlıkta YZ'nin kullanım alanları incelendiğinde, ikinci sırada yer alan çalışma konusunun "*Hastalıkların Sınıflandırılması (f: 20)*" hakkında olduğu bilgisine erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan çalışmalardan

(Akyol, 2021; Emir, 2021; Güldali, 2021; V. Malkoçoğlu, 2020; Çetin, 2020; Karakuş, 2019; Altınbaşak, 2019; Karakurt, 2019; Meral, 2019; Qanbar, 2019; Kaya, 2018; Çelik, 2018; Çimen, 2016; Salimitorkamani, 2016; Arslan, 2016; Erol, 2012; Yazıcı, 2008; Mutlu, 2008; Şahin, 2004; Keleş, 2003) bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür.

Emir (2021)'in doktora tezinde, göz hastalıklarının sınıflandırılması amaçlanmış ve bu doğrultuda Derin Öğrenme ve Evrişimsel Sinir Ağı algoritmaları kullanılmıştır. Çalışmada, Fundus görüntülerinin sınıflandırılmasında Evrişimsel Sinir Ağı algoritmasının 0,68 düzeyinde yüksek bir başarılı gösterdiği rapor edilmiş ve göz hastalıklarının sınıflandırılması sorununun çözümünde oftalmologlara yardımcı olabileceğine vurgu yapılmıştır.

V. Malkoçoğlu (2020)'nun yüksek lisans tezinde, Akut Lenfoblastik Lösemi hücrelerinin sınıflandırılması amacıyla hastalığa ait dijital patoloji verileri Derin Öğrenme, Makine Öğrenimi, Transfer Öğrenme ve Evrişimsel Sinir Ağı modelleri yardımıyla sınıflandırılmıştır. Lösemi hücrelerinin sınıflandırılmasında, diğer modellere kıyasla Evrişimsel Sinir Ağı Modeli'nin 0,87 doğruluk oranıyla daha başarılı olduğu rapor edilmiştir.

Karakuş (2019)'un yüksek lisans tezinde, yaşları 18 ila 61 arasında değişen 39 Obsesif Kompulsif Bozukluk ve 40 Trikotilomani (saç yolma bozukluğu) hastası ele alınmış ve bu bozuklukların uygun belirteçler kullanılarak Makine Öğrenimi yöntemleri ile sınıflandırılması amaçlanmıştır. Çalışma sonuçları, bu türden rahatsızlıkların %80 düzeyinde bir doğruluk oranıyla ayırt edilebilebileceğini ortaya koymuştur.

Tezlere göre sağlıkta YZ'nin kullanım alanları incelendiğinde, üçüncü sırada yer alan çalışma konusunun "*Hastalıkların Tespiti (f: 15)*" hakkında olduğu bilgisine erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan çalışmalardan (Peker, 2021; Demirbaş, 2021; Kördemir, 2021; Güven, 2021; S. Fedal, 2021; Özkaya, 2020; Yancı, 2020; Serin, 2020; Kaya, 2020; Süer, 2019; Çakar, 2018; Dandıl, 2015; Topuz, 2014; Altındağ, 2013; Haznedar, 2010) bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür.

Güven (2021)'in doktora tezinde, kalp rahatsızlıklarının tespit edilebilmesi için bir mobil uygulama geliştirilmiştir. Çalışmada, dijital steteskop kullanılarak hastaların kalp sesleri dinlenmiş ve her beş saniyede bir tespit edilen hastalık mobil cihazın ekranına sunulmuştur. Geliştirilen bu mobil uygulama, Ankara Şehir Hastanesi Kardiyoloji Bölümü'nde yatan 162 hasta üzerinde test edilmiş olup, kalp hastalıklarının tespitinde %92'lik bir doğruluk oranına sahip olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, elde edilen bu doğruluk oranının, iyi eğitilmiş ve deneyimli kardiyologlar düzeyinde olduğunun da altı çizilmiştir.

S. Fedal (2021)'in yüksek lisans tezinde, Derin Öğrenme ve Evrişimsel Sinir Ağı modelleri kullanılarak Covid-19 Hastalığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Sonuçları teyit etmek için 500 adet Covid-19 pozitif görüntünün yanı sıra, 1.600 adet Covid-19 negatif görüntünün kullanıldığı bu çalışmada, YZ algoritmalarının Covid-19 Hastalığı'nı tespit etmede %90 oranında bir doğruluğa sahip olduğu sonucuna varılmıştır.

Özkaya (2020)'nin tıpta uzmanlık tezinde, Skafoid (el bileği) kırığı şüphesiyle son altı yılda çekilen bilgisayarlı tomografi raporları Makine Öğrenimi ve Evrişimsel Sinir Ağı Algoritmaları kullanılarak incelenmiş ve bu kırık türünün YZ algoritmaları ile tespit edilip edilemeyeceği araştırılmıştır. Bu

kapsamda Skafoid tanısı almış 192 hastanın ve Skafoid tanısı almamış 198 hastanın tetkik sonuçları yazılımsal algoritmalarla incelenmiş ve Skafoid kırıklarının tespitinde bu YZ tekniklerinin %84'lük bir doğruluk oranına sahip olduğu rapor edilmiştir.

Tezlere göre sağlıkta YZ'nin kullanım alanları incelendiğinde, dördüncü sırada yer alan çalışma konusunun **"Tıbbi Görüntülerin İşlenmesinde (f: 14)"** hakkında olduğu bilgisine erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan çalışmalardan (Özsezen, 2021; Songül, 2021; Bayrak, 2020; G. Şanal, 2020; Karakullukçu, 2020; Zakiroğlu, 2019; Avuçlu, 2019; Uysal, 2019; Avcı, 2019; İzgi, 2019; Güraksın, 2015; Oral, 2011; Tutumlu, 2011; Güner, 2008; Koçer, 2007) bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür.

Özsezen (2021) tarafından tamamlanan bir tıpta uzmanlık tezinde, Ortopedi ve Travmatoloji alanında Femoral komponentleri belirlemek için bir YZ algoritması geliştirilmiştir. Bu yapay zeka algoritmasına, klinikte en sık kullanılan dört farklı tasarımla ameliyat edilmiş 134 hastanın grafleri dahil edilmiştir. Yapay Sinir Ağları'ndan faydalanan bu modelde, birbirinden farklı dört tasarımın YZ teknikleri tarafından %99 doğruluk oranıyla ayırt edilebildiği tespit edilmiştir.

Bayrak (2020)'in yüksek lisans tezinde, U-Net isimli bir Derin Öğrenme mimarisi kullanılarak karaciğer ve beyin lezyonlarının bölütlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda Bilgisayarlı Tomografi ve Manyetik Rezonans görüntülerini içeren bir veri tabanı kullanılmıştır. Çalışma sonucunda karaciğer timörlerinde %91, beyin timörlerinde ise %85 benzerlik oranı elde edildiği raporlanmış ve bu hastalıklara ilişkin bölütleme işlemlerinde U-Net mimarisinin kullanılabilceği ifade edilmiştir.

Zakiroğlu (2019)'nun yüksek lisans tezinde, 2.500 çocuğun sol eline ait sayısal görüntüler alınmış ve Makine Öğrenmesi teknikleri yardımıyla bu çocukların kemik yaşları tespit edilmeye çalışılmıştır. Çalışma sonucunda Evrişimsel Sinir Ağı yöntemlerinden VGG16'nın doğruluk payı %86 bulunmuşken, Inception V3'ün doğruluk oranı ise %63 olarak hesaplanmıştır. Dolayısıyla, çocukların gelişim takibinde biyolojik yaşları ile kemik yaşları arasındaki farkın hesaplanmasında, VGG16'nın daha doğru sonuçlar verdiğinin altı çizilmiştir.

Tezlere göre sağlıkta YZ'nin kullanım alanları incelendiğinde, beşinci sırada yer alan çalışma konusunun **"Hastalıkların Öngörülmesi (f: 13)"** hakkında olduğu bilgisine erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan çalışmalardan (Adnan, 2021; A. Elhaggai, 2021; Akyel, 2021; Al-Dabbagh, 2021; Kaplan, 2021; Doğaner, 2020; Batı, 2020; Alan, 2020; Şahin, 2020; Yaçınöz, 2020; Arı, 2019; Sevim, 2019; Babaoğlu, 2010) bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür.

A. Elhaggagi (2021) tarafından gerçekleştirilen bir yüksek lisans tezinde, 2.800 bireye ait test verileri kullanılarak Tiroid Hastalığı tahmin edilmeye (öngörülme) çalışılmıştır. Uzun-Kısa Süreli Bellek Sinir Ağı, Rastgele Orman, Naïve Bayes ve K-En Yakın Komşu algoritmalarının kullanıldığı araştırmada, en yüksek hastalık tahmin oranının %97 ile Uzun-Kısa Süreli Bellek Sinir Ağı'na ait olduğu sonucuna varılmıştır.

Akyel (2021)'in doktora tezinde, yapay sinir ağları kullanılarak Serebral İskemi ve Hemoraji gibi hastalıkların önceden tahmin edilmesi amaçlanmıştır. Gazi Üniversitesi Hastanesi'nden retrospektif olarak 3.000 hasta verisinin kullanıldığı çalışmada, ilgili algoritmanın bu hastalıkların

tahminlenip öngörülmesinde %99'un üzerinde bir doğruluk oranına sahip olduğu ortaya konulmuştur.

Al-Dabbagh (2021)'in yüksek lisans tezinde, Derin Öğrenme Teknikleri kullanılarak bakteriyel cilt enfeksiyonlarının öngörülmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda, iyi ve kötü huylu cilt enfeksiyonunda muzdarip olan 3.000 hastanın fotoğrafı YZ algoritmaları vasıtasıyla incelenmiştir. Yapay Sinir Ağları ve Sağlık Bilgi Analizi kullanılarak cilt sorunlarının %91,3 düzeyinde tahminlendiği ortaya konulmuştur.

Tezlere göre sağlıkta YZ'nin kullanım alanları incelendiğinde, altıncı sırada yer alan çalışma konusunun **"Medikal Destek Sistemlerinin Geliştirilmesi (f: 10)"** hakkında olduğu bilgisine erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan çalışmalardan (Özgönül, 2021; Türker, 2021; Göğüş, 2020; Yılmaz, 2020; Afrah, 2020; Atav, 2020; Kocaoğlu, 2019; Güler, 2012; Kayhan, 2011; Amasyalı, 2008) bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür.

Yılmaz (2020)'in yüksek lisans tezinde, Yapay Sinir Ağları ile görme engelli bireyler için ilaç tanıma ve sesli bilgi verme uygulaması geliştirilmiştir. Bu uygulama ile görme engelli bireylerin kendi başlarına ilaç kullanabilmeleri amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında her bir ilaç için 100 adet fotoğraf kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, optimizasyon algoritmalarından en iyi sonucu veren modelin geliştirildiği ve iOS tabanlı uygulamaya eklendiği rapor edilmiştir.

Kayhan (2011)'in doktora tezinde, bir elektromanyetik elin gerçek zamanlı olarak YZ teknikleri kullanılarak üç farklı algoritma vasıtasıyla denetlenmesi amaçlanmış ve yedi farklı hareketi yapabilmek için dört kanallı EMG işaretleri kullanılmıştır. Sonuç olarak her bir algoritmanın en az %90'lık bir başarımlı sağladığı belirlenmiştir.

Tezlere göre sağlıkta YZ'nin kullanım alanları incelendiğinde, yedinci sırada yer alan çalışma konusunun **"Hastalıkların Tanılanması (f: 9)"** hakkında olduğu bilgisine erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan çalışmalardan (Karal, 2021; Shoma, 2021; Gündüz, 2021; Sayın, 2021; Fayez, 2021; Demirel, 2020; Demirarslan, 2020; Yavuz, 2020; Baykal, 2019) bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür.

Sayın (2021)'in yüksek lisans tezinde, Demir Eksikliği ve Beta Talasemi Anemisi Hastalıklarına kesin tanı konulmasında Aşırı Öğrenme ve Düzenli Aşırı Öğrenme Makineleri yöntemleri kullanılmıştır. İlgili hastalıklara kesin tanı konulmasında bu tekniklerin, geleneksel tekniklere kıyasla daha hızlı ve daha az maliyetli bir performans gösterdiği sonucuna varılmıştır.

F. Fayez (2021)'in doktora tezinde, Yüksek Performanslı Makine Öğrenme Teknikleri kullanılarak Kardiyovasküler Hastalıklara tanı konulması amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda AutoML Modeli'nin, Kardiyovasküler Hastalıklara tanı konulmasında %87'lik bir doğruluk oranına sahip olduğu rapor edilmiştir.

Tezlere göre sağlıkta YZ'nin kullanım alanları incelendiğinde, sekizinci sırada yer alan çalışma konusunun **"Hastalıkların Risk Derecesinin Tayininde (f: 8)"** hakkında olduğu bilgisine erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan çalışmalardan (Dişçi, 2021; Küçükakarsu, 2021; Kara, 2019; Yılmaz, 2015; Zoroğlu, 2015; Taşçı, 2013; Sunay, 2010) bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür.

Dişçi (2021)'nin yüksek lisans tezinde, Yapay Sinir Ağları vasıtasıyla iştme kaybı türü ve iştme kaybı derecesi

incelenmiştir. Bu kapsamda 1.000 adet saf ses hava yolu ve kemik yolu işitme testi verisi kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, işitme kaybı türü belirlenirken %94,5, işitme kaybı derecesi belirlenirken ise %95 oranında bir doğruluk elde edildiği ortaya konulmuştur.

Taşçı (2013)'nin yüksek lisans tezinde, Akciğer Kanserine neden olan nodüllerin yeri ve dolayısıyla kanserin ciddiyet düzeyi YZ temelli görüntü işleme yöntemleri yardımıyla değerlendirilmiştir. Çalışmada, 24 hasta için 1.410 aday nodül bölgesi tespit edilmiş ve ilgili teknikler sonucunda hastalığın risk derecesinin yaklaşık %97'lik bir oranla doğru tayin edildiği sonucuna varılmıştır.

Tezlere göre sağlıkta YZ'nin kullanım alanları incelendiğinde, dokuzuncu sırada yer alan çalışma konusunun "**Hastalıkların Prognoz Takibinde (f: 5)**" hakkında olduğu bilgisine erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan çalışmalardan (Mısırlıoğlu, 2021; Zencirli, 2020; Bedük, 2019; Kılıç, 2016; Bagherzadi, 2014) bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür.

Bagherzadi (2014)'nin yüksek lisans tezinde, Destek Vektör Makineleri ve Bayes Ağ Yöntemleri kullanılarak Özofagus Kanseri dolayısıyla ameliyat geçiren 119 hastanın kaydı incelenmiş ve hastalığın gidişatı (prognozu) hakkında tahmin geliştirilmiştir. Çalışma sonucunda Bayes Ağı Modeli'nin, %73 doğrulukla ilgili hastalığın prognozunu doğru tahminlediği rapor edilmiştir.

Zencirli (2020)'nin tıpta uzmanlık tezinde, Bipolar Parsiyel Protez uygulanmış kalça kırıklı 150 hasta, perioperatif prognostik faktörler ve maliyet unsurları açısından araştırılmıştır. Bu unsurların tahminlenmesinde Naïve Bayes Ağı, Destek Vektör Makineleri, Karar Ağaçları ve Yapay Sinir Ağları kullanılmıştır. Hastaların ölüm tahminleri için en iyi modelin Karar Ağaçları tarafından sunulduğu saptanmışken; revizyon tahmini, hastanede yatış süresi ve maliyeti en az hata ile tahminleyen modelin ise Destek Vektör Makineleri olduğu tespit edilmiştir.

Tezlere göre sağlıkta YZ'nin kullanım alanları incelendiğinde, onuncu sırada yer alan çalışma konusunun "**Hastalıkların İzlenmesi (f: 4)**" hakkında olduğu bilgisine erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan çalışmalardan (Mercan, 2021; Okutkan, 2021; Işık, 2012; Altıkardeş, 2012) bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür.

Işık (2012)'in doktora tezinde, Astım ve KOAH tanısı konulmuş kronik akciğer hastalarının takibi ve tıbbi yardımı için mobil bir iletişim sistemi geliştirilmiştir. Buna zemin hazırlayan 486 hasta verisine Atatürk Göğüs Hastalıkları ve Göğüs Cerrahisi Araştırma Hastanesi'nden erişilmiştir. Kronik Akciğer Hastalıklarının izlenmesi amacıyla geliştirilmiş olan bu YZ temelli mobil teknolojinin, yaklaşık %99 doğruluk, %98 belirlilik ve %98 duyarlılık oranlarıyla başarılı bir performans sergilediği rapor edilmiştir.

Tezlere göre sağlıkta YZ'nin kullanım alanları incelendiğinde, onbirinci sırada yer alan çalışma konusunun "**Halk Sağlığı (f: 2)**" hakkında olduğu bilgisine erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan çalışmalardan (Küçükali, 2021; Hussein, 2021) bazılarını şu şekilde özetlemek mümkündür.

Küçükali (2021)'nin doktora tezinde, YZ teknolojileri kullanılarak bir halk sağlığı sorunu olan tütün bağımlılığının teşviki incelenmiştir. Bu kapsamda Ekim 2020'de Twitter'dan tütünle ilgili 5.000 adet Tweet, tütün kullanımını teşvik etme

durumuna göre değerlendirilmiştir. Geliştirilen Makine Öğrenmesi Modeli'nin, tütün kullanımını teşvik etme durumunu yaklaşık %88 duyarlılık ve %81 pozitif prediktif değer ile öngörebildiği saptanmıştır.

Tezlere göre sağlıkta yapay zekanın kullanım alanları incelendiğinde, onikinci sırada yer alan çalışma konusunun "**Sağlık Hizmetleri Yönetimi (f: 1)**" hakkında olduğu bilgisine erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan bir çalışmayı (Aydın, 2011) şu şekilde özetlemek mümkündür.

Aydın (2021)'in tıpta uzmanlık tezinde, bir YZ uygulaması olan Karar Ağacı'nın acil servis triyaj gulamalarında kullanılabilirliği araştırılmıştır. Yıllık 72.800 hasta başvurusunun yapıldığı Akdeniz Üniversitesi Tıp Fakültesi Hastanesi Acil Servisi'nde yapılan çalışmaya 1.999 yetişkin acil hastası katılmıştır. Çalışma sonucunda, Karar Ağacı ile oluşturulan triyaj algoritmasının doğruluk oranının %99,9 olduğu rapor edilmiştir.

Tezlere göre sağlıkta YZ'nin kullanım alanları incelendiğinde, onüçüncü sırada yer alan çalışma konusunun "**Hekim Görüşlerinin Saptanmasında (f: 1)**" hakkında olduğu bilgisine erişilmektedir. Bu kapsamda yer alan bir çalışmayı (Yıldırım, 2021) şu şekilde özetlemek mümkündür.

Yıldırım (2021)'in yüksek lisans tezinde, yakın gelecekte tıp alanında daha kapsamlı olarak kullanılmaya başlanacak olan YZ'nin hekimler üzerinde ne gibi etkilere yol açacağı incelenmiştir. Bu kapsamda Elazığ'da görev yapmakta olan 200 hekim üzerinden bir senaryo çalışması yapılmıştır. Çalışma sonucunda, eğer YZ'nin insan hekimlerden daha yüksek bir performans sergilemeleri durumunda hekimlerin stres düzeylerinin artacağı, işe bağlılık ve iş memnuniyeti düzeylerinin ise azalacağı tespit edilmiştir. Senaryo temelli olarak gerçekleştirilen bu çalışmada genel olarak, YZ'nin tıp alanında kullanımına ilişkin hekimlerin duyarlı oldukları, fakat gelecekte konuyla ilgili sorunların deneyimlenebileceği öngörülmüştür.

4. Sonuç ve Öneriler

Sağlık alanında YZ'nin kullanım alanlarını tespit etmek amacıyla yapılan bu çalışma, ulusal tez merkezinde yer alan, erişime açık, konuyla doğrudan ilgili 123 adet tez üzerinden nitel araştırma yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çalışma kapsamında ilk olarak tezler; türlerine, dillerine, yıllarına ve kurumlarına göre sınıflandırılmıştır. Araştırma sonucunda tezlerin büyük bir çoğunluğunun Türkçe dilinde ve yüksek lisans düzeyinde olduğu, en fazla tezin 2021 yılında yazıldığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca sağlıkta YZ konusunda en fazla tezin tamamlandığı kurumların başında Selçuk ve Sakarya üniversitelerinin geldiği ortaya konulmuştur. Çalışmalar incelendiğinde en göze çarpan hususun, günümüze yaklaştıkça konuyla ilgili tez sayısının artışı olduğu belirtilebilir.

Sağlıkta YZ'nin kullanım alanlarına ilişkin temaların tezler üzerinden ele alındığı bu çalışmada, 13 farklı temanın varlığı ortaya çıkartılmış ve her bir tema en uygun şekilde isimlendirilmiştir.

Tema-1: Sağlıkta YZ'nin en fazla kullanıldığı alan olan "Hastalıkların Teşhisi" konusunu ifade etmektedir. Çalışma kapsamında; Anemi, Uyku Apnesi, Çölyak, Parkinson, Karaciğer Kanseri, Akciğer Kanseri, Hipertansiyon, Alzheimer, Göğüs Hastalıkları, Meme Kanseri, Pankreas Kanseri, Kalp Ritim Bozukluğu, Glokom ve Epilepsi gibi pek çok hastalığın

teşhisinde YZ'nin aktif ve etkili bir biçimde kullanıldığı sonucuna varılmıştır.

Tema-2: Sağlıkta YZ'nin en fazla kullanıldığı ikinci alan olan **“Hastalıkların Sınıflandırılması”** konusunu ifade etmektedir. Çalışma kapsamında; Göz, Akut Lenfoblastik Lösemi, Obsesif Kompulsif Bozukluk, Trikotilomani, Nörodejeneratif Rahatsızlıklar, Covid-19, Diyabet, Bipolar ve Ünipolar Bozukluklar, Göğüs Kanseri, Sıtma, Akciğer Rahatsızlıkları, Aritmi ve Tiroid gibi pek çok hastalığın başarılı ve doğru bir şekilde sınıflandırılmasında YZ'nin oldukça kullanışlı ve faydalı olduğu sonucuna varılmıştır.

Tema-3: Sağlıkta YZ'nin en fazla kullanıldığı üçüncü alan olan **“Hastalıkların Tespit Edilmesi”** konusunu ifade etmektedir. Çalışma kapsamında; Akciğer Kanseri, Multiple Skleroz, Beyin Timörü, Kalp Rahatsızlıkları, Covid-19, Skofoid Kırıkları, kanserli doku tespiti, Meme Kanseri, Proksimal Juntional Kiföz (Omurga Deformitesi), anomali tespiti ve infertil hastalarda genetik bozukluk gibi pek çok rahatsızlığın tespitinde YZ'nin anlamlı katkıları olduğu sonucuna erişilmiştir.

Tema-4: **“Tıbbi Görüntülerin İşlenmesi”** konusunu ifade eden temanın, ilgili alanda en fazla araştırılan dördüncü tema olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında; Femoral kırık, Karaciğer ve Beyin Lezyonları, Epilepsi, Yanık, kemik yaşı saptama, Meme Kanseri, göz ve el damar deseni saptama ve Kalp Hastalıkları gibi sağlık durumlarına ilişkin MR, BT, sintigrafi ve dopler görüntülerinin YZ teknikleri ile işlenerek anlamlı ve yararlı sonuçlara erişildiği ortaya konulmuştur.

Tema-5: **“Hastalıkların Öngörülmesi”** konusunu ifade eden temanın, ilgili alanda en fazla araştırılan beşinci tema olduğu tespit edilmiştir. Çalışma kapsamında; Kalp Hastalıkları, Tiroid, Serebral İskemi ve Hemoraji, Bakteriyel Cilt Enfeksiyonu, Cilt Kanseri, Meme Kanseri, Diyabet, Covid-19, Alzheimer, Demans ve Kroner Arter gibi hastalıkların tahminlenmesinde YZ'den faydalanıldığı sonucuna erişilmiştir.

Tema-6: **“Medikal Destek Sistemlerinin Geliştirilmesi”** konusunu ifade eden temanın, ilgili alanda en fazla araştırılan altıncı tema olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında; görme engelliler için YZ destekli baston sistemi, kişiye özel dental rehber plak imalatı, CPAP cihazları için optimum basınç ayarlama sistemi, kişisel sağlık destek sistemi, ilaç etkileşimlerini saptama sistemi, görme engelliler için sesli ilaç tanıma sistemi, timör protezi uzatma modülünün tasarım sistemi, ventilator tasarım sistemi, mayoelektrik protez el sistemi ve ilaç tasarım sistemi gibi pek çok yeniliğin yaşama kazandırılmasında YZ'den faydalanıldığı ortaya konulmuştur.

Tema-7: **“Hastalıkların Tanınması”** konusunu ifade eden temanın, ilgili alanda en fazla araştırılan yedinci tema olduğu belirlenmiştir. Çalışma kapsamında; Akciğer Hastalıkları, Paratis (Tükürük) Bezi Timörleri, Beta Talasemi ve Demir Anemisi, Kardiyovasküler Hastalık, Beyin Kanseri ve Temporamandibular (Çene) Eklem Disk Sorunları gibi rahatsızlıklara kesin tanı konulmasında YZ'nin yararlı olduğu sonucuna varılmıştır.

Tema-8: Sağlıkta YZ'nin en fazla kullanıldığı sekizinci alan olan **“Hastalıkların Risk Derecesinin Tayini”** konusunu ifade etmektedir. Çalışma kapsamında; iştme kaybı türü ve derecesi, denge düzeyinin saptanması, Kanser risk analizi ve Tıkayıcı Uyku Apne Hipopne Sendromu gibi rahatsızlıklara ilişkin risklerin derecelendirilmesinde YZ'nin başarılı şekilde kullanıldığı sonucuna erişilmiştir.

Tema-9: Sağlıkta YZ'nin kullanıldığı dokuzuncu alan olan **“Hastalıkların Prognoz Takibi”** konusunu ifade etmektedir. Çalışma kapsamında; Kolon Kanseri, Özofagus Kanseri, Meme Kanseri dolayısıyla görülen kemoterapi tedavisine ilişkin yan etkilerin prognotik takibi ve prognoz açısından iyiye gitmeyen hastaların solunum cihazından ayrılması kararının verilmesi türünden kritik durumların seyrinin takibinde YZ tekniklerinin oldukça güvenilir sonuçlar verdiği ortaya konulmuştur.

Tema-10: Sağlıkta YZ'nin kullanıldığı onuncu alan olan **“Hastalıkların İzlenmesi”** konusunu ifade etmektedir. Çalışma kapsamında; Diyabet ve Kroner Akciğer Hastalığı gibi rahatsızlıkların mobil olarak takibinde YZ'nin önemli bir rolü olduğu sonucuna erişilmiştir.

Tema-11: Konuyla ilgili tezler incelendiğinde YZ'nin **“Halk Sağlığı”** alanında kullanımına ilişkin yalnızca iki adet çalışma olduğu belirlenmiştir. Bu çalışmaların ise; tütün bağımlılığı ve Covid-19 Virüsü ile mücadele konularını kapsadığı sonucuna varılmıştır.

Tema-12: Konuyla ilgili tezler incelendiğinde YZ'nin **“Sağlık Hizmetleri Yönetimi”** alanında kullanımına ilişkin yalnızca bir adet çalışma olduğu saptanmıştır. Bu çalışmanın ise; acil servis triyajıyla ilgili olduğu sonucuna erişilmiştir.

Tema-13: Konuyla ilgili tezler incelendiğinde YZ'nin **“Hekim Görüşlerinin Saptanması”** alanında kullanımına dair yalnızca bir adet çalışma olduğu ortaya konulmuştur. Bu çalışmanın ise; hekimlerin, gelecekteki YZ hekimler hakkındaki algılarını, tutum ve düşüncelerini içeren senaryo temelli bir çalışma olduğu sonucuna varılmıştır.

Genel olarak çalışma sonuçları ele alındığında, YZ'nin en çok kullanım alanı bulunduğu alanların başında; hastalıkların teşhisi, sınıflandırılması ve tespit edilmesi gibi doğrudan doğruya tıp alanıyla ilgili uygulamaların geldiği görülmüşken, konunun sağlık hizmetleri yönetimi ve sağlık profesyonelleri perspektiflerinden ele alındığı çalışmaların eksikliği dikkat çekmektedir. Acil serviste triyaj önceliklerinin YZ teknikleri ile belirlenmesine ek olarak; hastanelerde optimum kaynak kapasitesinin saptanmasında, atıkların etkili yönetiminde, finansal denge ve ekonomik sürdürülebilirliğin sağlanmasında, hastaların cerrahi operasyon önceliklerinin tespitinde, hastane enfeksiyon kontrolünde, sağlık personelinin mevcut yetkinliklerinden daha fazla istifade edilmesinde, hastane verimliliğinin optimizasyonunda, elektronik sağlık kayıtlarının ve tıbbi dokümanların büyük veriye kaynaklık teşkil edecek şekilde tutulmasında ve güvenirliliğinin sağlanmasında, organların üç boyutlu yazıcılarda basılmasında ve insanlara nakledilmesinde, her bir genetik yapıya en uygun olan ilaçların tasarlanmasında ve akıllı hastane sistemlerinin inşasında YZ'nin önemi ve rolü üzerine farklı çalışmaların yürütülmesi sağlık hizmetleri yönetimi alanının gelişimine önemli ölçüde katkı sağlayabilir. Ayrıca sağlık profesyonellerinin, sağlıkla ilgili programlarda eğitim gören öğrencilerin, farklı yaş gruplarında oluşan kuşakların ve genel olarak halkın sağlıkta YZ'ye ilişkin ne türden tutum, düşünce ve algılara sahip olduğunu ortaya koyan çalışmalara gereksinim duyulduğu aşikardır. Dolayısıyla bu alanda çalışma yapmak isteyen araştırmacılara, alanda gereksinim duyulduğu ifade edilen bu türden konulara yönelik araştırmalar yapmaları ve ulusal alan yazındaki boşluğun doldurulması hususuna katkıda bulunmaları önerilebilir. Konuya ilgi duyan araştırmacıların benzer bir çalışmayı makaleler üzerinden ele almaları da tıp ve sağlık yönetimi alanına değerli katkılar sunabilir.

5. Kaynakça

- Abdullah, R., & Fakieh, B. (2020). Health care employees' perceptions of the use of artificial intelligence applications: survey study. *Journal of medical Internet research*, 22(5), e17620. <http://dx.doi.org/10.2196/17620>
- Amisha, P. M., Pathania, M., & Rathaur, V. K. (2019). Overview of artificial intelligence in medicine. *Journal of family medicine and primary care*, 8(7), 2328. <https://doi.org/10.4103/jfmpe.jfmpe.440.19>
- Becker, A. (2019). Artificial intelligence in medicine: What is it doing for us today?. *Health Policy and Technology*, 8(2), 198-205. <https://doi.org/10.1016/j.hlpt.2019.03.004>
- Bhbosale, S., Pujari, V., & Multani, Z. (2020). Advantages And Disadvantages of Artificial Intellegence. *Aayushi International Interdisciplinary Research Journal*, (77), 227-230.
- Bowen, G. A. (2009). Document analysis as a qualitative research method. *Qualitative Research Journal*, 9(2), 27-40.
- Castagno, S., & Khalifa, M. (2020). Perceptions of Artificial Intelligence Among Healthcare Staff: A Qualitative Survey Study. *Frontiers in artificial intelligence*, 3, 84. <https://doi.org/10.3389/frai.2020.578983>
- Dlamini, Z., Francies, F. Z., Hull, R., & Marima, R. (2020). Artificial intelligence (AI) and big data in cancer and precision oncology. *Computational and Structural Biotechnology Journal*, 18, 2300-2311. <https://doi.org/10.1016/j.csbj.2020.08.019>
- Goodman, K., Zandi, D., Reis, A., & Vayena, E. (2020). Balancing risks and benefits of artificial intelligence in the health sector. *Bulletin of the World Health Organization*, 98(4), 230. <http://dx.doi.org/10.2471/BLT.20.253823>
- He, J., Baxter, S. L., Xu, J., Xu, J., Zhou, X., & Zhang, K. (2019). The practical implementation of artificial intelligence technologies in medicine. *Nature medicine*, 25(1), 30-36. <https://doi.org/10.1038/s41591-018-0307-0>
- Horgan, D., Romao, M., Morré, S. A., & Kalra, D. (2019). Artificial intelligence: power for civilisation—and for better healthcare. *Public Health Genomics*, 22(5-6), 145-161. <https://doi.org/10.1159/000504785>
- Kassam, A., & Kassam, N. (2020). Artificial intelligence in healthcare: a Canadian context. In *Healthcare management forum*, 33(1), 5-9. <https://doi.org/10.1177/0840470419874356>
- Krittanawong, C., Zhang, H., Wang, Z., Aydar, M., & Kitai, T. (2017). Artificial intelligence in precision cardiovascular medicine. *Journal of the American College of Cardiology*, 69(21), 2657-2664. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jacc.2017.03.571>
- Maden, S. (2021). Türkçe ders kitapları ile ilgili lisansüstü tezlerin eğilimleri: Bir içerik analizi. *Türkiye Eğitim Dergisi*, 6(1), 30-45.
- Mesko, B. (2017). The 10 Most Exciting Digital Health Stories Of 2017, 2017. <http://medicalfuturist.com/10-exciting-digital-health-stories-2017/>
- Mintz, Y., & Brodie, R. (2019). Introduction to artificial intelligence in medicine. *Minimally Invasive Therapy & Allied Technologies*, 28(2), 73-81. <https://doi.org/10.1080/13645706.2019.1575882>
- Nadimpalli, M. (2017). Artificial intelligence risks and benefits. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6(6).
- Panch, T., Szolovits, P., & Atun, R. (2018). Artificial intelligence, machine learning and health systems. *Journal of global health*, 8(2), 1-8. <https://doi.org/10.7189/jogh.08.020303>
- Patel, V. L., Shortliffe, E. H., Stefanelli, M., Szolovits, P., Berthold, M. R., Bellazzi, R., & Abu-Hanna, A. (2009). The coming of age of artificial intelligence in medicine. *Artificial intelligence in medicine*, 46(1), 5-17. <http://dx.doi.org/10.1016/j.artmed.2008.07.017>
- Pourhomayoun, M., & Shakibi, M. (2021). Predicting mortality risk in patients with COVID-19 using machine learning to help medical decision-making. *Smart Health*, 20. <https://doi.org/10.1016/j.smhl.2020.100178>
- Pradhan, K., John, P., & Sandhu, N. (2021). Use of artificial intelligence in healthcare delivery in India. *Journal of Hospital Management and Health Policy*. <https://doi.org/10.21037/jhmhp-20-126>
- Somashekhar, S. P., Sepúlveda, M. J., Puglielli, S., Norden, A. D., Shortliffe, E. H., Kumar, C. R., ... & Ramya, Y. (2018). Watson for Oncology and breast cancer treatment recommendations: agreement with an expert multidisciplinary tumor board. *Annals of Oncology*, 29(2), 418-423. <https://doi.org/10.1093/annonc/mdx781>
- Sun, T. Q., & Medaglia, R. (2019). Mapping the challenges of Artificial Intelligence in the public sector: Evidence from public healthcare. *Government Information Quarterly*, 36(2), 368-383. <https://doi.org/10.1016/j.giq.2018.09.008>
- Sunarti, S., Rahman, F. F., Naufal, M., Risky, M., Febriyanto, K., & Masnina, R. (2021). Artificial intelligence in healthcare: opportunities and risk for future. *Gaceta Sanitaria*, 35, 67-70. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2020.12.019>
- Tan, F. G., Yüksel, A. S., Aydemir, E. & Ersoy, M. (2021). Derin Öğrenme Teknikleri ile Nesne Tespiti ve Takibi Üzerine Bir İnceleme. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25), 159-171. <https://doi.org/10.31590/ejosat.878552>
- Ültay, E., Akyurt, H., & Ültay, N. (2021). Sosyal bilimlerde betimsel içerik analizi. *IBAD Sosyal Bilimler Dergisi*, (10), 188-201.
- Yeasmin, S. (2019, May). Benefits of artificial intelligence in medicine. In *2019 2nd International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS)* (pp. 1-6). IEEE.

Çalışmada Kullanılan Tezlere Ait Kaynakça

- Adnan, M. G. (2021). Optimization Of Heart Disease Prediction by Improving. Altınbaş Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Afrah I. A. (2020.) Kişisel Sağlık Desteği için Yapay Zeka Tabanlı Mobil Uzman Sistem Uygulaması Geliştirilmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Ahmet, S.N. (2020). Derin Öğrenme Algoritmaları ile Bilgisayar Destekli Akciğer Kanseri Teşisi. Antalya Bilim Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Akyel A. (2021). Yapay Sinir ağları Kullanılarak Serebral İskemi ve Hemoraji Olaylarının Önceden Tahmin Edilmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Akyol, E. (2021). Nörodejeneratif Hastalıklarda Segmentasyon Yöntemi ile Hedef Bölge Tutumlarının Değerlendirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.

- Alan, M. (2020). Derin Öğrenme ile Biyosinyal Sınıflandırma ve Hastalık Tahmini. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Alkan, O. (2019). Parkinson Hastalığının Teşhisinde Derin Öğrenme Yöntemi ile Spect Görüntü Analizi. Ağrı İbrahim Çeçen Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Altıkardaş, Z. A. (2012). Tıp 2 Diyabetes Mellituslu Hastalarda 24 Saatlik Kan Basıncı Değişiminin Öngörülmesine Yönelik Uzman Sistem Tasarımı. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Altınbaşak, G. (2019). Bipolar ve Ünibipolar Bozukluklarının Uygun Biyobelirteç Kullanarak Makine Öğrenme Yöntemleri ile Sınıflandırılması. Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Altındağ, O. (2013). Kanser Sınıflandırmada MikroRNA ve mRNA Anlatım Bilgilerinin Entegrasyonu. Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Amasyalı, M. F. (2008). Yeni Makine Öğrenmesi Metotları ve İlaç Tasarımına Uygulamaları. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Arı, A. (2019). Yapay Sinir Ağları Kullanılarak Kalp Hastalığının Ön Görülmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Arslan, M. T. (2016). Yapay Zeka Tabanlı Yöntemler Kullanılarak Mikroarray Gen Verilerinin Sınıflandırılması. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Atav, A. (2020). İlaçların Diğer İlaçlar ile Etkileşimlerinin Uzman Sistem ile Belirlenmesi. Maltepe Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Avcı, F. (2019). Derin Öğrenme Teknikleriyle Tomografi Görüntülerinde Karaciğer Bölütlemesi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Avuçlu, E. (2019). Yapay Zeka ve Görüntü İşleme Teknikleri Kullanarak Diş Röntgen Görüntülerinden Kronolojik Yaş Tayini. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Aydın, A. G. (2011). Acil Servis Triajında Yapay Zeka Yöntemlerinin Güvenirliliği. Akdeniz Üniversitesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.
- Babalık, A. (2000). Uzman Sistemlerin Tıpta Teşhis Amaçlı Kullanımı, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Babaoğlu, İ. (2010). Koroner Arter Hastalığı ve Lezyon Lokalizasyonu Tahminlerinde Efor Stres Testinin Yapay Zeka Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Bagherzadi, N. (2014). Esofagus Kanseri Vakalarının Bayes Ağları ve Destek Vektör Makinaları Kullanılarak Ameliyat Sonrası Prognostik Tahmini. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Enformatik Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Batı, F. (2020). Makine Öğrenmesi Sınıflandırma Algoritmaları Kullanılarak Meme Kanseri Tahmini. İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Baykal, Y. (2019). Derin Öğrenme ile Manyetik Rezonans Görüntülerde Temporomandibular Eklem Disk Deplasmanlarının Diağnozu. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bayrak, O.C. (2020). Tıbbi Görüntülerden Derin Öğrenme Yöntemleri ile Karaciğer ve Beyin Lezyonlarının Bölütlenmesi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Bedük, H. (2019). Derin Öğrenme ile Histopatolojik Olarak Tanı Konmuş 65 Yaş Üstü Metastatik Meme Kanseri Hastalarında Kepoterapi Yan Etkisini Öngörme. Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Beyan, T. (2005). Tıbbi Tanısal Süreçler için Yeni Bir Bulanık-Kaotik Tıbbi Modelleme Önerisi. Ortadoğu Teknik Üniversitesi, Enformatik Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Çakar, E. (2018). Akciğer Tomografisi Görüntülerinde Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Nodül Tespiti ve Yapay Zeka ile Nodüllerin Nitelendirilmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Çelik, İ. (2018). Elektrokardiyografi (EKG) Sinyallerinin Aritmi Tespiti için Yapay Zeka Yöntemleri ile Sınıflandırılması. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Çetin, E. (2020). Mobil EEG Tabanlı Açlık ve Tokluk Sınıflandırılması. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Çimen, Ü. (2016). Solunum Seslerinin Yapay Zeka Ortamında Sınıflandırılması. Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Dabbagh S.A.N. (2021). Using Deep Learnig and Medical Data Classification for Predicting Bacterial Skin İnfection. Altınbaş Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Dandıl, E. (2015). MR Görüntüleri ve MR Spektroskopi verileri ile Yapay Öğrenme Tabanlı Beyin Tümörü Tespit Yöntemi ve Uygulaması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Demirarslan, M. (2020). Sağlık Verilerinde Aykırı Gözlemlere Duyarlı ve Hastalık Tanısına Yönelik Yeni Bir Öznitelik Seçim Yöntemi Önerisi. Ege Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Demirbaş, S. (2021). Multiple Skleroz Olgularında Korpus Kallozum Morfolojisinin Endeksler ve Yapay Zeka ile Değerlendirilmesi. Akdeniz Üniversitesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.
- Demirel, E. (2020). Glioblastom ve Soliter Beyin Metastazı Ayırıcı Tanısında Konvansiyonel MR Sekanslarından Otomatik Segmentasyon ile Elde Edilen Rariomics Verileri ile Oluşturulan Yapay Zeka Modellerinin Başarısı. Afyonkarahisar Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.
- Dişçi, A.Y. (2021). İşitme Kaybı Türü ve İşitme Kaybı Derecesi Belirlenmesinde İki Metot Karşılaştırması: Yapay Sinir Ağları ve Koşullu Yapılarla Kodlanan Mobil Uygulama. İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Doğaner, A. (2020). Topluluk Öğrenme Yöntemleri ile Renal Hücreli Karsinom'un Tahmin Edilmesi. İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Durak, M.N. (2017). Makine Öğrenmesi Sınıflandırma Yöntemleri ile Meme Kanserinin Erken Teşhisi. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Elhaggagi, E.B.A.A. (2021). Derin Öğrenme ve Makine Öğrenme Paradigmalarını Kullanarak Tiroid Hastalığı Tahmini. Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

- Emir, B. (2021). Oküler Hastalıkların Sınıflandırılmasında derin Konvolüsyonel Sinir Ağı Modeli. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Erol, C. (2012). Yapay Zeka Denetim ile EMG Sinyallerinin İşlenmesi ve Sınıflandırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Fayez M.A.F (2021). Yüksek Performanslı Makine Öğrenme Sistemi Kullanılarak Kardiyovasküler (CVD) Hastalığının Tanı. Altınbaş Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Fedal, M.H.S. (2021). X- Işını ve Derin Öğrenme ile Covid-19 Tespiti. Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksel Lisans Tezi.
- Göğüş, F.Z. (2020). Osas Hastaları için CPAP Cihazlarındaki Optimum Basıncın Yapay Zeka ile Tahmini. Konya Teknik Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Güldal, O. (2021). Göğüs Röntgeni Görüntülerinden COVID-19 Sınıflandırması Yapmak Amacıyla Derin Öğrenme Modellerinden Makine Öğrenmesi Algoritmalarına Derin Öznitelik Aktarımı. İstanbul Teknik Üniversite, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Güler, H. (2012). Akciğerin Elektiriksel Modellenmesi ile Bulanık Mantık Tabanlı Solunum Cihazı (Ventilatör) Tasarımı. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Gündüz, E. (2021). Parotis Bezi Tümörlerinin Ayrıcı Tanısında Multiparemetrik Manyetik Rezonans Görüntüleme Kullanılarak Geliştirilen Derin Öğrenme Modeli. İnönü Üniversitesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.
- Güner, A. L. (2008). Miyokard Perfizyon Sintigrafilerinin Sayısal Analizi için Normal Veri Tabanı Oluşturularak Değerlendirme Sürecinde Bir Yapay Zeka Uygulaması Geliştirilmesi. Gazi Üniversitesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.
- Güraksın, G. E. (2015). Yapay Zeka Teknikleri Kullanarak Kemik Yaşı Tespiti. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Gürbüz, E. (2011). Hastalıkların Uzman Bir Sistem ile Otomatik Olarak Teşhis Edilmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Güven, M. (2021). Kalp Rahatsızlıklarının Yapay Zeka Algoritmaları ve Akıllı Telefonlar/Tabletler Kullanılarak Tespit Edilmesi. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Güzey, E.Z. (2020). Epileptik Nöbet Anında Göz Bulgularının Görüntü ve Sinyal İşleme Teknikleri Kullanılarak Tespiti. Akdeniz Üniversitesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.
- Hacıefendioğlu, Ş. (2012). Makine Öğrenmesi Yöntemleri ile Glokom Hastalığının Teşhisi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Haznedar, Ü. (2010). Yapay Zeka Teknikleri Kullanarak Erkek Kısır Hastalarda Genetik Bozukluk Varlığının Tespiti. Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Hussein, Y. (2021). Yapay Zeka ve Makine Öğrenimi, COVID-19 ile Mücadeleye Nasıl Yardımcı Oldu. Bahçeşehir Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- İşık, A. H. (2012). Kronik Akciğer Hastalarının Mobil İletişim Teknolojisi ile Takibi için Zeki Bakım ve Acil Tıbbi Yardım Sistemi. Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Doktora Tezi.
- İzgi, M. S. (2018). Ortodontide Yapay Zeka Yöntemleri ile Büyüme Gelişim Dönemlerinin Tespiti. Necmettin Erbakan Üniversitesi, Diş Hekimliği Uzmanlık Tezi.
- Kaplan, A. (2021). Derin Öğrenmeye Dayalı Yapay Zeka Teknikleri Kullanılarak Dermoskopik Görüntülerden Melanom Tahminini Sağlayan Bir Web Arayüzünün Geliştirilmesi. İnönü Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kara, G. (2019). Hemiparetek Bireylerde Denge Düzeyinin Belirlenmesi: Yapay Sinir Ağları Uygulaması. Pamukkale Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Karacan, E. (2015). Hastalıkların Uyarlanmış Destek Vektör Makinesi ile Teşhis Edilmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Karakullukçu, E. (2020). Yanık Görüntülerinin Çok Değişkenli İstatistiksel Yöntemler ve Derin Öğrenme Yaklaşımları ile Analizi. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Karakurt, M. (2019). Patoloji Görüntülerinin Derin Öğrenme Yöntemleri ile Sınıflandırılması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Karakuş, A. (2019). Opsesif Kompulsif Bozukluk ve Tirikotilomani Bozukluklarının Uygun Biyobelirteç Kullanılarak Makine Öğrenme Yöntemleri ile Sınıflandırılması. Üsküdar Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Karal, E. (2021). Hekime Tamı Koymada Yardımcı Yapay Zeka Destekli Hastalık Tespit Uzmanı. İstanbul Ticaret Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kaya, H. (2018). Akciğer Hastalıkları Teşhisinde Sınıflandırma ve Bulanık Mantık Yöntemlerinin Uygulanması. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kaya, S. (2020). Proksimal Junctionel Kifoz Gelişim Nedenlerinin Makine Öğrenmesi Yöntemi ile Tespiti. Atatürk Üniversitesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.
- Kayhan, G. (2011). Mayoeltririk Protez Elin Yapay Zeka Metotları Kullanılarak Gerçek Zamanlı Olarak Denetlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Keleş, A. (2003). Tıbbi Teşhislerin (Kanser) Sınıflandırılması için Yapay Zeka Modellerinin Kullanılması. Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kılıç, U. (2016). Hastayı Solunum Cihazından Ayrırmak için Bulanık Mantık Tabanlı Bir Algoritmanın Geliştirilmesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Kocaoğlu, S. (2019). Bir Tümör Protezi Uzatma Modülünün Tasarımı, Analizi ve Zeki Kontrolü. Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Koçer, H. E. (2007). İris Deseninin Yapay Zeka Yöntemleri ile Tanınması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Kördemir, M. (2021). Beyin Tümörlerinin MR Görüntüleri Üzerinden Derin Öğrenme Yöntemiyle Tespiti ve Sınıflandırması. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Küçükakarsu, M. (2021). Odyometri Sistem Tasarımı ve EEG Sinyalleri Kullanılarak Makine Öğrenmesi Yöntemleri ile İşleme Testi. Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Küçükali, H. (2021). Tütün Bağımlılığı Örneğinde Halk Sağlığında Yapay Zeka Teknolojilerinin Kullanılması. İstanbul Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Malkoçoğlu V, A.B. (2020). Akut Lenfoblastik Lösemi Hücrelerini Derin Öğrenme Yöntemleri ile Sınıflandırılması.

- Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Meral, B. (2019). SVM, NB ve KNN Kullanımı ile Göğüs Kanseri Veri Sınıflandırılması, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Mercan, Ö. M. (2021). Akıllı Telefon Tabanlı Kolorimetrik Glikoz Tayininde Yapay Zeka Yaklaşımı. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi.
- Mısıroğlu, H.K. (2021). Açık Kaynaklı Klinik Kansere Verilerinin R-Shiny Uygulaması ile Yapay Zeka Tabanlı Web Arayüzü Destek Sisteminin Geliştirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Mutlu, S. (2008). EEG Sinyallerine Yapay Zeka Tekniklerinin Uygulanması. Gazi Üniversitesi, Bilişim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Nakçakan, Y. (2018). Derin öğrenme ile Alzheimer Hastalığının Teşhisi. İstanbul Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Nazlı, B. (2021). EKG Sinyallerinden Yapay Zeka Yöntemleri Kullanılarak Uyku Apnesi Teşhisinin Yapılması. Kastamonu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Okutkan, C. (2021). Diyabetli Hastalarda Glikoz Yoğunluğu'nun Tahmin Edilmesi İçin Yapay Zeka Tabanlı Bir Karar Destek Sistemi Tasarımı. İstanbul Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Oral, C. (2011). Sayısal Mamografi Görüntülerine Yapay Zeka Yöntemlerinin Uygulanması. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Orhan, U. (2011). EEG İşaretlerinden Epilepsi Hastalığının Teşhisi için Yeni Yaklaşımlar. Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Özgül, C. (2021). Görme Engelliler için Yapay Zeka Destekli Yapay Görme Sistemi. Hacettepe Üniversitesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.
- Özkan, M. (2015). Endoskopik Ultrason Görüntülerinde Kronik Pankreatit ve Pankreas Kanserinin Yaşa Göre Bilgisayar Destekli Teşhisi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Özkaya, E. (2020). Yazılımsal Algoritma Kullanılarak Skafoit Kırıklarının Otomatik Tespiti. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.
- Özsezen, A.M. (2021). Yapay Zeka ve Derin Öğrenme Teknolojileri ile Kalça Eklemi Radyografilerinde Femoral Komponentin Tanınması. Sağlık Bilimleri Üniversitesi, Gülhane Tıp Fakültesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.
- Özsoy, Y.Y. (2021). Karaciğer Kanseri Tedavisinde Makine Algoritma Öğrenimi ve Yapay Zeka Teşhisi. İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Peker, A. A. (2021). Akciğer Metastazlarında Primer Tümör Kaynağının Yapay Zeka Algoritmaları ile Değerlendirilmesi. Bezm-i Alem Vakıf Üniversitesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.
- Polat, K. (2004). Özellik Seçme (FS) ile Yapay Bağışıklık Tanıma Sistemi (AIRS) Kullanılarak Medikal Teşhise Gidiş. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Qanbar, M. M. (2019). Derin Öğrenme Yaklaşımı ile Malaria (sıtma) Hastalığı Görüntülerinin Sınıflandırılması. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Saken, M. (2020). Çölyak Hastalığının Teşhis Edilmesi ve Sınıflandırılmasında Yapay Zeka Algoritmalarının Kullanılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Salimitorkamani, M. (2016). Yapay Zeka ile EKG Sinyalinin Analizi ve Hastalık Teşhisinde Sınıflandırılması. Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Sayın, B. (2021). Aşırı Öğrenme Makineleri ile Beta Talasemi ve Demir Eksikliği Anemisinin Ayırt Edilmesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Serin, Z. (2020). Meme Kanserinin Histopatolojik Görüntüler Üzerinde Derin Sinir Ağları Kullanılarak Bilgisayar Destekli Otomatik Tespiti. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Sevim, S. (2019). Makine Öğrenmesi Yöntemi ile Hastalıkların Önceden Belirlenmesi ve Diyabet Üzerine Bir Uygulama. İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Shoma, A. (2021). Akciğer Hastalıklarının Tanısında Kullanılan X-ışını Görüntülerine Yapay Zeka ve Segmentasyon Uygulaması. İstanbul Üniversitesi, Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Songül, C. (2021). Yapay Zeka ile gliomlarda KI67 İşaretleme. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Sunay, A. S. (2010). Kalpteki Fokal Ventriküler Aritmi Kaynağının Yerinin Tespitinde Kümeleme ve Sınıflandırma Uygulamaları. Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Süer, K. (2019). Yapay Zeka ile Meme Kanseri Lenf Nodu Analizi. Beykent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Şahin, A. (2020). İleri Zamanlı Kan Glikoz Değeri Tahmini. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Şahin, C. (2004). Yapay Sinir Ağları ile Troid Hastalıklarının Sınıflandırılması. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Taşçı, A. E. (2013). Akciğer Tomografileri Kullanılarak Yapay Zeka ve Görüntü İşleme Tekniklerine Dayalı Otomatik Nodül Bölge Tespit Yöntemi Geliştirilmesi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Topuz, M. D. (2014). Makine Öğrenmesi Algoritmaları ve Anomali Tespiti. Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tursun, G. (2019). Nesnelerin İnterneti ve Bulanık Mantık Kullanarak Giyilebilir Tıbbi Cihazlarda Hipertansiyon Teşhisi. Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Tutulmuş, H. (2011). Yapay Zeka Yöntemleri ile El Damar Deseni Tanıma. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Türk, F. (2012). Yapay Sinir Ağ Yöntemleriyle Hipertansiyon Teşhis Sistemi Geliştirilmesi. Kırıkkale Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Türker, H. (2021). Stereolitografi Yöntemi ile Kişiyeye Özel Dental Rehber Plağın İmalatı ve Boyutsal Doğruluğunun Yapay Sinir Ağları ile Değerlendirilmesi. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Uçar, M.K. (2017). Obstrüktif Uyku Apne Teşhisi için Makine Öğrenmesi Tabanlı Yeni Bir Yöntem Geliştirilmesi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Uysal E. (2019). Retina Görüntülerinde Bilgisayar Destekli Damar Segmentasyonu. Afyonkocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.

- Yahyaoui, A. (2017). Göğüs Hastalıklarının Teşhis Edilmesinde Makine Öğrenmesi Algoritmalarının Kullanılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi
- Yalçınöz, H.B. (2020). Alzheimer ve Vasküler Demans Hastalarının EEG Kayıtlarının Senkronizasyon Analizi ile İncelenmesi. Mersin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yancı, M. (2020). Derin Öğrenme Yöntemleri ile Medikal Görüntülerde Kanserli Doku Tespiti. Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yavuz, C. (2020). Cihat-bot Kullanarak Kural Tabanlı Hastalık Tanısı Tahmini. Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yazıcı, İ. (2008). EMG İşaretlerinin İşlenmesi ve Sınıflandırılması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yıldırım, Ö. (2020). Derin Öğrenme Yöntemleri Kullanılarak Covid-19 Vaka Tahmini ve Mevsimsel Etkilerin Tahmini. Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yıldırım, Z. (2021). Yapay Zekanın Tıp Alanında İkame Edici veya Tamamlayıcı Kullanımının Doktorlar Üzerindeki Etkilerine Yönelik Bir Senaryo Çalışması. Fırat Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yıldız K, T. (2021). Hematolojik Hastalıkların Teşhisinde Yapay Zeka Tekniklerinin Performans Karşılaştırması. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yılmaz, A. (2015). Sinirsel Bulanık Mantık Modeliyle Kanser Risk Analizi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi.
- Yılmaz, O. (2020). Yapay Sinir Ağları ile Görme Engelliler için İlaç Tanıma ve Sesli Bilgi Verilme Uygulaması. İstanbul Aydın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yücebaş, S. C. (2006). Hipokrat-I: Bayes Ağı Tabanlı Tıbbi Teşhis Destek Sistemi. Başkent Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Yücelbaş, Ş. (2013). Hibrit Sınıflayıcılar Kullanarak Kalpteki Ritim Bozukluklarının Teşhisi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Zakiroğlu, N. (2019). Yapay Zeka Teknikleri Kullanarak Kemik Yaşı Tespiti Üzerinde Bir Uygulama. İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.
- Zencirli, K. (2020). Bipolar Parsiyel Protez Uygulanmış Kalça Kırıklı Hastalarda Makine Öğrenme Yöntemleri ile Perioperatif Prognoz ve Maliyet Analizi. Atatürk Üniversitesi, Tıpta Uzmanlık Tezi.
- Zoroğlu, C. (2015). Bulanık Uzman Sistem Kullanarak Tıkayıcı Uyku Apne Hipopne Sendromunun Ciddiyet Seviyesinin Tahmini. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi.



Examining the User Interface Development Stage in the Software Development Process

Bora Aslan^{1*}, Füsün Yavuzer Aslan²

^{1*} Kırklareli University, Faculty of Engineering, Department of Software Engineering, Kırklareli, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8069-8204), bora.aslan@klu.edu.tr

² Kırklareli University, Faculty of Engineering, Department of Software Engineering, Kırklareli, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7096-3425), fusunyavuzer@klu.edu.tr

(First received 10 January 2022 and in final form 29 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1055996)

ATIF/REFERENCE: Aslan, B. & Yavuzer Aslan, F. (2022). Examining the User Interface Development Stage in the Software Development Process. *European Journal of Science and Technology*, (35), 408-416.

Abstract

For the software development world, the simplest definition for interface design is designing websites, software, mobile applications or other informatics tools to create an interactive experience with the user for facilitated use. The purpose here is to meet the needs of the user, design the properties that enable the user to reach his/her targets and create a simple and visual representation of the data. Steve Job's expression "The design is not just what it looks like and feels like. The design is how it works." highlights that design must not be limited only to being aesthetically pleasing and created the bestseller products of today with various design awards. In this study, analyzes about user interface design were made throughout the software development process and tips were given for a successful design.

Keywords: User Interface, Software Engineering, Software Development Process.

Yazılım Geliştirme Sürecinde Kullanıcı Arayüzü Geliştirme Aşamasının İncelenmesi

Öz

Yazılım geliştirme dünyası için kullanıcı arayüz tasarımı en basit tanımıyla web sitelerinin, yazılımların, mobil uygulamaların veya bilişim araçlarının kullanımını kolaylaştırmak için kullanıcı ile etkileşimli bir deneyim sunma ortamlarını dizayn etmektir. Buradaki amaç; kullanıcının ihtiyaçlarını gidermek, kullanıcının amacına ulaşmasını sağlayan özellikleri tasarlamak, verinin basit ve görsel bir temsilini oluşturmaktır. Steve Job's, "tasarım, sadece nasıl görüldüğü ve hissettirdiği değildir. Tasarım, nasıl çalıştığıdır" cümlesi ile tasarımın sadece estetik özelliklerin güzel olması ile sınırlanmaması gerektiğini vurgulayarak günümüzün tasarım ödüllü ve çok satanlar arasında yer alan ürünlerini ortaya çıkarmıştır. Bu çalışmada yazılım geliştirme süreci boyunca kullanıcı arayüz tasarımı ile ilgili analizler yapılmış ve başarılı bir tasarım için ipuçları verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kullanıcı Arayüzü, Yazılım Mühendisliği, Yazılım Geliştirme Süreci.

* Corresponding Author: bora.aslan@klu.edu.tr

1. Introduction

The most striking developments of the current century are related to the extraordinary expansion of information and communication technologies. Especially, developed software products bring solutions to individual or corporate needs in every aspect of life. It would be a mistake for public or private institutions only to consider these products as a means of faster service offering or resource management. The most important characteristic of the people in the 21st century is to deduce in life against changing technological developments, making conscious and well-informed decisions, applying knowledge to new situations, contributing to efficiency when generating new knowledge and sharing this knowledge and ensuring personal development. Therefore, all software developed for devices such as smartphones, personal desktop computers or laptops and tablets must meet the software need of the 21st-century individual. Surely, this need cannot only be considered business-centric. People mostly use these types of devices to access to internet only to meet their entertainment and communication needs.

One of the most important properties a software must have is to have a high positive impact on the user's work performance. Otherwise, regardless of how well-planned and well-coded the software is, the usability will be at a low level. Therefore, a strong background in software does not necessarily make it usable software. The preferability of the software with low usability will be at a low level. Generally, this function can be investigated under the software ergonomics title.

The most important component that determines whether a software is ergonomic is its interface. The performance development of the information systems has evolved from text interfaces to graphical interfaces for the software interfaces that we see today. Therefore, Graphical User Interface (GUI) concept comes into mind when we talk about interface today and this study will use the word interface with the meaning of GUI. GUI that enables interaction of the developed software system with the end-user directly impacts the usability and therefore, user performance.

2. Human-Computer Interaction and Interface Design

Human-computer interaction is a study field interested in interactive technology design, development and usability. In general, human-computer interaction is a field that aims for different disciplines such as human behaviour, psychology, information systems, graphic and industrial design, sociology, education science and software engineering to work coordinatively as in seen Figure 1. The most important purpose for the human-computer interaction field is to increase the quality of the relationship between humans and computers (Çağiltay, 2011).

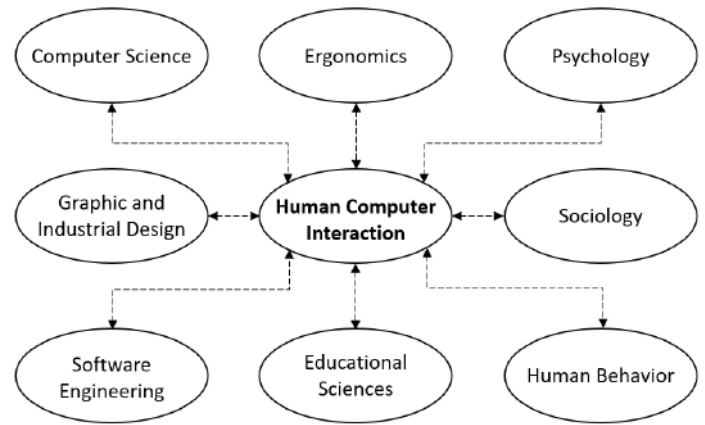


Figure 1: Human-Computer Interaction

One of the best examples in the history of the computer about this subject is the computer mouse which is the pioneers of human-computer interaction developed by Norwegian descent American inventor and engineer Douglas Engelbart (Pang, 2002). The general view and purpose of Engelbart were to increase the interactive experience by consolidating the interaction skills of the humans with the surrounding. Therefore, the computer mouse emerged among the most important computer peripheral units based on the idea that a computer can be controlled with better quality.

The human-computer interaction is not limited to traditional desktop computers. Such that, thinking computers only as desktop computers would be a highly narrow perspective in today's world. Tablets, smartphones, cameras, photographic devices, automobiles or all programmable devices that can interact with humans are included among the human-computer interaction field. Especially with the recently mentioned Internet of Things concept, the bigger picture can be seen more clearly as it is considered that all devices will be connected to the internet and therefore, interact with humans (Nielsen, 1994).

In the 1940s, computer technology was highly complex and at a level that only individuals with certain know-how can use it. In 1945 Vannevar Bush published an article called "As We, May Think" in Atlantic Monthly magazine (Bush, 1945). In this article, Bush mentions an imaginary machine called "memex". Memex screen is an imaginary machine with a table with a keyboard and selection buttons and records the data on microfilm. Of course, the irony here is that this imaginary machine express by Bush was going to be offered for human use in almost 50 years. Although memex was imaginary, it is clear that it played an important role in the design of today's computers. In 1962, American engineer and scientist Ivan Sutherland developed the first interactive graphic program of the Massachusetts Institute of Technology (MIT) called Sketchpad (Sutherland, 1964). This program that enabled drawing basic geometrical shapes on the computer by using a pen is accepted as the forerunner of CAD (Computer-Aided Design) software. Thus, different devices were added to the keyboard for interacting with a computer. In 1963, Douglas Engelbart invented the computer mouse and brought a different convenience to interaction (Pang, 2002). This was followed by different devices such as the joystick and lightpen. However, the computer mouse preserves its position in today's world due to ease of use and low error rates. On the other hand, the complexity of the computers decreased and therefore, the usability increased in those years. Moreover, in 1968, Alan Kay

(designer of Smalltalk programming language which is the first object-oriented programming language) suggested the first personal computer for children called “Dynabook” when he was a doctorate student (Kay& Goldberg, 1988). This concept can be thought of as the primitive form of today’s laptop and tablet computers. In the 1970s and 1980s, personal computer use expanded with Xerox Star workstation, Apple 1, Commodore Pet, IBM 5150 and LTE 286 (Abbott, 2017). Additionally, Xerox Star earned the title to be the first computer with a graphical user interface. Moreover, today’s standard WIMP (window, icon, menu, pointing device) concept and WYSIWYG (What-You-See-Is-What-You-Get) were again started to be used in those years (Kim, 2015).

As the historical example shows, there are four main elements in human-computer interaction (Myers et al, 1996). The following four components should be considered in a coordinated manner and the system should be designed accordingly.

- User: All products (software or hardware) are produced for humans. Almost the only thing producers want is the effective use of their products. If we consider only software, the developed software must be designed according to user audience. Most of the day, software that addresses large user groups (web applications, office software etc.) are developed. Even in these situations, user needs should be taken into account. Prof. Yılmaz Taptık states that “all developed products and services are an offer to solve the customer problems.” Therefore, the user is always the beginning of the solution cycle.
- Tool/interface: This is the structure the users use to do their desired task. Depending on the situation, a computer, tablet, smartphone or automobile can be accepted as an interface or a tool. On the other hand, software installed on the related hardware can be evaluated as a tool.
- Task: This is the job that the users do with the interface. A task that is accepted as the target for the human-computer interaction should be designed so that the users complete the tasks easily without struggling.
- Context: This is the environment in which the task occurs when the user completes it by using the tool. The context can be a physical environment such as a house, school or workplace or a virtual environment such as the internet, local network or social media network.

For example, when the navigation software in a smartphone is considered to find the directions to go to the post office, the user is the individual who uses the software. The tool is the navigation software itself. The task is the shortest and fastest directions for the user to reach the post office. The context is the environment of the user. The developed software should provide convenience to the user depending on the context. For example, if the navigation example automatically decreases its brightness when it is dark, the user will not experience any eye problems. At this point, it is important to note the fundamental principles of computer-human interaction.

The system must be designed with a user-centric approach. In the first years of computer technologies, there was system-oriented design because of having few users and system limitations. But today, a user-centric design approach is implemented not for software development alone but all product

and service development stages. The products or services created otherwise will disappear. Although the user-centric design is considered as something easy, it is highly challenging. Especially for traditional software developers, understanding the user and designing for their needs and demands is often regarded as unnecessary. It is important to make large scale research about the users when an ideal software is designed. The age, gender, education level, social status, information technologies experience and even the cultural background of the user should be analysed properly. To give a simple example, a web application design for the 6-12 years old age group must be significantly different than a web application design for newspaper columns. Similarly, it might be important to follow the purchasing habits of shopping website members, recommending similar products and providing different interfaces for user genders (MacKenzie, 2012).

Most of the time, solutions are created by making various interviews by software for the designed system. In this case, the sociology and psychology dimensions of the human-computer interaction are highlighted. It is important to ask the right questions to the user to identify the task and understand the system correctly. This is directly linked to knowing the user. Depending on the task size and software engineering principles, the problem should be divided into sub-sections and processed and understood step by step. The task must be tried to discovered by interviewing as much use as possible.

The short-term memory of the individuals is the memory that can hold information for less than 30 seconds. It is proven that the short-term memory can hold a 7 unit (± 2 unit) structure. Therefore, a normal individual can instantaneously store approximately 7-word sentences or 7-digit number. The designed system should function accordingly. For example, if a menu will be designed, the short-term memory of the user should be considered and the design should at most have 7-9 elements. It is important to remember that software must be easy to use and understandable to be memorable. To give another example, the number of buttons on the interface must be ideal. Otherwise, this might cause complexity on the user side.

For the long-term, the application must ensure consistency to ease the memory load of the user. It is beneficial for the users to work with familiar interfaces. For example, Office products developed by Microsoft such as Word, Excel, PowerPoint have the same interface even if all the products have separate functions. Consistency is an important property that connects the user to software.

In addition to defining the task, the error-free operation of the system is the most important success. Of course, it is ideal not to have any code errors and/or vulnerabilities when designing software. However, an error-free system design is not possible. In addition to that, the user should take the necessary instructions to use the system without making a mistake. Regardless of how well-coded the software is, there will be problems if the error potential of the users is not included in the design. Therefore, the system must prevent certain moves of the user within the system. For example, in the case of a shopping website, if the cart is empty, the purchasing movement of the user will be prevented so that the user does not complete purchasing. To give another example, the text box which will include the final grade of the student should accept values between 0 and 100. On the other hand, open and clear error feedback is important for human-computer interaction. For

example, instead of “an error occurred” warning, the software should have a specific message such as “the final grade should be between 0 and 100”. To give another example, poorly designed error messages are often visible as messages with hex codes. In this case, the user does not understand the cause of the error. The end-user is interested in where the error is rather than the error code. The error message should be instructive i.e. it should inform about where do error occurs and what should be done. On the other hand, users should regularly get feedback. Feedback can be provided when things are well rather than when the error occurs. For example, most modern software provides various information during installation when everything is going well.

Especially in the last few years, the idea for software to more comfortably communicate with users became more important. Technology giants such as Microsoft, Apple and Google design their systems more sincere. In this case, it is better to use a more natural language that the user is accustomed to instead of the complex languages of the computer. Especially, the errors and operation steps should be presented with humorous and daily language. For example, messages such as “last 2 minutes to install” or “your system is configured at the moment” creates a natural environment for the user. Of course, software developed for different sectors must use different languages. For example, software developed for the health sector should be prepared according to the terminology of the doctors, nurses and other healthcare staff. The key point here is that the software developer should use the developer’s language which is the computer language.

Users can easily get lost especially when they are navigating websites. The same is valid for desktop or mobile software. Regardless of which page or module the user is on, the user must always be presented with an option to go back to a familiar interface i.e. to the home page. In other words, the user must not be cornered. There might be certain exceptions when it comes to desktop or mobile software. But the escape points should be well-designed on websites. Otherwise, the user will want to use the “back” button on all web browsers and this might cause errors due to website properties. The escape points will help the users to easily navigate the system.

3. Usability and Software Ergonomics

Usability is a factor that directly impacts software quality. ISO 9241 defines usability as “target users completing the necessary tasks in an effective, efficient and satisfactory way” (ISO, 1998). The main targets of usability are given below.

- Effectiveness: This is completing the tasks by the users via software completely and accurately.
- Efficiency: The efficiency target is low resource use such as memory, disk and internet throughout the tasks.
- User Satisfaction: The developed software should be easily used by the user.

Usability is indispensable for a user-centric product development process (Spolsky, 2008). However, when it comes to the software world, this parameter is pushed to the background especially since there is time constrain to deliver the software. Yet, studies identified that software with high usability always has a higher product lifecycle. This awareness

accelerated as usability is added to modern software development processes.

The human-computer interaction ergonomics is defined with TS EN ISO 9241-151 standard. This standard acts as a guide to developing interfaces that can be used by all users. The purpose of applying this standard is to identify how well a website meets the designated conditions and to improve the user experience in light of these results. This standard is a guidance document for high-level design decisions, design strategy, content design, on-site navigation, search and content presentation. More effective and efficient use is aimed at considering the behaviour patterns that the users are used to. On the other hand, ISO/IEC 40500:2012 standard sets the accessibility standards and criteria for website content. Accordingly, this standard explains how web content can be turned more accessible for disabled individuals. Usability encompasses a wide range of barriers such as visual, audial, physical, speech, cognitive, linguistic, learning and neurologic barriers. While this criterion covers a wide range of elements, it does not meet all the needs of the disabled in terms of disability type, level and combination. At the same time, these criteria make web content more suitable for elders which changing skills due to old age and generally increase the usability for most users.

Another important aspect is the software usability tests. Software that successfully completes these tests are accepted as ergonomic. While these tests can be conducted at laboratory settings where real users test the developed software, they can also be conducted by sending the software to selected users and receiving feedback from these users (Dumas, 2008). Some of the usability tests applied today are given below:

- *Eye-tracking test:* This test method is often applied with various special devices in a laboratory. Where and how long a user looks on the screen and focuses are identified and reported. This way the hot spots which attract the most attention and cold spots which attract the least attention can be identified. This test uses a device that tracks the user’s eye. The eye movement of the interface is transferred to the computer via a transmitter and the areas with high eye movement on the screen are marked as hot spots. In our country, universities that work on human-computer interaction conduct these types of tests. Figure 2 shows the eye-tracking system.

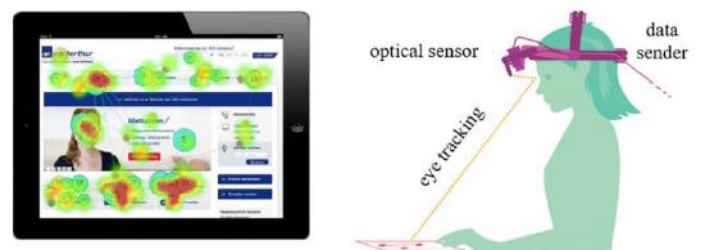


Figure 2: Eye Tracking Test

- *Guerrilla test:* This test method is often applied to randomly selected test users outside the laboratory settings. During the test, user views, movements and facial impressions are recorded. This test method which is often applied online at the internet setting is completed with the feedback collected from the users.

Various game developers test their products by using this method. While the test results aim to identify the user expectations and interest, differences can be identified for demographic information such as age, gender and where the users live. In this technique, the Google Analytics tool is frequently used especially for web applications. With Google Analytics, different tests such as real-time reporting, content analysis, speed analysis, social media analysis and ad analysis can be conducted.

- *Expert Analysis:* In this test method, the developed application is tested and reported by the experts. Tests conducted by experts can significantly determine usability rates. Using their acquired skills and experience, usability testers and professionals evaluate applications and audit all relevant parameters.

4. User Interface Design

All around the world, people are clicking, tapping, dragging, typing and touching on glass screens thanks to computer and internet technologies. Computer interfaces which only had a keyboard and keyboard-like keys at the beginning consist of glass screens and the future might even bring holograms.

If a platform-based classification is applied for the software developed today, the most logical classification would be desktop, web and mobile software. Of course, the new technological advancements are eliminating the barriers between this classification. Moreover, desktop software is decreasing every day and the necessity for such software is questioned. Even the most popular office software is now offering services on the web. Therefore, some experts emphasise that desktop software development is unnecessary especially for the end-user and web and mobile software development should be highlighted. Such that today, almost all software solutions that meet the needs of the institutions offer services on the web environment and can be easily used with a simple web browser.

Since each platform has hardware or software limitations and opportunities of its own, they have different user interface development styles. These operations often designed as GUI i.e. graphic user interface does not have a standard. In fact, it is generally challenging to talk about good design when there are standards.

4.1 User Interface Design for Web Applications

Especially almost all of the desktop automation software is replaced by web systems. WWW (World Wide Web) developed by Tim Berners-Lee in 1989 has significantly developed and evolved until today. This is the end of web 2.0 which evolved from web 1.0 where the user was passive to an active user who creates and shares content and has a word to say. Web 3.0 also known as the semantic web offers a highly customizable environment where artificial intelligence is highlighted and where search engines interpret the user-generated content. In addition to the advanced underlying technology, the design is different and advanced according to today's requirements and opportunities (Bevan,2005). In general, the user interface design of the web systems contains 4 elements.

Layout and website structure: The layout is a template that expresses how the website pages should be, where the logo and

other necessary graphics, navigation menus and ad spaces should be placed. In general, the layout clearly designates the header, navigation system, main content and footer sections. The layout should be planned so that the user can easily read and follow the page. To determine the places of these sections, HTML5 tags such as <header>, <footer>, <nav>, <main>, <section> are used in the coding section. Website structure is the hierarchy or website map. Thus, all pages can be seen as a list.

Font and typography: Canadian font designer Robert Bringhurst defines typography as the art of turning the spoken language into a long-term visual format. The font for the web applications should be selected to be easily readable and suitable for the design. Surely, readability should be the main priority. When a correctly used typology meets the design, the impact significantly increases. However, it is important to remember that the primary purpose of typography is conveying the written information. On the other hand, using various fonts in the web environment can create problems for different web browsers. Although this problem is mostly overcome, fonts on Google (<https://fonts.google.com/>) can be preferred to avoid problems. It is important to use typography correctly. For example, using different fonts in a paragraph, too narrow or too large line spacing have a directly negative effect on the readability.

Colours: It is important to be careful about website colour selection. Although there are unlimited colour options, colourful websites have always been disturbing. Designers often recommend creating a design at most with 3 colours. As the number of colours on the interface decreases, the consistency increases and the messages that will be delivered to the user can be conveyed simpler and more clearly. Certain tools on the website can be used for colour selection. <https://color.adobe.com/> and <http://www.paletton.com/> are only some of these tools. Each of the 16.8 million colours available for the web environment is represented with a code between #000000 (black) and #FFFFFF (white). It is important to choose a suitable colour palette for web applications. Therefore, it is necessary to get support from professional tools and individuals. It is known that some colours have an impact on human psychology. For example, red colours invoke excitement and action and also represents power, importance and youth. The yellow colour will help individuals to relax and gives an optimistic atmosphere. The blue colour is ideal for seriousness, freedom and a pleasant look and it is the most common option. The orange colour will have a warm feeling. White colour represents simplicity. The green colour symbolises peace and health. Black colour is about passion and power and works well on websites. Black is especially preferred for designing websites about jewellery or luxury cars. Grey is a neutral colour and especially used for representing gaps. Additionally, simplicity and balance in most designs are achieved with grey colour. White represents cleanness and simplicity. It is a complementary colour as it can be used with all colours. Of course, these explanations are the generalized form of the colours. Different colours can have different impacts on different cultures. For example, while white represents peace and marriage in the European culture, the same colour represents mourning in the Japanese culture and death in Chinese culture. Therefore, the assumptions above can be disregarded especially for global designs such as website designs.

Images and graphics: It is important to make sure that the graphics and images are optimized. For that purpose, certain graphic programs such as Photoshop and Gimp can be used. It is

important not to use too large or too small images. The image size should be directly applied to the interface design. If possible, online image and graphic banks should be used for images and graphics. The licences for images and graphics selected online should be checked. For free solutions, images and graphics with CC (Creative Commons) licence can be used.

The above-mentioned user interface design elements for our applications turn into meaningful and functional applications when applied with the right technologies. In general, designs often reach software developers after the expert designers complete their process. Moreover, various websites sell templates online. The first duty of the software developer is to re-organize the design with certain development tools and turn the design into a programmable format (Ferré, 2001).

One of the main problems for web interfaces is the resolution. Each device supports a different screen resolution. While desktop or laptop computers can work with high resolution, smartphone screens naturally have lower resolution. It is desirable for web applications to effectively work on all devices. Therefore, all web interfaces today must be responsive for different devices. Responsive design is about giving an interface that does not shift or disrupt different devices. Today, various responsive libraries have been presented to the software developers by using HTML5, CSS and JavaScript. It is easy to create responsive designs by using libraries such as Bootstrap, Foundation and Skeleton. In a near future, it is expected that this type of design technique will be a standard web application. Therefore, it is recommended to test all designs on different browsers and devices.

4.2 User Interface Design for Mobile Applications

The advanced technology and opportunities have significantly developed the world of tablet and smartphone. The most exciting application development area in today's world is the mobile world. It is important to know the environment well to develop applications for this world that can be controlled with glass screens without a keyboard and mouse. On the other hand, it won't be wrong to suggest that the emotional attachment between any technology developed in the world and humans is not as high as our attachment with mobile devices. Because mobile devices have the indispensable applications of the 21st century such as clock, music player, phonebook, notebook, newspaper and navigation device. Of course, social media is the key to such emotional attachment. Such an important environment has become the key focus for software developers. Additionally, the human interactions by using the sensors of these devices eliminate the borders of software.

As it is known, the mobile world is known for its operating systems rather than the product brands. Currently, the most commonly used operating systems are iOS, Android and Windows Phone. Unfortunately, mobile applications are developed for platforms. Although stable, platform-independent application efforts continue, an application developed for one platform cannot operate on the other. Therefore, developers first need to select a platform for the product. Each platform has different user interface design options.

Platforms often publish their development opportunities on websites. Platform developers continuously publish the new versions of the operating systems based on the technological developers. Of course, these releases are continuously followed

by developers and designers. Related development opportunities for 2 important platforms are iOS and Android.

It would be wrong to regard mobile devices as the smaller versions of desktop or laptop computers. These devices have their own limitations and properties. For example, various properties and limitations such as small screen size, low performance, battery life, screen interaction area and touchscreen property, directing (vertical and horizontal rotate) guide the developers to different directions than desktop software development techniques. The following question might come into mind. If responsible web applications can operate on all types of platforms, why do we need mobile applications? Actually, the answer to this question can be seen from the above-mentioned information. Mobile devices are slower than desktop devices. Additionally, web applications are often prepared for mouse and keyboard use and need a tool for working. This mediator is the web browser. Even though the application is responsive, web browsers make the texts, images and similar web elements smaller and shift these elements which cause the mobile device to run the application slowly. On the other hand, mobile devices interact with humans with touch and finger movements while web applications are designed for mouse and keyboard. Of course, various problems are due to differences in coding standards. Scripts in web applications are generally prepared for desktop web browsers. Therefore, it is natural for some scripts not to work on mobile browsers. Another thing here is the mobile website approach which was popular in the past but started to become unpopular today. In this type of approach, an additional mobile interface of a web application is created and launched on a different web address. The user that visits the related webpage from the desktop computer and the user that visits the same webpage on the mobile device accesses different interfaces. In this case, an interface optimized for a mobile device is presented to the user. Although it seems like a good solution, not being able to use the interaction presented by the mobile device entirely, lack of integration with other applications and using a browser has negative impacts on the performance. Additionally, the customizability of the mobile web approach is low.

When the interfaces of mobile applications are prepared, they must be tested on real devices. Although the developed app looks beautiful on the computer screen, it might look distorted on the mobile device. The font should be selected carefully. The small screen size of the mobile devices can cause some fonts to look thin. Similarly, the right graphics should be selected and the graphics should be optimized for mobile devices. It is important to be careful about animation use. Most mobile device users are impatient. Since unnecessary animations will delay the app launch, the users will feel that the app is running slow. If we list the top 10 things the 21st-century individuals don't like, slow devices and applications would be on the top.

It is necessary to avoid fixed areas to navigate inside the application. All web browsers eliminate menu and some toolbars to increase the user navigation area. Similarly, fixed menus are not used on applications developed for mobile devices. If a menu is necessary for an application, the hamburger menu with three lines as the symbol should be used. The hamburger menu is loved by the menu users and this menu became a standard for Android mobile software and all front-end frameworks.

5. User Interface Development Process

Most software developers accept that usability is among the most important parameter in today's world. Accordingly, the importance of an effective and usable interface development cannot be mistaken. This section will talk about the stages of the user interface development process.

5.1 Creative Design Workshop

Leaving the software interface to the software developer alone is one of the greatest mistakes. Because software developers are often software or computer engineers and they often lack visual creativity skills. Therefore, a workshop that gathers target audience, software developer, designer and business owners can ensure a better user interface. The software developer can choose the development environment and opportunities, the designer can choose the colours, design elements and social impact and the user and business owner can choose the expectations and desires from the software. These actors can be gathered in the software development process to take great steps. Of course, the number of individuals participating in the workshop should be selected carefully. Some sources state that the number of individuals shouldn't exceed 12. Large group work can be done among the participants. Moreover, large international software development companies can even organize the workshops by giving scissors, papers and coloured pens to do a handicraft as in seen Figure 3. The main purpose here is to increase the communication between the user, software developer, designer and business owner. At the end of the workshop, the usage purpose of the software as well as who it addresses and how it will achieve the purpose will be found. Additionally, the software platform should also be discussed in the workshop. For example, if a mobile application will be developed alone, the software developer should introduce the platform and talk more about the opportunities rather than the limitations.

The studies have shown that this type of workshops is effective. Especially, designing the application by cutting from a paper and pasting which does not involve computer use helps the borders between the end-user and software developer to collapse. This method reveals different perspectives for the software interface. Including an actor with a designer identity in the process highly increases the software value. Over the years, the colours and elements that the individuals want to see from the software change. This is especially more visible in the mobile world. Therefore, an expert designer in software interfaces can directly impact the usability of the software. As all actors involved in the process, the ownership of the developed software will be high.



Figure 3: Creative Design Workshop

5.2 Creating and using personas

It will be easier to develop software when the developer empathises with the users. Therefore, user personas must be created. This name comes from the Latin word persona. Creating and using personas is critical for a user-centric software engineer. This way the identity of the users can be revealed. Generally, the simplest definition for a usable software demand is "my mother should be able to use it". However, the software design principles cannot be simplified this much. Thus, the usability of the software is not directly proportional to ease of use. In this case, the user should be known as best as possible. At this point, persona card or personality card intervenes. There is a short profile of the individual on this card. User's name, surname, photo, job description, personal and occupational characteristics, authorities and similar information are on this card. Some software developers see the users as desktop computers but this is a mistake for end-user-centric software engineering. Generally, persona cards are not designed in fixed forms and include humorous elements (Figure 4).

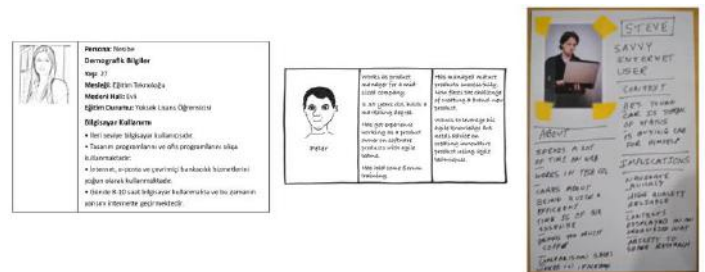


Figure 4: Persona Samples

5.3 Creating and using personas

If the coding process starts with a mistake or undesired way for the user in the software interface, the codes need to be re-written and significantly change to go back to the interface design. Therefore, the interface design should be sketched first and then, the coding should start later. In this case, design is achievable at three stages as in Figure 5.

- Sketch: This is the interface design only on paper to give a broad idea. This way it is possible to determine where the elements that will be added to the software will be placed. There is no need to sketch with the exact size. Generally, it is prepared in 3-5 minutes without too much attention. The purpose of this is to give a broad idea about the application interface. It is possible to make changes or corrections if something is not liked.
- Wireframe: This is preparing a sketch with almost exact dimensions and clear lines via a computer program. The elements are clearly shown. This is the visual template of the design. Generally, sketching software such as Photoshop, Illustrator, MS Visio is used for preparation. However, there is a special software for this purpose in today's world. For example, Edraw Max is developed to create a user interface template for iPhone. In addition to that, there are web-based solutions such as mock flow, Pidoco (<https://pidoco.com/>) and Balsamiq (<https://balsamiq.com/>).
- Mock-up: This is the software design closest to the real software. After agreeing on the template, this is created by either the software developer or designer with the

help of an editor. If there are not many structural problems, the mock-up is final and the software is coded for this interface. Of course, a software developer must be involved in this process and highlight the limitations. For example, if the software will be developed on a low capacity platform such as a hand terminal, the developer should note that 3-dimensional images or animations must not be used abundantly.



Figure 5: Sketch, Wireframe and Mock-up

If these three stages work well and if the parties reach an agreement, the time on software design will significantly decrease. Of course, these three steps must be applied for all possible interfaces of the software and a flow diagram should be created. This diagram must have the connections of different interfaces of the software and a larger picture should be painted. The escape points mentioned before can be easily seen on the flow diagram as in Figure 6 and the points where the user is trapped can be identified.

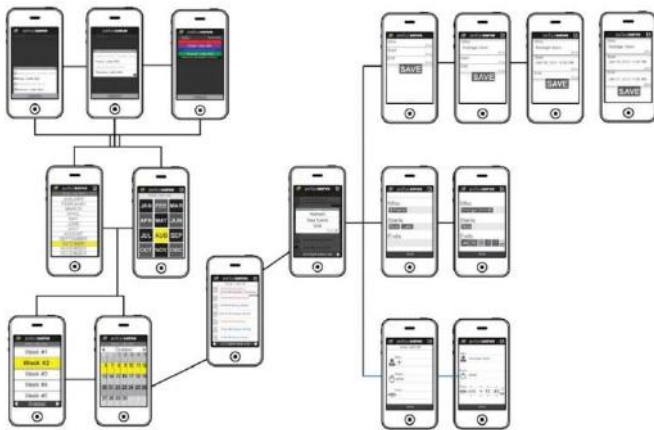


Figure 6: Interface and Structure of a Mobile App

As it can be seen, the stability which is the agreement between the user and developer increases throughout the process. This process must have continuous feedback. With this feedback, it is possible to make the necessary corrections easily when the application design is at the template stage. The mock-up stage is where the process becomes sensitive which draws the lines of the application and the match with the real application level increases at the stage. At this stage, the feedback decreased and there is an agreement with the user. The final design which is the last stage of the application is the saturation of the compatibility and the feedback is minimized. The next stage is the coding stage.

6. Conclusions and Recommendations

Today, the software development process differs significantly. It is almost impossible to develop an application independent of the user experience. Therefore, the user-centric software engineering concept is highlighted.

The only area where the user interacts with the computer in terms of software is the user interface. Therefore, interface design has an important position in the software development process. Interface design is about the human-computer interaction space. It is important to develop interfaces by knowing humans, therefore users. Therefore, users should be included in the development process. Organizing workshops are among the main tasks of software developers and designers to have matured ideas based on user views. It is possible to get to know the user and identify the needs of these workshops.

In interface design, internalizing the sketch, template and mock-up stages until the final design and receiving lots of feedback in the meantime will help saving time to complete the software within the designated time. Going back to design after the coding stage takes the entire process to an irrecoverable and challenging stage. Therefore, a significant amount of time should be allocated to software development for interface design.

Social media integration should be used for user membership. Increased password complexity is among the major problems of today's individuals with an increased number of system and web applications. Therefore, various web or mobile applications offer different options to users when creating a membership. For example, creating a membership with Facebook or Gmail accounts has become popular. Thus, the users can use multiple applications with a single membership. In addition to that, it is possible to pay with Google Wallet or PayPal for electronic commerce payment operations. Even if these options are not used by the user, it is important to provide these opportunities. Additionally, well-known brands such as Facebook and Google can introduce an added value to the developed application.

Just like it is impossible for someone who does not read a book to write a book, it is equally impossible for someone who does not look into the applications to design an application. According to 2020 statistics, there are more than 2 million apps on App Store and more than 2.8 million apps on Google Play. A good designer and application developer should continuously monitor new applications, new developments and trends. By following the success of websites and applications that are appreciated by the users and inspiring by them is among the rules of good application development.

An image bank must be created for the graphical elements that will be used in the developed interface. Icons are especially indispensable for web application or web interfaces. How metaphors can be provided by icons or images is explained in the first sections. For example, a home icon can be used for a home page. Of course, re-designing an icon or turning it into a suitable design instead of copying a website will increase the uniqueness.

In graphical interface design, buttons with functions such as add, change, send or save must be designed with high contrast (for example, blue background, white text) and buttons with negative functions such as cancel, delete, reset must be designed

with low contrast (for example, transparent background, black text). However, the negative function must have high contrast (for example, red background, white text) when a negative function is next to a neutral function. For example, delete and cancel functions should be considered accordingly.

One of the new approached in application design is to present the feedback on a region on the application screen rather than pop-up messages. Generally, a small area at the bottom of the desktop software is allocated for this function. If an error occurs, the related message is shown in this region with a red colour. A successful situation such as adding a record is shown with a green message.

Complex interfaces must never be presented to users. Using 30-40 textboxes and 15-20 buttons on an interface will make things challenging for the user. The user interface should be designed with a “less is more” approach. If carefully evaluated, the user membership number significantly increase by using different stepwise interfaces rather than long text boxes that were used in the past. It is important to remember that simplicity is glamour.

References

- Pang, A. S. K. (2002). The making of the mouse. *American Heritage of Invention and Technology*, 17(3), 48-54.
- Bush, V. (1945). As we may think. *The atlantic monthly*, 176(1), 101-108.
- Sutherland, I. E. (1964). Sketchpad a man-machine graphical communication system. *Simulation*, 2(5), R-3.
- Kay, A., & Goldberg, A. (1988). The dynabook: past, present, and future. In *A history of personal workstations* (pp. 249-264).
- Abbott, R. (2017). A study of the growth and evolution of personal computer devices throughout the pc age (Doctoral dissertation, Cardiff Metropolitan University).
- Myers, B., Hollan, J., Cruz, I., Bryson, S., Bulterman, D., Catarci, T., ... & Ioannidis, Y. (1996). Strategic directions in human-computer interaction. *ACM Computing Surveys (CSUR)*, 28(4), 794-809.
- Nielsen, J. (1994). *Usability engineering*. Elsevier.
- ISO (1998) *International Standard Organization: ISO 9241-11(Guidance on usability)*, International Standard: ISO 9241-11(Guidance on usability)
- MacKenzie, I. S. (2012). *Human-computer interaction: An empirical research perspective*. Newnes.
- Kim, G. J. (2015). *Human-Computer Interaction: Fundamentals and Practice*. CRC Press.
- Dumas, J. S., & Loring, B. A. (2008). *Moderating usability tests: Principles and practices for interacting*. Morgan Kaufmann.
- Ferré, X., Juristo, N., Windl, H., & Constantine, L. (2001). Usability basics for software developers. *IEEE software*, 18(1), 22.
- Spolsky, A. J. (2008). *User interface design for programmers*. Apress.
- Çağiltay, K. (2011). İnsan bilgisayar etkileşimi ve kullanılabilirlik mühendisliği: Teoriden pratiğe. ODTÜ Geliştirme Vakfı Yayıncılık.
- Bevan, N. (2005, July). Guidelines and standards for web usability. In *Proceedings of HCI International (Vol. 2005)*.



Time Series Forecasting of Honey Production in Turkey

Burcu Erdal^{1*}, Tolga Tipi²

^{1*}Bursa Uludağ University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Gorukle, Bursa, Turkey (ORCID: 0000-0002-6839-913X), berdal@uludag.edu.tr

²Bursa Uludağ University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Gorukle, Bursa, Turkey (ORCID: 0000-0002-1090-3639), ttipi@uludag.edu.tr

(First received 3 February 2022 and in final form 29 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1066665)

ATIF/REFERENCE: Erdal, B. & Tipi, T. (2022). Time Series Forecasting of Honey Production in Turkey. *European Journal of Science and Technology*, (35), 417-423.

Abstract

Beekeeping is an essential agricultural activity in socio-economic terms, as it can be done with a small capital, it is an activity where the family workforce can be used well, it can be done without being dependent on the soil, and it is a production branch that increases the income and living standards of the rural population. Considering Turkey's economic conditions in rural areas as well as its ecological richness, sustainable, organized, and conscious beekeeping is seen as an agricultural activity that must be expanded and developed. In this context, considering the data of the years 1966-2019 covering 54 years of honey production, forecasting the future is quite essential in developing policies in this field. This study aims to forecast honey production in Turkey between the years 2020-2029 using the ARIMA model. In the forecasting of future honey production, 54 years of honey production data covering the years 1966-2019 and the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) model were used.

Keywords: Honey, Forecast, Time series, Beekeeping, Turkey.

Türkiye'de Bal Üretiminin Zaman Serileri Tahmini

Öz

Arıcılık, küçük bir sermaye ile yapılabilmesi, aile işgücünün iyi bir şekilde değerlendirilebileceği bir faaliyet olması, toprağa bağımlı olmaksızın yapılabilmesi, kırsal alanda yaşayanların gelirlerini ve yaşam standartlarını yükseltici bir üretim dalı olması nedeniyle sosyo-ekonomik açıdan önemli bir tarımsal faaliyettir. Türkiye'nin gerek kırsal kesimindeki ekonomik koşulları gerekse sahip olduğu ekolojik zenginlik düşünüldüğünde; sürdürülebilir, örgütlü ve bilinçli arıcılık mutlaka yaygınlaşıp geliştirilmesi gereken bir tarımsal faaliyet olarak görülmektedir. Bu bağlamda, 1966-2019 yıllarını kapsayan 54 yıllık bal üretim verileri dikkate alındığında geleceğe ait projeksiyonların yapılması, bu alanda uygulanacak olan politikaların geliştirilmesi açısından oldukça önemlidir. Yapılan bu çalışmada 2020-2029 yılları arasında Türkiye bal üretim miktarının ARIMA model kullanılarak tahmini amaçlanmıştır. Geleceğe yönelik bal üretim miktarı tahmininde 1966-2019 yıllarını kapsayan 54 yıllık bal üretim verileri ve Otoregresif Entegre Hareketli Ortalama (ARIMA) modeli kullanılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bal, Tahmin, Zaman serileri, Arıcılık, Türkiye

* Corresponding Author: berdal@uludag.edu.tr

1. Introduction

In addition to producing products such as honey, beeswax, royal jelly, bee venom, pollen, and propolis, which are extremely valuable in terms of human health and nutrition, beekeeping has vital importance in natural life and plant production with the pollination.

The facts that beekeeping can be done with a small capital, it is an activity where the family workforce can be used well, it can be done without being dependent on the land, and it is a production branch that increases the income and living standards of rural residents both add importance to beekeeping socio-economically and ensure that it takes an integral part in rural development programs in developing countries. Also, beekeeping is an important agricultural activity that should be supported, given its importance in environmental sustainability through pollination.

Beekeeping mainly stands out as a small family business. It is also carried out as a second source of income alongside other agricultural activities. Therefore, beekeeping, which has an important contribution to the national economy and the environment, is carried out extensively in most countries of the world.

Due to the facts that beekeeping is an additional source of income for families who still live in the countryside, is an easy and enjoyable pursuit, honey, which is derived from bees, is used as a valuable nutrient and health resource, can be stored for a long time without spoiling compared to other agricultural products, and can be marketed easily have caused an increased interest in beekeeping in the world and Turkey thus increasing the number of colonies and honey production. The importance of honey and byproducts obtained from beekeeping such as royal jelly, propolis, and pollen in terms of health has become more apparent, and applications of "apitherapy," which is used in the meaning of treatment with bee products, have become more popular.

Generally, with different climatic and natural conditions, numerous beehives with millions of bees, land structure, very rich vegetation, and genetic diversity in honey bee populations, Turkey is a country with considerable potential in beekeeping. Apart from natural bee pastures in Turkey, agricultural lands consist of clover, soya bean, oilseed crops such as sunflower, fruit trees such as apple, citrus, and almonds further increase the chances of Turkey in beekeeping [1].

Although Turkey is in a crucial position among the world countries on the production of honey, beekeeping byproducts production is at a reasonably low level, and there is not enough demand for the production of byproducts.

Considering Turkey's economic conditions in rural areas as well as its ecological richness, sustainable, organized, and conscious beekeeping is seen as an agricultural activity that must be expanded and developed.

The bee products produced in Turkey are good in terms of quality and health, and other goals should be to reduce costs by increasing yield per colony and thus improve competitive power.

Environmental effects of climate change, input costs, insufficient supports, foreign trade policies, and fluctuations in domestic market prices can adversely affect honey production. Foreseeing the future is extremely important in terms of honey

production, especially against the supply-demand and price developments experienced today. Knowing the amount of production will contribute to agricultural planning and development of agricultural policies in line with the realities of the country and development goals. For this reason, there is a need for countrywide studies to estimate the production of agricultural products. There are many studies that estimate the production amount, planting area, price and export of agricultural products using the ARIMA model [2- 3- 4-; 5- 6-7- 8- 9-10- 11- 12- 13-14- 15- 16-17- 18-19].

In case policies and strategies are developed integrating the production and marketing dimensions of beekeeping in Turkey, and they are implemented effectively, Turkey may be able to benefit from its current beekeeping potential. Research on the future of honey production in Turkey will be important in terms of directing the production and determining the measures to be taken to ensure sustainable production. Although studies based on honey production estimation were done before, updating these studies is essential in making new forecasts and seeing the implemented policies' results.

This study aims to determine Turkey's current status in world honey production and estimate the amount of honey production for the next ten years using production quantities in the period 1966-2019. In this study, the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) modeling approach has been adapted to forecast honey production in Turkey. The time series modeling is a valuable tool for production planning and decision-making of support policy by the government in agriculture.

1.1. The Importance of Beekeeping in Turkey

Today, beekeeping is one of the most common agricultural activities in the world. As of 2019, 1,852,598 tons of honey has been produced from 90 million beehives in the world (Table 1). Although India has the highest number of beehives, the leading country in honey production is China, which makes 24% of the total production. Total honey production after China is in Turkey, with a share of about 6% [20].

In 2019, the world average honey production per hive was 20.6 kg. The quantity of production per beehive in Turkey was relatively low at 13.5 kg. China, the world's largest honey producer, was the country with the highest honey production per hive with 48.4 kg.

The best-known bee product after the honey is beeswax. In the production of beeswax, which is used in beekeeping as well as the metal industry, cosmetics industry, textile industry, medicine making, candle making, and many more areas, Turkey's position is within the first five countries. Despite having the greatest number of beehives, India, which has a share of 5.5% in honey production, produces approximately 39% of the total world beeswax production. In 2019, a total of 66,099 tons of beeswax was produced in the world [20].

In 2019, 675,845 tons of honey was imported for 2,029.31 million dollars in the world, whereas 628,202 tons of honey was exported for 1,964.69 million dollars. The countries that import the greatest amount of honey in the world are the USA, Germany, the United Kingdom, Japan, and France. The countries that export the greatest amount of honey are China, Argentina, India, and Ukraine, which also have a say in the production [21].

Turkey, which ranks second in terms of production, could not have a sufficient market in the world honey exports. Turkey

exported only 5,543 tons of honey in 2019 and generated an income of 24,773 thousand dollars [21]. The main reason for this state is that increased honey production costs due to low productivity reduced Turkey's chance of competing in the international market.

Table 1. Number of hives and honey production by country (2019)

Country	Beehives (Number)	Honey Production (tons)	% of World Honey Production	Yield (kg/bee hive)
China	9,230,940	447,007	24.13	48.4
Turkey	8,128,360	109,330	5.90	13.5
Argentina	2,985,026	78,927	4.26	26.4
Iran	7,516,720	75,463	4.07	10.0
USA	2,812,000	71,179	3.84	25.3
Ukraine	—	69,937	3.78	—
India	12,247,332	67,141	3.62	5.5
Russian Federation	3,093,859	63,526	3.43	20.5
Mexico	2,157,866	61,986	3.35	28.7
Ethiopia	6,220,182	53,782	2.90	8.6
Tanzania	2,984,290	30,937	1.67	10.4
Republic of Korea	2,141,015	29,518	1.59	13.8
Romania	1,689,500	25,269	1.36	15.0
World	90,116,413	1,852,598	100.00	20.6

Note: “—” means no available data.

Source: Food and Agriculture Organization (FAO) [20]

Beekeeping in Turkey was carried out by 80,675 producers (families) as of 2019. Due to Turkey’s ecological and socio-economic structure, beekeeping can be made in every region in Turkey. The Aegean, Black Sea, and Mediterranean regions are the most important production regions in terms of both the existence of beehives and production share. In 2019, Turkey’s total number of beehives was 8,128,360 units, honey production was 109,330 tons, while beeswax production was 3,971 tons [22]. There is a decrease in honey yield per beehive over the years (Table 2). Productivity per beehive in the world is the most important indicator for the competitiveness of the beekeeping industry.

2. Material and Method

In this research, 54 years of honey production data obtained from TURSTAT (Turkey Statistical Institute) covering the years 1966-2019 were used.

In the time series analysis, the forecasts obtained by using the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) method were evaluated. For the analysis of time series, the SPSS 23 and Eviews 11 programs were used.

Time series analysis comprises methods for analyzing time-series data to extract meaningful statistics and other characteristics of the data and to forecast future events based on known past events to predict data points before these are measured [23].

Table 2. Number of beehives, honey and beeswax production in Turkey

Years	Number of Beehives (units)	Honey Production (tons)	Honey Yield (kg/bee hive)	Beeswax Production (tons)
1991	3,428,442	54,655	15.9	2,863
1995	3,916,038	68,620	17.5	3,735
2000	4,267,123	61,091	14.3	4,527
2005	4,590,013	82,336	17.9	4,178
2010	5,602,669	81,115	14.5	4,148
2014	7,082,732	103,525	14.6	4,053
2015	7,748,287	108,128	14.0	4,756
2016	7,900,364	105,727	13.4	4,440
2017	7,991,072	114,471	14.3	4,488
2018	8,108,424	107,920	13.3	3,987
2019	8,128,360	109,330	13.5	3,971

Source: Turkish Statistical Institute (TURKSTAT) [22]

Working on future predictions, Box and Jenkins developed the Autoregressive Integrated Moving Average (ARIMA) method in 1970 that is used in the analysis of univariate time series. ARIMA model put forward by Box and Jenkins has been one of the most used time series models for predictions for the future [24-25].

ARIMA models form an important part of the Box-Jenkins method to time series modeling. The general methodology of the Box-Jenkins approach includes the steps of (i) identification of the model, (ii) parameter estimation, and (iii) model diagnostic checking and forecast ARIMA models are homogeneous non-stationary processes. The process of selecting the most suitable (p, d, q) structure in the ARIMA model is called model identification.

The ARIMA model is usually denoted as ARIMA (p, d, q), in which p is the order of the autoregression (AR) component, d is the order of the differencing process to form a stationary times series (I), and q is the order of the moving average (MA) process. In an ARIMA model, the value of Y at time t is estimated as the equation

$$Y_t = \mu + \varphi_1 Y_{t-1} + \dots + \varphi_p Y_{t-p} - \theta_1 e_{t-1} - \dots - \theta_q e_{t-q}$$

where Y_t is the value at time t, φ is the AR parameter, and θ is the MA parameter.

The major problem in the ARIMA modeling technique is to choose the most appropriate values for p, d, and q. This problem can be partially resolved by looking at the Auto Correlation Function (ACF) and Partial Auto Correlation Functions (PACF) for the series (Iqbal et al., 2005). The order of AR(p) is identified by partial autocorrelation function (PACF) while the order of MA(q) is identified by autocorrelation function (ACF) [3].

In the estimations made by the ARIMA method, the value of the series at any time is determined by a linear equation consisting of values belonging to the previous period and error terms. It is accepted that the variance of the series used in the model is constant and its mean is zero, that is, the series is stationary.

To analyze the ARIMA model, first of all, the reasons that distort the stationarity should be eliminated and the data series should be made stationary. The process of making the time series stationary is done by taking the first and second differences of the series. Whether the series has become stationary with the process of taking differences is determined by Augmented Dickey-Fuller Test or autocorrelation (ACF) and partial autocorrelation (PACF) plots.

Autocorrelation (ACF) and partial autocorrelation (PACF) functions were taken into consideration to define the most suitable ARIMA model, and the significance of the most suitable p, d, and q parameters were checked. If the predictive power of a model is found to be insignificant, it cannot be used in forward-looking predictions.

Some statistical tests are used to determine the adequacy and predictive power of the model. The Normalized Bayesian information criterion (NBIC), the R², stationary R² Root Mean Square Error (RMSE), the Mean Absolute Percentage Error (MAPE), Mean absolute error (MAE), and the Ljung – Box Q statistic are used to test for the adequacy and statistical appropriateness of the model [26].

The stationary R² is a measure that compares the stationary part of the model to a simple mean model. This measure is preferable to ordinary R² when there is a trend or seasonal pattern. Similarly, R² estimates the proportion of the total variation in the series explained by the model [23]. This measure is most useful when the series is stationary. The RMSE shows low values indicating accuracy in model performance. Normalized BIC is a general measure of the overall fit of a model and has been widely used for model identification in time series and linear regression analysis. It is closely related to the Akaike information criterion (AIC). Lower values of the NBIC and RMSE and high values of R² were preferable. The low RMSE indicates a good fit for the model [27 -7- 28] Also, the higher value of the R² indicates a perfect prediction over the mean.

The following equations were used to test the model:

$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^n \left| \frac{Y_t - F_t}{Y_t} \right|}{n} \times 100$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n-k} \sum_{t=1}^n (Y_t - F_t)^2}$$

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |Y_t - F_t|$$

$$NBIC = \ln(\sigma^2) + k \frac{\ln(n)}{n}$$

$$R^2 = 1 - \frac{\text{Error sum of square}}{\text{Total sum of square}}$$

where Y_t = Actual observation for time t, F_t = Forecast for the same period, n= number of observations, σ² = the variance of the prediction error, k= the total number of parameters in the model, and n denotes the number of observations.

The adequacy of the selected model is checked by doing a chi-square test, known as the Ljung-Box Q statistic, on the autocorrelations of the residuals [9].

$$Q = n(n + 2) \sum_{k=1}^m \frac{r_k^2}{n-k}$$

where n is the number of observations, r_k is the estimated autocorrelation of the series at lag k = 1, 2..., m, and m is the number of lags being considered.

The hypothesis of Ljung - Box test is:

H₀: Residual is white noise

H₁: Residual is not white noise

If the sample value of Q exceeds the critical value of a χ² distribution with h degrees of freedom, then at least one value of r is statistically different from zero at the specified significance level, and the null hypothesis is rejected. The model should have been considered inadequate. Here the degrees of freedom, h = (m–p–q); p and q are the numbers of AR and MA terms, respectively.

3. Results and Discussion

In this study, the production amounts for the next 10-year period are estimated by using the ARIMA model with 54-year honey production series. The autoregressive integrated moving average (ARIMA) model is considered to be one of the best models when the data consists of at least 50 observations.

To apply the ARIMA model to time series data, firstly, the stationarity analysis should be done. The fluctuation of the production indicates that the dataset is non-stationary. It can also be visualized from the plot of ACF and PACF (Figure 1).

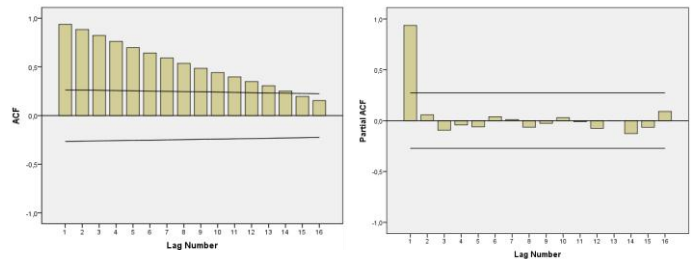


Figure 1. ACF and PACF of the honey production data series

Also, Augmented Dickey-Fuller (ADF) stationarity test was performed to test the stationarity of the series (Table 3). According to the results of the stationarity analysis test results, no stationarity was found in the data of the time series, and the series was made stationary by taking the first differences of the series (Table 3).

Table 3. ADF Unit Root Test Results

Original series	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-3.133940	0.1101
Test critical values:	1% level	-4.156734
	5% level	-3.504330
	10% level	-3.181826
First differentiated series	t-Statistic	Prob.*
Augmented Dickey-Fuller test statistic	-7.925234	0.0000
Test critical values:	1% level	-4.148465
	5% level	-3.500495
	10% level	-3.179617

When only the first-order differences of the series were taken, the degree of difference was determined as d = 1, since the stationarity was provided.

The values of p for AR and q for MA in ARIMA estimation were determined from the ACF and PACF graphs. PACF gives p value for AR, and ACF gives q value for MA. In determining the most suitable model for the data, the ACF and PACF charts of the series's first difference were examined (Figure 2).

The PACF graph reveals that the first two lag is significant. Then it is seen that the size of the relationship decreases and approaches zero. When the ACF graph was examined, it was seen that many lags were significant (Figure 2).

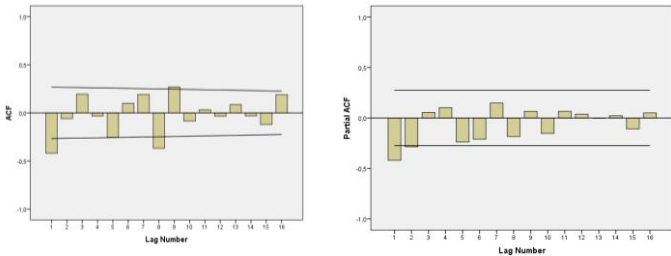


Figure 2. ACF and PACF of the first differentiated honey production data series

The SPSS 23 Expert Modeler was used to fit the model to the data. To decided on the most suitable model, the significance test results of the coefficients in the models and the concordance between the prediction series and the original series were examined. According to the first difference data, the fixed term AR (2) MA (0) model was determined as the best model. Thus, ARIMA (2, 1, 0) model, including AR (2), I (1), and MA (0), was used for future honey production estimation (Table 4).

The results of the analysis show that the parameters of the ARIMA (2,1,0) model are statistically significant ($p < 0.05$). The AR (1) coefficient ϕ_1 was estimated to be -0.539 with a standard error of 0.136 and a t-statistic of -3.963 while the AR (2) coefficient ϕ_2 was estimated to be -0.296, with a standard error of 0.140 and a t-statistic of -2.122. The constant was estimated to be 1887.322 with a standard error of 352.976 and a t-statistic of 5.347.

Table 4. Parameter estimate of the ARIMA (2, 1, 0) model

	Var.	Coef.	S.E.	t-Stat.	P
ARIMA (2,1,0)	C	1887.322	352.976	5.347	0.000
	AR(1)	-0.539	0.136	-3.963	0.000
	AR(2)	-0.296	0.140	-2.122	0.039
Stationary R ²		0.248		MAPE	7.945
R ²		0.978		NBIC	17.118
RMSE		4659.381		MAE	3609.169

According to the calculations made, the MAPE value was found to be 7.945. "Mean Absolute Percentage Error (MAPE)" statistic value is used to make the prediction accuracies and to determine the future predictive power of the model [29]. Models with a MAPE value of less than 10% are classified as very good, models between 10-20% as good, models between 20-50% acceptable, and models with a MAPE value above 50% as wrong and incorrect [15].

The low value of RMSE indicates a good fit for the model. Also, the high value of the R-Squared indicates a perfect prediction over the mean. The adequacy and significant appropriateness of the model were confirmed by exploring the

Normalized Bayesian Information Criterion (NBIC). The ARIMA (2,1,0) model had the least BIC value of 17.118.

The model can also be checked for adequacy by doing a chi-square test, known as the Ljung-Box Q statistic, on the autocorrelations of the residuals (Table 5).

The diagnostic check involved testing whether the residuals from the estimated equations are white noise. All chi-Squared statistics in this concern calculated using the Ljung&Box (1978) formula showed above that the residual ACFs were not significantly different from zero, as shown in Table 5.

Table 5. Diagnostic checking of residual autocorrelations of the selected ARIMA model

Model	Ljung-box Q Statistic		
ARIMA (2,1,0)	Statistic	df	Prob.
	18.802	16	0.279

For this model $Q = 18.802$. The 10% and 5% points of chi-square with 16 degrees of freedom are 23.50 and 26.30, respectively. Therefore, since Q is not unduly large and the evidence does not contradict the hypothesis of White Noise behavior in the residuals, the model is very much adequate and significantly appropriate.

One of the adequately fitted model indicators is that of scattered residuals in a rectangular shape around the zero at a horizontal level. The ARIMA model (2,1,0) is adequate because the residual ACF plots and PACF in figure 3 show a random variation. Thus, from the origin zero (0), the points below and above are all uneven. Hence the model fitted is adequate.

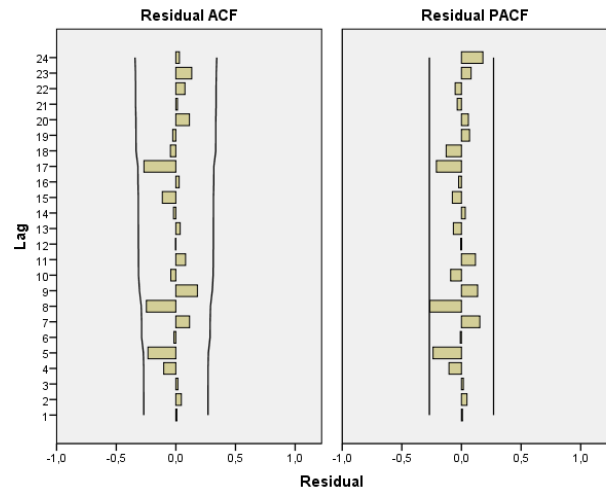


Figure 3. ACF and PACF of the Residuals

Observed and fit values are shown in figure 4. Fit values estimated by ARIMA (2,1,0) model and observed values show a good harmony.

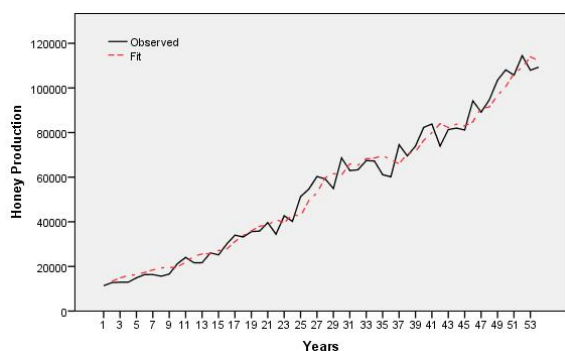


Figure 4. Observed and fit values of Honey production

The forecasted values for the honey production are obtained from respective best fit ARIMA model are presented in Table 6 shows that honey production shows an increase in their forecasted values from 2020 to 2029. These projections were based on the following assumptions [2]): a) Agricultural price structure and policies will remain unchanged. b) Consumer preferences will remain the same. c) Absence of random shocks in the economy, internal or external.

4. Conclusions and Recommendations

It is important to make production planning to meet the increasing demand for food products with population growth. For this purpose, prospective production estimates are made within the framework of current agricultural policies. These forecasted production values help the government to make policies concerning relative price structure, production, and consumption.

Today, beekeeping is one of the most common agricultural activities in the world. In general, Turkey has a great beekeeping potential in terms of different climatic and natural conditions, terrain, very rich vegetation, and genetic diversity in honey bee populations. Besides its use as human food, beekeeping is a crucial sector that increases the welfare level of the people living in rural areas and ensures the continuity and productivity of natural balance and agricultural production.

Table 6. Honey production forecasts with the ARIMA (2,1,0) model (tons)

Years	Forecasted production	Lower Confidence Limit	Upper Confidence Limit
2020	113,973	104,616	123,330
2021	114,516	104,213	124,820
2022	116,312	105,162	127,462
2023	118,647	106,087	131,207
2024	120,320	106,809	133,831
2025	122,190	107,797	136,583
2026	124,150	108,844	139,457
2027	126,003	109,876	142,131
2028	127,888	110,980	144,795
2029	129,787	112,122	147,452

An increase in production is observed in Turkey, but due to the mistakes made in feeding bees and environmental problems, and climate change, which are global problems, production increase has fallen behind the increase in the number of beehives. There is a decrease in the yield per beehive.

Considering Turkey’s rural economic conditions and its ecological richness, sustainable, organized, and conscious beekeeping is an agricultural activity that must be supported. The social, environmental, and economic contributions of beekeeping to countries’ economies should be considered.

Honey production estimates were made for ten years, covering the years 2020-2029 with the ARIMA (2,1,0) model, which was obtained by considering the honey production data of 1966-2019. Under current conditions, it is estimated that honey production in Turkey will increase by approximately 19% in 2029 compared to 2019. Although the estimated increase in honey production is expected to meet the domestic demand, the demand for other honey byproducts will likely increase more rapidly with changing consumer preferences. Compared with the current situation in the world, Turkey’s honey production per beehive is low, and the country has almost no international trade of honey products.

Although there is government support in Turkey related to beekeeping, there is a need for new support policies regarding production quantity, yield per beehive, and the production of bee products other than honey. Encouraging the production of these byproducts and honey will increase the income of producers and by making beekeeping more attractive, it will increase the production of both these byproducts and honey. Fulfilling beekeeping products' export potential after meeting the domestic market demand is especially important for the country’s economy.

The major factor affecting honey export is reported to be its price, increasing concerns, including over food reliability and residues, currently, cause trade restrictions to be imposed on many countries in international trade. It is noted that consumers are willing to pay higher prices for quality honey [17]. Therefore, high-quality honey produced by conscious and organized producers can be exported especially to European Union countries at high prices. Beekeeping supports should be arranged in a way to take into account both the quality characteristics and the amount of production of the product, and it should encourage producer organization and branding in honey. The organization is important for the marketing, promotion, and competitiveness of honey that can be consumed safely.

5. Acknowledge

This study was not supported by any institution.

References

- [1] Kekeçoğlu, M., Gürcan, E. K., Soysal, M. (2007). The Status of Beekeeping for Honey Production in Turkey. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, Vol 4(2).
- [2] Iqbal, N., Bakhsh, K., Maqbool, K., Ahmad, A.S. (2005). Use Of The ARIMA Model For Forecasting Wheat Area And Production In Pakistan. *Journal Of Agriculture & Social Sciences* (1813-2235), Vol:1(2):120-122.
- [3] Amin, M., Amanullah, M., Akbar, A. (2014). Time series modeling for forecasting wheat production of Pakistan. *The Journal of Animal & Plant Sciences*, 24(5): 1444-1451.
- [4] Sivasankari, B., Vasanthi, R., Kalpana, M. (2020). A statistical modeling approach of area, production and productivity of maize crop in Dindigul district. *International Journal of Chemical Studies*, 8, 718-721.
- [5] Rahman, N.M. (2013). Modeling on Grass Pea and Mung Bean Pulse Production in Bangladesh Using ARIMA Model.

- IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 6, 20-31.
- [6] Prabakaran, K., Sivapragasam, C. (2014). Forecasting areas and production of rice in India using ARIMA model. *International Journal of Farm Sciences*, 4, 99-106.
- [7] Rahman, N., Hasan, M., Hossain, M., Baten, M., Hosen, S., Ali, M.K. (2016). Forecasting Aus Rice Area and Production in Bangladesh using Box-Jenkins Approach. *Bangladesh Rice Journal*, Vol. 20(1): 1-10.
- [8] Wali, V.B., Beerladdin, D., Lokesh, H. (2017). Forecasting of Area and Production of Cotton in India: An Application of ARIMA Model, *Int. J. Pure App. Biosci.* 5(5): 341-347.
- [9] Mahapatra, S., Satapathy, A. (2019). An application of box-jenkins methodology for forecasting of green gram productivity in Odisha. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, Vol: 8(3): 4383-4387.
- [10] Jambhulkar, N. (2013). Modeling of Rice Production in Punjab using ARIMA Model. *International Journal of Scientific Research*. Vol: 2(8), 1-4.
- [11] Mamata, M. A., Bharti, D. (2020). Forecasting of Barly production in India using ARIMA Model. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, Vol:9(1), 1193-1196.
- [12] Verma, U., Koehler, W., Goyal, M. (2012). A study on yield trends of different crops using ARIMA analysis. *Environment and Ecology*, 30(4A):1459-1463.
- [13] Özer, O.O., İlkdoğan, U. (2013). The World Cotton Price Forecasting By Using Box-Jenkins Model. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, Vol:10(2): 13-20.
- [14] Berk, A. Uçum, İ. (2019). Forecasting of Chickpea Production of Turkey Using ARIMA Model. *Journal of the Institute of Science and Technology*, Vol:9(4): 2284-2293.
- [15] Caner, C.B., Engindeniz, S. (2020). Estimating of Cotton Production of Turkey Using ARIMA Model. *Turkish Journal of Agricultural Economics*, Vol: 26 Issue: 1 Page: 63-70.
- [16] Burucu, V., Gülse Bal, H.S. (2017). Current State of Beekeeping and Forecasting of Honey Production in Turkey. *TEAD*, Vol:3(1): 28-37.
- [17] Çevrimli, M.B., Arıkan, M.S., Tekindal, M.A.(2020). Honey price estimation for the future in Turkey; example of 2019-2020. *Ankara Üniv. Vet. Fak. Derg.*, Vol:67, 143-152.
- [18] Saner, G., Adanacıoğlu, H., Naseri, Z. (2018). Forecasting Honey Supply and Demand in Turkey. *Turkish Journal of Agricultural Economics*, Vol: 24(1), Page: 43-51.
- [19] Abacı, N.İ., Abacı, S.H., Bryık, S. (2020). Forecast for the Number of Colonies and Honey Yield in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(2): 464-470.
- [20] Food and Agriculture Organization (FAO). (2020a). Livestock Primary. Available from: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>. Accesses: Jan. 18, 2021.
- [21] Food and Agriculture Organization (FAO). (2020b). FAO Crops and Livestock Products. Available from: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/TP>>. Accesses:Jan. 18, 2021.
- [22] Turkish Statistical Institute (TURKSTAT). (2020). Annual Animal Production Statistics (Apiculture). Available from: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Agriculture-111>. Accesses:Jan. 18, 2021.
- [23] Soni, K., Parmar, K.S., Kapoor, S. (2015). Time series model prediction and trend variability of aerosol optical depth over coal mines in India. *Environ Sci Pollut Res* 22, pp.3652–3671.
- [24] Zhang, G.P. (2003). Time series forecasting using a hybrid ARIMA and neural network model. *Neurocomputing*, Volume 50, Pages 159-175.
- [25] Pai, P.F., Lin, C. S. (2005). A hybrid ARIMA and support vector machines model in stock price forecasting, *Omega*, Volume 33, Issue 6, Pages 497-505.
- [26] Clement, E.P. (2014). Using normalized Bayesian information criterion (BIC) to improve Box-Jenkins model building. *American Journal of Mathematics and Statistics*, 4(5), pp. 214-221.
- [27] Hassan, M.F., Islam, M.A., Imam, M.F., Sayem, S.M. (2011). Forecasting Coarse Rice Prices in Bangladesh. *Progressive Agriculture*, 22(1 & 2): 193 – 201.
- [28] Pham, H. (2019). A New Criterion for Model Selection. *Mathematics*, Vol:7(12), 1215.
- [29] Wong, J.M., Chan, A.P., Chiang, Y.H. (2005). Time series forecasts of the construction labour market in Hong Kong: the Box-Jenkins approach. *Construction Management and Economics*, 23(9): 979-991.



Phenolic Composition, *In-vitro* Antioxidant and Enzyme Inhibition Activities of *Cardaria draba* Different Parts

Nuraniye Eruygur^{1*}, Fatma Ayaz², Yavuz Bağcı³, Ebru Güler⁴, Esra Maltaş Çağıl⁵

¹ Selçuk University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmacognosy, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-4674-7009), nuraniye.eruygur@selcuk.edu.tr

² Selçuk University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmacognosy, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0003-3994-6576), fatmaayaz88@hotmail.com

³ Selçuk University, Faculty of Pharmacy, Department of Pharmaceutical Botany, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2343-3672), ybagci66@gmail.com

⁴ Selçuk University, Faculty of Pharmacy, Department of Analytical Chemistry, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0002-1230-2810), gulerebru23@gmail.com

⁵ Selçuk University, Faculty of Pharmacy, Department of Biochemistry, Konya, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7574-6016), emaltas42@gmail.com

(First received 10 February 2022 and in final form 30 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1062109)

ATIF/REFERENCE: Eruygur, N., Ayaz, F., Bağcı, Y., Güler, E. & Çağıl, E.M. (2022). Phenolic Composition, *In-vitro* Antioxidant and Enzyme Inhibition Activities of *Cardaria draba* Different Parts. *European Journal of Science and Technology*, (35), 424-431.

Abstract

The plant *Cardaria draba* (L.) Desv. subsp. *draba* (Brassicaceae), is traditionally used for various ailments in different cultures. We investigated different solvent extracts such as methanol, ethanol, and water extracts obtained from flowers, leaves, stems, and roots of *C. draba* for their chemical composition, as well as antioxidant and enzyme inhibition activities of acetylcholinesterase (AChE), butyrylcholinesterase (BChE), α -glucosidase, α -amylase, and tyrosinase). RP-HPLC technique was used to determine the phenolic profile of each extracts. The antioxidant activities of the extracts were determined by using DPPH and ABTS method, total phenol and flavonoid content analysis, and iron chelating assay. Enzyme inhibitory potential was evaluated by 96-microplate method. According to the results, aqueous extract of flower demonstrated the highest total phenolic content (64.32 μ gGAE/ mg), while leaf ethanol extract showed the highest total flavonoid content (141.47 μ gQE/ mg) among all extracts. The methanol, and water extracts of flowers were the most effective DPPH scavenger while aqueous extract of flower was the most active on ABTS scavenging. It is shown that the extracts possess promising activity against α -glucosidase than α -amylase enzyme. The methanolic extract of flower showed anti-acetylcholinesterase activity, and the ethanolic extract of the stem exhibited the best anti-butrylcholinesterase activity among the 12 extracts. As for the anti-tyrosinase activity, higher kojic acid equivalent values were found for the aqueous extracts of roots and leaves. In conclusion, the data obtained from this study may serve as the basis for the bioassay-guided isolation of active compounds and the development of novel drugs from *Cardaria draba*.

Keywords: *Cardaria draba*, Antioxidant activity, Enzyme inhibition, HPLC

Cardaria draba'nın Farklı Kısımlarının Fenolik Bileşimi, *İn-Vitro* Antioksidan ve Enzim İnhibisyon Aktiviteleri

Öz

Cardaria draba (L.) Desv. subsp. *draba* (Brassicaceae) bitkisi geleneksel olarak farklı kültürlerde çeşitli rahatsızlıklar için kullanılmaktadır. *C. draba*'nın çiçek, yaprak, gövde ve köklerinden elde edilen metanol, etanol ve su gibi farklı solvent ekstratlarının kimyasal bileşimleri ile antioksidan aktivitesi ve asetilkolinesteraz (AChE), butirikolinesterazın (BChE), α -glukosidaz, α -amilaz ve tirozinaz enzimleri üzerindeki inhibisyon aktivitelerini araştırdık. Her ekstrenin fenolik profilini belirlemek için RP-HPLC tekniği kullanıldı. Ekstrelerin antioksidan aktiviteleri ise DPPH ve ABTS yöntemi, toplam fenol ve flavonoid içerik analizi ve demir şelatlama deneyi kullanılarak belirlendi. Enzim inhibitör potansiyeli 96-mikroplaka yöntemi ile değerlendirildi. Sonuçlara göre, çiçek ekstresi en yüksek toplam fenolik içeriği (64.32 μ gGAE/ mg) gösterirken, yaprak etanol ekstresi ise tüm özütler arasında en yüksek toplam flavonoid içeriğine (141.47 μ gQE/ mg) sahip olduğu tespit edilmiştir. Çiçeklerin metanol ve su ekstratları en etkili DPPH

* Corresponding Author: nuraniye.eruygur@selcuk.edu.tr

süpürücü iken, çiçeklerin sulu ekstraktı ABTS süpürmede en aktifti. Ekstraktların α -glukosidaza karşı α -amilaz enziminden daha umut verici aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir. Çiçeğin metanolik özütü, anti-asetilkolinesteraz aktivitesi gösterdi ve gövdenin etanolik özü, 12 özüt arasında en iyi anti-bütirikolinesteraz aktivitesi göstermiştir. Anti-tirozinaz aktivitesine gelince, kök ve yaprakların sulu ekstraktları için daha yüksek kojik asite eşdeğer değerleri bulundu. Sonuç olarak, bu çalışmadan elde edilen veriler, aktif bileşiklerin biyo-aktivite rehberli izolasyonu ve *Cardaria draba*'dan yeni ilaçların geliştirilmesi için temel niteliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: *Cardaria draba*, Antioksidan aktivite, Enzim inhibisyon, YBSK

1. Introduction

The plant *Cardaria draba* L. (Synonym: *Lepidium draba* L.) belongs to Brassicaceae family, commonly known as hoary cress and traditionally used for various ailments in different cultures (Roughani et al., 2018). The name of genus comes from heart shaped fruits in Greeks (Halimi, 2014). Previous studies of *C. draba* have been reported its secondary metabolites such as flavonoids, phenolics, glucosinolates and alkaloids (Fréchar et al., 2002; Senatore et al., 2003; Mahomoodally et al., 2018). Different biological activities of *C. draba* extracts were also reported (Sharifi-Rad et al., 2015; Ouisse et al., 2018; Seebaluck-sandoram et al., 2019; Bicha et al., 2016; Naser et al., 2019; Kaya et al., 2015).

Alzheimer's disease is the most common neurodegenerative disorder among elder people. In the pathology of this disease, cholinergic theory is accepted that the decrease in the amount of acetylcholine, an important neurotransmitter, has been observed in patients. Acetylcholinesterase (AChE) inhibitors have been one of the therapeutic strategies in the treatment of Alzheimer's disease (Askin et al., 2017). To date, the inhibitory effects of many plant extracts on cholinesterase have been investigated (Yildiztekin et al., 2015).

Tyrosinase is a copper containing enzyme involved in melanin biosynthesis. Its inhibitors have been extensively studied from natural resources due to relationship with Parkinson's disease and skin whitening effect (Neagu et al., 2015). The tyrosinase inhibitors can be used in medicine, cosmetic and food industry for developing new products. As a result, the search on determination of natural sources including the compounds responsible for the tyrosinase inhibitory activity is increasing day by day (Namjoan et al., 2016).

Medicinal plants have been used as a source of therapeutic agents throughout human history (Boutemak et al., 2015; Benahmed-Bouhafoun et al., 2015). Today they become a potential source for identification of biological active compounds for a variety of human ailments. In this study, the different solvent extracts (methanol, ethanol and aqueous) from different parts (flowers, leaves, stems and roots) of *C. draba* from Turkey were investigated in terms of their chemical composition, antioxidant, and enzyme inhibition activities for the first time.

2. Material and Method

2.1. Plant materials

The plant material was collected from Konya, located in inner Anatolia of Turkey in June 2018 (C4 Konya: Between Konya and Sarayönü, Dokuz village location, 1050-1100m, 18.06.2018) and authenticated by the botanist Prof. Dr. Yavuz Bağcı of Selçuk University. The voucher specimen (Y. Bağcı

4180) was maintained in the KNYA herbarium of the Selçuk University.

2.2. Preparation of extracts

The plant material was dried at the shade for about two weeks and powdered by laboratory type mill. The different parts (10g) of *Cardaria draba* L. (flower, stem, root and leaf) were macerated separately with methanol, ethanol and water at room temperature for 24 h. After filtration, the plant residue was extracted twice with the same solvent. After the filtrate were combined, the solvent was evaporated under low pressure at 40 °C. The yield of the extracts was given in Table 3. All the extracts stored at -20°C until further experiments.

2.3. Chemical composition

The phenolic compounds in different extracts of *C. draba* were qualitatively and quantitatively analyzed by HPLC-DAD. An Agilent 1200 liquid chromatography (LC) system with diode array detector (DAD) (Agilent Technologies, Wilmington, DE, USA) was employed for this purpose. The separation of phenolic compounds in different extracts was performed by an ACE-C18 (4.6 mm × 250 mm; 5 µm) column. The mobile phase comprised of solvent mixtures were (A) ultra-pure water with 0.1% acetic acid, (B) ultra-pure water with 0.1% methanol and (C) ultra-pure water with 0.1% acetonitrile, respectively. The injection volume was 10 µL and detection wavelength was set at 280nm. The flow rate was 0.8 ml. min⁻¹. The column temperature was maintained at 40 °C. The gradient elution program was as follows: 0-8 min 80:12:8 A: B: C. 75:15:10 at 8-10min, 70:18:12 at 10-24 min, 65:20:15 at 24-32 min, 50:35:15 at 32-40 min, 25:60:15 at 40-45 min and then back to 80:12:8 to recondition the column for 5 min.

2.4. In-vitro antioxidant activity

The antioxidant activity of the different extract was assayed by DPPH and ABTS methods, total phenol and flavonoid content, and iron chelating assay.

2.4.1. DPPH radical scavenging activity

The DPPH radical scavenging activity of extracts obtained from *C. draba* different parts was investigated by colorimetric method (Clarke et al., 2013). Briefly, 180 µL of 0.1mM DPPH solution prepared in methanol was added to 40 µL of sample solutions at different concentrations (0, 50, 100, 250, 500, and 1000 µg/mL). After 30 min, the absorbance was read at 517 nm. The DPPH free radical scavenging potential was calculated using the following equation:

$$\text{Inhibition \%} = (\text{Acontrol} - \text{Asample}) / \text{Acontrol} \times 100.$$

2.4.2. ABTS radical scavenging activity

Firstly, the ABTS⁺ stock solution was produced by reacting 7 mM ABTS in H₂O with 2.45 mM potassium persulfate in the dark for 16 h. The working solution was prepared freshly from

the stock by diluting with methanol to get an absorbance of 0.70 ± 0.02 at 734 nm. Then 180 μL of ABTS⁺⁺ solution was added to 20 μL of sample solution at different concentrations. After 10 min, the absorbance of the mixture was read at 734 nm (Re et al., 1999).

2.4.3. Total phenol content

The concentrations of phenolic contents of the extract were estimated with Folin-Ciocalteu method and expressed as gallic acid equivalents (mg GAE/g) as dry weight basis and the values were presented as means of triplicate analyses² (Elizabeth, 2007).

2.4.4. Total flavonoid content

The concentrations of flavonoid contents in the extract were determined using aluminum chloride colorimetric method and expressed as gallic acid equivalents (mg GAE/g) as dry weight basis (Bag et al., 2015).

2.4.5. Iron chelating assay

The ferrous ion chelating activity of the methanol extracts was evaluated by monitoring the decrease in absorbance at 562 nm of the iron (II)-ferrozine complex. Briefly, 50 μL of 0.1mM FeSO₄ was added to 50 μL sample or positive control- EDTA at different concentrations, followed by 100 μL of 0.2 mM ferrozine. The mixture was allowed to equilibrate for 10 min before measuring the absorbance at 562 nm. The ability of the sample to chelate ferrous ion was calculated relative to the control (Chai et al., 2014).

2.5. Enzyme inhibition activity

2.5.1. Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase inhibitory activity

Estimation of anticholinesterase inhibitory activity of the extracts was performed by *in vitro* assays described previously (Ellman et al., 1961; Eruygur and Uçar, 2018). All samples were prepared their stock solution by dissolving in methanol at 5000 $\mu\text{g/mL}$ concentration. Aliquots of 140 μL of 0.1 M phosphate buffer (pH 8.0), 20 μL sample solution at different concentration, and 20 μL of AChE/BChE solution were mixed and incubated for 10 min at room temperature and 10 μL of 0.5mM DTNB was added. The reaction was then initiated by the addition of 10 μL of 0.71 Mm acetylthiocholine iodide (or 0.22 Mm butyrylthiocholine iodide) as substrate. After incubation for 10 min, the hydrolysis of the substrate was monitored using a Multiscango (Thermo scientific) Elisa reader at 412nm. Galanthamin was used as positive control.

2.5.2. α -glucosidase inhibitory activity

The α -glucosidase (*Saccharomyces cerevisiae*, EC3.2.1.20, Sigma) inhibitory activity was evaluated according to a previously described method (Yang et al., 2015) with minor modifications. 100 μL of 0.2 U/ml α -glucosidase solution in 0.1M phosphate buffer (pH 6.8) was incubated with 50 μL of extract or acarbose at different concentrations at 37°C for 15 min. Then, 50 μL of 5mM pNPG (*P*-nitrophenyl- α -D-glucopyranoside) was added as substrate and the absorbance change was recorded at 405 nm after 30 min of incubation. Acarbose was used as positive control and phosphate buffer was used as control instead of sample.

2.5.3. α -amylase inhibitory activity

α -amylase inhibitory activity was assayed according to the procedure described by Özek et al. with as minor modification (Özek, 2018). Amylase activity was determined using soluble starch (1%) as a substrate in 20 mM potassium phosphate buffer (pH 6.9). Briefly, 25 μL of extract or acarbose at different concentrations, 50 μL of α -amylase solution (0.8 U/ml) was mixed with 50 μL of the potassium phosphate buffer. After incubation at 37 °C for 10 min, 50 μL of the starch solution (1%) was added and the mixture re-incubated at 37 °C for 20 min. The reaction was terminated by adding 25 μL of HCl and then by adding of 100 μL of I₂/KI solution and absorbance of the extracts was measured at 630 nm.

2.5.4. Tyrosinase inhibitory activity

Tyrosinase inhibitory activity of extracts was determined spectrophotometrically using mushroom tyrosinase (Kim et al., 2005) with slight modification. L-tyrosine was used as substrate and kojic acid was used as standard inhibitors of tyrosinase. The percent inhibition of tyrosinase and IC₅₀ values were calculated using a calibration curve developed from the tyrosinase inhibitory activity as percentages (inhibition %) against sample concentrations ($\mu\text{g/mL}$).

2.6. Statistical analysis

All data on the biological activity tests were the average of triplicate analyses (mean \pm SD). All antioxidant and enzyme inhibitory activity tests were carried out for six concentrations and the results are expressed as IC₅₀. The significant differences ($p < 0.05$) between the tested samples was evaluated with One-way ANOVA followed by Tukey's multiple range.

3. Results and Discussion

3.1. Chemical composition of phenolic

The detection and quantitative analysis of phenolic substances are extremely important for plants to excipient in food supplements or pharmaceutical preparations. HPLC method is the most widely used in qualitative and quantitative analysis of plant extracts, drugs, pesticides, and biological samples. The phenolic profiling of *C. draba* extract by HPLC-DAD, was reported for the first time. As shown in Figure 1, 18 mixed standards were successfully separated under the optimized gradient elution program. A representative chromatogram of the identified phenolic compounds in *C. draba* extracts was also presented in Figure 2. In the current study, sinapic acid was the most dominant phenolic compounds detected in all the *C. draba* extracts except root aqueous extract which included more abundantly caffeic acid. High antioxidant activity is attributed to high amount of total phenolic content (Ceylan et al., 2015). The leading phenolic compound found in *C. draba* flower extract was sinapic acid, ranging from 8009.17-14331.25 $\mu\text{g/g}$ dry weight, followed by root methanol extract (1638.21 $\mu\text{g/g}$ dw) and leaf ethanol extract (1120.23 $\mu\text{g/g}$ dw). Caffeic acid was also found to be as major phenolic compound in flower aqueous extract (7511.94 $\mu\text{g/g}$ dw).

Table 1. The content of phenolic compounds in the methanol, ethanol and water extracts of different part of *Cardaria draba* ($\mu\text{g/g}$, $n=3$)

Analyte	Retention time (min)	Samples											
		CDSM	CDSE	CDSA	CDFM	CDFE	CDFA	CDRM	CDRE	CDRA	CDLM	CDLE	CDLA
Gallic acid	4.69	-	298.02	-	58.12	275.17	442.87	66.43	57.90	221.20	73.44	619.79	73.984
3,4-dihydroxy benzoic acid	6.98	124.19	369.96	192.29	236.41	243.88	318.19	94.02	90.65	150.40	-	241.24	182.46
Catechin	7.97	208.19	136.42	114.72	138.81	282.53	365.23	130.50	119.12	128.94	-	342.15	-
Chlorogenic acid	8.79	110.72	92.11	-	133.88	125.40	92.27	106.47	61.08	-	-	-	-
4-hydroxy benzoic acid	10.65	79.63	144.29	-	870.19	376.00	941.29	91.18	-	871.27	-	244.61	-
1,2-dihydroxy benzene	11.09	3.46	120.07	174.50	286.79	262.37	432.26	175.85	115.98	281.73	83.019	167.74	223.54
Epicatechin	11.40	128.69	133.92	109.87	105.58	152.82	-	106.30	-	-	-	-	166.61
Vanilic acid	11.80	10.927	9.957	13.035	-	-	83.0295	-	-	15.736	-	10.231	26.934
Caffeic acid	12.18	1006.51	1086.94	370.25	543.795	851.36	7511.94	407.49	451.10	332.4	346.81	1626.86	351.10
Vanilin	17.63	-	26.23	24.282	29.298	-	22.845	-	-	-	-	-	-
<i>p</i> -Cumaric acid	18.27	-	11.031	13.556	226.09	7.334	23.126	-	-	-	-	7.965	9.561
Sinapic acid	19.17	515.86	987.23	190.56	14331.25	18497	8009.17	1638.21	175.59	-	120.75	1120.23	119.43
<i>Trans</i> -Ferulic acid	20.07	33.734	36.149	27.967	710.65	1573.41	753.68	107.32	-	-	-	46.674	34.42
Elagic acid	21.17	300.59	35.918	-	28.042	-	41.086	102.41	-	-	14.672	24.755	-
Rutin	22.40	100.59	104.24	101.99	148.22	174.78	102.82	204.13	-	-	-	108.82	-
Salicylic acid	32.88	178.48	476.05	263.07	201.59	639.66	1415.39	-	-	-	-	612.18	356.48
Quercetin	36.26	-	97.79	74.722	322.17	128.78	72.06	37.649	-	86.89	38.022	-	-
Campherol	39.97	-	99.43	94.95	137.60	148.07	82.86	145.79	-	89.00	-	179.48	-

Not: CDSM: methanol extract of stems; CDSE: ethanol extract of stems; CDSA: aqueous extract of stems; CDFM: methanol extract of flowers; CDFE ethanol extract of flowers; CDFA: aqueous extract of stems; CDRM: methanol extract of roots; CDRE: ethanol extract of roots; CDRA: aqueous extract of roots; CDLM: methanol extract of leaves; CDLE: ethanol extract of leaves; CDLA: aqueous extract of leaves

Table 2. Statistical Analysis for the Calibration Curve of Phenolic Compounds

Analyte	Equation of the line	Correlation coefficient (R ²)	Linearity Range ($\mu\text{g/mL}$)	LOD ($\mu\text{g/mL}$)	LOQ ($\mu\text{g/mL}$)
Gallic acid	$27.969x + 29.661$	0.9985	1 - 111	2.318	7.024
3,4-dihydroxy benzoic acid	$18.243x - 5.419$	0.9997	1 - 111	1.051	3.186
Catechin	$15.880x - 10.151$	0.9986	1 - 111	2.245	6.804
Chlorogenic acid	$27.902x - 5.483$	0.9993	1 - 111	1.603	4.857
4-hydroxy benzoic acid	$20.520x + 0.406$	0.9992	1 - 111	1.701	5.155
1,2-dihydroxy benzene	$19.153x - 1.697$	0.9993	1 - 111	1.621	4.912
Epicatechin	$14.514x - 0.147$	0.9972	1 - 111	3.189	9.662
Vanilic acid	$46.875x + 22.624$	0.9979	1 - 111	2.778	8.420
Caffeic acid	$5.434x - 9.184$	0.9915	1 - 111	5.636	17.079
Vanilin	$51.466x + 6.730$	0.9995	1 - 111	1.298	3.933
<i>p</i> -Cumaric acid	$102.581x + 16.824$	0.9996	1 - 111	1.193	3.616
Sinapic acid	$10.607x + 4.067$	0.9993	1 - 111	1.568	4.753
<i>Trans</i> -Ferulic acid	$41.345x + 1.066$	0.9997	1 - 111	0.991	3.004

Elagic acid	8.613x +31.529	0.9964	1 - 111	3.644	11.042
Rutin	33.475x -44.748	0.9983	1 - 111	2.485	7.529
Salicylic acid	5.872x +8.639	0.9949	1 - 111	4.342	13.157
Quercetin	36.193x +0.810	0.9998	1 - 111	0.883	2.674
Campherol	22.258x -6.550	0.9994	1 - 111	1.528	4.630

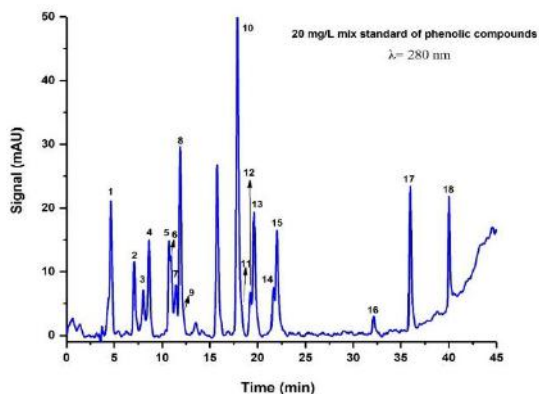


Figure 1. HPLC Chromatogram of mixed standard phenolic compounds (peaks 1: gallic acid; 2: 3,4-dihydroxy benzoic acid; 3: Catechin; 4: Chlorogenic acid; 5: 4-hydroxy benzoic acid; 6: 1,2-dihydroxy benzene; 7: Epicatechin; 8: Vanilic acid; 9: Caffeic acid; 10: Vanilin; 11: p-Cumaric acid; 12: Sinapic acid; 13: Trans-Ferulic acid; 14: Elagic acid; 15: Rutin; 16: Salicylic acid; 17: Quercetin; 18: Campherol

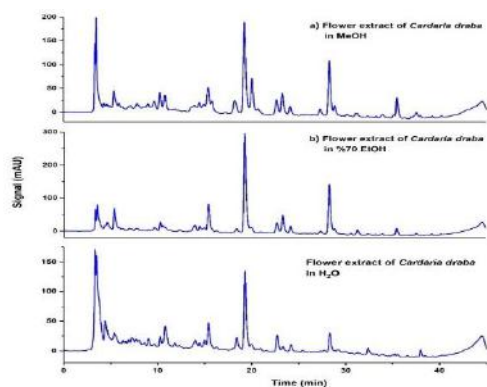


Figure 2. Representative HPLC chromatograms of phenolic compounds of flower extract of *Cardaria draba* in MeOH (a), in %70 EtOH (b), in H₂O (c)

3.2. Antioxidant activity

The free radical scavenging activity of the extract of *C. draba* was tested by two discoloration methods, namely DPPH and ABTS assays. In these methods, the radical scavenging potential was calculated as the percentage of decrease in the initial concentration of the violet-colored DPPH and green colored ABTS^{•+} solution and expressed as IC₅₀ values. The aqueous and methanol extract showed highest DPPH radical scavenging activity with least IC₅₀ values, 1.27± 1.69 and 1.57± 0.71 mg/mL respectively. In terms of ABTS^{•+} radical scavenging, the methanol extract of the roots exhibited highest scavenging effect with least IC₅₀ value of 0.07± 2.18 mg/mL.

The measured TPC levels of the extracts expressed as gallic acid equivalents (GAE), TFC level expressed as quercetin equivalent (QE). According to the results, the TPC and TFC were affected by the extracting solvents as shown in Table 3. There were significant differences in the amount of flavonoids and phenolic compounds in methanol, ethanol and water extracts. Among the extract, the flower aqueous extract demonstrated the highest TPC (64.32 mg GAE/ g), followed by the flower methanol extract (40.04 mg GAE/ g) and stem ethanol extract (12.86 mg GAE/ g) had least activity. However, the leaf ethanol extract showed the highest TFC (141.47 mg QE/ g) followed by leaf methanol extract (103.73 mg QE/ g) while the root methanol extract displayed the least TFC (1.21 mg QE/ g). Mahomoodally et al³. found that the TPC was highest in acetone extract (31.67 mg GAE/g extract), and the TFC was highest in aqueous extract (26.98 mg RE/g extract). Compared to our results, TFC and TPC quantities were similar with the literature. In the current study, in order to estimate the effect of extraction solvent on phenolic composition and mostly populated plant parts, we have studied different parts of the *C. draba*, including flower, leaf, stem and root in different extract with different polarity by methanol ethanol and water as solvent.

Table 3. Antioxidant activity of different part extracts of *Cardaria draba*

Plant parts	Extracts	Extract yield (%)	DPPH* assay IC ₅₀ (mg/mL)	ABTS ^{•+} assay IC ₅₀ (mg/mL)	Total phenol content (mg GAE/g)	Total flavonoid content (mg QE/g)	Iron chelating activity IC ₅₀ (mg/mL)
Flower	MeOH	26.78	1.57± 0.71	0.51± 3.36	40.04±3.36	61.66± 1.14	4.21± 1.72
	EtOH	45.12	2.02± 1.34	0.45± 1.28	34.16±3.09	75.40± 2.85	1.05± 2.43
	H ₂ O	29.79	1.27± 1.69	0.30± 1.70	64.32±2.41	75.37± 2.41	1.04± 3.77
Stem	MeOH	11.51	6.51± 0.80	0.62± 2.23	13.82±3.86	3.11± 2.68	18.08± 2.14
	EtOH	18.01	9.04± 0.94	0.68± 2.66	12.86±2.02	6.52± 1.99	2.12± 2.54
	H ₂ O	14.85	11.14±1.36	0.74± 3.36	20.36±1.46	25.05± 5.43	2.60± 1.69

Root	MeOH	8.89	8.30± 0.46	0.07± 2.18	17.99±1.91	1.21± 0.65	6.97± 2.14
	EtOH	14.22	6.14± 1.15	0.56± 1.69	20.67±3.11	1.36± 0.16	1.05± 2.29
	H ₂ O	9.05	2.39± 2.04	0.43± 2.14	29.84±2.22	25.73± 6.54	1.34± 3.77
Leaf	MeOH	19.66	3.11 ± 0.79	0.48± 2.53	21.89±3.11	103.73± 6.86	2.20± 0.94
	EtOH	34.69	3.12± 8.27	0.87± 2.27	24.92±2.44	141.47± 2.04	0.68± 2.11
	H ₂ O	24.54	5.27± 2.49	0.44± 1.47	21.42±1.67	12.13± 0.74	1.25± 1.46
Quercetin			0.11± 0.68				
BHT			0.032±0.92				
EDTA					0.52±1.00		

3.2. Enzyme inhibitory activity

3.2.1. Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase inhibitory activity

In the present study, methanol, ethanol and aqueous extract from flowers, stems, leaves and roots of *C. draba* were evaluated for their inhibitory effect on Alzheimer's disease related key enzymes: acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase by in-vitro method. The stem ethanol extract exhibited the higher AChE inhibitory effect with 75.39 mg Galanthamine equivalent/g (mg GALAE/g) dry weight extract, it was followed by flower ethanol extract with 48.88 mg GALAE/g dry extract. In terms of BChE inhibitory activity, the flower methanol extract was exhibited highest butyrylcholinesterase inhibitory activity (36.48 mg GALAE/g dw). Sarikurkcu et al. (2017) was reported the *C. draba* extract showed AChE and BChE inhibitory effects with 5.71 and 24.38 mg GALAE/g, which were lower than our results

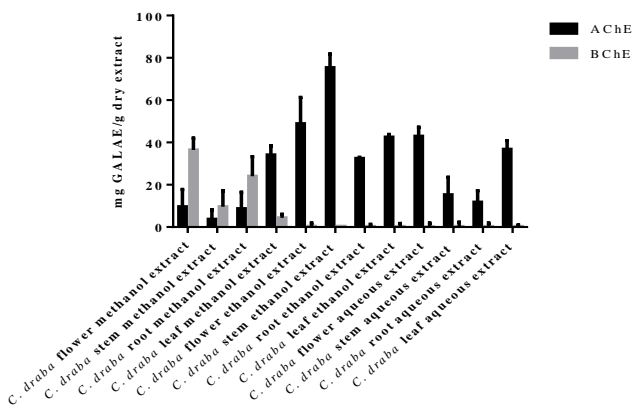


Figure 3. Acetylcholinesterase and butyrylcholinesterase inhibitory activities of different *C. draba* extracts

3.2.2. α -amylase and α -glucosidase inhibitory activity

The different extracts obtained from *C. draba* were evaluated against the antidiabetic activity enzymes: α -glucosidase and α -amylase. According to the results, the α -amylase was more sensitive to different extracts of this plant. When compared with α -glucosidase activity, all the tested extracts have shown better α -amylase inhibitory activity, ranging from 3.21 to 162.42 mg ACAE / gr dry weight. Among the extracts, the best α -amylase inhibitory effects were observed for

leaf aqueous extract (162.41 mg ACAE /g dw), followed by root and leaf ethanol extracts (120.36 and 107.39 mg ACAE /g dw, respectively).

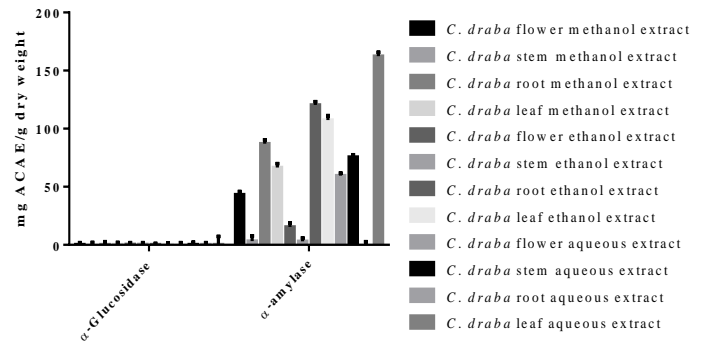


Figure 4. α -amylase and α -glucosidase inhibitory activity of different *C. draba* extracts

3.2.3. Tyrosinase inhibition activity

Results from the tyrosinase inhibitory activity of *C. draba* extracts were shown in Figure 5. In the present study, all the tested extracts exhibited inhibitory effects on tyrosinase. The inhibitory effects on tyrosinase of the extracts decreased in the order: root aqueous extract (581.87 mg KOJE/g dw extract) > leaf aqueous extract (543.64 mg KOJE/g dw) > root methanol and ethanol extract (342.31 and 289.42 mg KOJE/g dw, respectively) > stem methanol extract (283.31 mg KOJE/g dw).

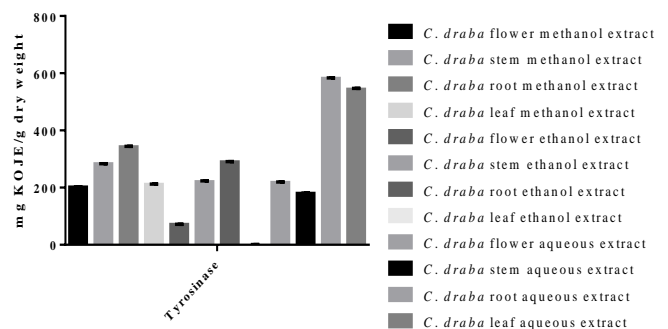


Figure 5. Tyrosinase inhibitory activity of different *C. draba* extracts

4. Conclusions and Recommendations

The current study was successfully developed by HPLC-DAD method to identify and quantify phenolic compounds in different part of *C. draba* extracts. The *in vitro* antioxidant activity was determined by DPPH, ABTS, iron chelating, TPC and TFC methods. Inhibition effects of all extracts on AChE, BChE, α -glucosidase, α -amylase and tyrosinase, are important enzymes for the treatment of AD, DM, and Parkinson's diseases, were investigated. A total of 18 phenolic compounds were identified and quantified in *C. draba* extracts, which was reported for the first time. The observed highest sinapic acid amount in flowers is important for isolation of this compound as an alternative resource. Our results will provide a preliminary data for investigations to exploit new natural antioxidant and enzyme inhibitor substances present in the extracts of this plant species studied. It is important to consider that the phenolic compounds, antioxidant, and enzyme inhibitory activity are not correlated with each other, so it is suggesting that those extracts characterized by lower phenolic content and antioxidant activity, were also potential enzyme inhibitors. Further studies are needed to identify the compounds responsible for AChE, α -amylase and tyrosinase inhibition activity.

5. Acknowledge

The authors would like to thank Selcuk University Faculty of Science for providing laboratory facilities. This study was partly funded by the Selcuk University Scientific Research Projects (SUBAP No: 19703023 & 18401141).

References

- Askin, H., Yildiz, M., Ayar, A. (2017). Effects of thymol and carvacrol on acetylcholinesterase from *Drosophila melanogaster*. *Acta Phys Pol A*, 132(3), 720-722.
- Ainsworth, E. A., & Gillespie, K. M. (2007). Estimation of total phenolic content and other oxidation substrates in plant tissues using Folin–Ciocalteu reagent. *Nature protocols*, 2(4), 875-877.
- Bag, G.C., Grihanjali Devi, P., Bhaigyaba, T. (2015). Assessment of total flavonoid content and antioxidant activity of methanolic rhizome extract of three *Hedychium* species of Manipur valley. *Int J Pharm Sci Rev Res.*, 30(1),154-159.
- Boutemak, K., Safta, B., & Ayachi, N. (2015). Study of the Anti-Inflammatory Activity of Flavonic Extract of *Globularia alypum* L. *Acta Physica Polonica A*, 128(2B), B-239..
- Benahmed-Bouhafoun, A., Djebbar, H., & Kaid-Harche, M. (2015). Determination of Polyphenolic Compounds of *Washingtonia robusta* H. Wendl Extracts. *Acta Physica Polonica A*, 128(2B), B-465.
- Bicha, S., Benmekhebi, L., Boubekri, N., Khellaf, R., Brouard, I., Zama, D., ... & Benayache, F. (2016). Compositional study, antibacterial and antioxidant potential of *Lepidium draba* L.(Brassicaceae). *Res J Pharm Biol Chem Sci.*, 7(2), 283-287.
- Ceylan, Y., Usta, K., Usta, A., Maltas, E., Yildiz, S. (2015). Evaluation of antioxidant activity, phytochemicals and ESR Analysis of *Lavandula Stoechas*. *Acta Phys Pol A*, 128(2), 483-487. doi:10.12693/APhysPolA.128.B-483

- Chai, T., Mohan, M., Ong, H., & Wong, F. (2014). Antioxidant, iron-chelating and anti-glucosidase activities of *Typha domingensis* Pers (Typhaceae). *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*, 13(1), 67-72.
- Clarke, G., Ting, K., Wiart, C., Fry, J. (2013). High Correlation of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) Radical Scavenging, Ferric Reducing Activity Potential and Total Phenolics Content Indicates Redundancy in Use of All Three Assays to Screen for Antioxidant Activity of Extracts of Plants from the M. *Antioxidants*, 2(1), 1-10. doi:10.3390/antiox2010001
- Ellman, G. L., Courtney, K. D., Andres Jr, V., & Featherstone, R. M. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. *Biochemical pharmacology*, 7(2), 88-95.
- Eruygur, N., Uçar, E. (2018). Cholinesterase, α -Glucosidase, α -Amylase, and Tyrosinase Inhibitory Effects and Antioxidant Activity of *Veronica officinalis* Extracts. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(3), 253-259.. doi:10.19159/tutad.425732
- Fréchar, A., Fabre, N., Hannedouche, S., & Fourasté, I. (2002). Glucosinolates from *Cardaria draba*. *Fitoterapia*, 73(2), 177-178.
- Halimi M. GC-MS analysis of n-hexane extract from aerial parts of *Cardaria draba* and phytochemistry studies GC-MS analysis of n- hexane extract from aerial parts of *Cardaria draba* and phytochemistry studies. In: *Second National Conference on Applied Research of Chemistry, Biology and Geology, At Iran,Tehran-Tehran University.*; 2014. https://www.civilica.com/Paper-CBGCONF02-CBGCONF02_015.html.
- Kaya, Y., Aksakal, O., Sunar, S., Erturk, F. A., Bozari, S., Agar, G., ... & Battal, P. (2015). Phytotoxic effect of *Lepidium draba* L. extracts on the germination and growth of monocot (*Zea mays* L.) and dicot (*Amaranthus retroflexus* L.) seeds. *Toxicology and Industrial Health*, 31(3), 247-254.
- Kim, Y. M., Jeong, Y. K., Wang, M. H., Lee, W. Y., & Rhee, H. I. (2005). Inhibitory effect of pine extract on α -glucosidase activity and postprandial hyperglycemia. *Nutrition*, 21(6), 756-761.
- Mahomoodally, M. F., Zengin, G., Aumeeruddy, M. Z., Sezgin, M., & Aktumsek, A. (2018). Phytochemical profile and antioxidant properties of two Brassicaceae species: *Cardaria draba* subsp. *draba* and *Descurainia sophia*. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 16, 453-458.
- Naser, E. H., Khthr, M. F. A., & Abed, S. A. (2019). Phytochemistry and therapeutic uses of *Cardaria draba* L.: a review. *Plant Arch.*, 19(Suppl. 1), 118-125.
- Namjoyan, F., Jahangiri, A., Azemi, M. E., & Mousavi, H. (2016). Inhibitory Effects of *Urginea maritima* (L.) Baker, *Zhumeria majdae* Rech. F. and *Wendelbo* and *Physalis divaricata* D. Don Ethanolic Extracts on Mushroom Tyrosinase. *Pharmaceutical Sciences*, 22(2), 81-86.
- Neagu, E., Radu, G. L., Albu, C., & Paun, G. (2018). Antioxidant activity, acetylcholinesterase and tyrosinase inhibitory potential of *Pulmonaria officinalis* and *Centarium umbellatum* extracts. *Saudi journal of biological sciences*, 25(3), 578-585.
- Ouissem, B. S., Sabrina, B., Lotfi, B., Khellaf, R., Chawki, B., Ibrahim, D., ... & Fadila, B. (2018). HPLC Analysis and Antioxidant Properties of Algerian *Lepidium draba* Ethyl acetate Extract. *Journal of Biologically Active Products from Nature*, 8(4), 265-271.

- Özek, G. (2018). Chemical diversity and biological potential of *Tanacetum praeteritum* subsp. *praeteritum* essential oils. *Journal of the Turkish Chemical Society Section A: Chemistry*, 5(2), 493-510.
- Roughani, A., Miri, S. M., Hassandokht, M. R., Moradi, P., & Abdossi, V. (2018). Morphological variation of some *Lepidium draba* and *L. latifolium* populations. *Taiwania*, 63(1), 41-48. doi:10.6165/tai.2018.63.41
- Re, R., Pellegrini, N., Proteggente, A., Pannala, A., Yang, M., & Rice-Evans, C. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- Sarikurkcü, C., Targan, S., Ozer, M. S., & Tepe, B. (2017). Fatty acid composition, enzyme inhibitory, and antioxidant activities of the ethanol extracts of selected wild edible plants consumed as vegetables in the Aegean region of Turkey. *International Journal of Food Properties*, 20(3), 560-572. doi:10.1080/10942912.2016.1168837
- Senatore, F., Rigano, D., Grassia, A., & Randazzo, A. (2003). 4-hydroxybenzyl glucosinolate from *Cardaria draba* (Cruciferae). *Biochemical systematics and ecology*, 10(31), 1205-1207.
- Sharifi-Rad, J., Hoseini-Alfatemi, S. M., Sharifi-Rad, M., da Silva, J. A. T., Rokni, M., & Sharifi-Rad, M. (2015). Evaluation of biological activity and phenolic compounds of *Cardaria draba* (L.) extracts. *J. Biol. Today's World*, 4(9), 180-189.
- Seebaluck-Sandoram, R., Lall, N., Fibrich, B., Blom van Staden, A., Saleem, H., & Mahomoodally, M. F. (2019). Biocatalysis and Agricultural Biotechnology Antimicrobial, antioxidant and cytotoxic evaluation of two underutilised food plants: *Averrhoa bilimbi* L.(Oxalidaceae) and *Phyllanthus acidus* L. Skeels (Phyllanthaceae). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 18, 1-6. doi:10.1016/j.bcab.2019.01.036
- Yildiztekin, F., Nadeem, S., Erol, E., Yildiztekin, M., Tuna, A. L., & Ozturk, M. (2016). Antioxidant, anticholinesterase and tyrosinase inhibition activities, and fatty acids of *Crocus mathewii*—A forgotten endemic angiosperm of Turkey. *Pharmaceutical biology*, 54(9), 1557-1563. doi:10.3109/13880209.2015.1107746
- Yang, Y., Gu, L., Xiao, Y., Liu, Q., Hu, H., Wang, Z., & Chen, K. (2015). Rapid identification of α -glucosidase inhibitors from *Phlomis tuberosa* by Sepbox chromatography and thin-layer chromatography bioautography. *PLoS One*, 10(2), e0116922. doi:10.1371/journal.pone.0116922



A bottleneck analysis for an automotive company

Durdu Hakan Utku¹, Gizem Subaşı², Fatih Kasımoğlu^{3*}

¹ University of Turkish Aeronautical Association, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Ankara, Turkey, (ORCID: 0000-0002-5755-6101), hakanutku.thk@gmail.com

² University of Turkish Aeronautical Association, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Ankara, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8768-7954), subasigm@gmail.com

³ University of Turkish Aeronautical Association, Faculty of Engineering, Department of Industrial Engineering, Ankara, Turkey, (ORCID: 0000-0001-5818-9342), ffatihkasimoglu@gmail.com

(First received 11 February 2022 and in final form 30 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1069298)

ATIF/REFERENCE: Utku, D.H., Subaşı, G. & Kasımoğlu, F. (2022). A bottleneck analysis for an automotive company. *European Journal of Science and Technology*, (35), 432-442.

Abstract

The eminence of why firms should be more involved in improvement efforts has become clearer nowadays. Firms need to keep pace with changes in order to survive in competition with the other companies. One of the alternatives is the improvement in the manufacturing processes. Detecting the bottlenecks and having some measurements to cope with the problems in the manufacturing processes, methodologies enable us to improve overall outcomes. In this study, a bottleneck analysis study is implemented by using Solberg modeling methodology with real data for an automotive company that has difficulties in fulfilling the supply in response to increasing demand in the power steering department. It has been proved that this modeling methodology has some drawbacks at certain points and can also be improved to obtain accurate results by adding the lost time in the model as a contribution to the literature. Additionally, a solution has been developed to improve these stations and the current solution is shown by a simulation using MATLAB which proves the improvement of bottleneck stations in the production process.

Keywords: Bottleneck Analysis Modeling, Production Process Improvement, Lean Manufacturing, Simulation.

Bir otomotiv firması için darboğaz analizi

Öz

Firmaların neden iyileştirme çabalarına daha fazla dahil olmaları gerektiğinin önemi günümüzde daha net bir şekilde ortaya çıkmıştır. Firmaların diğer firmalarla rekabette ayakta kalabilmeleri için değişimlere ayak uydurmaları gerekmektedir. Alternatiflerden biri, üretim süreçlerindeki iyileştirme darboğazları tespit etmek ve üretim süreçlerindeki sorunlarla başa çıkmak için bazı ölçümlere sahip olmak, metodolojiler genel sonuçları iyileştirmemizi sağlar. Bu çalışmada, hidrolik direksiyon bölümünde artan talebe karşılık tedariki karşılamakta zorlanan bir otomotiv firması için gerçek verilerle Solberg modelleme metodolojisi kullanılarak bir darboğaz analizi çalışması yapılmıştır. Bu modelleme metodolojisinin belirli noktalarda bazı eksiklikleri olduğu ve literatüre katkı olarak modeldeki kayıp zaman da eklenerek doğru sonuçlar elde edilecek şekilde geliştirilebileceği kanıtlanmıştır. Ayrıca bu istasyonların iyileştirilmesi için bir çözüm geliştirilmiş ve mevcut çözüm, üretim sürecindeki darboğaz istasyonlarının iyileştirilmesini gösteren simülasyon ile teyit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Darboğaz Analizi Modellemesi, Üretim Süreci İyileştirme, Yalın Üretim, Benzetim.

* Corresponding Author: ffatihkasimoglu@gmail.com

1. Introduction

Determining, defining, assigning an owner, and continuously monitoring the business processes of an organization is called Business Process Management (BPM). The outcome resulting from the improvement studies of the process management is called Business Process Improvement (BPI).

Improvement attempts first appeared in Japan after World War II. This is one of the pioneer situations in the emergence of KAIZEN. KAIZEN which is a continuous improvement effort has gradually spread worldwide and in Turkey. The process initially appears only as quality studies. Establishing a system according to the Total Quality Excellence method, which has come before us in recent years, is of vital importance for companies.

The redesign of the business process is called Business Process Reengineering (BPR). This process involves radical decisions. While sometimes it is enough to make changes within the established order, sometimes it may be more beneficial to change the method completely. This process is not a one-time event. It must be constantly renewed to keep up with the changes in business life and the factory sector. It should be carried out together with research to reduce the risks that may occur and to provide positive developments for the company. The first step is to analyze the current situation. It is decided whether the process should be designed from the beginning or modified according to the needs. This work is implemented by a committee made up of people familiar with the workflow. As a result of the study, the company management makes the final decision.

There are 3 possible general situations encountered as a result of process improvement: making changes in the steps of the process, creating the process from scratch, and applying of benchmark method. To decide this stage, first of all, the problem should be identified, and its source should be found. As a result of the situation, abstract experiments are made among the solution options. After deciding on one of the options, a pilot trial is conducted. The important point is that the improvement works are created using innovative and creative methods.

Bottlenecks are glitches or obstacles that slow down or cause a delay in a process. Ongbali et al. (2021) studies factors causing bottleneck problems in the manufacturing industry. A bottleneck limits the performance or capacity of the entire system to a single or limited number of components or resources. No matter how long the chain in your hand is, the weakness of one link is enough to pull all the other strengths to the bottom. Therefore, measuring rather than the arithmetic average of the performance of the elements, on the contrary measuring the power of the entire system with the performance of the weakest element will yield more realistic results. The systems need in both industry and daily life rarely appear as a single component. Therefore, each of these components needs to be sufficient in their task to create harmony and to keep the system working. Even if a single employee does his/her job in the fastest and most accurate way, the failure in the next or previous step causes the whole system to be disrupted. The situations we encounter with the bottleneck phenomenon are not limited to the industry but can be encountered in all systems consisting of multiple components.

The bottleneck is evaluated as short term or long term. The short-term bottleneck is a temporary situation, while the long-term bottleneck is permanent and needs some radical improvements. The key element that is not active at work can be an example of a short-term bottleneck. Disruption occurs until the employee returns to work, but then the problem disappears. An example of a long-term bottleneck may be the failure of hardware, and it may be necessary to replace the hardware to overcome it. Systematic improvement studies are needed to improve this phenomenon.

Lean production system, which is of great importance for companies, is a method of avoiding waste that will increase the satisfaction rate of both the company and the customer in the production and distribution in the long run. This method prevents the increase in costs, which will never be accepted by the customer, which is a big step to be taken for companies to strengthen their position in the competitive market. This waste concept that may occur on the company side can be caused by many reasons such as excessive inventory, excess production, loss in transportation costs. Since all these situations are tried to be prevented by the increase in the price of the product or the decrease in the profit rate that will bring to the company, the loss is substantial in both cases. It is not an acceptable situation to keep the customer waiting or to realize incomplete production.

Increasing customer satisfaction is very important in terms of strengthening the firm's position in the competitive environment. At this point, the lean production system should be carried out together with the bottleneck work. Being open to changes greatly affects the identification of the problem and the success of the method to be developed. In this context, the management style of the companies should move forward based on keeping up with changes and innovations.

Suffering a quality crisis in its products Japan has successfully implemented lean manufacturing, kaizen, Just-In-Time (JIT) production, Total Quality Management (TQM) methods. Because Japanese consumer goods once were considered poor quality and counterfeit, and therefore it was critical for improving the quality to eliminate that view (Öztürk, Arıkan, & Öztürk, 2011).

Each activity involves at most one server of limited capacity and availability in service environments. In production environments, activities and servers are replaced by jobs and machines (Karabulut, 2010). Varela et al. (2003) tried to solve the problem of bottlenecks caused by stoppages in a factory with the help of an algorithm. According to Arslan (2008), lean waste is beyond its known meaning, anything the customer will not accept to pay the extra money or anything that has no benefit to the user of the product or service. The aim of reducing costs through the elimination of all products or service creation phases (errors, overproduction, stocks, waits, unnecessary work, unnecessary moves, unnecessary transports) from design to shipment is to increase customer satisfaction, increase market climate flexibility, accelerate cash flow and increase profitability.

Total Productive Maintenance (TPM), which is another improvement approach, is a method of eliminating and improving losses by identifying losses and wastage (Karasu, 2019). In the airline industry, especially the area of baggage services, different systems and technologies can be used at each point (Demir, 2016). Liaw (2005) studied the factory's timetable to minimize the total time lag/downtime in production,

developing an intuitive way to solve the problems that arise. Akin, 2010 studies the use of simulation for the determination of the factors and the bottlenecks affecting the performance of the lean manufacturing systems. Drobouchevitch ve Strusevich (2001) intend to solve problems arising from charting by using up-to-date charting methods, the bottleneck machines that consist of two and more countertops, and the resulting from stacking.

Bottleneck analysis can be done with many different techniques and methodologies. The bottleneck theory, which is developed by Goldratt (1990), is a management philosophy aimed at continuous improvement in all processes. The topic can both be studied with a deterministic or stochastic approach. Solberg (1981) develops a deterministic mathematical model. Velumani and Tang (2017) uses discrete event simulation for bottleneck analysis of a batch process manufacturing line. Kasemset&Kachitvichyanukul (2007) propose a simulation-based procedure to identify bottlenecks.

By taking nowadays' competitive conditions into consideration, businesses must be dynamic to maintain and continually improve their current situation (Tezcan, 2008). Wang, et al. (2005), gives an overview for bottlenecks in production networks. Appelqvist and Lehtonen (2005), have identified bottlenecks in the modeling they have created, based on the organization of a steel factory, the workshop, and the general constraints on the production line, and tried to improve the problem. Tang H. (2019) proposes a new method for bottleneck analysis in complex manufacturing systems.

In our study we first present the mathematical formulation for the problem in an automotive company using Solberg (1981) methodology. Then we give a simulation model. Next, we discuss our results and findings. Finally, we come up with our conclusions.

2. Mathematical Formulation

In the plant, the production line (Figure 1) refers to the operations of raw materials processed in the factory. Power steering benches entering the improvement work in the factory, are respectively OP-10 (CNC-Lathe station), OP-20 (Hole drilling station), OP-30 (Punching station), OP-40 (Milling station), OP-50 (Deburring station), OP-60 (CNC-Press station), OP-70 (Punching station), OP-80 (Deburring station), OP-90 (Hydraulic bending station), OP-100 (Fusing station), OP-110 (Chemical washing station). A total of 6 pieces of products (Control valve, Sector shaft, Worm gear, Hydraulic valve screw, Rack shaft, and Steering column) and 86 pieces of benches were handled in the line where this study will be carried out.

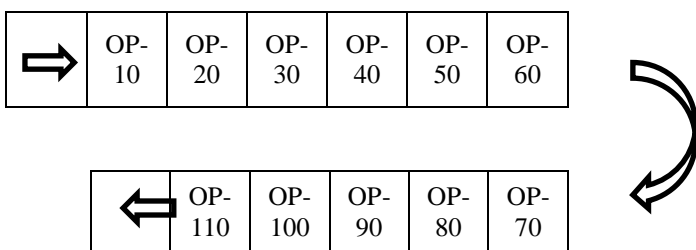


Figure 1: Production Line

In order to create a bottleneck model, first of all, the time that the products processed in the workbench for each workbench in the factory are calculated. These calculations are made daily and within a monthly plan. A member of the committee established for this study keep track of these durations and forms a table. Only the processing time of the machine during production is not enough to calculate the bottleneck. In every production department, there is lost time per machine. These may be due to the inexperience of the operator in general, the mistakes made during the part replacement, the old parts of the machine, or the machine software that is not being sufficient as before. When creating a bottleneck model, it is crucial to use these data in calculations.

Improvement studies are very important for all small and large-scale businesses; however, as these studies are implemented, when the time losses per machine are not taken into account, the most common solution offered is to increase the number of benches in the work area that appears to be a bottleneck. Thus, the loss of time per machine is included in the calculation to see the genuine bottleneck. As a result of this, improvement studies can be used as an intermediate step as they help to reach a more accurate result.

A bottleneck study is implemented using real data for an automotive company that has difficulties in fulfilling the supply in response to increasing demand in the power steering department. In this study, the Solberg bottleneck modeling is used for the solution of the problem. It has been proved that this modeling methodology has some drawbacks at certain points and cannot always reach the most accurate result. Thus, the solution can be progressed more by adding the time-lost definition that is required to be calculated.

In this study, there are 6 product types and there are 86 stations where these parts are processed. The processing time spent in the looms (monthly averaged data) where these parts are processed and the frequency is stated in Table 1. The average lost time per counter is calculated in the measurement of one-month processing time. While making this calculation, the time arising from the individual competence of the operator, the technological lag of the machine, the breakdown caused by the old/worn parts in the machine, and the repair of the defect is calculated as an average. Lost times vary according to the type of stations and the process.

The steps of our mathematical formulationis given as follows:

- the bottleneck stations are determined by Solberg methodology (Solberg, 1981)
- workload WL_i for each station is defined,
- Rp_i , the production rate of i^{th} station is calculated,
- Rp^* , the maximum production rate of the bottleneck station is calculated,
- Rp_j , the maximum quantity of parts that the system can produce is calculated,
- After calculation of U_i , the utilization rate, the average station occupancy for the entire system, \bar{U} is determined.
- Additionally, m_{ijk} , the proportion of time lost by the operation performed is found.

The notation used in the process are described as:

Indices:

i: Station number,

j: Part code,

k: Transaction sequence used in the process

Parameters:

t_{ijk} : The time spent in process *k* of part *j* at station *i*.

P_j : Piece Mix Ratio that states the ratio of piece *j* in the total production quantity.

F_{ijk} : The operation frequency at which *k* operation is performed per piece for piece *j* at station *i*

We can define this bottleneck by using the model developed by Solberg mathematically. The mathematical formulation is given as follows:

To determine the bottleneck station, we calculate the workload WL_i for each station *i* :

$$WL_i = \sum_j \sum_k t_{ijk} F_{ijk} P_j \quad (1)$$

$$Rp_i = \frac{s_i}{WL_i} \quad (2)$$

where Rp_i in (2) is the production rate of i^{th} station and s_i in (2) is the number of servers/machines doing the same job for each station,

$$Rp^* = \frac{s^*}{WL^*} \quad (3)$$

where Rp^* is the maximum production rate of the bottleneck station,

$$Rp_j = P_j \frac{s^*}{WL^*} \quad (4)$$

where Rp_j is the maximum quantity of parts that the system can produce.

Table 1. Processing times and processing frequency of product types in stations

Product Type	Stations	Average Processing Time (min)	Frequency
Control Valve	OP10	12,5	1
	OP20	12,8	1
	OP30	7,2	1
	OP50	26,4	1
	OP70	1,5	1
	OP90	17,2	1
Sector Mile	OP20	16,4	1
	OP30	3,6	1

	OP40	26	1
	OP60	34,7	1
	OP80	5,3	1
	OP100	27	1
	OP110	25,1	1
Worm Gear	OP10	33,2	1
	OP40	19,4	1
	OP50	19,7	1
	OP60	21,6	1
	OP70	1,5	1
	OP90	19	1
	OP100	32,1	1
Hydraulic Valve Screw	OP10	44	1
	OP20	19,9	1
	OP30	4,5	1
	OP90	13,9	1
	OP110	24,6	1
Rack Shaft	OP10	24,6	1
	OP30	4,9	1
	OP40	10,5	1
	OP50	16,2	1
	OP60	13,8	1
	OP80	4,9	1
Steering Column	OP10	21	1
	OP20	14,7	1
	OP30	5,3	1
	OP40	12,1	1
	OP60	28,1	1
	OP70	1,5	1
	OP110	25,7	1

$$U_i = \frac{WL_i}{s_i} (Rp^*) \quad (5)$$

where U_i is the utilization rate

The average station occupancy for the entire system:

$$\bar{U} = \frac{\sum_{i=1}^n U_i}{n} \quad (6)$$

Lost time, which was not included in the Solberg modeling, is defined as *s* in this study.

m_{ijk} is the proportion of time lost by the operation performed

$$m_{ijk} = \frac{g}{t_{ijk}} \quad (7)$$

where *g* = time lost within machines between operations.

Table 2: Product Data

Product Type	Station										
	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110
Control valve	1	1	1		1		1		1		
Sector mile		1	1	1		1		1		1	1
Worm gear	1			1	1	1	1			1	1
Hydraulic valve screw	1	1	1							1	
Rack shaft	1		1	1	1	1		1			
Steering column	1	1	1	1			1	1			1

	Station	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110	Monthly Production Amount	P _j
Product Type	Number of operand in station	4	14	10	4	12	18	5	4	6	5	4		
Control valve		12,5	12,8	7,2		26,4		1,5		17,2			468	0,1690
Sector mile			16,4	3,6	26		34,7		5,3		27	25,1	978	0,3532
Worm gear	Processing	33,2			19,4	19,7	21,6	1,5		19	32,1		1154	0,4168
Hydraulic valve screw		44	19,9	4,5						13,9		24,6	68	0,0246
Rack shaft		24,6		4,9	10,5	16,2	13,8		4,9				60	0,0217
Steering column		21	14,7	5,3	12,1		28,1	1,5				25,7	41	0,0148
Waste of time per		3,50	2,8	2,1	4,12	4,1	2,2	2,9	2	3	1	4	2769	1,0000

Table 3: WL and $\frac{WL^*}{S^*}$ Calculations without Lost Times

Station	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110
WL	17,87353	8,6622	2,7836	17,6749	13,0231	21,9730	0,9009	1,9781	11,1668	22,9142	9,8499
WL/S	4,46838	0,6187	0,2784	4,4187	1,0853	1,2207	0,1802	0,4945	1,8611	4,5828	2,4625

Miscalculated bottleneck Station	OP100
----------------------------------	-------

Table 4: Results Including m_{ijk} values

	Station	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110
Product Type	Number of operand in	4	14	10	4	12	18	5	4	6	5	4
Control valve		0,28	0,21875	0,2916667		0,155303		1,93333		0,17442		
Sector mile			0,17073	0,5833333	0,04307692		0,0634		0,37736		0,03704	0,15936
Worm gear	m_{ijk}	0,1054217			0,05773196	0,2081218	0,10185	1,93333		0,15789	0,03115	
Hydraulic valve screw		0,0795455	0,1407	0,4666667						0,21583		0,1626
Rack shaft		0,1422764		0,4285714	0,10666667	0,2530864	0,15942		0,40816			
Steering column		0,1666667	0,19048	0,3962264	0,09256198		0,07829	1,93333				0,15564

The final form of formula when we integrate m_{ijk} into the model is:

$$WL = \sum_j [\sum_{ijk} F_{ijk} P_j + \sum_k m_{ijk} P_j] \tag{8}$$

In other words, the m_{ijk} value in (8) will serve as an efficiency criterion, making the real work production skills of the machines visible and allowing us to follow their effectiveness (Table 2).

The WL and $\frac{WL^*}{S^*}$ results, when the lost time is not included in the calculations, are shown in Table 3.

Although the bottleneck station looks like the OP100 counter in this table, it has been observed that this is wrong when we include the m_{ijk} values in Table 4 into the calculation, and it is shown in Table 4 that the real bottleneck station is in another area.

At this point, incorrect results resulting from the missing time is not included in the calculation are blurred by focusing on

the wrong counterbore. Improvements to the OP100 counter are insufficient to eliminate bottlenecks. However, the improvements in OP40, the actual bottleneck station shown by including the m_{ijk} values in the calculation will help achieve clearer results in the study. Although the number of worktops being considered first among the improvements that can be made is increased, this solution may not always be possible. This might include high costs for worktops, lack of space, lack of adequate equipment, and a number of operators. As an alternative, focusing on the reasons for wasting time and trying to minimize it can be faster and more cost-effective for the business. The fill rate, the production rate of the bottleneck station, and the estimated annual production values of other stations are given in Table 5.

Table 5: The fill rate, the production rate of the bottleneck station, and the estimated annual production values.

Station	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110
WL (included waste)	20,1373	10,2346	4,0084	20,9973	15,5136	23,7471	2,6425	2,7278	12,9978	23,6841	11,4201
WL/S	5,0343	0,7310	0,4008	5,2493	1,2928	1,3193	0,5285	0,6820	2,1663	4,7368	2,8550

Bottleneck Station	OP40
---------------------------	-------------

The utilization rate, the production rate of the bottleneck station, and the estimated annual production values of other stations are given in Table 6.

Table 6: The utilization rate, the production rate of the bottleneck station, and the estimated annual production values.

	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110
Utilization Rate:	95,9042	13,9263	7,6360	100,0000	24,6279	25,1324	10,0681	12,9914	41,2679	90,2367	54,3884

Rp*	0,1905002	piece/ minute
	11,430014	piece/ hour

Production Pace	Product/ hour	Annual Production* (piece)
Rp Control valve*	1,93183	4636,40013
Rp Sector mile*	4,03704	9688,88745
Rp Worm gear*	4,76354	11432,49092
Rp Hydraulic valve	0,28069	673,66498
Rp Rack shaft*	0,24767	594,41027
Rp Steering column*	0,16924	406,18035
		27432,03410

* We assume 8 hours for a day and

As a result of the improvements to the OP40 countertop, the wasted time on this counter is reduced by 72,8%, which means that the countertop is no longer a bottleneck station and the bottleneck recovery study is 2nd phase. The detection of the bottleneck encountered in step 2 continues with the improved values as shown in Table 7.

Table 7: Improved Bottleneck values in step 2

	Station	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110	Production	P _i
Product Type	Number of operand in	4	14	10	4	12	18	5	4	6	5	4		
Control valve		12,5	12,8	7,2		26,4		1,5		17,2			468	0,1690
Sector mile			16,4	3,6	26		34,7		5,3		27	25,1	978	0,3532
Worm gear	Processing	33,2			19,4	19,7	21,6	1,5		19	32,1		1154	0,4168
Hydraulic valve screw		44	19,9	4,5						13,9		24,6	68	0,0246
Rack shaft		24,6		4,9	10,5	16,2	13,8		4,9				60	0,0217
Steering column		21	14,7	5,3	12,1		28,1	1,5				25,7	41	0,0148
Waste of time per		3,50	2,8	2,1	1,12	4,1	2,2	2,9	2	3	1	4	2769	1,0000

	Station	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110
Product Type	Number of operand in	4	14	10	4	12	18	5	4	6	5	4
Control valve		0,28	0,21875	0,2916667		0,155303		1,93333		0,17442		
Sector mile			0,17073	0,5833333	0,04307692		0,0634		0,37736		0,03704	0,15936
Worm gear	m _{ijk}	0,1054217			0,05773196	0,2081218	0,10185	1,93333		0,15789	0,03115	
Hydraulic valve screw		0,0795455	0,1407	0,4666667						0,21583		0,1626
Rack shaft		0,1422764		0,4285714	0,1066667	0,2530864	0,15942		0,40816			
Steering column		0,1666667	0,19048	0,3962264	0,09256198		0,07829	1,93333				0,15564

When the WL and $\frac{WL^*}{S^*}$ values in step 2 are examined, the bottleneck station is OP10 as shown in Table 8.

Table 8: The WL and $\frac{WL^*}{S^*}$ values in step 2.

Station	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110
WL (included waste)	20,1373	10,2346	4,0084	18,5781	15,5136	23,7471	2,6425	2,7278	12,9978	23,6841	11,4201
WL/S	5,0343	0,7310	0,4008	4,6445	1,2928	1,3193	0,5285	0,6820	2,1663	4,7368	2,8550

Bottleneck Station	OP10
---------------------------	-------------

The annual production rate in this situation is proven to be increased by 4% and the work improvement are shown in Table 9.

Following the improvements to the OP10 workbench, the waste time on this station is reduced by 85,7% (Table 10).

When WL and $\frac{WL^*}{S^*}$ calculations are done to determine the next bottleneck station as Step 3, the new bottleneck station is an OP100 station (Table 11).

As a result of a 2-step improvement study, the annual production capacity will be 9,76% higher than the beginning as in Table 12.

As a summary we can say that there is a considerable reduction in the waste of times of the work benches.

The relatively short amount of time wasted in the OP100 station bottleneck indicates that the problem at this point requires a different solution. Therefore, this operation can be stopped at this point.

Table 9: Improved values in production.

	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110
Occupancy Rate:	100,0000	14,5211	7,9621	92,2568	25,6797	26,2057	10,4981	13,5462	43,0304	94,0905	56,7111

Rp*	0,1986359	piece/ minute
	11,918157	piece/hour

Production Pace	Product/ hour	Annual Production*(piece)
Rp Control valve*	2,01434	4834,40728
Rp Sector mile*	4,20945	10102,67161
Rp Worm gear*	4,96697	11920,73931
Rp Hydraulic valve	0,29268	702,43525
Rp Rack shaft*	0,25825	619,79580
Rp Steering column*	0,17647	423,52713
		28603,57638

* We assume 8 hours for a day and

Table 10: The improvements on the workbenches

	Station	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110	Production	P _i
Product Type	Number of operand	4	14	10	4	12	18	5	4	6	5	4		
Control valve		12,5	12,8	7,2		26,4		1,5		17,2			468	0,1690
Sector mile			16,4	3,6	26		34,7		5,3		27	25,1	978	0,3532
Worm gear	Processing	33,2			19,4	19,7	21,6	1,5		19	32,1		1154	0,4168
Hydraulic valve screw		44	19,9	4,5						13,9		24,6	68	0,0246
Rack shaft		24,6		4,9	10,5	16,2	13,8		4,9				60	0,0217
Steering column		21	14,7	5,3	12,1		28,1	1,5				25,7	41	0,0148
Waste of time per operation		0,50	2,8	2,1	1,12	4,1	2,2	2,9	2	3	1	4	2769	1,0000

	Station	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110
Product Type	Number of operand	4	14	10	4	12	18	5	4	6	5	4
Control valve		0,04	0,21875	0,2916667		0,155303		1,93333		0,17442		
Sector mile			0,17073	0,5833333	0,0430769		0,0634		0,37736		0,03704	0,15936
Worm gear	m _{ijk}	0,01506024			0,057732	0,2081218	0,10185	1,93333		0,15789	0,03115	
Hydraulic valve screw		0,01136364	0,1407	0,4666667						0,21583		0,1626
Rack shaft		0,0203252		0,4285714	0,1066667	0,2530864	0,15942		0,40816			
Steering column		0,02380952	0,19048	0,3962264	0,092562		0,07829	1,93333				0,15564

Table 11: WL and $\frac{WL^*}{S^*}$ values.

Station	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110
WL (included waste)	18,1969	10,2346	4,0084	18,5781	15,5136	23,7471	2,6425	2,7278	12,9978	23,6841	11,4201
WL/S	4,5492	0,7310	0,4008	4,6445	1,2928	1,3193	0,5285	0,6820	2,1663	4,7368	2,8550

Bottleneck Station	OP100
---------------------------	--------------

Table 12: Improved values.

	OP10	OP20	OP30	OP40	OP50	OP60	OP70	OP80	OP90	OP100	OP110
Occupancy Rate:	96,0396	15,4331	8,4622	98,0512	27,2925	27,8516	11,1574	14,3970	45,7330	100,0000	60,2730

Rp*	0,2111117	piece/ minute
	12,666701	piece/hour

Production Pace	Product/ hour	Annual Production*(piece)
Rp Control valve*	2,14085	5138,04219
Rp Sector mile*	4,47383	10737,19073
Rp Worm gear*	5,27894	12669,44591
Rp Hydraulic valve	0,31106	746,55314
Rp Rack shaft*	0,27447	658,72336
Rp Steering column*	0,18755	450,12763
		30400,08295

* We Assume 8 hours for a day and

3. Simulation Model

A simulation is an artificial creation of the procedures of a real process or system over time. The simulation can be described as imitating the operation of a system or layout. The simulation can indicate the behavior of a system and the processes. Changes in the simulated state can be easily integrated into the system, inputs may be applied repeatedly and the results can be reviewed in detail. Reasons such as easy integration of the change in strategy, easy observation of its impact on the results, and taking measures to suit input changes that can occur after the model are developed have increased the usage of simulation. The biggest convenience that simulation gives us is that we can try and evaluate new decisions or new options without making any changes to the existing system.

It is important to reflect the changes on the model to the outcome and to improve alternatives by asking "What if?" questions, which is useful to offer alternatives for the managers (Çörekçi, 2014). In today's more common machine-intensive construction projects, by accurately estimating the efficiency of each building machine, the cost of the machine can be pre-determined (Bayhan, 2016). According to Ustundag & Cevikcan, 2018, simulation and other analytical applications can be both cost-effective and solution-accessible.

By using the data provided by the automotive company, bottleneck stations are determined by identifying the points that are obtained during the production and missed points by the bottleneck analysis. A solution has been developed to improve these stations using simulation. The simulation results show us the improved change in bottleneck stations in production. A solution is obtained that maximizes the production of the company and minimizes the time lost as a result of the study. First, the bottleneck stations of the production system are detected and then the results obtained from the previous stage are used in the second stage by using simulation. It is necessary to input the data of the products/product groups to develop the simulation model. These data include the time losses and part processing time. Additionally, other data such as the processing times, monthly production quantities, production weight ratios are also some of the inputs used in the simulation model. The accuracy of the data in the inputs is important for the simulation to produce usable results. Thus, the data that is used in the

MATLAB simulation is the real data obtained from the automotive company in concern.

The data used in the input analysis of this simulation contain the following data that are obtained from the real processes from the automotive company: wasted time in the system, processing time values (t_{ijk}), monthly production quantities, operation frequencies (F_{ijk}), Number of stations. The outputs of the simulation model are: m_{ijk} , ($t_{ijk} + m_{ijk}$), p_j , WL , $WL/S \cdot t_{ijk}$ is the input data processing time. The second step is adding the wasted time p into the simulation model to calculate the m_{ijk} . Thus, the p values are added to the input section. The model does not yet have the data required to calculate the WL value. This requires the addition of monthly production amount data in the input section. Additionally, the model is ready to calculate WL values with t_{ijk} values that are added to the computational. The model calculates the WL values in the output 4 section. It is ready to display the WL/S value by adding the station numbers to the input 5 section of the model. This results in a risk bottleneck that occurs between stations based on the data added. If an improvement is get for the bottleneck station, the model can be routed to change the data. These orientation results start the simulation from the beginning by adding new waste of time (input 2) values. When the final results are sufficient, the simulation is terminated, and the solution process begins.

4. Results and Discussion

Data are included in the model in the first stage of the simulation. When the data are processed and calculations are made, the table presented by the simulation determines the bottleneck station. The initial values of the WL/S are stated in Figure 2. The next step determines whether the simulation ends or not. As the improvements continue, it is appropriate to enter new data. The improved data gives the second result when added to the model, which gives the bottleneck station in the second stage (Figure 3). If the improvements are not satisfactory, the simulation may continue by using the updated data that is applied to the simulation similar to the previous phase. In this case, the result is the new bottleneck station (Figure 4).

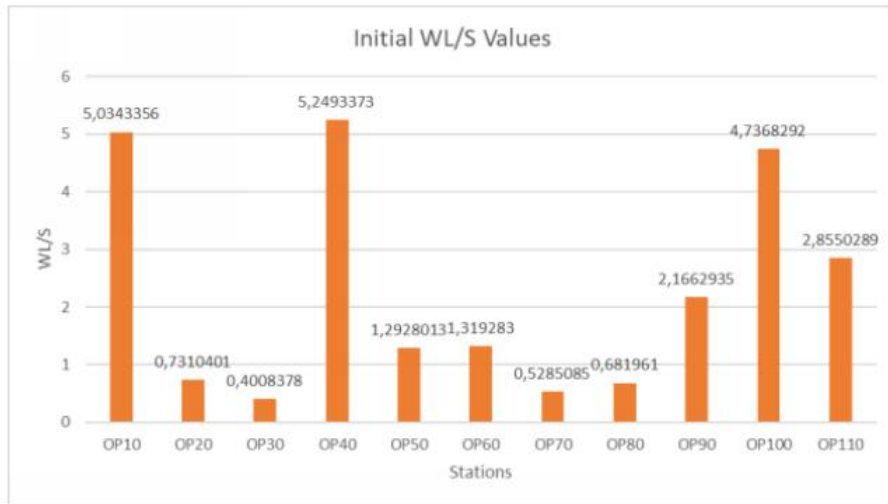


Figure 2: Initial WL/S values

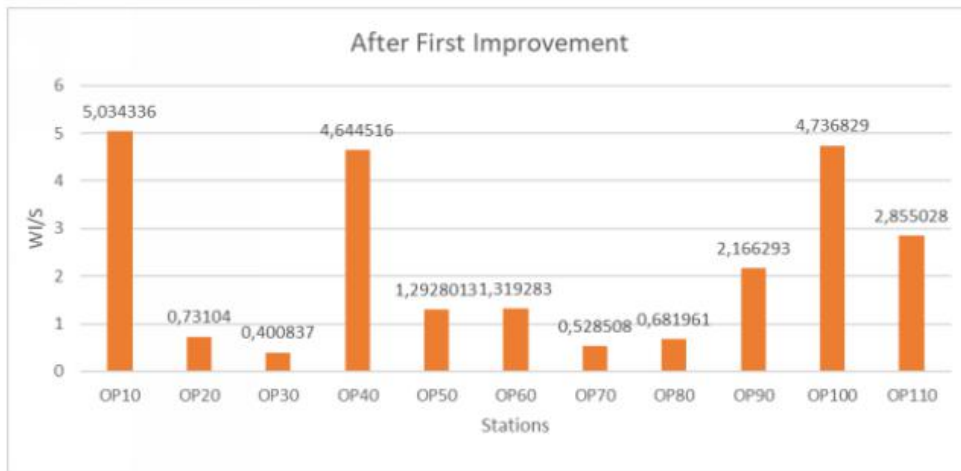


Figure 3: WL/S values after the first improvement.

According to the results of the improvements, the simulation should be ended or reviewed. The simulation shows the change in annual production amount against improved data. In this example, the results of the integrated data used in

the mathematical modeling section into the model are shown in graphs. It is clear from Figure 5 that the annual production quantities have increased as a result of improvements.

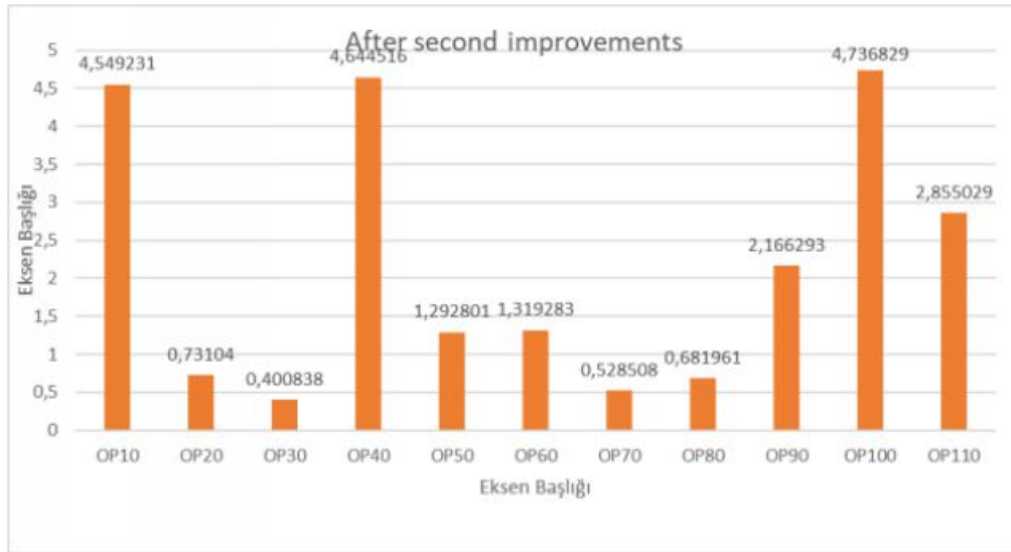


Figure 4: WL/S values after the second improvement.

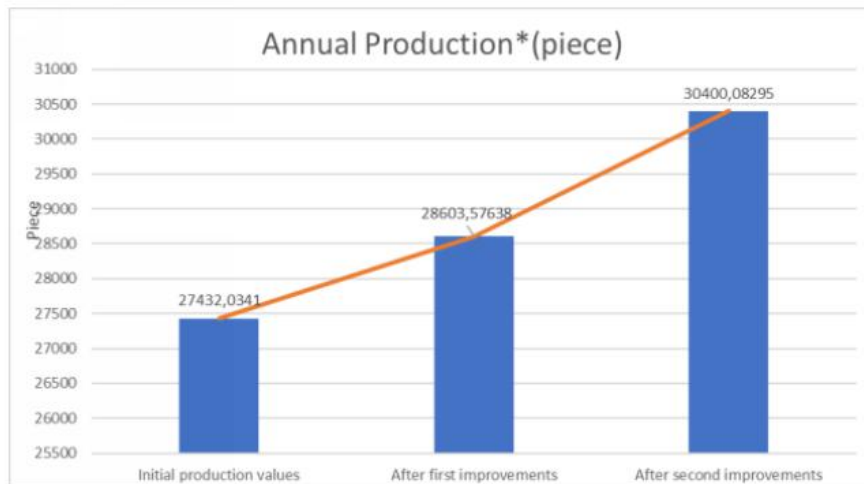


Figure 5: Annual production quantities

5. Conclusions

The analysis of the bottleneck at a power-assisted steering plant is conducted and an improvement procedure is applied by using simulation until no improvement is obtained. For this purpose, first, a bottleneck analysis is implemented by using Solberg method for the determination of the bottleneck station then, the mathematical model is improved via simulation since the result of adding a new workbench is not always effective. In this context, the lost time is integrated into the formula that led to the change of the apparent bottleneck station and paved the way for alternative solutions. The possible causes of the bottleneck station are found as a result of the Solberg calculations that identified the lost time in the production

process and the improvements in the bottleneck station are reduced by eliminating these causes. We see that before making costly investments in the new machines, it is better to improve the lost time by using bottleneck analysis. It is advised to buy a new bench after we obtain the effect of the improvement on lost time. Simulation is a useful methodology to test different solution alternatives in order to see their effect by analyzing through different performance measurements. This study contributes to the literature by showing a powerful use of Solberg methodology and simulation together for the bottleneck analysis and the improvement of the bottleneck components of a production system respectively. The decision-makers can use these methodologies to make the operations in their organizations more cost effective.

References

- Akın N.G. (2010), Yalın İmalat Sistemlerinde Performansa Etki Eden Faktörlerin Simülasyon Kullanılarak Belirlenmesi, Ph.D. Dissertation, Erciyes University, Kayseri.
- Arslan, S. (2008), Yalın Üretim ve Man Türkiye AŞ'de Örnek Bir Yalın Üretim Uygulaması, Master's Thesis, Gazi University, ANKARA.
- Appelqvist, P., and Lehtonen, J. (2005), Combining optimisation and simulation for steel production scheduling, *Journal of Manufacturing Technology Management*, 16, 197-210.
- Bayhan, H. G., & Kanra, Y. C., & Demir, M. C., & Kar, H (2016), Stokastik Simülasyon Modeli ile Şantiyedeki İş Makinelerinin Üretim Verimliliğinin Önceden Tahmin Edilmesi, 4th Proje ve Yapım Kohgresi, Anadolu Üniversitesi, 87-97.
- Çörekçi, C. (2014), Atölye Tipi Üretimde Simülasyon Teknikleri ile Dinamik Çizelgeleme ve Atölye Simülasyonu.
- Demir, S. (2016), Havayolları Bagaj Hizmet Kalitesi İyileştirme Çalışmalarının Yolcuların Genel Memnuniyeti Üzerindeki Etkilerinin Değerlendirilmesi: THY Uygulaması, Master's Thesis, İstanbul Aydın University, İstanbul.
- Drobouchevitch, I.G. and Strusevich, V.A., (2001), Two-Stage Open Shop Scheduling with a Bottleneck Machine, *European Journal of Operational Research* 128,159-74.
- Goldratt, E. (1990), What is This Thing Called Theory of Constraints and How Should It Be Implemented?. Great Barrington: North River Pres.
- Karabulut, Ö. (2010), Multi Resource Agent Bottleneck Generalized Assignment Problem, Master's Thesis, METU, ANKARA.
- Karasu, B. (2019), Bir Otomotiv Firmasında Yalın Üretim Odaklı Montaj Hattı İyileştirme Çalışmaları. Master's Thesis, Uludağ University, Bursa.
- Kasemset, C., & Kachitvichyanukul, V. (2007), Simulation-based procedure for bottleneck identification. In *Asian Simulation Conference* (pp. 46-55). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Liaw, C.F. (2005), Scheduling Pre-emptive Open Shops to Minimize Total Tardiness, *European Journal of Operational Research* 162,173– 183.
- Ongbali S.O, Afolalu S.A., Oyedepo S.A., Aworinde A.K., Fajobi M.A. (2021). A study on the factors causing bottleneck problems in the manufacturing industry using principal component analysis, *Heliyon*, Volume 7, Issue 5, 2021, e07020, ISSN 2405-8440.
- Öztürk, A. & Arıkan, V. & Öztürk, M. (2011), Süreç İyileştirme Yöntemleri ve Yöneylem Araştırması, *Atatürk Ü. İIBF Dergisi*, 10. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu Özel Sayısı. 391-405.
- Solberg James J. (1981), Capacity Planning with a Stochastic Workflow Model, *AIIE Transactions*, 13:2, 116-122, DOI: 10.1080/05695558108974543.
- Tang H. (2019), A new method of bottleneck analysis for manufacturing systems, *Manufacturing Letters*, Volume 19, 2019, Pages 21-24, ISSN 2213-8463.
- Tezcan, H. (2008), Üretim Akışında Darboğaz Teorisi ve Bir Uygulama. Master's Thesis, Yıldız Technical University, İstanbul.
- Üstündağ, A., & Çevikcan, E. (2018), *Industry 4.0: Managing The Digital Transformation* (1st Ed.).
- Varela, R., Vela, C.R., Puente J., Gomez, A. (2003), A Knowledge-Based Evolutionary Strategy for Scheduling Problems With Bottlenecks, *European Journal of Operational Research*, 145, 57-71.
- Velumani S., He Tang H. (2017), Operations Status and Bottleneck Analysis and Improvement of a Batch Process Manufacturing Line Using Discrete Event Simulation, *Procedia Manufacturing*, Volume 10, Pages 100-111, ISSN 2351-9789.
- Wang, Y., Zhao, Q. & Zheng, D (2005), Bottlenecks in production networks: An overview. *J. Syst. Sci. Syst. Eng.* 14, 347–363.



Kentsel Büyüme, Planlama ve Otopark Sorunu Üzerine Etkisinin Analizi

Mehmet Çağrı Kızıldaş^{1*}, Yunus Emre Ayözen²

¹ İstanbul Ticaret Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9852-9428), themacagri@yandex.com

² T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9394-1568), yunusemre.ayozen@dhmi.gov.tr

(İlk Geliş Tarihi 16 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 30 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1074809)

ATIF/REFERENCE: Kızıldaş, M. Ç. & Ayözen, Y. E. (2022). Kentsel Büyüme, Planlama ve Otopark Sorunu Üzerine Etkisinin Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 443-448.

Öz

Planlama birçok disiplin için geçmişten bugüne önemini korumuş olup çağımızda bu önem daha da artmaktadır. Yükselen kentleşme olgusu çağımızda birçok unsura doğrudan ya da dolaylı olarak etki etmektedir. Ulaştırma da söz konusu yeni eğilime cevaplar üretmek durumundadır. Bu noktada ise hareketlilik, sürdürülebilirlik ve yenilikçilik unsurları önemli bir hal almaktadır. Ulaştırmanın çözün üretme kapasitesi ise aynı zamanda bu unsurlarla olan bağına göre şekillenecektir. Bu çalışmada ilk olarak kentleşme ve ulaştırmanın ilişkisi ve bu bağlamda ulaşım planlarına değinilmiş olup İstanbul'dan yatırım örnekleri ele alınmıştır. Ardından otopark sorunu detaylı değerlendirilmiştir ve park işgali olgusu irdelenmiştir. Sonrasında ise de bilet verileri ve işgal düzeyleri üzerinden analizler yapılmıştır. Bu kapsamda da sonuç ve öneriler paylaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Ulaşım planlaması, otopark, kentsel sorunlar

Analyse of Urban Sprawl, Planning and Effects on Parking Problems

Abstract

Planning maintains its importance for centuries for many discipline and this importance enhances more today. In this century increasing urbanization phenomena affects directly or indirectly to various paramters. Transportation has to give answers mentioned new trend. At this point mobility, sustainability and innovation parameters have important role. The solution capability of transportation will be formed in terms of relation with these paramters. In this paper firstly interactio of transportation and urbanization and in this context transportation plansa are reviewed and investment samples from Istanbul are evaluated. Then parking problems are examined detailed and parking occupancy phenomena are addressed. After these ticket data and occupancy rates are analyzed. Lastly in this context conclusions and recommendations are shared.

Keywords: Transportation planning, parking lots, urban problems

* İstanbul Ticaret Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye ORCID: 0000-0001-9852-9428, themacagri@yandex.com

1. Giriş

Kentsel büyüme yüzyılın olgusudur. Ulaştırma ile kentleşme arasında açık bir ilişki vardır. Hızlı büyüyen kentlerde muhtelif sorunlar baş göstermektedir. Özellikle de gelişmekte olan ülkelerde altyapı büyümesinin nüfus ve ilgili büyümelere yeterince ayak uyduramaması sonucu çeşitli sorunlar ortaya çıkmakta olup bunlar en görünür yüzü ise kentlerde belirlemektedir. Kentlerde söz konusu sorunlar; plansızlık ve eş güdüm eksikliği bağlamında, idari ve koordinasyon yetersizlikleri doğrultusunda ortaya çıkmaktadır. Bunun somut çıktıları ise plansız kentsel yayılma, trafik tıkanıklığı artışı, otopark sorunu, toplu ulaştırma yetersizliği olarak kendini göstermektedir (Altan, M.F. ve Kızıltaş, M.Ç., 2018).

Kentler büyüme hızları ve mevcut hacimlerine göre çeşitlenen ulaştırma yatırım gereksinimlerini haizdir. Söz gelimi bir kent içi raylı sistem, metro, metrobüs (hızlı otobüs taşımacılığı BRT_HOT) yatırımlarının yapılacağı yerler kentin büyüme, ihtiyaç ve talep çeşitlerine göre farklılaşmaktadır. Yine otobüs hattı, kent içi denizyolu hattı, minibüs hattı, taksi talebi gibi konular da nüfus, ekonomik büyüklük, altyapı ve trafik tıkanıklığı problemlerinin çeşidi ve düzeyi ile ilintili çözümler getiren hususlardır.

Dolayısı ile mücavir alan değişimleri; karma arazi kullanımları ya da yoğunluk değişimlerinde görüldüğü üzere, kısa bir zaman periyodunda ortaya çıkmadığından dolayı önemli görülmemektedir. Özetle bu tarz araştırmalar kapsamında gerçekleştirilen tasarım, mücavir alan yapılaşmasındaki toplu ulaştırma talebi ve toplu ulaştırma arzı üzerindeki etkinin deneysel olarak kontrolü için Bogota otobüs sistemindeki değişimde rassal zamanlama avantajına sahiptir (Kızıltaş, M.Ç. ve Altan, M.F., 2017).

Bütün bunların toplamında, mücavir alan yapılaşmasının Bogota BRT hattındaki seyahatlerin açıklanmasında önemli olduğu görülmüştür. Yaya kaldırımları ve yaya geçitleri gibi çeşitli mücavir yapılaşmalar için söz konusu özellikler BRT sisteminin desteklenmesinde girişimlerin planlanması sonucunu vermektedir. Daha az ölçeklendirilmelerine karşın yüksek yoğunluk ve yüksek dereceli karma arazi kullanımı gibi diğer özelliklerin ise BRT kullanımını desteklediği görülmektedir. Birçok gelişmiş kentin yoğun ve yüksek dereceli karma arazi kullanımına sahip olduğu hesaba katılarak, planlamacılar ve politika yapıcılar yürünebilirlik teşviki ve çevresel güvenliğe kurumsal desteğin sağlanmasına odaklanabilirler.

Ulaşım Ana Planlarının hazırlanma çalışmaları kapsamında detaylı anket, sayım vb. saha araştırmaları, ulaşım talep tahmin modellerinin hazırlanması ve alternatifli planlama çalışmalarının yer aldığından teknik olarak uzun ve ağır süreçler içermektedir. Bu nedenle söz konusu çalışmaların belirtilen nitelikte hazırlanması için öncelikle 250.000 nüfus üzerindeki belediye ve büyükşehir belediyelerin yapması daha faydalı ve verimli olacaktır. Ulaşım Ana Planı; metodolojik bir süreç izleyen ve matematiksel yöntemler ile talep tahmin modellerinin kurulumunu amaçlayan, kentlerin 15-20 yıllık (veya imar planları projeksiyon yılı) hedefler doğrultusunda kapsamlı bir çalışmadır. Ulaşım Ana Planı, "stratejik" planlama düzeyini belirler. Hane halkı Araştırmalarında araştırmaya uygun bir örneklem seçimi çalışmanın ön koşuludur.

Örnek evreni bireysel elemanlardan oluşmaktadır. Çalışma alanının toplam nüfusu örneklem evrenini oluşturmaktadır. e-ISSN: 2148-2683

Ulaşım Ana Planı çalışmalarında örneklemin en küçük birimi için mahallelerden farklı olarak trafik analiz bölgeleri (zonlar) oluşturulması önerilmektedir (Gerçek, H. ve Demir, O., 2015). Tanımlanacak bölgeler itibariyle model çalışması için gerekli diğer sosyoekonomik veriler ile yolculuk karakteristiklerine ilişkin değerlerin elde edilmesi amacıyla yapılacak konut anketlerinde; hareketlilik oranı, yolculukların trafik analiz bölgeleri itibariyle başlangıç ve bitiş alanları, yolculuk amaçları, kullanılan ulaşım türü, yolculuk zamanı ve süresi, aktarmalar, beklemler gibi temel soruların yanı sıra; gelir düzeyi, otomobil sahipliği gibi ekonomik verilerin cevabı da aranacaktır. Ulaşım Ana Planı;

- En başta Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Altyapı Yatırımları Genel Müdürlüğü (AYGM) tarafından onaylanır.
- AYGM onayı sonrasında Büyükşehir Belediyelerinde UKOME (Ulaşım Koordinasyon Merkezi) ve Belediye meclisinde Büyükşehir belediyesi olmayan yerel yönetimlerinde ise Belediye Meclisinde onaylanarak yürürlüğe girer.

Şehirleşmede, en önemli olgulardan bir tanesi yerleşim alanları, iş alanları, sanayi alanları ve diğer etkinlik alanlarının sınırlarının planlı bir şekilde belirlenmesi ve bütün planlamalarda bu sınırlara azami ölçüde riayet edilmesidir. Bu; planlamanın sürdürülebilirliği açısından büyük öneme sahiptir. Ancak bu çerçevede, ulaşım planları ve imar planlarının eşgüdümü ve birbirini olumlu yönde besleyen şekilde geliştirilmesi sağlanabilmektedir. İstanbul başta olmak üzere şehirlerimizin ana problemi de bu konulardaki eşgüdüm ve entegrasyon eksikliğidir. Bu eksikliğin temelinde ise kalıcı ve uzun vadeli planlamalar yapılamamış olması yatmaktadır. Bununla beraber eğer uzun vadedeki planlama yapabilmenin asgari koşulları oluştuysa, burada da bu planlamanın hangi anlayış temelli olarak gerçekleştirilmesi gerektiği hayatidir. Burada da, geneli itibariyle, insan odaklı, çevreci ve sürdürülebilir bir anlayıştan söz edilebilir. Bu insan odaklı kaygılarla ekonomik ve politik planlamalarının optimum noktasının bulunması üzerinden bir çözüm noktası bulunabilecektir (Gerçek, H. ve Demir, O., 2015).

Aşağıda Tablo 1'de Ulaşım Ana Planı'nı meydana getiren aşamalar detaylı olarak verilmiştir (Gerçek, H. ve Demir, O., 2015).

Tablo 1. Ulaşım Ana Planı Aşamaları (Table 1. Transportation Master Plan Phases) (Gerçek H. ve Demir, O., 2015)

Örnek Ulaşım Ana Planı Hazırlanması İş Paketleri	
Aşama 1.	Mevcut Bilgilerin Toplanması ve Değerlendirilmesi Raporu
Aşama 2.	Yeni Bilgilerin Toplanması ve Değerlendirilmesi Raporu
Aşama 3.	Ulaşım Talep Tahmin Modeli Kurulması ve Kalibrasyonu
Aşama 4.	Hedef Yılı Projeksiyonları ve Hedef Yılı Yapısındaki Darboğazların Belirlenmesi
Aşama 5.	Alternatiflerin Geliştirilmesi ve Modelde Test Edilmesi

Aşama 6. Seçilen Alternatifin Ulaşım Ana Planı Olarak Hazırlanması

Yerleşim yeri ve iş yeri seçimlerinin ulaştırma sistemine, bileşenlerine, kullanıcılara ve şehirleşmeye önemli etkileri söz konusudur. Bu etkiler, kullanıcıya ve genel olarak halka doğrudan ya da dolaylı maliyetler olarak yansımaktadır. Bir yere gerçekleştirilecek olan yerleşim yeri yatırımı o bölgenin arazi değerlerini arttıracak, mevcut ulaştırma hattına olan talebi arttıracak ve belli koşullar altında yeni ulaştırma yatırımı da gerektirebilecektir. Belirli bir bölgeye gerçekleştirilecek olan yeni yerleşim yatırımının o bölgenin arazi değerlerini arttırması, o bölgenin mevcut sakinlerinin sahip olduğu mülklerin değerinin artması demektir. Yine bu yerleşim yatırımının takibinde muhtemel bir ulaştırma yatırımının gerçekleşmesi de bölgenin erişilebilirliğini arttıracığından dolayı bölge sakinlerinin mülkünün değerinin artması gibi bir sonucu doğuracaktır (İBB, 2011). Yine yeni bir yerleşim alanı açılması takibinde gerçekleşen ulaştırma yatırımı (söz gelimi yerleşim yerinin yakınından otoban geçirilmesi), yatırımı gerçekleştirilen hattın kullanıcılarının yanı sıra o bölge sakinlerine yansıyan maliyetler oluşturacaktır. Söz gelimi; otobanın oluşturduğu gürültü ve hava kirliliği, dolaylı olarak bölge sakinlerine yansıyan bir maliyet olacaktır. Yine bir yerleşim alanına doğru bir kent içi raylı sistem hattı inşaatı da o bölgenin erişilebilirliğinin artması, o bölgeye yapılan yolculukların artması, daha çevreci bir ulaştırma türü olan demiryolu türünün seçiminden kaynaklı avantajlar gibi kazanımları o bölgenin sakinlerine sağlayabilecektir (SUMP, 2015).

Çanakkale Boğazına da bir köprü yapılması kararı alınmış olup inşa çalışmalarına başlanılmıştır. Çanakkale 1915 Köprüsü'nden hem lastik tekerlekli araç ve hem de tren geçişi sağlanacaktır. Bu köprü'nün bağlantı yollarının bütünüyle tamamlanması için öngörülen tarih ise 2023'tür. Ayrıca 1 Temmuz 2016 tarihi itibarıyla İzmit Körfezi'nin iki yakasını yani Kocaeli'nin Dilovası ilçesi ile Yalova'ya bağlı Altınova'yı birbirine bağlayan Osmangazi Köprüsü'nün açılışı yapılmıştır. Bu köprü Gebze-İzmir Otoyolu'nun da önemli bir etabını teşkil etmekte olup söz konusu otoyolun yapımının tamamlanmasıyla İstanbul ile İzmir arası seyahat süresi 3 saate kadar düşmektedir. Benzer şekilde Yavuz Sultan Selim Köprüsü'nün bağlantı yollarını da içeren Kuzey Marmara Otoyolu'nun yapımı da devam etmektedir. Dolayısıyla mevzu bahis bütün bu projeler tamamlandığında Marmara denizini bütünüyle çevreleyen, Marmara Bölgesinde hem otoyol ve hem de yüksek hızlı demiryolundan müteşekkil birer ring hat oluşmuş olacaktır (TBB, 2014).

Yine 29 Ekim 2013 yılı itibarıyla Marmaray'ın boğaz aşan kısmı dahil Ayrılıkçeşme-Kazlıçeşme etabı hizmete açılmış olup takibinde Atatürk Havaalanı metrosu da Yenikapı istasyonuna bağlanmış, Haliç metro geçiş köprüsünün tamamlanmasıyla birlikte de Taksim'den Marmaray bağlantısı sağlanmıştır. 10 Ekim 2016 tarihinde Pendik-Tavşantepe metrosu tamamlanarak hizmete açılmış olup Kadıköy-Kartal metrosu ve dolayısıyla Marmaray'la birleştirilmiştir. Böylelikle İstanbul'un mevcut iki havaalanının (Atatürk Havaalanı ve Sabiha Gökçen Havaalanı) kesintisiz metro ulaşımı ile bağlanmasının önu açılmıştır. Aynı şekilde İstanbul'un en yoğun aksı olan güney aksı boyunca kentin doğu-batı eksenindeki en büyük entegre bağlantısı sağlanmıştır. Böylelikle aynı zamanda Pendik'ten Üsküdar, Taksim ve Atatürk

Havaalanı'na da kesintisiz kent içi raylı sistem bağlantısı sağlanmış olmaktadır.

Avrasya Tünelinin inşa edilip açılmasının İstanbul trafiğine, boğaz geçişlerine belirli ölçülerde olumlu tesirleri olduğundan söz edilebilir. Ancak henüz sınırlıdır zira geçiş ücretleri hâlihazırdaki ekonomik ortamda yüksek görünmektedir. Yine 15 Temmuz Şehitler Köprüsü'nün bulunduğu aks aynı zamanda İstanbul trafiğinin ana aksıdır. Ancak güney aksı da ciddi bir önem ve ağırlığa sahiptir. Avrasya Tünelinin geçtiği aks, Marmaray'ın da bulunduğu aks olup güney aksıdır. Henüz güney aksının ağırlığı hâlihazırdaki kentsel eğilimde kullanıcı tarafından tam anlamıyla algılanmamıştır. Yavuz Sultan Selim Köprüsü'nün işletime alınması, ağır tonajlı araçlara getirdiği zorunluluktan ötürü, Fatih Sultan Mehmet Köprüsü'nün trafik yükünü ciddi anlamda azaltmıştır ancak 1. Boğaz köprüsüne tesiri ise çok daha sınırlıdır. Marmaray işletime alındıktan sonra çok geçmeden iyi bir performansa erişmiştir. Günümüzde Gebze-Halkalı İstanbul metrosunun açılması ile birlikte de Marmaray hızla tam kapasite performansa doğru ilerlemektedir. Marmaray ve Avrasya Tünelinin iyileştirici etkisinin kent geneli trafik tıkanıklığındaki yıllar içerisinde tahkim olmaları ile birlikte daha net olarak görülebilecektir (T.C. Ulaştırma Bakanlığı, 2010). İstanbul'da 1. ve 2. Boğaz köprülerinin inşa edilmesi, şehrin yapısında ve ulaşım sisteminde önemli ölçekte değişimleri beraberinde getirmiş olup 29 Ekim 2013 itibarıyla bir bölümünün açılışı gerçekleştirilen Marmaray da şehrin ulaşımında ve köprü trafiğinde belirgin bir etki oluşturacaktır. Daha önce de ifade ettiğimiz üzere, banliyö hatlarının da tamamlanmasıyla Gebze-Halkalı arasında İstanbul'un güney aksında doğu-batı hattı boyunca Marmaray önemli bir trafik talebini karşılayacaktır.

Tablo 2. İstanbul'da Yıllara Göre Asya-Avrupa Yakaları Nüfus Dağılımı (Table 2. Europe-Asia Sides Population Percentages Of Istanbul In Terms Of Years) (T.C. Ulaştırma Bakanlığı, 2010)

İstanbul	1970	1980	1990	2000
Avrupa Yakası	76%	69%	66%	64%
Asya Yakası	24%	31%	34%	36%

Tablo 3. İstanbul'da Yıllara Göre Asya-Avrupa Yakaları İstihdam Dağılımı ve İstanbul'un Nüfus, Otomobil Sayısı Değerleri (Table 3. Europe-Asia Sides Employment, Population and Carownership Values Of Istanbul In Terms Of Years) (T.C. Ulaştırma Bakanlığı, 2010)

İstanbul	1970	1980	2000
Nüfus	3.500.000	4.800.000	12.900.000
Özel Otomobil Sayısı	60.000	200.000	1.800.000
Kişi Başı Otomobil	0,017	0,042	0,140
Avr. Yakası İstihdam Oranı	%80	%77	%71
Asya Yakası İstihdam Oranı	%20	%23	%29

2. Materyal ve Metot

Birçok kentte üniversiteler personeli ve öğrenci miktarıyla; kentsel nüfus içerisinde önemli bir oranı teşkil etmektedirler. Ulaştırma altyapısının önemli bir parçası olarak park işletmeleri

üniversitesi otoriteleri için ana idari konulardan birini teşkil etmektedir. Üniversite kampüsleri yaya ve araç trafiğini kombine ettiklerinden buyana kampüs planlamasından önemli bir yer tutmaya başlamıştır. Parklanma; ulaştırma ve altyapı tasarımında önemli olmasına karşın, kısıtlı kaynaklar kampüslerin park tesisleri noktasındaki hareket kabiliyetini azaltmaktadır. Bu da üniversitelerin parklanma, ücretlendirme ve ölçeklendirme kapasitelerini etkilerken, arz ve talebin dengelenmesi de tamamen ücret düzeylerine, dolayısıyla da fayda ve maliyetlere bağlıdır. Her zaman bütün arazileri olabildiğince, nüfusa bağlı olarak artan araç miktarının park ihtiyacını karşılamak mümkün olmadığına göre yeni yöntemler bulmak gerekmektedir. Bu özellikle kampüsler için, büyük miktarda maliyet gerektirdiğinden, parklanma bütçesi anlamında önemli bir noktadır. Bugün itibarıyla kampüslerde park talebi, artan ekonomik, sosyal ve çevresel maliyetler dikkate alınmadan ölçülmektedir. Bu çalışmada; bir kampüsteki talep senaryolarıyla ilgili gelecekteki parklanma talepleri için bir ekonomik model geliştirilerek, fayda-maliyet dengesini bozmadan arz-talep dengesini sağlayan park ücreti düzeyi bulunmaya çalışılmıştır (Arduin, J.P. ve Ni, J. 2005).

Kentsel bir üniversite kampüsünde parklanma ile ilgili olarak kullanıcıların değişen taleplerini karşılama amacıyla fayda-maliyet ekeninde bir ekonomik model oluşturulmaya çalışılmaktadır. Bu çalışmada Minnesota Eyalet Üniversitesi Mankato kampüsündeki mevcut durum baz alınarak, parklanma arz dengesini sağlayacak ama aynı zamanda da maliyetleri karşılayabilecek bir park ücretlendirmesinin nasıl yapılabileceği sorusunun cevabı aranmıştır. Parklanma ile ilgili pik saat kullanımları dikkate alınmadığında fazla ya da az arz durumları ile karşılaşıldığı bilinmektedir. Buda kampüs park ücretleri ve arz politikalarındaki tekrarlı prosesi karakterize eden park geçiş ücretleri ve park yetersizliği konularını gündeme getirmektedir. Bu çalışmada; modelin doğru kurulması ve işletilmesiyle, kampüslerde yıllık işletim ve bakım masraflarını karşılayan bir kârı sağlayan optimum bir park ücretlendirmesinin hesaplanması hedeflenmiştir (Tapiador, F.J. ve Martí-Henneberg, J. 2009). Minnesota Üniversitesi; Mankato kent merkezine yaklaşık 1 mil mesafede, 18 mil² alana sahip, güneybatıdaki ikiz şehirler Minneapolis ve St. Paul'a yaklaşık 85 mil mesafededir. Kampüs dışında konaklayan öğrencilerin büyük çoğunluğu kampüs çevresindeki 0,5 millik alana dağılmış bir mahalde yaşamaktadır. Mankato kenti üniversite içine hizmet veren bir otobüs hizmeti sunmaktadır. Bazı park alanları otobüslerin öğrencileri sınıfa 10-15 dakika yürüme mesafesine kadar ulaştırmasına izin vermektedir. Kampüste farklı grup park alanları tasarlanmış olup bu park alanları, kullanıcıların kampüste geçirdikleri süre (konaklama vb.) ve ihtiyaç türlerine göre belirlenmiştir.

Sınıflara ve gün içerisindeki yoğun alanlara yakın olan park yerlerinin kullanıcıları kura ile belirlenmektedir. Yıllık yoğunluklar ücret artışlarına göre değişmektedir. Kura ile seçilen altın park alanlarının saat: 10:00-14:00 arasındaki boşluk oranı ortalama %12,5'tir. Açık yeşil park alanları kampüs içinde konaklayan öğrenciler için tasarlanmıştır. Bu parkların 11:00-24:00 arasındaki boşluk oranı ortalama %8,6'dır. Kampüste konaklayan öğrencilerin park içerisindeki araç hareketleri çok nadiren gerçekleşmekte olup gün içerisinde bu park alanlarının doluluk oranı hemen hemen tamamen sabittir. Koyu yeşil park alanları kampüste burslu olarak konaklayan öğrenciler içindir. Bu park alanı en uzun pik saat aralığına (09:00-14:00) sahiptir. Bu pik periyot içerisinde park tam dolu olarak çalışmaktadır. Bu uzun pik saat aralığı; kampüste konaklayanların araçlarını uzun süre

parkta tutma ihtiyacının bulunduğu bir göstergesidir. Yine doluluk oranındaki keskin değişimler de o park alanının kampüste konaklayan kullanıcılara ait olduğunun göstergelerinden birisidir [9]. Minnesota Eyalet Üniversitesi'nde park ücretleri dönemlik ve yıllık bazda belirlenmektedir. Performans bazlı ücretlendirme; günlük bazlı park ücreti ortalamasını gerektirmektedir. Bu da talebe bağlı saat bazlı park ücreti değişimi yapabilen elektronik park metrelerin kullanımını gündeme getirmektedir. Bununla beraber, bu çalışmanın amacı sadece belirlenen ücret tarafından düzenlenen arz-talep dengesinin performans bazlı ücretlendirme konseptine uyarlanabilirliğinin araştırılmasıdır. Buradan hareketle bu düşüncenin Minnesota Eyalet Üniversitesi'nde kesinleştirilmiş arz ve talebe göre yıl-dönem bazlı ücret değişimini ne yönde etkileyeceğinin araştırılması da amaçlanmıştır.

Kampüste park talebinin karşılandığı durumlarda, çoğu zaman maliyet faydanın üzerine çıkmaktadır. Öngörülen yıllık park alımlarına göre talep hesaplandığında ise arz fazlalığı (çoğu zaman mor ve turuncu park alanlarında) veya arz yetersizlikleri (çoğu zaman koyu yeşil park alanlarında) meydana gelmektedir. Bu da yıllık bazda daha fazla park alanı inşası gerekliliği ve dolayısıyla da maliyet artışı anlamına gelmektedir. Bu çalışmada geliştirilen parklanma modeli; bu gibi arzdan sapma (fazlalık ya da yetersizlik) durumları için park talebinin yıllık tahminlerinin sağlanmasıyla oluşturulacak bir platform ile bir minimizasyonun sağlanmasını önermektedir (Kızıldaş, M.Ç. ve Altan, M.F., 2018). Araştırma metodolojisinde açıklandığı üzere, bilet işlemleri bazlı olarak işgal oranlarına göre hesaplanan seyyar araç verileriyle kıyaslanarak otomatik bilet verileri kalibre edilmiştir. Kayıtlı işlemlerle arazi doğrulamaları arasındaki farkın, park sahibi olan meskûnlarla bilet geçerliliği olan yerlere illegal parklanma yapanlar arasındaki değerlerden ve kendi park yerlerine doğrudan uyarlanamayan bilet makinelerini kullananlar ile SMS başta olmak üzere diğer ödeme yöntemlerini kullananlar üzerinden tespit edilebileceği not edilmelidir. Bu farklı durumlar; seyyar veri aracı tarafından tanımlanamadığında, parklanma aktivitelerine olan bütün katkıları, bütün bir çalışma periyoduna göre otomatik bilet verilerinin ölçümüyle kayda alınabilir. Örneğin önceki durumdaki seyyar araç verisi, kent içindeki ana arterlerden birisi olan Fulkungagatan'da 09:54 için uygun durumdadır. Film verileri bu bölgede 16 araçlık boş park yerinden 14'üne araçların park ettiğini göstermektedir. Buna karşın; procesten elde edilen park edimli araç sayısı, işlem verilerinden 12 araç olarak okunmaktadır. Bunun sonucu olarak; bu parklanma verilerinin belirli bir kısmının ölçüm oranı ise 1,16'dır. Sağlam bir kalibrasyonun yapılabilmesi için, ölçüm oranları bir dizi gözlem hesabına tabi tutulmalıdır (Altan, M.F. ve Kızıldaş, M.Ç., 2020). Ağırlık faktörleri; yerleşim, karakteristik ve ücret politikası bazlı olarak 6 farklı cadde türüne göre hesaplanmıştır. ω_{ii} her bir araştırma periyodu, fiyat değişimi ve günün zaman aralığı için bulunmuştur. 2013 Baharında ağırlık faktörleri, gün ortası periyodunda düşük ücret artışı grubu için 0.90 iken bu, sabah periyodunda ücret değişimi olmayan grup için 1.09'dur. Bu; otomatik bilet verilerinden elde edilen park işgal oranlarının önceki periyottaki saha veri doğrulamalarıyla birebir örtüştüğünü göstermektedir. Belirtildiği üzere 2014'te otomatik bilet verilerinden kaydedilen bu değişimler, sistematik olarak önceki periyoda kıyasla, arazi doğrulamalarının %13 ile %21 daha altında çıkmaktadır. Bu durum; büyük olasılıkla, daha önce belirtilmiş olan alternatif ödeme yöntemlerinin artan popülaritesiyle ilgilidir (T.C. 10.Kalkınma Planı Ulaştırma ve Trafik Güvenliği Ö.İ.K. Raporu, 2012).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Yerleşim ve ücret ayrılabilir olmamasına karşın, önce ve sonra periyotları arasındaki otopark faydasının, bir referans olarak ücret değişimi olmaksızın cadde blokları için eşzamanlı değişimi kullanarak otopark talebindeki ücrete etkisi için bir gösterge olması tartışılır bir noktadır. Şekil 1, 07:00-19:00 saatleri arasında her bir grup için önce ve sonra periyotları uygulamasıyla, bütün cadde blokları ortalamasına göre her ücret değişim kategorisi için ortalama işgal oranlarını göstermektedir. 2013 baharında ortalama işgal oranları, farklı ücret değişimlerine tabi olan cadde bloklarında fazla bir değişim göstermemiş olup, gün boyunca düzensiz bir otopark faydasıyla, %81-%86'lık bir oranla yüksek ücret artışı kategorisine tekabül etmektedir (T.C. 10.Kalkınma Planı Ulaştırma ve Trafik Güvenliği Ö.İ.K. Raporu, 2012).

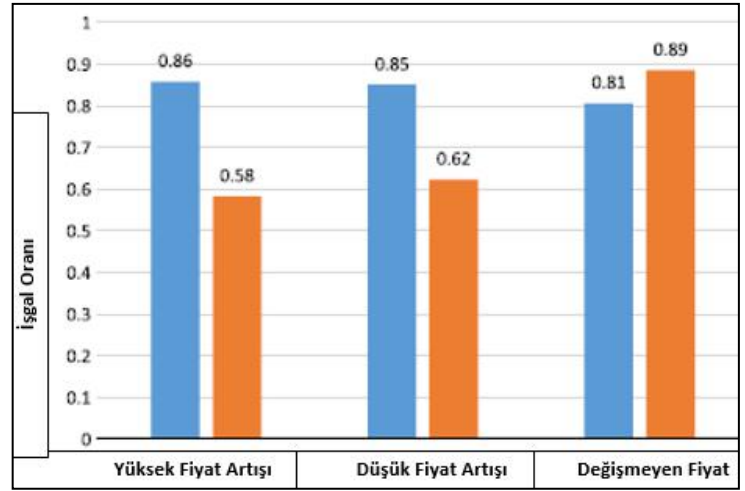
Bu çalışmada raporlanan bulgular; kent merkezindeki ziyaretçilere otopark ücret değişiminin kısa vadeli etkileriyle ilgilidir. Bunun takibinde yapılacak olan bir çalışma, yeni ücret düzeyinin kullanıcılar tarafından kanıksanmasının sağlanmasıyla ilgili olacaktır. Bundan sonraki çalışmalar; otopark kararlarının farklı değişkenlerinin daha iyi anlaşılması ihtiyacını karşılaması gerekmektedir. Özellikle de; farklı kullanıcı grupları için otopark ücret değişimlerinin ikame etkileri, park talebi ve üretiminin etrafıca değerlendirilmesi gibi konuları içermektedir. Yeni çalışmalar; bireysel ve seyahat karakteristiklerine bağlı davranışsal uyarlanabilirliğin geliştirilmesi gibi, otopark kullanıcı ayarlı stratejilerin (örneğin yol dışı parklanma, alternatif cadde parklanması, park etme süresinin ayarlanması, ulaştırma türü, kalkış ve varış noktası tercihleri) yaygınlığının araştırılması için bireysel düzeydeki tercih değişimlerini analiz etmelidir. Bu durum; yaşanabilirlik ve otopark yönetim stratejilerinde farklı kullanıcı grupları ve onların göstergeleri için vurgulanmış olan dengeleri araştırılmasına olanak sağlayacaktır. Otomatik bilet verilerindeki tekil tanımlamaların uygunluğu, geleneksel bir araştırmadan elde edilen sonuçların zenginleştirilmesi ve analiz edilmesini kolaylaştıracaktır.

4. Sonuç

Kentlerin hızlı büyümesi ve büyük kent sayısının da hızla artması birçok potansiyel sorun ve imkâna kapı aralamıştır. Bu durum özellikle de gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin karşılaştığı bir husustur. Yer yer gelişmemiş ülkelerde de rastlanılmaktadır. Ücret esasen sorunla mücadele noktasında en çok gündemi işgal edecek olan gelişmiş ülkeler ve bu ülkelerin büyük kentleridir. Zira süreklilik bir hareketlilik ve muhtelif unsurların bu hareketliliğinin dengelenmesi ve doğru yönetilmesi ihtiyacı söz konusudur. Öte yandan ise de özellikle pozitif unsurların doğru yöntemler ile yerinde ve zamanında tahkimi de önemlidir. Bu noktada ise etkin denetim, disiplinler arası eş güdüm ve koordinasyon, kadro, kaynak, planlı hareket ve etkin ve yerinde doğru eylem hususları ön plana çıkmaktadır (Coady, D. vd. 2012).

Bu çalışmadaki politik göstergeler ve otopark performansındaki ücret politikaları; ilk olarak tartışılmış olup ardından da bir gelecek perspektifi dâhilinde öneriler sunulmuştur. Bu çalışmanın bulguları; park talebinin dikkate değer ölçüde geçici ve yersel değişkenlerle değerlendirilmesinin uygunluğunu ortaya koymaktadır. Bu çalışmada ücret planı değerlendirmesi, uzun vadeli bir periyot için homojen olarak hem bölgesel ve hem de cadde düzeyinde gerçekleştirilmiştir. Yeni

Dinamik değişken otopark ücretlerinin potansiyel yayılımı, optimum ücretlendirme teknikleri konusunda araştırma yapılmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda; bir stokastik problem olarak gerçek zamanlı işgal oranına dayalı, gerçek zamanlı otopark ücret politikası bazlı formülasyonlar geliştirilmektedir. Yeni araştırmalar; park yeri arama trafiğini minimize etmek ve kullanıcı gruplarının kompozisyonunu dikkate almayı da içeren politik amaçları, optimize eden dinamik ücretlendirmenin kurulumu için ileriye dönük talep teknikleri de kapsayabilir (Coady, D. vd. 2012). Analitik modellerde dikkate alınan trafik tıkanıklığı ve otopark politikalarının ortak etkileri, Stockholm gibi iç içe geçmiş kentlerden elde edilen ampirik bulgularla desteklenebilir. Trafik tıkanıklığı ücretlendirmesine benzer bir şekilde, otopark ücretlendirmesinin denge göstergeleri de ileride araştırılabilir.



Şekil 1. Ücret Gruplarına Göre Önce ve Sonra Ortalama İşgal Oranları (Figure 1. Before and After Average Occupancy Rates In Terms Of Price Classes) (Coady, D. vd. 2012)

teknolojiler; güncel ve yersel taleplere bağlı dinamik ve değişken park ücretlendirmesine geçişi kolaylaştırmaktadır. Ücretler; ardından, istenen otopark performans düzeylerine göre de ayarlanabilmektedir. Otopark yönetiminin; istenen işgal düzeyinden de öte, verimlilik ve ziyaretçilerin erişebilirliği gibi bir dizi göstergesi dikkate alınması gerektiği de not edilmelidir. Ortalama işgal oranı bütün bir otopark performansı için gösterge olabildiğinde, seyrüsefer trafiğinin önemi ve boş park yerlerinin bulunmasındaki kolaylık açısından bu durumun bir gösterge olabildiği söylenemez. Ayrıca politik göstergelerin değerlendirildiği ve boş park yerlerinin bulunma kolaylığı dikkate alındığında ortalama işgal düzeyi, bundan da öte, yolculuk deneyimi ve buna bağlı park yeri arama dışsal maliyetlerine dair de bir gösterge işlevine sahip olmaktadır. Cadde üzeri parklanmanın araştırma prosesi, bir dizi bağımsız Bernoulli deneyinin, verili alandaki ortalama parklanma işgaline uyarlanabilir hata oranlarıyla basitleştirilebilir. Bu durum; mevcut sayıdaki blokların, boş park yeri bulma konusunda geometrik dağılımda yaklaşık değer bazlı bir olasılığı göstermektedir. Örneğin merkezi bir iş alanında, geçilmesi gereken blokların ortalama sayısının, uygun park yeri bulmadan önceki değeri 6,67 iken yeni otopark planının oluşturulmasıyla 2,38'e gerilemesi gibi. Bu durum; seyrüsefer trafiğinden bütün trafik akışına doğru bir kaymayı öngörmektedir (Liu Y. vd., 2007).

Küreselleşen dünyada, teknolojik imkânların da büyük bir hızla gelişmesi paralelinde, bölgesel entegrasyonlar da ön plana çıkmaya başlamıştır. Bölgesel entegrasyonlar; ekonomik büyümeden, sosyolojik etkileşime, kültürel ilişkilerden politik parametrelere kadar geniş bir alanda ülkeleri etkileyebilmektedir. Dolayısıyla; sosyal, ekonomik, teknik, kültürel ve politik gelişmelerin merkezinde bulunan ulaştırma ve şehirleşme, bu süreçte belirleyici ve belirlenen konumdadır.

21.yüzyılın hareketlilik olguları; şehirleşme, sürdürülebilirlik ve dijitalleşmedir. Şehirleşme tarihte hiç olmadığı boyutlardadır. Yenilikçi teknolojiler ve sürdürülebilirliği imkânları dâhilinde otopark sorununa şehir alanları içerisinde etkin ve verimli çözümler bulmak mümkündür. Bunun yolu ise temelde, şehirler, ulaştırma ve bunların planlaması arasındaki bağlantıların iyi kurgulanmasından geçmektedir.

Ekonomik kalkınma ve buna paralel bir teknolojik gelişim ile birlikte planlama eyleminin doğru ve etkin icra edilmesiyle şehirlerin, metropoller de dâhil devasa sorunlarına çözümler bulmak, bir kısmını ise hafifleterek katlanılabilir boyutlara indirmek mümkündür. Bu da kadro, koordinasyon ve gerekli ekonomik desteğin doğru yerde ve zamanda kullanılması vasıtası ile temin edilebilecek bir prosestir. Sonuç olarak; ulaştırma sisteminin kuruluşu ile Şehirleşme arasında doğrudan bir ilişki söz konusudur. Ülkemiz; ekonomik kalkınma hedefleri dâhilinde, önemli ölçeklerde yatırım gerçekleştirilmekte olup bu yatırımların %50-60'ı ulaştırma sektöründe gerçekleştirilmektedir. Düzenli bir ekonomik kalkınma -büyüyen, sorunlarını en aza indirmiş, verimli ve işler- bir ulaştırma sisteminden bağımsız düşünülemez. 2023 Vizyonu dâhilinde 'dünyanın en büyük 10 ekonomisi arasına girme' hedefi koyan bir ülkenin, Ulaştırma verimini en üst düzeye çıkarması, kayıplarını en aza indirmesi, kapasiteyi en verimli şekilde kullanması, hizmet parametrelerini olabildiğince yükseltmesi, yükü etkin ve verimli bir şekilde taşıması bir zorunluluk olarak ortaya çıkmaktadır (Davis, L., 2017).

Dolayısıyla; ulaştırma sisteminin sorunlarının en aza indirilmesi ve verimli bir yapının tesis edilmesi, düzenli bir şehirleşmeden ayrı düşünülemez. Bu nedenle; ulaştırma sistemi ve şehirleşme; ekonomik, kültürel, sosyal, ekonomik ve politik parametrelerle birbirine bağlıdır.

5. Teşekkür

Yahyâ Âlparslan Kızıldaş'a teşekkür ederim.

Kaynakça

- Altan, M.F., Kızıldaş, M.Ç., 2018. Toplu Taşımada Çok Amaçlı Karar Verme ve Metropolitan Bir Alanda Ev-İş Ulaşım Hizmeti Modellemesi, Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, ULAKBİM
- Kızıldaş, M.Ç., Altan, M.F., 2017. Evaluation of Intermodal Integration on the Context of Marmaray and Bosphorus Bridges, IRF Regional Congress, Dubai.
- Gerçek H., Demir O., 2015, Eskişehir Ulaştırma Ana Planı Revizyon Çalışması
- İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı Ulaşım Planlama Müdürlüğü, 2011, İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı Özet Raporu
- Sürdürülebilir Kentiçi Hareketlilik Planları (SUMP) Çalıştay Raporu, 2015, Yaşanabilir Şehirler Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ)

- Türkiye Belediyeler Birliği (TBB) Ulaşım Çalışma Komisyonu, 2014, Ulaşım Planlama Çalışmaları ve Ulaşım Ana Planı Hazırlama Kılavuzu
- T.C. Ulaştırma Bakanlığı, 2010. "Hedef 2023" 10. Ulaştırma Şurası, şura raporu, Ankara
- Arduin, J. P., & Ni, J. 2005. French TGV network development. Japan Railway & Transport Review. 40(3), 22-28.
- Tapiador, F. J., & Martí-Henneberg, J. 2009. Potential economic impacts of technological and organizational innovations in intermodal access to major passenger terminals. In 18th International Symposium on Transport Economics and Policy. p. 409.
- Kızıldaş, M.Ç., Altan, M.F., 2018. A Review in Term of Service Parameters on the Modal Choice sand Mass Transport, İzmir, Altan M.F., Kızıldaş M.Ç., 2020 Yüksek Hızlı Demiryolları, Yolcu Ve Yük Taşımacılığı Karşılaştırmaları Bağlamında Küresel Ölçekli Bir Derleme Çalışması, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, ULAKBİM
- T.C. 10.Kalkınma Planı Ulaştırma ve Trafik Güvenliği Ö.İ.K. Raporu, 2012, Ankara
- Granado, F.J., Coady, D., and Gillingham, R., 2012. The Unequal Benefits of Fuel Subsidies: A Review of Evidence for Developing Countries, World Development Vol. 40, No. 11.
- Liu, Y., Zhang, X., Zeng, J., Zhang, X., Zhang, P., & Zhong, Z. 2007. Technology of Sound Intensity Theory in High Speed Railway Car Noise Controlling. In International Conference on Transportation Engineering. pp. 1243-1248.
- Davis, L., 2017. Dynamic origin-to-destination routing of wirelessly connected, autonomous vehicles on a congested network, Phys. A 478, 93–102.



Numerical Analysis and Comparison of Magnetic Fields Caused by Constant and Time Varying Currents in Medium Voltage Underground Cables

Celal Fadil Kumru¹, Ahmet Yigit Arabul^{2*}

¹ Suleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Department of Electrical-Electronics Engineering, Isparta, Turkey (ORCID: 0000-0003-4248-6355), celalkumru@sdu.edu.tr

^{2*} Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electrical Engineering, Istanbul, Turkey (ORCID: 0000-0003-2058-6742), arabul@yildiz.edu.tr

(First received 19 February 2022 and in final form 30 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1075985)

ATIF/REFERENCE: Kumru, C.F. & Arabul, A.Y. (2022). Numerical Analysis and Comparison of Magnetic Fields Caused by Constant and Time Varying Currents in Medium Voltage Underground Cables. *European Journal of Science and Technology*, (35), 449-454.

Abstract

The magnetic fields formed around the conductors carrying current alternating current in the power system adversely affect human health. Especially in medium voltage systems, where energy is mostly carried by underground cables for electrical safety, due to the high current levels and the installation of cables in areas where people live, studies in this field have gained importance. In literature, many studies have been carried out on the calculation of magnetic fields caused by underground cables using numerical methods and their comparison with limit values. In some of these studies, the boundary conditions for phase currents are defined as constant. However, alternating current, which is the source of the magnetic field, is a time-varying vector quantity. For this reason, it is important for the accuracy of the analysis to take into account the direction of the current, the time-dependent change of the current and the phase difference while calculating the magnetic flux density. In this study, the magnetic flux density values caused by a sample medium voltage underground cable system at the reference plane one meter above the ground surface are determined using Comsol Multiphysics. Analyzes are performed both in the stationary domain where the current is constant and in the time domain when it changes depending on time, and the results are discussed and compared. According to the results, it is determined that the maximum magnetic flux density exceeded the limit value of 0.2 mT, while the phase current values are constant. However, it is seen that the magnetic flux density obtained in time-dependent analyzes remains within the safe limit. In addition, it has been determined that the results obtained in the stationary domain are considerably higher than the results obtained in the time domain. As a result, it has been revealed that the time-dependent variation of the current must be taken into account in order to accurately determine the magnetic flux density in the magnetic field analyzes to be performed for underground cables or overhead lines carrying alternating current.

Keywords: Magnetic Flux Density, Underground Cable, Finite Element Method.

Orta Gerilim Yeraltı Kablolarında Sabit ve Zamanla Değişen Akımların Neden Olduğu Manyetik Alanların Sayısal Analizi ve Karşılaştırılması

Öz

Güç sistemi içerisindeki alternatif akım taşıyan iletkenlerin etrafında oluşan manyetik alanlar, insan sağlığını olumsuz etkilemektedir. Özellikle, enerjinin elektriksel güvenlik amacıyla yeraltı kabloları ile taşındığı orta gerilim sistemlerinde, akım mertebelerinin yüksek olması ve kabloların insanların yaşadığı bölgelerde tesis edilmesi nedeniyle bu alanda yapılan çalışmalara önem kazandırmıştır.

* Corresponding Author: arabul@yildiz.edu.tr

Literatürde, yer altı kablolarının neden olduğu manyetik alanların sayısal yöntemler kullanılarak hesaplanması ve bunların sınır değerlerle karşılaştırılması üzerine pek çok çalışma gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmaların bazılarında faz akımları için sınır koşulları sabit olarak tanımlanmıştır. Ancak, manyetik alanın kaynağı olan alternatif akım zamana bağlı olarak değişen vektörel bir büyüklüktür. Bu nedenle, manyetik akı yoğunluğu hesaplanırken akım yönünün, akımın zamana bağlı değişiminin ve faz farkının dikkate alınması analizlerin doğruluğu bakımından önem arz etmektedir. Bu çalışmada, örnek bir orta gerilim yeraltı kablo sisteminin, toprak yüzeyinden bir metre yukarıdaki referans düzleminde meydana getirdiği manyetik alan yoğunluğu değerleri Comsol Multiphysics kullanılarak belirlenmiştir. Analizler, hem akımın sabit alındığı stasyonier domende hem de zamana bağlı olarak değiştiği zaman domeninde gerçekleştirilmiş olup sonuçlar karşılaştırılarak değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, faz akım değerleri sabitken, maksimum manyetik alan yoğunluğunun 0.2 mT sınır değeri aştığı tespit edilmiştir. Ancak zamana bağlı yapılan analizlerde elde edilen manyetik alan yoğunluğu güvenli sınır içerisinde kaldığı görülmektedir. Ayrıca, stationary domainde elde edilen sonuçlarının zaman domeninde elde edilen sonuçlara göre oldukça yüksek olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak, alternatif akım taşıyan yeraltı kabloları veya havai hatlar için gerçekleştirilecek manyetik alan analizlerinde, manyetik akı yoğunluğunu doğru belirleyebilmek için akımın zaman bağlı değişiminin mutlak surette dikkate alınması gerektiği ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: Manyetik Akı Yoğunluğu, Yeraltı Kabloları, Sonlu Elemanlar Yöntemi.

1. Introduction

The rapidly increasing energy demand in today's world has brought many issues such as the search for new resources, the integration of these resources into the system and energy efficiency. In particular, the increase in the number of wind and solar power plants connected to the power system has caused the system to become more complex in terms of control and operation (Ateş et al., 2021; Erduman et al., 2018; Gökçek & Ateş, 2019). With the expansion of this complex network every day, the control and operation becomes also more difficult. In order to find solutions to these problems, many studies are carried out in the literature, and issues such as fault, protection, load flow, predictive maintenance, and energy quality are the leading ones. (Arabul et al., 2015, 2014; Carvalho et al., 2019; Kryltcov et al., 2021; Shen et al., 2019; Zeineldin et al., 2015). This kind of studies is encountered at every section of power system, from energy production to consumption. However, the number of studies on distribution network is higher since the distributed generation is mostly connected to the power system through medium voltage (MV) (Kryltcov et al., 2021; Reyes & Andrés, 2007).

MV underground cables are among the main components of the distribution network. Although underground cables are used for critical areas in the past, they are widely preferred today due to the expansion of metropolises. Because the use of overhead lines in energy distribution poses a life safety risk in crowded areas. In addition, failure of overhead lines due to environmental conditions such as pollution, wind, storm, etc. directly affects energy continuity. In this regards, using underground cables for energy distribution is quite advantageous in terms of system reliability and human safety (Al-Khalidi & Kalam, 2006; Kocatepe et al., 2012). However, due to the alternating current passing through MV cables, magnetic field is formed around them. If the magnetic field occurring under nominal operating conditions, is above a certain limit value, it poses a risk to human health (ICNIRP, 2010). For this reason, analysis of magnetic fields caused by underground cables and examining their possible effects are among the subjects that need to be studied.

In today's literature, there are many studies on magnetic fields caused by underground cables (MacHado, 2010, 2012). In these studies, magnetic flux density is usually calculated analytically (Rozov et al., 2018). However, since the duct geometry, duct type, cable types, soil and filling material used in the application differ regionally, calculations specific to each cable system are required. For this reason, use of numerical

analysis methods for magnetic field analysis has become quite common (Mohamed et al., 2021). Especially with the increase in the processing capacity of computers, most analyzes can be performed more quickly with numerical method-based software. The finite element method is one of the most preferred numerical methods in the literature for magnetic field analysis. Using this method, magnetic field analyzes for many different cable systems, cable geometries and loading conditions have been carried out in the literature. In addition, this method is widely preferred for cable layout optimization (MacHado, 2010; Ulku & Alabas-Uslu, 2020; Yang et al., 2021). It is quite important to determine boundary conditions in magnetic field analyzes using finite element method. Especially when defining the current values of the cables, the phase difference should be taken into account. Because the instantaneous amplitudes and directions of the phase currents are different from each other and change periodically over time (Kumru et al., 2015). The fact that the current amplitudes and directions of the phases are different directly affects the value of the magnetic flux density they cause at any point. In other words, magnetic flux density is a vector dependent on the amplitude and direction of the current. For this reason, it is important to consider the phase difference when calculating the magnetic flux density caused by underground cables and to perform the analyzes in the time domain.

In this study, magnetic field analyzes of three cables (1x400/35 mm² Cu, 20/35 kV) buried at a depth of 80 cm in a horizontal arrangement are carried out using Comsol Multiphysics at nominal operating current. Phase current values are both defined as constant and time dependent, and the magnetic flux density in the reference plane one meter above the ground surface is determined. According to the results, when the phase currents are defined as constant, the maximum magnetic flux density calculated is approximately 0.25 mT, while this value is obtained as approximately 0.009 mT in time-dependent analyzes. As a result, a significant difference is observed between the results of two cases, and it is recommended to consider the phase difference in the studies and compare them with the limit values accordingly.

In the second part of the study, magnetic field equations and finite element theory are given. In the third section, problem details are defined and the analysis results are introduced in the fourth section. In the last section, results and suggestions are given together with the future studies.

2. Methodology

In this section, Biot-Savart law, finite element method (FEM) theory and limit values for human health are introduced.

As it is known, Biot-Savart equation is used to analytically calculate the magnetic flux density around a current-carrying conductor.

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0}{4\pi} \cdot \frac{I \cdot d\vec{s} \times \vec{r}}{R^2} \quad (1)$$

Here, B is the magnetic flux density, I is the current flowing through the conductor, $\mu_0=4\pi \cdot 10^{-7}$ H/m is the magnetic permeability of the space, ds is the infinitesimal length of the current-carrying conductor, R is the distance between the point where the current passes and the magnetic flux density is calculated, and r is the unit vector. Eq. 1 is the generalized expression of the Biot-Savart law and is used for all conductors of different geometries. However, the expression given in Eq. 2 is used to calculate the magnetic flux density around infinitely long conductors such as underground cables.

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \cdot I}{2 \cdot \pi \cdot R} \vec{r} \quad (2)$$

As can be seen from Eq. 2, the current value passing through the conductor is constant. However, in a three-phase system, the current value changes periodically over time and there is 120° phase difference between the phases as given in Eq. 3, Eq. 4 and Eq. 5.

$$i_{L1}(t) = I_m \cdot \sin(\omega t + 0^\circ) \quad (3)$$

$$i_{L2}(t) = I_m \cdot \sin(\omega t + 120^\circ) \quad (4)$$

$$i_{L3}(t) = I_m \cdot \sin(\omega t + 240^\circ) \quad (5)$$

Eq. 3, Eq. 4 and Eq. 5 are defined in Comsol Multiphysics software for each phase in the study, and magnetic flux density distribution around the cables is determined for $t=0$ ms and $t=5$ ms and presented in Figure 1.

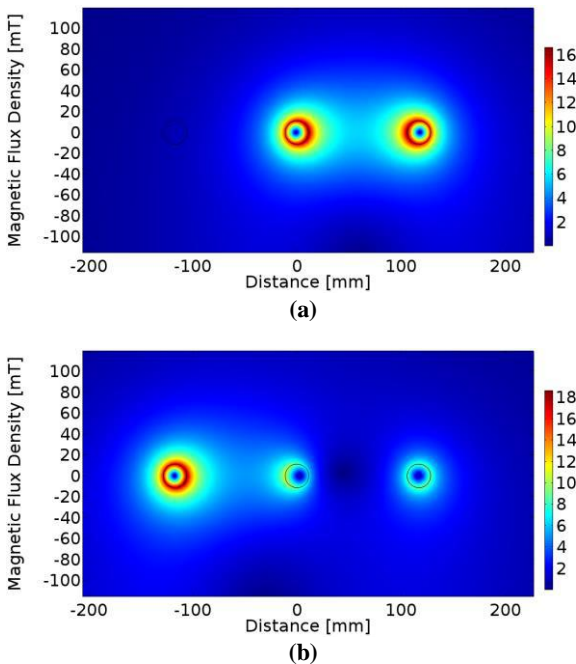


Figure 1. Instant magnetic flux density distribution around cables (a) $t=0$ ms (b) $t=5$ ms

Magnetic Fields interface under AC/DC module of Comsol Multiphysics software is used for magnetic field analysis. The problem geometry is defined as 2D in the Cartesian coordinates and analyzes are carried out in time domain. The Magnetics Fields interface uses Eq. 6 and Eq. 7. to calculate time-varying magnetic fields.

$$\sigma \frac{\partial A}{\partial t} + \nabla \times H = J_e \quad (6)$$

$$B = \nabla \times A \quad (7)$$

Here, σ is the electrical conductivity, A is the magnetic vector potential, H is the magnetic flux density, J_e is the external current density, and B is the magnetic flux density. In order to evaluate the magnetic flux density calculated in the study in terms of human health, limit values determined by the International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) are used and are given in Table 1.

Table 1. Reference levels for general public exposure to timevarying magnetic fields (unperturbed rms values) (ICNIRP, 2010).

Frequency Range f [Hz]	Magnetic Field Strength H [A/m]	Magnetic Flux Density B [T]
1 - 8	$3,2 \cdot 10^4 / f^2$	$4 \cdot 10^{-2} / f^2$
8 - 25	$4 \cdot 10^3 / f$	$5 \cdot 10^{-3} / f$
25 - 50	$1,6 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^{-4}$
50 - 400	$1,6 \cdot 10^2$	$2 \cdot 10^{-4}$

3. Problem Definition

In this section, geometry, boundary conditions, mesh statistics and material properties of the problem designed with Comsol Multiphysics are introduced. As it is known, there are 7 basic steps to be followed in order to solve a problem using the FEM:

1. Definition of problem geometry
2. Definition and assignment of the materials,
3. Specifying the boundary conditions or initial conditions of the problem,
4. Separating the solution region into finite elements or sub-domains (meshing),
5. Writing the basic equations for each element,
6. Combining all the elements in the solution region and obtaining the set of equations to be solved,
7. The solution of the set of equations

In this context, the problem geometry is first designed as in Figure 2.

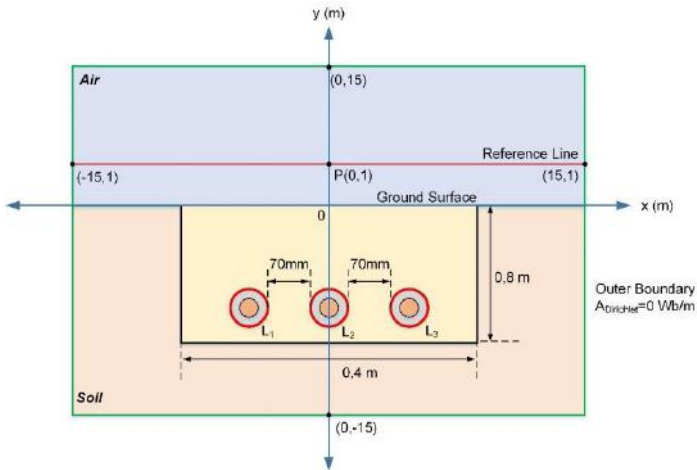


Figure 2. Problem geometry

A typical cable system commonly used in distribution networks is presented in Figure 2. Cables are located in a channel 80 cm deep and 40 cm wide in horizontal arrangement, with 70 mm space between them. 20.3/35 kV, 1x400/35 mm² Cu, XLPE insulated cables are used for each phase, and the outer diameter of the cables is 50.5 mm (Kablo, n.d.). For the outer boundary, 30 m x 30 m square is used as in Figure 2. In the literature, it is recommended to limit the open boundary type problems to an area with a radius of at least 5 times the maximum width of the studied region to keep the results consistent. In this context, considering the channel width (80 cm) in the study, the problem is limited by using an area larger than 800 cm and the magnetic vector potential, $A=0$ Wb/m Dirichlet boundary condition is assigned. As given in Figure 2, all magnetic flux density values are calculated for the reference plane one meter above the ground surface.

The materials used in the study are copper, soil and air and their properties are given in Table 2.

Table 2. Material Properties(Widodo et al., 2018)

Material	Relative Permeability	Relative Permittivity	Electrical Conductivity [S/m]
Copper	1	1·107	5.998·107
Soil	1.0006	5	0.01
Air	1	1	0

Other layers of the cable such as semiconductor and XLPE do not significantly affect the analysis results and are not taken into account in the study to reduce the number of finite elements and analysis time. In addition, relatively thin layers make it difficult to divide these parts into the finite elements.

The problem is modeled using Comsol Multiphysics, AC/DC Module, Magnetic Fields interface and analyzes are performed using a time dependent solver. Duration of the simulations and the step time is 20 ms and 0.1 ms, respectively. Nominal current carrying capacity of MV cables used in the study is 701 A in the ground. Accordingly, current boundary conditions of the phases are defined as $I_m = \sqrt{2} \cdot 701$ Eq. 3, Eq. 4 and Eq. 5 for each phase. In the analyzes where the phase currents are constant, effective value of the phase currents is defined as 701 A.

In the next step, the problem geometry is divided into triangular finite elements, and the meshed geometry and mesh statistics are given in Figure 3 and Table 3, respectively.

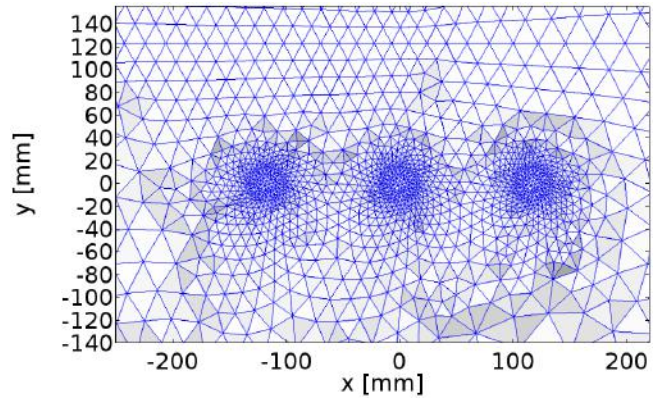


Figure 3. Mesh geometry

Table 3. Mesh statistics of the study

Mesh Parameters	Value
Number of triangular elements	83248
Number of edge elements	1717
Number of vertex elements	22
Minimum element quality	0.6553
Average element quality	0.9824
Element area ratio	3.108·10 ⁻⁶
Mesh area	9.24·10 ⁸ mm ²
Maximum growth rate	2.56
Average growth rate	1.09

4. Results and Discussion

In this section, the results of stationary and time dependent magnetic field analyzes performed with Comsol Multiphysics software are given and discussed. Firstly, time-dependent analyzes are carried out, and the time-dependent variation of magnetic flux density at point P(0,1) is presented in Figure 4.

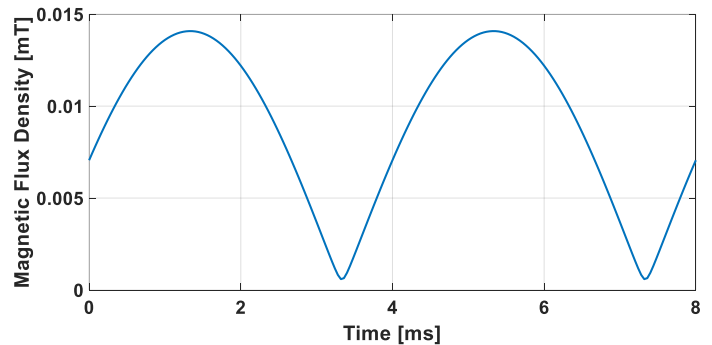


Figure 4. Variation of magnetic field density with time at point P(0,1)

In Figure 4, the time-dependent variation of the magnetic flux density at the P point is given. Within a period, maximum and minimum values of magnetic flux density are determined as 0.014 mT and $0.6 \cdot 10^{-3}$ mT, respectively. The reason why the magnetic flux density changes in this way over time is that magnetic flux density vectors, which change instantaneously depending on the current direction and amplitude, have weakening and strengthening effects on each other. In order to

compare magnetic flux density with the limit values specified by ICNIRP, average value of the waveform need to be calculated. Average value of the waveform given in Figure 4 is calculated as 0.009 mT, and it is less than 0.2 mT limit value specified for 50 Hz magnetic fields in Table 1.

In the case where the phase currents are defined as constant, the variation of the magnetic flux density obtained on the reference plane is given in Figure 5.

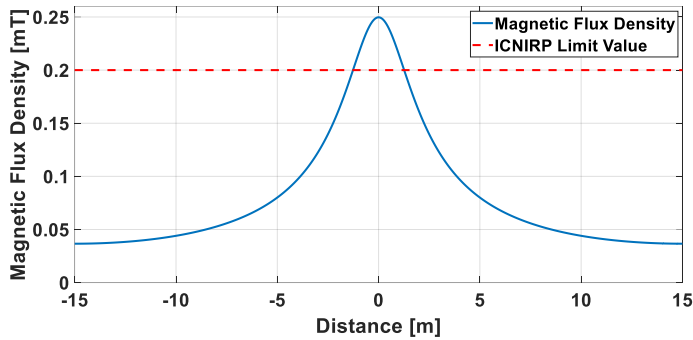


Figure 5. Magnetic field density distribution at one meter above ground (stationary analysis)

In Figure 5, it is seen that magnetic flux density reaches its maximum at point P(0,1) on the reference plane with approximately 0.25 mT. Contrary to the time-dependent analysis results, the maximum magnetic flux density obtained is above the 0.2 mT limit value. However, maximum magnetic flux density obtained in stationary analyzes is approximately 27 times the value in time-dependent analyzes. For this reason, it is important to conduct magnetic field analyzes in time domain.

Thereafter step, analyzes made in the time domain are extended and the average values of the magnetic field intensities at each point along the reference plane are calculated. The distribution of mean values of magnetic flux density along the reference plane is presented in Figure 6.

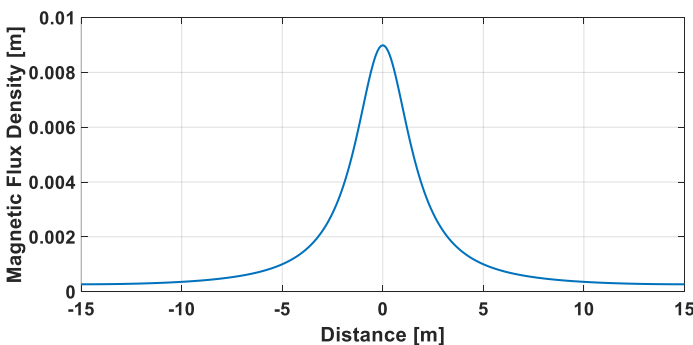


Figure 6. Magnetic field density distribution at one meter above ground (time domain analysis)

5. Conclusion

In this study, magnetic field analyzes around underground cables used in MV distribution network are carried out. Analyzes are performed with Comsol Multiphysics software and the maximum magnetic field intensities obtained in stationary and time domain are compared and evaluated. Nominal current carrying capacity of the cables used in the study is 701 A, and the current boundary conditions of all phases are defined constant in stationary analyzes. In the time dependent analysis, boundary conditions of the phase currents are defined as

alternating current, 50 Hz mains frequency and 120° phase difference. According to the results, the maximum magnetic flux density values obtained in stationary analyzes where the current value is defined as constant are 27 times higher than the real values (Table 4).

Table 4. Comparison of maximum magnetic flux intensities for stationary and time domain analysis

Analysis	Maximum Magnetic Flux Density (mT)	Limit Value (mT)
Time Domain	0.009	0.2
Stationary	0.25	

However, in the time dependent analyzes, it is determined that maximum magnetic flux density is significantly lower than the stationary analysis results. While the maximum magnetic flux density obtained as a result of time dependent analysis is below the 0.2 mT limit value determined by ICNIRP, the value obtained at constant current is above the limit value. In this regard, it is important to define the current boundary conditions based on time in the analysis of magnetic fields caused by conductors carrying alternating current such as underground cables or overhead lines.

As future studies, similar analysis can be performed for different cable types, cable layouts and loading currents and critical limit values can be determined. Also, if the power system contains current harmonics, the magnetic flux density distribution will also change due to the change of the current waveform. In this context, the scope of the analyzes can be extended for further studies.

References

- Al-Khalidi, H., & Kalam, A. (2006). The impact of underground cables on power transmission and distribution networks. *First International Power and Energy Conference, (PECon 2006) Proceedings*, 576–580. <https://doi.org/10.1109/PECON.2006.346717>
- Arabul, A. Y., Senol, I., Keskin Arabul, F., Aydeniz, M. G., Oner, Y., & Kalkan, G. (2015). An Investigation on Hot-Spot Temperature Calculation Methods of Power Transformers. *World Academy of Science, Engineering and Technology International Journal of Energy and Power Engineering*, 9(8), 1036–1040.
- Arabul, A. Y., Senol, İ., Kumru, C. F., Boynuegri, A. R., & Keskin, F. (2014). An Experimental Study For Comparing The Effect Of The Magnetic Field On Human Health Around Transformers In Sinusoidal And Non-Sinusoidal Current Conditions. *The 5th International Symposium on Sustainable Development*, 129–136.
- Ateş, Y., Gökçek, T., & Arabul, A. Y. (2021). Impact of hybrid power generation on voltage, losses, and electricity cost in distribution networks. *Turkish Journal of Electrical Engineering & Computer Sciences*, 29(3), 1720–1735. <https://doi.org/10.3906/elk-2006-149>
- Carvalho, T. P., Soares, F. A. A. M. N., Vita, R., Francisco, R. da P., Basto, J. P., & Alcalá, S. G. S. (2019). A systematic literature review of machine learning methods applied to predictive maintenance. *Computers & Industrial*

- Engineering*, 137, 106024.
<https://doi.org/10.1016/J.CIE.2019.106024>
- Erduman, A., Durusu, A., & Kekezoğlu, B. (2018). Küçük Güçlü Rüzgâr Santrallerinin Kurulumu ve Şebekeye Etkilerinin Teknik ve Ekonomik Açıdan Değerlendirilmesi: Uygulama Çalışması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 13, 112–117. <https://doi.org/10.31590/EJOSAT.420155>
- Gökçek, T., & Ateş, Y. (2019). Dağıtık Güç Üretiminin Şebekeye Entegrasyonu ve Olası Etkilerinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 15, 216–228. <https://doi.org/10.31590/EJOSAT.521350>
- ICNIRP. (2010). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric and Magnetic Fields (1 HZ – 100 kHz). In *Health Physics* (Vol. 99, Issue 6). <https://doi.org/10.1097/HP.0b013e3181f06c86>
- Kablo, V. (n.d.). *Orta Gerilim Kabloları*. Retrieved February 19, 2022, from <https://www.vatan.com.tr/urunler/orta-gerilim-kablolari#print-wrap>
- Kocatepe, C., Arıkan, O., Kumru, C. F., Erduman, A., & Umurkan, N. (2012). Electric field measurement and analysis around a line model at different voltage levels. *ICHVE 2012 - 2012 International Conference on High Voltage Engineering and Application*, 39–42. <https://doi.org/10.1109/ICHVE.2012.6357005>
- Kryltcov, S., Makhovikov, A., & Korobitcyna, M. (2021). Novel Approach to Collect and Process Power Quality Data in Medium-Voltage Distribution Grids. *Symmetry* 2021, Vol. 13, Page 460, 13(3), 460. <https://doi.org/10.3390/SYM13030460>
- Kumru, C. F., Kocatepe, C., & Arıkan, O. (2015). An investigation on electric field distribution around 380 kv transmission line for various pylon models. *International Journal of Electrical, Computer, Energetic, Electronic and Communication Engineering*, 9(8), 138–141.
- MacHado, V. M. (2010). FEM/BEM hybrid method for magnetic field evaluation due to underground power cables. *IEEE Transactions on Magnetics*, 46(8), 2876–2879. <https://doi.org/10.1109/TMAG.2010.2044390>
- MacHado, V. M. (2012). Magnetic field mitigation shielding of underground power cables. *IEEE Transactions on Magnetics*, 48(2), 707–710. <https://doi.org/10.1109/TMAG.2011.2174775>
- Mohamed, A. Z. E. D., Zaini, H. G., Gouda, O. E., & Ghoneim, S. S. M. (2021). Mitigation of Magnetic Flux Density of Underground Power Cable and its Conductor Temperature Based on FEM. *IEEE Access*, 9, 146592–146602. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3121175>
- Reyes, Z., & Andrés, C. (2007). Voltage quality improvement in distribution networks: A case study. *2007 9th International Conference on Electrical Power Quality and Utilisation, EPQU*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/EPQU.2007.4424156>
- Rozov, V., Grinchenko, V., Tkachenko, O., & Yerisov, A. (2018). Analytical Calculation of Magnetic Field Shielding Factor for Cable Line with Two-Point Bonded Shields. *International Conference on Mathematical Methods in Electromagnetic Theory, MMET, 2018-July*, 358–361. <https://doi.org/10.1109/MMET.2018.8460425>
- Shen, Y., Abubakar, M., Liu, H., & Hussain, F. (2019). Power Quality Disturbance Monitoring and Classification Based on Improved PCA and Convolution Neural Network for Wind-Grid Distribution Systems. *Energies* 2019, Vol. 12, Page 1280, 12(7), 1280. <https://doi.org/10.3390/EN12071280>
- Ulku, I., & Alabas-Uslu, C. (2020). Optimization of cable layout designs for large offshore wind farms. *International Journal of Energy Research*, 44(8), 6297–6312. <https://doi.org/10.1002/ER.5336>
- Widodo, W., Azimmah, A., & Santoso, D. (2018). Exploring the Japan Cave in Taman Hutan Raya Djuanda, Bandung Using Gpr. *Journal of Environmental and Engineering Geophysics*, 23(3), 377–381. <https://doi.org/10.2113/JEEG23.3.377>
- Yang, X., Zhou, D., Song, W., She, Y., & Chen, X. (2021). A Cable Layout Optimization Method for Electronic Systems Based on Ensemble Learning and Improved Differential Evolution Algorithm. *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, 63(6), 1962–1971. <https://doi.org/10.1109/TEMC.2021.3075896>
- Zeineldin, H. H., Sharaf, H. M., Ibrahim, D. K., & El-Zahab, E. E. D. A. (2015). Optimal protection coordination for meshed distribution systems with DG using dual setting directional over-current relays. *IEEE Transactions on Smart Grid*, 6(1), 115–123. <https://doi.org/10.1109/TSG.2014.2357813>



Yığma Bir Seyir Kulesinin Dinamik Analizi

Recep Kadir Pekgökgöz¹, Fatih Avcil^{2*}, Gürkan Baltacı³, M. Arif Gürel⁴

¹ Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-3083-2241), recepkdir@harran.edu.tr

^{2*} Bitlis Eren Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitlis, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6550-550X), favcil@beu.edu.tr

³ Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye (ORCID: 0000-0003-3032-4009), grkanbaltaci@hotmail.com

⁴ Harran Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1046-4410), agurel@harran.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 26 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 11 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1079565)

ATIF/REFERENCE: Pekgökgöz, R. K., Avcil, F., Baltacı, G. & Gürel, M. A. (2022). Yığma Bir Seyir Kulesinin Dinamik Analizi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 455-463.

Öz

Yığma yapı tekniğiyle oluşturulan yapılarda kullanılan malzemeler gevrek davranış göstermektedir. Bu nedenle yığma yapılar özellikle mühendislik hizmeti görmeden inşa edilenleri deprem davranışları açısından iyi olmayan yapı grubuna girmektedir. Bu tür yapılarda kullanılan malzemelerin taşıma kapasitelerinin aşılması durumunda, yapıda ani kırılma ve çatlaklar görülmektedir. Yığma yapı örneklerinden biri de kulelerdir. Seyir kulelerinde, özellikle tarihi olanlarında yaygın olarak yığma ve ahşap taşıyıcı sistemler görülmektedir. Çalışmanın konusunu oluşturan seyir kuleleri gibi yığma tipe sahip yapıların deprem ve rüzgâra karşı davranışlarının bilinmesi ve zayıf bölümlerinin belirlenip dayanımlarının artırılması gerekmektedir. Yığma yapıların deprem karşısındaki davranışı, yetersizlikleri, depreme dayanıklı betonarme binaların tasarımı, hasar görmüş binaların onarımı, güçlendirilmesi vb. konular üzerinde halen araştırmalar sürmektedir. Bu çalışmanın amacı, yığma bir seyir kulesinin dinamik analizinin gerçekleştirilip sonuçlarının değerlendirilmesidir. Araştırma sonuçlarına göre, kuleler gibi narin yığma yapıların basınç dayanımları her ne kadar yüksek olsa da kayma gerilmelerine karşı olan dayanımlarının zayıf kaldığı tespit edilmiştir. Bu tür narin ve yüksek yapıların sünekliklerinin olabildiğince yüksek olması gerekirken düşük sünekliğe sahip yığma yapı tekniğiyle inşa edilmesi durumunda yapıda oluşacak gerilmeler karşılanabilse bile, büyük depremlerde gevrek kırılmalardan kaynaklanan hasarlardan kaçınılamayacağı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kule, Yığma Yapılar, Dinamik Analiz, Deprem

Dynamic Analysis of a Masonry Observation Tower

Abstract

The materials used in the structures made with the techniques of masonry structure show brittle behavior. For this reason, masonry structures, especially those built without engineering service, are in the group of structures that are not good in terms of earthquake behavior. If the bearing capacities of the materials used in such structures are exceeded, sudden breaks and cracks are observed in the structure. One such example is the towers. In towers, masonry and wooden bearing systems are commonly seen, especially from historical ones. It is necessary to know the behavior of structures such as watchtowers, which are the subject of the study, against earthquake and wind. Also, their weaknesses should be determined and their strength should be increased. Researches on the behavior of masonry structures against earthquakes, their inadequacies, the design of earthquake-resistant reinforced concrete buildings, the repair and strengthening of damaged buildings, etc. are still ongoing. The aim of this study is to investigate the dynamic analysis of a masonry tower and evaluate the results. According to the results of the research, it has been determined that although the compressive strength of slim masonry structures is high, their shear stress resistance remains weak. While the ductility of such slim and tall structures should be as high as possible, it has been observed that even if the stresses that will occur in the structure built with the low ductility masonry technique can be carried, the damage caused by brittle fractures in large earthquakes cannot be avoided.

Keywords: Tower, Masonry Structures, Dynamic Analysis, Earthquake

* Sorumlu Yazar: favcil@beu.edu.tr

1. Giriş

İnsanoğlu tarih boyu barınma, ısınma gibi gereksinimlerini karşılayabilmek amacıyla yapılara ihtiyaç duymuş ve bu ihtiyaç karşısında ilk çağlardan zamanımıza dek günün koşulları ve teknolojileri çerçevesinde birçok değişik malzemeden yararlanarak yaşam alanları inşa etmişlerdir. Günümüzde her ne kadar çelik ve betonarme yapılar en fazla inşa edilen yapı gurubu olsa da, dünyanın çeşitli ülkelerinde yığma yapılar hala inşa edilmektedir. Bu tarz inşa edilmiş yapılar ile ilgili de birçok akademik çalışma bulunmaktadır (Karasin ve Isik, 2016, Hadzima ve ark., 2018, Ertekin, 2020). Işık ve ark. (2018, 2022), tarihi yığma minarelerin yapısal analizlerine yönelik çalışma yapmışlardır. Yığma yapıların deprem gibi sismik yük altındaki davranışı üzerine bazı araştırmalar da vardır (İzol ve ark., 2019, Işık ve ark., 2019, Biçen ve ark., 2020).

Yığma yapıların sahip olduğu en büyük dezavantaj ağır, hantal ve gevrek malzemeden inşa edilmiş olmalarıdır. Yapı ağırlığının fazla olması deprem sırasında oluşacak atalet kuvvetlerinin büyük olmasına yol açmaktadır. Bu durum yapı elemanlarının oldukça fazla iç tesirlere maruz kalması anlamına gelir. Bunun yanında yığma yapıların çoğunlukla rijit olmaları esnek yapılar gibi enerji yutma ve esneme becerisine sahip olmaları demektir. Neticede, deprem esnasında ortaya çıkan enerjiyi sönmülendirme kapasitelerinin düşük olmasından dolayı hasar görme ihtimalleri yüksek olmaktadır (Çırak, 2011, Koç, 2016).

Yığma yapılar için kullanılan malzemelerin sünek olmaması nedeniyle mühendislik açısından istenmeyen durumlar görülmekte, taşıma limitinin aşılması durumunda çatlamalara ve ani kırılmalara sebep olmaktadır. Söz konusu nedenlerden dolayı yığma yapılar depreme dayanıklı yapılar olarak değerlendirilmemektedirler. Ancak yığma yapılar deprem açısından tamamen olumsuz yapılar şeklinde düşünülmemelidir. Yönetmelik ve standartlar içeriklerinde uyulması gereken asgari kuralları bulundurlar. Hangi yapı türünde olursa olsun yapılarımızı yönetmelik ve standartlara göre yaparsak sağlam ve güvenilir binalar inşa edebiliriz (Çöğürçü, 2007).

Yığma yapı örneklerinden biri de kulelerdir. Minareler, haberleşme kuleleri, sanayi bacaları, deniz fenerleri, radar kuleleri, seyir kuleleri ve ayaklı su depoları gibi yapılar kule türü yapılar olarak değerlendirilebilir. Bu tip yapılar günümüzde genellikle, betonarme, ön gerilmeli beton ve çelikten imal edilmektedir. Bu yapıların özellikle tarihi olanlarının yaygın olarak yığma (tuğla, kesse taş gibi) malzemelerden inşa edilmiş oldukları görülmektedir (Acar, 2009).

Bu çalışmanın da konusunu oluşturan seyir kuleleri gibi yığma inşa edilen yapıların rüzgâr ve depreme karşı yapı davranışlarının bilinmesi ve gerekiyorsa yapı dayanımlarının artırılması gerekmektedir. Teknolojik ilerlemeler doğrultusunda ön gerilme teknolojilerinden yararlanarak bu tip yapıların dayanımlarının artırılması sağlanabilmektedir (Kökan, 2019)

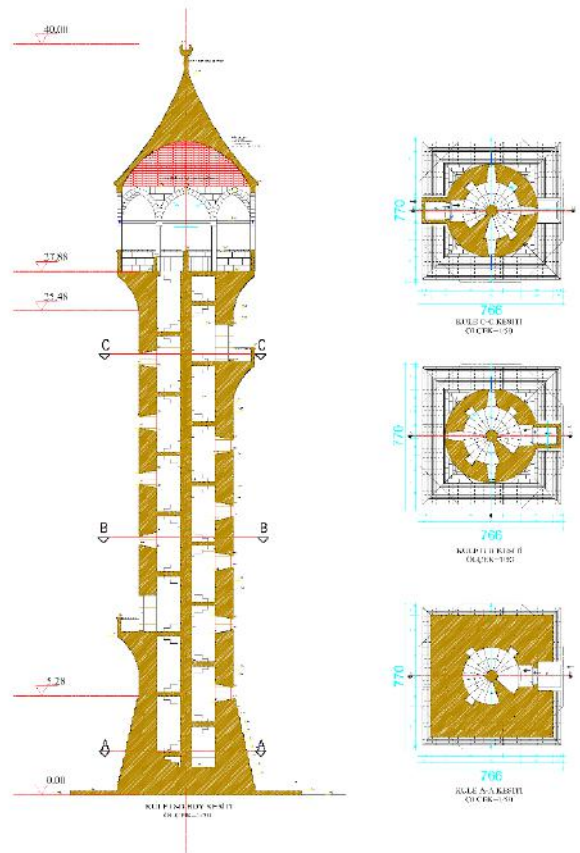
Çelik ve betonarme yapıların yatay ve düşey yüklere maruz olması durumunda nasıl davrandığı, elde edilen tecrübeler neticesinde matematiksel olarak ifade edilebilirken, yığma yapıların düşey ve bilhassa yatay yükler altında davranışını matematiksel olarak ifade etmek daha güçtür. Yığma yapıların deprem etkisi altındaki davranışı, zayıflıkları, depreme dayanıklı güçlendirilmiş binaların tasarımı, hasar görmüş binaların tadilatı

vb. konular üzerinde halen araştırmalar sürmektedir (Bayülke, 1980).

Yukarıda açıklanan hususlar çerçevesinde bu çalışmada yığma yapım tekniğiyle yeni inşa edilecek bir seyir kulesinin dinamik analizi yapılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada ele alınan yapı 40 m yüksekliğinde yığma yapı tekniğiyle inşa edilecek bir seyir kulesidir. Sonlu elemanlar yöntemiyle modellenen kulenin boy ve en kesitleri Şekil 1'de gösterilmiştir. Söz konusu seyir kulesi tabanda 7.70 m x 7.70 m ölçülerinde bir oturma odasına sahip olup, 5.28 m yükseklikten sonra 5.00 m x 5.00 m ölçülerine daralmakta ve 25.48 m yükseklikten sonra yine 7.70 m x 7.70 m ölçülerine doğru genişlemeye başlamaktadır.



Şekil 1. Seyir kulesinin boy ve enkesitleri (Figure 1. Height and cross-sections of the observation tower)

Ülkemizin Van ilinde yapılması planlanan seyir kulesinin inşasında bu bölgede bulunan Edremit Traverteni ve Saphan Bazalt malzemeleri kullanılacaktır. Kulenin modellenmesinde Edremit Traverteni, Saphan Bazalt ve Tuğla yapı malzemelerinin fiziksel ve mekanik özellikleri ile bunlara uygun harç kabulleriyle model oluşturulmuştur. Yapının 0.00 m - 5.28 m kotları arası Saphan bazalt, 5.28 m - 32.20 m kotları arası Edremit traverteni, kulenin 32.20 m - 40.00 m kotları arasındaki kubbesi ise tuğla malzeme olarak modellenmiştir. Ayrıca kulenin tabanından seyir terasına çıkan iç merdivenler de Edremit traverteni olarak tasarlanmıştır.

Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY)'nde de belirtildiği üzere sonlu elemanlar yöntemi aracılığıyla yapılacak

çözümlemede, taşıyıcı duvarların modellenmesine göre, mikro modelleme, basitleştirilmiş mikro modelleme veya makro modelleme teknikleri kullanılarak 3 farklı şekilde modelleme yapılabilir (TBDY-2018). Tercih ettiğimiz basitleştirilmiş mikro modelleme tekniğinde, yatay ve düşey harç derzleri ihmal edilmekte ve genişletilen kargir birimler ortalama ara yüzey çizgileriyle birbirinden ayrılarak modelleme yapılmaktadır.

Kule modellenirken SAP2000 sonlu elemanlar programı kullanılmıştır (SAP2000, 2002). Modelde 32 adet çubuk (frame), 24 adet kabuk (shell) ve 7341 adet katı (solid) eleman mevcuttur. SAP2000 programında modellenen seyir kulesi Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Seyir kulesinin SAP2000 programındaki modellemesi
(Figure 2. Modeling of the observation tower in the SAP2000 program)

Tablo 1’de kulede kullanılan malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri verilmiştir. Oluşturulan yığma duvar birimlerinin özellikleri, kullanılan bu malzeme özelliklerinden yola çıkılarak TBDY-2018, Bölüm 11 aracılığıyla belirlenmiştir.

Tablo 1. Malzemelerin fiziksel ve mekanik özellikleri (Table 1. Physical and mechanical properties of materials)

Malzeme ismi	Birim Hacim Ağırlığı (kN/m ³)	Basınç Dayanımı (MPa)	Elastisite Modülü (MPa)	Poisson Oranı
Edremit Traverten	20.1	31,60	14480	0.30
Saphan Bazalt	26.3	142,76	47630	0.25
Tuğla	17.0	6,60	6085	0.30

Yukarıdaki basınç dayanımları doğrultusunda, TBDY-2018’deki ilgili tablo esas alınarak, inşa edilecek yığma seyir kulesinin karakteristik kargir birim basınç dayanımı $f_k = 5.50$ MPa olarak belirlenmiştir.

TBDY-2018’de belirtildiği üzere yığma duvarların karakteristik kayma dayanımları f_{vk} aşağıda verilen ve yönetmelikte Denk 11.1 olarak ifade edilen bağlantıyla belirlenmiştir.

$$f_{vk} = f_{vko} + 0.4\sigma_d \leq 0.10 f_b \quad \text{Denk. 1}$$

Denk. 1’deki bağıntıda f_{vko} TBDY-2018’de belirtilen duvarların başlangıç kesme dayanımlarıdır. Bu çalışma için f_{vko} değerinin, TBDY-2018’e göre kargir birimin doğal veya yapma taş ve kullanılan harcın M1-M2 sınıfında olması durumunda 0,10 MPa olarak alınması gerektiği belirtilmiştir. Yük katsayıları ile çarpılmış düşey yükler ve deprem yüklerinin ortak etkisi altında hesaplanan düşey basınç gerilmesini yani analiz neticesinde seçilen duvar kesitinde oluşan normal gerilme σ_d olarak ifade edilmiştir. Hesap basınç dayanımı f_b ise f_k değerinin, kule için 2 olan malzeme katsayısı γ_m ile bölünmesiyle elde edilmiştir.

Tüm bu veriler aracılığı ile analiz sonrasında elemanlarda oluşan basınç gerilmeleri neticesinde elemanın dayanacağı kayma gerilmeleri söz konusu bağıntı ile hesap edilmiş ve çalışmaya eklenmiştir.

Oluşturulan taşıyıcı duvarların modelde kullanılan elastisite modülleri TBDY-2018, 11.2.13 maddesinde belirtildiği üzere yapısal çözümlemede $750.f_k$ değerine eşit alınmıştır.

Seyir kulesinin deprem analizlerinde TBDY-2018 esas alınmıştır. Bu yönetmelikle birlikte deprem haritalarının ve deprem hesabının güncellenmiş olması nedeniyle yapılacak yeni yapılarla spektral ivmelerin belirlenebilmesi için enlem ve boylam belirtmek gerekliliği bilinmektedir. Van Tuşba belediyesi bölgenin turizm potansiyelini artırmak amacıyla Geleneksel Van Evleri projesi kapsamında bölgede geleneksel Van evleri yapım projesini yürürlüğe koymuştur. Proje kapsamında evler inşa edilmiş ve bir seyir kulesinin yapılmasına karar verilmiştir. Bu nedenle kulenin konumuna ait enlem ve boylam değerleri bu bölgede alınmıştır.

Kule için DD-2 deprem düzeyi tasarım depremi olarak belirlenmiş ve Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı (AFAD) tarafından düzenlenmiş olan “Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Deprem Uygulaması” (TDTH, 2018) kullanılarak söz konusu enlem ve boylama göre parametreler belirlenmiş ve SAP2000 programına spektrumlar tanımlanmıştır. Seyir kulesi tasarım depremi parametreleri Tablo 2’de verilmiştir.

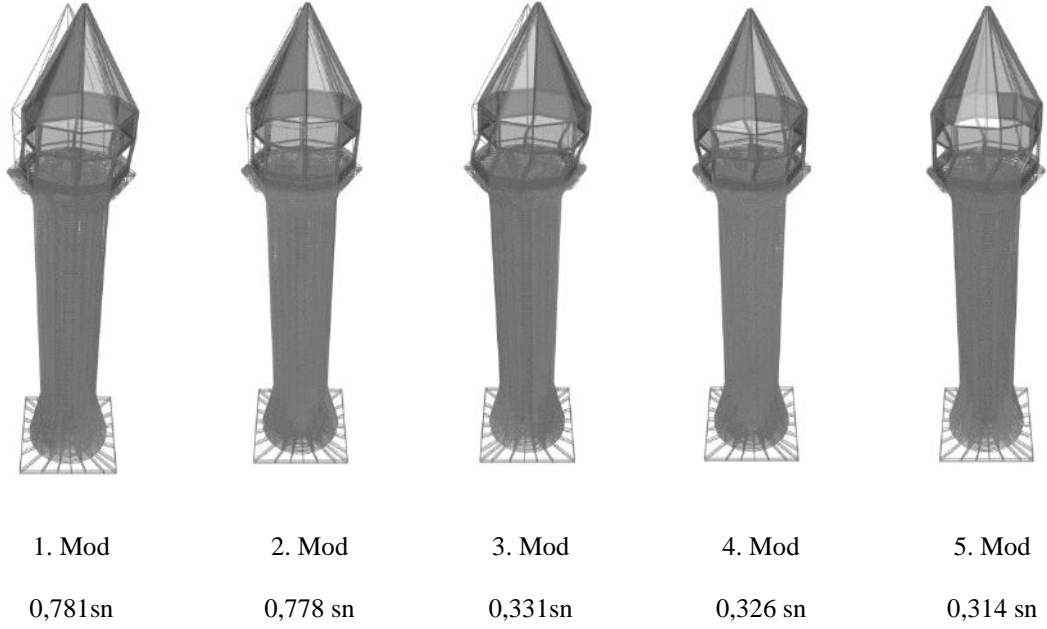
Tablo 2. Seyir kulesi tasarım depremi parametreleri (Table 2. Observation tower design earthquake parameters)

Raporun Ait Olduğu Yapı	Seyir Kulesi
Deprem Yer Hareketi Düzeyi	DD-2
Yerel Zemin Sınıfı	ZB
Enlem	38.548686 °
Boylam	43.334920 °
S_s	0.717
S_1	0.178

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Seyir kulesinde materyal ve yöntem bölümünde anlatıldığı üzere modelleme ve analiz parametreleri belirlenmiştir. Yapı için TBDY-2018 doğrultusunda yönetmeliğin öngördüğü yük kombinasyonları oluşturulmuştur. Bu yük kombinasyonlarıyla birleştirilen analiz sonuçları tablolar aracılığıyla

değerlendirilmiştir. Kule simetrik bir geometriye sahip olduğundan, modal analiz sonucu belirlenen bir doğrultudaki ilk beş moda ait mod şekilleri ve periyot değerleri Şekil 3’de gösterilmiştir.

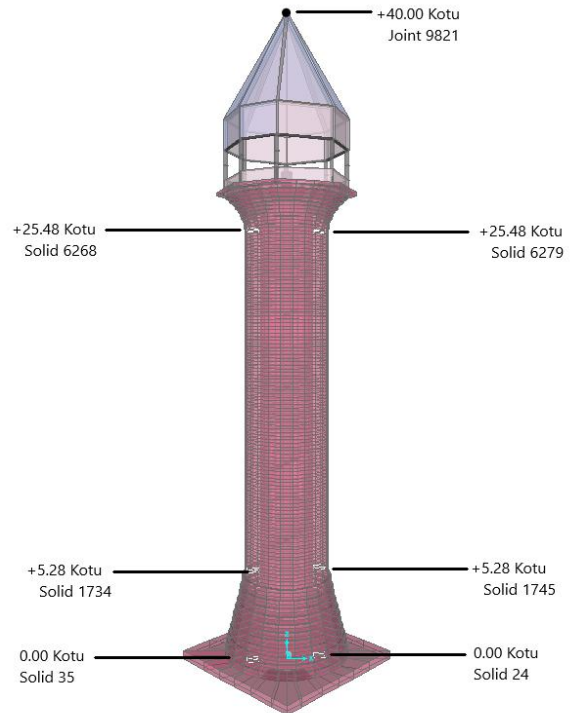


Şekil 3. Yapıya ait ilk beş mod şekli ve periyot değerleri (Figure 3. The first five mode shapes and periods of the structure)

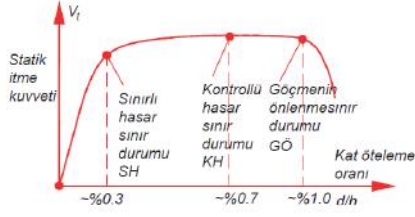
Tanımlanan kombinasyonlar ve yapılan analizlerin değerlendirilmesi açısından seyir kulesinde gerilmelerin kontrol edileceği Şekil 4’de gösterilen üç ayrı kritik kesit belirlenmiştir. Bunlardan ilki temel seviyesindeki 2 adet katı eleman, diğeri kulenin temelden sonra kesit daralmasının başladığı +5,28 m kotundaki 2 adet katı eleman ve sonuncusu ise seyir terasının altında +25,48 m kotunda kesitin genişlemeye başladığı noktadaki 2 adet katı eleman olarak alınmıştır. Bu elemanlarda normal ve kayma gerilmeleri kontrolü yapılırken, kulenin tepe noktası olan 9821 nolu düğüm noktasında öteleme kontrolleri yapılmıştır.

Modelleme ve analizleri gerçekleştirilen yığma yapıda oluşan normal ve kayma gerilmeleri ile öteleme kontrollerinin hangi kriterler üzerinden değerlendirilmesinin belirlenmesi önemli bir gerekliliktir. Bu doğrultuda “Tarihi Yapılar için Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu” (TYDRYK, 2017). Çalışmamızda yararlandığımız bir diğer kaynak eser olmuştur. Kılavuzun 6. bölümü, yapısal modelleme ve değerlendirme ana başlığında, deprem etkisi altında yapısal güvenlik olarak değerlendirmenin nasıl yapılması gerekliliği tanımlanmıştır.

Adı geçen kılavuzda belirli deprem etkisindeki yapılar için yapısal performans düzeyleri Şekil 5’de görüldüğü üzere; a) Sınırlı Hasar (SH) Performans Düzeyi, b) Kontrollü Hasar (KH) Performans Düzeyi ve c) Göçmenin Önlenmesi (GÖ) Performans Düzeyi olarak ayrı ayrı tanımlanmıştır.



Şekil 4. Seyir kulesinde kontrol edilen kritik kesitler ve eleman numaraları (Figure 4. Critical section and element number checked in the observation tower)



Şekil 5. Statik itme eğrisi ve sınır durumları (Figure 5. Push-over curve and boundary conditions)

Kılavuz yapılacak binaların depreme dayanıklı tasarımında “hafif şiddetteki depremlerde binalardaki yapısal ve yapısal olmayan sistem elemanlarının herhangi bir hasar görmemesi; orta şiddetteki depremlerde yapısal ve yapısal olmayan elemanlarda oluşabilecek hasarın sınırlı ve onarılabilir düzeyde kalması; şiddetli depremlerde ise, kontrollü hasarın sağlanması amacı ile kalıcı yapısal hasar oluşumunun sınırlandırılması” öngörülmektedir

Tüm bu kriterler altında TYDRYK’da belirtilen sınır değer kabulleri Tablo 3’de verilmiştir. Bu tabloda SH performan düzeyi için doğrusal hesap, KH ve GÖ performans düzeyleri için ise doğrusal veya doğrusal olmayan hesap yöntemlerinden birisinin kullanılmasının yeterli olduğu belirtilmiştir. Bu hesap yöntemlerinden birisinin seçilmesi durumunda sağlanması gereken en küçük sınır değerler gösterilmiştir.

Tablo 3. Performans düzeyleri ile ilgili hesap yöntemleri ve gerilme, şekil değiştirme sınırları (Table 3. Calculation methods related to performance levels and limits of stress and strain)

Performans düzeyi	Hesap yöntemi ve sınırlar
Sınırlı hasar sınır durumu (SH)	1. Doğrusal hesap yöntemi kullanılıyor; a) Düşey yük ve azaltılmamış öngörülen deprem etkisinde bulunan hesap değerleri aşılmıyor. b) Azaltılmamış deprem etkisinde öteleme oranı % 0,3 sınırını aşmıyor.
Kontrollü hasar sınır durumu (KH)	1. Doğrusal hesap yöntemi kullanılıyor. a) Düşey yük ve $R_a \leq 3$ ile azaltılmış öngörülen deprem etkisinde bulunan hesap dayanımları aşılmıyor. b) Azaltılmamış deprem etkisinde öteleme oranı % 0,7 sınırını aşmıyor. 2. Doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılıyor; a) Öteleme oranı % 0,7 sınırının aşmıyor. b) Malzemelerin şekil değiştirme kapasiteleri aşılmıyor.
Göçme öncesi sınır durumu (GÖ)	1. Doğrusal hesap yöntemi kullanılıyor; a) Düşey yük ve $R_a \leq 3$ ile azaltılmış öngörülen deprem etkisinde bulunan hesap dayanımları belirli bir oranda (~1,5 katı) aşılabılır. b) Azaltılmamış deprem etkisinde öteleme oranı % 1 sınırını aşmıyor. 2. Doğrusal olmayan hesap yöntemi kullanılıyor. a) Öteleme oranı % 1 sınırını aşmıyor. b) Malzemelerin şekil değiştirme kapasiteleri sınırlı oranda (~1,2 katı) aşılabılır.

Seyir kulesi yeni inşa edilecek bir yapıdır. Bu nedenle TBDY-2018 yönetmeliği deprem hesabı için tasarım depremi olarak da adlandırılan DD-2’ nin seçilmesini istemektedir. Kulenin DD-2 tasarım depremi kabulüyle yapılan analizleri neticesinde oluşan gerilmeler ile malzemenin karakteristik özelliklerinden yola çıkılarak bulunan (taşınabilecek) maksimum gerilmeler Tablo 4 ve Tablo 5’de kıyaslanmıştır.

Tablo 4. Azaltılmamış deprem etkisi altında tasarım depremi gerilme kontrolleri (Table 4. Design earthquake stress controls under unreduced seismic action)

SINIRLI HASAR DURUMU DD-2 DEPREMİ R=1,0 D=1,0								
Kritik Kesit Kot ve Numaraları	Oluşan En Büyük Normal Gerilme σ (MPa)		Normal Emniyet Gerilmesi σ_{em} (MPa)	Oluşan En Büyük Kayma Gerilmesi τ (MPa)		Kayma Emniyet Gerilmesi τ_{em} (MPa)		
	σ (MPa)	✓		τ (MPa)	✓			
Taban Kesiti 0.00 Kotu	24	KAT	0,69	✓	2,25	0,051	✓	0,275
	35	KAT	0,71	✓	2,25	0,029	✓	0,275
Geçiş Kesiti +5.28 Kotu	1734	KAT	0,28	✓	2,25	0,037	✓	0,275
	1745	KAT	0,31	✓	2,25	0,046	✓	0,275
Üst Seyir Altı +25.48 Kotu	6268	KAT	0,25	✓	2,25	0,044	✓	0,275
	6279	KAT	0,24	✓	2,25	0,039	✓	0,275

Tablo 5. Azaltılmış deprem etkisi altında tasarım depremi gerilme kontrolleri (Table 5. Design earthquake stress controls under reduced seismic action)

KONTROLLÜ HASAR DURUMU DD-2 DEPREMİ R=2,5 D=1,5								
Kritik Kesit Kot ve Numaraları	Oluşan En Büyük Normal Gerilme σ (MPa)		Normal Emniyet Gerilmesi σ_{em} (MPa)	Oluşan En Büyük Kayma Gerilmesi τ (MPa)		Kayma Emniyet Gerilmesi τ_{em} (MPa)		
	σ (MPa)	✓		τ (MPa)	✓			
Taban Kesiti 0.00 Kotu	24	KAT	0,36	✓	2,25	0,032	✓	0,275
	35	KAT	0,40	✓	2,25	0,015	✓	0,275
Geçiş Kesiti +5.28 Kotu	1734	KAT	0,14	✓	2,25	0,018	✓	0,275
	1745	KAT	0,15	✓	2,25	0,023	✓	0,275
Üst Seyir Altı +25.48 Kotu	6268	KAT	0,16	✓	2,25	0,027	✓	0,275
	6279	KAT	0,15	✓	2,25	0,024	✓	0,275

Görüldüğü üzere doğrusal hesap yöntemi kullanılarak yapılan analizlerde SH kontrolleri yapılırken düşey yük ve azaltılmamış öngörülen DD-2 düzeyi deprem etkisinde hesap dayanım sınır değerleri kontrol edilmiş ve bu sınır değerlerin aşılmadığı anlaşılmıştır.

Ayrıca yine doğrusal hesap yöntemi kullanılarak yapılan analizlerde bu defa KH durum kontrolleri yapılırken düşey yük ve azaltılmış öngörülen deprem etkisinde bulunan hesap dayanım sınır değerleri kontrol edilmiş ve bu sınır değerlerin de aşılmadığı anlaşılmıştır. DD-2 depreminde oluşan gerilmeler KH sınır durumunda aşılmadığından, aynı deprem koşullarında GÖ sınır durum değerlendirmesinin yapılmasına gerek olmadığı anlaşılmıştır.

Değerlendirilme yapılması gereken bir diğer önemli hususun da yapıda oluşan yerdeğiştirme değerlerinin, sınır yerdeğiştirme değerleri ile karşılaştırılması olduğu açıktır. Doğrusal hesap yöntemiyle azaltılmamış deprem etkisindeki analiz sonucunda hesaplanan yerdeğiştirme değeri ve buna

karşılık gelen sınır değerler Tablo 6'da gösterilmiştir. Sınır değerler TYDRYK'den alınmıştır. Ötelenme oranı analiz neticesinde belirlenen yerdeğiştirme miktarının kulenin yüksekliğine bölünmesiyle hesaplanmıştır. Benzer şekilde sınır yerdeğiştirme miktarı ise sınır ötelenme oranının kule yüksekliği ile çarpılmasıyla belirlenmiştir. Analiz neticesinde belirlenen yerdeğiştirme miktarının ve buna bağlı olarak hesaplanan ötelenme oranının SH için belirlenen ötelenme oranını sağlamadığı, fakat KH ve GÖ ötelenme oranlarını sağladığı belirlenmiştir.

Bu sonuçlar TBDY-2018'de açıklanan DD-2 düzeyinde deprem için Normal Performans hedefi olarak öngörülen KH performans düzeyinin sağlandığını göstermiştir. Benzer bir sonuca, TYDRYK'de inşa edilecek kulenin ulusal öneme sahip bir yapı olarak kabul edilmesi durumunda DD-2 için KH performans düzeyinin sağlanmasının yeterli görüldüğü anlaşılmaktadır.

Tablo 6. Tasarım depremi öteleme kontrolleri (Table 6. Design earthquake drift controls)

Kritik Kesit Kot ve İsimleri		Deprem Düzeyi	Oluşan En Büyük Yerdeğiştirme miktarı (mm)	Oluşan En Büyük Ötelenme Oranı (%)	Sınırlı Hasar Ötelenme Oranı < %0,3		Kontrollü Hasar Sınır Oranı < %0,7		Göçme Öncesi Ötelenme Oranı < %1	
Tepe Noktası	9821	DD-2	142	0,35	120 mm	✘	280 mm	✓	400 mm	✓

Seyir kulesinin dinamik analizi incelenirken tasarım depremlerinin haricinde, gerçek deprem kayıtları da kullanılarak yapılan analizler neticesinde zaman tanım alanında değerlendirmeler de yapılmıştır. Zaman tanım alanında

değerlendirmelerin yapılabilmesi için kullanılan gerçek depremlerin özellikleri Tablo 7'de verilmiştir. Deprem ivme kayıtları kullanılarak yapılan analiz sonuçları da Tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 7. Analizlerde kullanılan deprem kayıtlarının özellikleri (Table 7. Characteristics of earthquake records used in the analysis)

Deprem	İstasyon	Tarih	Bileşke	Büyüklik M_s	En Büyük Zemin İvmesi (g)	En Büyük Zemin Hızı (cm/s)	En Büyük Zemin Yer Değiştirmesi (cm)
Düzce	Düzce	12.11.1999	180°	7,5	0,310	58,90	44,20
Elcentro	El Centro	19.05.1940	050°	6,5	0,170	47,50	31,10
Erzincan	Erzincan	13.03.1992	KG	6,7	0,520	84,00	27,70
Kobe	Kobe City	16.01.1995	000°	7,2	0,820	81,30	17,70
Kocaeli	Yarımca	17.08.1999	060°	7,5	0,270	65,70	57,20

Tablo 8. Deprem ivme kayıtları kullanılarak yapılan analiz gerilme sonuçları ve sınır değerler (Table 8. Analysis stress results and limit values using earthquake acceleration records)

Kritik Kesit Kot ve İsimleri		Deprem Kaydı	Oluşan Normal Gerilme σ (MPa)	Normal Emniyet Gerilmesi σ_{em} (MPa)	Oluşan Kayma Gerilmesi τ (MPa)	Kayma Emniyet Gerilmesi τ_{em} (MPa)			
Taban Kesiti 0.00 Kotu	24	KATI	DUZCE	0,495	✓	2,25	0,015	✓	0,275
	24	KATI	ELCENTRO	0,365	✓	2,25	0,018	✓	0,275
	24	KATI	ERZINCAN	0,583	✓	2,25	0,018	✓	0,275
	24	KATI	KOBE	1,534	✓	2,25	0,046	✓	0,275
	24	KATI	YARIMCA	0,562	✓	2,25	0,017	✓	0,275
Taban Kesiti 0.00 Kotu	35	KATI	DUZCE	0,405	✓	2,25	0,014	✓	0,275
	35	KATI	ELCENTRO	0,345	✓	2,25	0,016	✓	0,275
	35	KATI	ERZINCAN	0,605	✓	2,25	0,043	✓	0,275
	35	KATI	KOBE	1,454	✓	2,25	0,043	✓	0,275
	35	KATI	YARIMCA	0,427	✓	2,25	0,016	✓	0,275
Geçiş Kesiti +5.28 Kotu	1734	KATI	DUZCE	0,169	✓	2,25	0,031	✓	0,275
	1734	KATI	ELCENTRO	0,138	✓	2,25	0,024	✓	0,275
	1734	KATI	ERZINCAN	0,253	✓	2,25	0,039	✓	0,275
	1734	KATI	KOBE	0,619	✓	2,25	0,100	✓	0,275
	1734	KATI	YARIMCA	0,176	✓	2,25	0,036	✓	0,275
Geçiş Kesiti +5.28 Kotu	1745	KATI	DUZCE	0,187	✓	2,25	0,037	✓	0,275
	1745	KATI	ELCENTRO	0,141	✓	2,25	0,028	✓	0,275
	1745	KATI	ERZINCAN	0,224	✓	2,25	0,045	✓	0,275
	1745	KATI	KOBE	0,593	✓	2,25	0,012	✓	0,275
	1745	KATI	YARIMCA	0,217	✓	2,25	0,043	✓	0,275
Üst Seyir Altı +25.48 Kotu	6268	KATI	DUZCE	0,104	✓	2,25	0,012	✓	0,275
	6268	KATI	ELCENTRO	0,078	✓	2,25	0,010	✓	0,275
	6268	KATI	ERZINCAN	0,093	✓	2,25	0,011	✓	0,275
	6268	KATI	KOBE	0,186	✓	2,25	0,025	✓	0,275
	6268	KATI	YARIMCA	0,069	✓	2,25	0,010	✓	0,275
Üst Seyir Altı +25.48 Kotu	6279	KATI	DUZCE	0,071	✓	2,25	0,017	✓	0,275
	6279	KATI	ELCENTRO	0,053	✓	2,25	0,014	✓	0,275
	6279	KATI	ERZINCAN	0,049	✓	2,25	0,014	✓	0,275
	6279	KATI	KOBE	0,137	✓	2,25	0,034	✓	0,275
	6279	KATI	YARIMCA	0,047	✓	2,25	0,013	✓	0,275

Zaman tanım alanında yapılan doğrusal analiz sonuçlarını değerlendirdiğimizde, seyir kulesinde basınç ve kayma gerilmelerinin yine aşılmadığı anlaşılmıştır. Bununla birlikte tasarım depremi (DD-2) ile ivme kayıtlarıyla oluşturulan deprem sonuçlarını kıyasladığımızda zaman tanım alanında karşılaşılan gerilmelerin daha büyük olduğu görülmüştür.

Zaman tanım alanı değerlendirme sonuçlarında seçilen kritik kesit gerilmelerinin sınır değerleri aşmaması önemli bir hususken, öteleme kontrollerinin de yapılması gerekmektedir. Bu nedenle ivme kayıtlarıyla yapılan doğrusal analiz öteleme sonuçları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9. Deprem ivme kayıtları kullanılarak yapılan analiz öteleme sonuçları ve sınır değerler (Table 9. Analysis drift results and limit values using earthquake acceleration records)

Kritik Kesit Kot ve İsimleri	Deprem Kaydı	Oluşam En Büyük Yerdeğiştirme Miktarı (mm)	Sınırlı Hasar Ötelenme Oranı <%0,3		Kontrollü Hasar Sınır Oranı < %0,7		Göçme Öncesi Ötelenme Oranı < %1		
			SH Sınır Yerdeğ. Miktarı (mm)		KH Sınır Yerdeğ. Miktarı (mm)		GÖ Sınır Yerdeğ. Miktarı (mm)		
Tepe Noktası	9821	DUZCE	204	120	×	280	✓	400	✓
Tepe Noktası	9821	ELCENTRO	147	120	×	280	✓	400	✓
Tepe Noktası	9821	ERZINCAN	229	120	×	280	✓	400	✓
Tepe Noktası	9821	KOBE	593	120	×	280	×	400	×
Tepe Noktası	9821	YARIMCA	228	120	×	280	✓	400	✓

Tasarım depreminde de olduğu gibi seçilen deprem kayıtlarından alınan analiz sonuçlarına bakıldığında SH durumunda sağlanması istenilen öteleme sınır değerlerinin aşıldığı belirlenmiştir.

KH ve GÖ sınır durumlarında ise Kobe gibi büyük bir depreme öteleme sınırlarının aşıldığı fakat diğer depremlerde öteleme sınır koşullarının sağlandığı görülmüştür.

4. Sonuç ve Öneri

Günümüz inşaat teknolojisiyle birlikte yapı malzemeleri her ne kadar değişmekte olsa da hem mevcut tarihi yapıların değerlendirilmesi hem de tarihi dokuya uygun yeni yığma yapıların yapılabilmesi amacıyla, doğal taşlarla yığma yapı oluşturma tekniğini de gelişime açık tutmak gerektiği düşünülmektedir.

Söz konusu çalışmanın içeriğini belirleyen seyir kulesinin yığma yapı tekniğiyle tasarlanması ile yığma yapı davranışının daha iyi anlaşılması amaçlanmıştır. Çalışmada ele alınan seyir kulesinin yığma yapı olmasıyla birlikte, yüksek yapı olması da minare, kule tipi yüksek yapıların deprem davranışlarını aydınlatma konusunda da fikir sunmaktadır.

TBDY-2018 doğrultusunda oluşturulan tasarım depremi ve meydana gelmiş çeşitli depremlerin kayıtlarının kullanılmasıyla
e-ISSN: 2148-2683

dinamik analiz sonuçlarının değerlendirildiği bu çalışmanın yığma yapı tekniğiyle inşa edilmiş yüksek yapıların deprem davranışlarının anlaşılması konusunda faydalı olduğu düşünülmektedir.

Sonuç olarak yığma yapı tekniğiyle oluşturulan yapıların basınç dayanımları yüksek olsada, kayma dayanımlarının düşük olması bu tür yapıları deprem gibi dinamik yükler karşısında zayıf kılmaktadır. Bu nedenle yığma yapıları yönetmeliklerde verilen kurallara göre yapmanın önemli olduğu açıktır.

Ayrıca yığma yapı tekniği ile inşa edilen yüksek kule tipi yapılarda yerdeğiştirme sınır değerinin büyük depremlerde aşıldığı görüldüğünden, tepe yerdeğiştirme miktarını azaltacak araştırmaların yapılmasının faydalı olacağı ifade edilebilir.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı’nda İnşaat Müh. Gürkan BALTACI tarafından tamamlanan “Yığma Bir Seyir Kulesinin Dinamik Analizi” adlı yüksek lisans tezinden yararlanılarak hazırlanmıştır. Yazarlar çalışmanın mimari tasarımını gerçekleştiren Dr. Öğr. Üyesi Şahabettin ÖZTÜRK’e ve katkılarından ötürü İnşaat Mühendisi Dünder ERÖRS’e teşekkür ederler.

Kaynakça

Türkiye Deprem Tehlike Haritaları İnteraktif Web Uygulaması TDTH (2018), <https://tdth.afad.gov.tr/>, Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı, Ankara.

- Acar, R. (2009). Anıtsal Kule Türü Yapıların Deprem Davranışlarının İncelenmesi Ve Alternatif Sistemlerin Geliştirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Bayülke, N. (1980). Yığma Yapılar. T.C. İmar ve İskân Bakanlığı Deprem Araştırma Enstitüsü Başkanlığı, Ankara.
- Bıçen, V. S., Işık, E., Arkan, E., & Ulu, A. E. (2020). A study on determination of regional earthquake risk distribution of masonry structures. *ArtGRID-Journal of Architecture Engineering and Fine Arts*, 2(2), 74-86.
- Çırak, İ. F. (2011). Yığma yapılarda oluşan hasarlar, nedenleri ve öneriler. *Uluslararası Teknolojik Bilimler Dergisi*, 3(2), 55-60.
- Çöğürçü, M. T. (2007). Yığma Yapıların Yatay Derz Güçlendirme Yöntemiyle Güçlendirilmesi. (Doktora Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Ertekin, B. (2020). Mevcut bir yığma yapının sismik performansının belirlenmesi ve güçlendirme yöntemi (Master's thesis, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- Hadzima-Nyarko, M., Ademovic, N., Pavic, G., & Sipos, T. K. (2018). Strengthening techniques for masonry structures of cultural heritage according to recent Croatian provisions. *Earthquakes and Structures*, 15(5), 473-485.
- Işık, E., & Antep, B. (2018). Ahlat İlçesinde Yer Alan Tarihi Yığma Minarenin Yapısal Analizi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1):46-56.
- Işık, E., Antep, B., Büyüksaraç, A., & Işık, M. F. (2019). Observation of behavior of the Ahlat Gravestones (TURKEY) at seismic risk and their recognition by QR code. *Structural Engineering and Mechanics, An Int'l Journal*, 72(5), 643-652.
- Işık, E., Harirchian, E., Arkan, E., Avcil, F., & Günay, M. (2022). Structural Analysis of Five Historical Minarets in Bitlis (Turkey). *Buildings*, 12(2), 159.
- İzol, R., Gürel, M. A., Pekgökgöz, R. K., & Avcil, F. (2019). Out-of-plane seismic resistance of high masonry walls having rectangular buttresses. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 34(2), 1007-1023.
- Karasin, I. B., & Isik, E. (2016). Protection of Ten-Eyed Bridge in Diyarbakır. *Budownictwo i Architektura*, 15(1), 87-94.
- Koç, V. (2016). Depreme Maruz Kalmış Yığma ve Kırsal Yapı Davranışlarının İncelenerek Yığma Yapı Yapımında Dikkat Edilmesi Gereken Kuralların Derlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2 (1): 36-57.
- Kökan, H. (2019). Ard Çekmeli Radye Temeller İle Betonarme Radye Temellerin Karşılaştırılması. (Yüksek Lisans Tezi). İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı.
- SAP2000. Computers and Structures Inc., (2002). Three Dimensional Static and Dynamic Finite Element Analysis and Design of Structures, Berkeley, California
- Tarihi Yapılar için Deprem Risklerinin Yönetimi Kılavuzu (TYDRYK), (2017), Vakıflar Genel Müdürlüğü, Ankara.
- TBDY-2018. Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği. T.C. Resmi Gazete; 30364, Ankara, Türkiye.



Süpernova Kalıntısı G12.8-0.0'nin *Suzaku* ile X-ışın Dalgaboylarında Araştırılması

Cihad Deniz¹, Aytap Sezer²

¹Akdeniz Üniversitesi, Fen Fakültesi, Uzay Bilimleri ve Teknolojileri Bölümü, Antalya, Türkiye (ORCID: 0000-0002-5996-5814),
cihad.dnz@gmail.com

²Avrasya Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü, Trabzon, Türkiye (ORCID: 0000-0002-1396-3282),
aytap.sezer@avrasya.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 6 Mart 2022 ve Kabul Tarihi 30 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1083773)

ATIF/REFERENCE: Deniz, C., Sezer, A. (2022). Süpernova Kalıntısı G12.8-0.0'nin *Suzaku* ile X-ışın Dalgaboylarında Araştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 464-468.

Öz

Galaksimizde bulunan G12.8-0.0, merkezinde pulsar PSR J1813–1749'u barındıran bir kompozit süpernova kalıntısıdır (SNK). Bu çalışmada, yüksek tayfsal çözünürlüklü *Suzaku* verisi kullanılarak, SNK'dan gelen ışımının X-ışın doğası ve tayfsal özellikleri araştırılmıştır. X-ışın tayfı ısısal olmayan bir model ile (foton indeksi $\Gamma \sim 1.97$) iyi tanımlanmaktadır ve yüksek soğurma sütun yoğunluğuna ($N_H \sim 12.1 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$) sahiptir. Ayrıca, bu çalışmada gelecek nesil X-ışın uyduları olan *XRISM* ve *Athena* simülasyonları da sunulmuştur. Her iki simülasyonda da ısısal ışımadan gelen Mg ve Si çizgi salmaları açıkça görülmüştür ve bu da kalıntıda hala süpernova patlamasının izleri olduğunu gösterir.

Anahtar Kelimeler: X-ışınları, Süpernova kalıntıları, G12.8-0.0, Isısal ve ısısal olmayan ışım.

X-ray Investigation of Supernova Remnant G12.8-0.0 with *Suzaku*

Abstract

The Galactic supernova remnant (SNR) G12.8-0.0 is a member of the class of composite SNRs and hosts the pulsar PSR J1813–1749. In this work, we investigate the X-ray nature of the emission and spectral parameters of the SNR using the high spectral resolution data from *Suzaku*. We found that the X-ray spectrum of G12.8-0.0 can be fitted by a non-thermal model with a high absorbing column density of $N_H \sim 12.1 \times 10^{22} \text{ cm}^{-2}$ and a photon index of $\Gamma \sim 1.97$. We also present spectral simulations of G12.8-0.0 for the future missions, *XRISM* and *Athena*. The thermal emission lines of Mg and Si are clearly resolved in both simulated spectra, indicating the presence of ejecta.

Keywords: X-rays, Supernova remnants, G12.8-0.0, Thermal and non-thermal emission.

¹ Sorumlu Yazar: aytap.sezer@avrasya.edu.tr

1. Giriş

Süpernova (SN) patlamaları evrendeki büyük enerjili patlamalardan biridir ve patlama esnasında açığa çıkan enerji $\sim 10^{51}$ erg mertebindedir. Bu patlamalar Tip I SN ve Tip II SN olmak üzere ikiye ayrılır. Tip I SN patlaması bir çift yıldız sisteminde meydana gelirken, Tip II SN patlaması büyük kütleli (Güneş kütlelerinin 8 katı ve/veya daha fazla kütleyle sahip) bir yıldızda çekirdek çökmesi (core-collapse) sonucu oluşur (örneğin; Woosley & Janka 2005). SN patlamasıyla yıldızlararası ortama (YAO) atılan gaz “ejecta” adını alır ve şok dalgası olarak YAO’da ilerler. Atılan bu gaz YAO ile etkileşir, ortamda bulunan gazı da kendisine dahil ederek toplam kütlelerini artırır ve bu şekilde oluşan yapı “Süpernova Kalıntısı” (SNK) olarak isimlendirilir. SNK’lar radyo dalgaboylarında yapılan tarama gözlemleri ile keşfedilmekte olup, Galaksimizde yaklaşık 300 tane SNK gözlenmiştir (Green Kataloğu, 2019). İlerleyen şok dalgası ötündeki gazın sıcaklığını artırır ($\sim 10^6 - 10^7$ K), ısınan bu gaz X-ışın dalgaboylarında ısısal bir ışınım yapar. Bu ışınım süreklilik ve çizgi ışınımı olarak kendini gösterebilir. İçerisinde bir kompakt obje (örneğin bir pulsar) bulunduran SNK’lar, ısısal olmayan ışınım (sinkrotron ışınımı ya da ısısal olmayan bremsstrahlung) da göstermektedir (Vink, 2012; Vink, 2020).

SNK’lar morfolojilerine göre üç ayrı sınıfa ayrılırlar: Kabuk (Shell), Plerion (Plerion, filled-center veya Crab-like) ve Kompozit (Composite). Son 24 yılda, Karışık Morfolojiye (KM, Mixed-Morphology, Rho & Petre 1998) sahip SNK’lar yeni bir morfoloji türü olarak keşfedilmiştir. Bu dört morfolojik sınıftan kompozit olanlar; YAO’da genişleyen bir kabuk ve merkezlerinde nokta bir kaynağın (pulsar) ya da pulsar rüzgar bulutsularının (pulsar wind nebula, PWN) yaptığı ısısal olmayan ışınımın olduğu sistemlerdir (Gaensler & Slane 2006). Bu türden SNK’ların X-ışın dalgaboyundaki gözlemleri, plazmanın sıcaklığı, element bolluğu, iyonlaşma durumu gibi önemli parametreleri hakkında bilgi vermektedir. Bu da SNK’ların evrimlerinin iyi anlaşılması, morfolojik farklılıklarının ortaya konması ve SNK’ların YAO ile etkileşiminin detayları hakkında önemli bilgiler sunar.

Galaksimizde bulunan G12.8-0.0 (diğer adıyla G12.82–0.02), genç (yaşı < 3 kyr), küçük açısal büyüklüğe sahip (yaklaşık 3 açı dakikası x 3 açı dakikası), kompozit türü bir SNK’dır ve radyo dalgaboyunda yapılan gözlemlerle keşfedilmiştir (Brogan vd., 2005). SNK merkezinden ~ 20 açı saniyesi uzaklıkta PSR J1813–1749 isimli (diğer adıyla CXOU J181335.16–174957.4) bir pulsar bulunmaktadır (örneğin; Dzib vd., 2018). G12.8-0.0, X-ışın dalgaboylarında, ASCA, Chandra, XMM-Newton ve NICER uyduları tarafından gözlenmiştir (örneğin; Ubertini vd., 2005; Helfand vd., 2007; Funk vd., 2007; Wynn vd., 2020). Bu gözlemler kullanılarak yapılan çalışmalarda; G12.8-0.0’den gelen ışınımın ısısal olmadığı ve bir power-law modeli ile iyi tanımlandığı rapor edilmiştir. SNK’nın uzaklığı ise; $d \approx 4.5$ kpc (Brogan vd., 2005; Helfand vd., 2007; Gotthelf & Halpern, 2009) ve $d \approx 3-5$ kpc olarak tahmin edilmiştir (Messineo vd., 2011).

Bu çalışmada, yüksek tayfsal çözünürlüğüne sahip Suzaku (Mitsuda vd., 2007) X-ışın uydularının analizleri yapılarak G12.8-0.0’nin tayfsal özellikleri araştırılmıştır. Ayrıca, XRISM (Tashiro vd., 2018; XRISM Science Team 2020) ve Athena (Nandra vd., 2013) gibi gelecek nesil uydular ile G12.8-0.0’dan ne tür bilgiler alınabileceğini araştırmak için bu uyduların tayf simülasyonları da yapılmıştır. Bölüm 2’de gözlem, veri

indirilmesi ve analizler anlatılmış, Bölüm 3’te ise tayf analizlerinden elde edilen sonuçlar ve simülasyonlar sunularak tartışılmıştır. Çalışma sonuçları göz önüne alınarak, gelecekte yapılabilecek öneriler ise Bölüm 4’te özetlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Gözlem ve Veri İndirilmesi

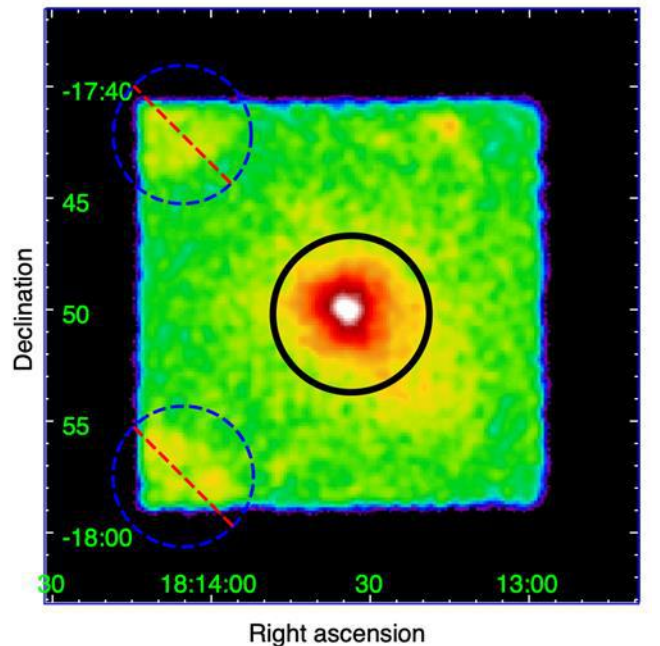
Bu çalışmada, SNK G12.8-0.0’nin Suzaku uydusu X-ışın Görüntüleme Tayföçerleri (XIS; Koyama vd., 2007) ile alınmış 56.2 ks’lik poz süreli X-ışın verisi kullanılmıştır (Gözlem No: 503087010 ve Gözlem proje yürütücüsü: J.Gelfand). XIS, 3 adet CCD’den oluşmaktadır; önden aydınlatmalı (FI, front-illuminated) olan XIS0, XIS3 ve arkadan aydınlatmalı (BI, back-illuminated) olan XIS1. 4 Mart 2009 tarihinde yapılan bu gözlemlerde XIS0, XIS1 ve XIS3 CCD’leri kullanılmıştır. Bu çalışmada, X-ışın analizleri için FI CCD’ler tercih edilmiştir. 3x3 ve 5x5 modunda yapılan gözlemler, analiz aşamasında 3x3 modunda birleştirilerek toplanmıştır.

Veri analizlerinde HEASOFT (High Energy Astrophysics Software) yazılımının 6.21 versiyonu kullanılmıştır. Enerji haritasının oluşturulması XSELECT v2.4d ve DS9 ile yapılmıştır. Tayfin modelleme aşamasında ise; XSPEC (X-Ray Spectral Fitting Package) programının 12.9.1 versiyonu (Arnaud, 1996), ATOMDB 3.0.9 versiyonu ile birlikte kullanılmıştır. Tayflar elde edilirken, dedektörün yanıt (response) dosyaları (RMF ve ARF) XISRMFGEN ve XISSIMARFGEN araçları (Ishisaki vd., 2007) ile oluşturulmuştur. Veriler 30 counts bin⁻¹’lik olarak gruplandırılmış olup, tayf modellemesinde ki-kare (χ^2) istatistiği seçilmiştir.

2.2. Analizler

2.2.1. XIS Enerji Haritası

G12.8-0.0’nin Suzaku XIS0 CCD’si için 0.3-10 keV enerji haritası oluşturulmuş ve Şekil 1’de verilmiştir. Görüntü, DS9 programında açıldıktan sonra, logaritmik olarak ölçeklendirilmiş ve renklendirilmiştir. Görüntü üzerine, $\sigma = 1''.5$ olan Gaussian fonksiyonu ile yumuşatma (smoothing) uygulanmıştır.



Şekil 1. SNK G12.8-0.0'nin XIS0 0.3-10.0 keV aralığında enerji haritası. Siyah daire ile işaret edilen alan SNK ışmasını göstermektedir ve tayf analizi için seçilmiştir. Sol üst ve alt köşelerde yer alan mavi daireler ise kalibrasyon alanları olup, analizlere dahil edilmemiştir (Figure 1. *Suzaku* XIS0 image of G12.8-0.0 in the 0.3–10.0 keV energy band. The black circle indicates the extracted region for the spectral analysis. The two blue circles at the corners of the CCD chips illuminated by the calibration sources are excluded from the spectral analysis)

2.2.2. Arka Alan Analizi

Arka alan analizi için, aynı gözlem verisi kullanılmış ve arka alan tayfı seçilirken Şekil 1'de gösterilen SNK'ya ait ışımının olduğu dairesel alan ve kalibrasyon alanları kapatılmıştır. Bu alanlar dışında kalan tüm bölge arka alan bölgesi olarak kullanılmıştır. Arka alan analizi yapılırken; aletsel (instrumental) arka alan ve astrofiziksel X-ışın arka alan olmak üzere iki bileşen göz önüne alınmıştır. Aletsel arka alanın etkisi XISNxBGEN (Tawa vd., 2008) aracı kullanılarak gözlem verisinden arındırılmıştır. Astrofiziksel arka alan belirlenirken ise; SNK'nın bulunduğu ortam göz önüne alınmaktadır. Örneğin, Kozmik X-ışın arka alanı (Cosmic X-ray Background, CXB) ve ön alan ışması (Foreground Emission, FE) Galaksi boyunca etkin iken, Galaktik Çıkıntı X-ışın Salması (Galactic Ridge X-

ray emission, GRXE)'nın etkisi Galaksi düzleminde uzaklaştıkça azalmaktadır (Uchiyama vd., 2013). SNK G12.8-0.0, Galaksi düzleminde bulunduğu için arka alan analizinde CXB, FE ve GRXE bileşenleri dikkate alınmıştır ve Uchiyama vd. (2013) makalesinde tanımlanan arka alan modellemesi yapılmıştır. XSPEC'de bulunan FAKEIT aracı kullanılarak arka alan tayfı elde edilmiş ve bu tayf XSPEC'de SNK tayfindan çıkarılmıştır.

2.2.3. Tayf Analizi

Tayf analizi için, Şekil 1'de gösterilen 3.5 açı dakikası yarıçapa sahip ve $\alpha=18^{\text{h}} 13^{\text{m}} 33^{\text{s}}.6$, $\delta=-17^{\circ} 50' 12''.5$ (J2000) koordinat merkezli dairesel bir alan seçilmiştir. Tayf modellemesinde ilk olarak, ısısal olmayan ışımayı ifade eden power-law modeli uygulanmıştır. Bu modele soğurma sütun yoğunluğunu (N_{H}) tanımlayan TBabs modeli de (Wilms vd., 2000) dahil edilmiştir. TBabs*power-law modelinde; N_{H} , foton indeks (Γ) ve normalizasyon parametreleri serbest bırakılmıştır. Serbest bırakılan bu parametreler için elde edilen değerler (hata aralıkları ile birlikte) ve χ^2 istatistiğinden elde edilen sonuçlar Tablo 1'de verilmiştir. 1.0-10.0 keV enerji aralığındaki XIS FI tayfı ise Şekil 2'de sunulmuştur.

özellikle 1.0-2.0 keV aralığındaki foton istatistiğinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır. Bu durumda, bir sonraki alt bölümde detayları verilen gelecek nesil uydu simülasyonlarının göstereceği sonuçlar önem kazanmıştır.

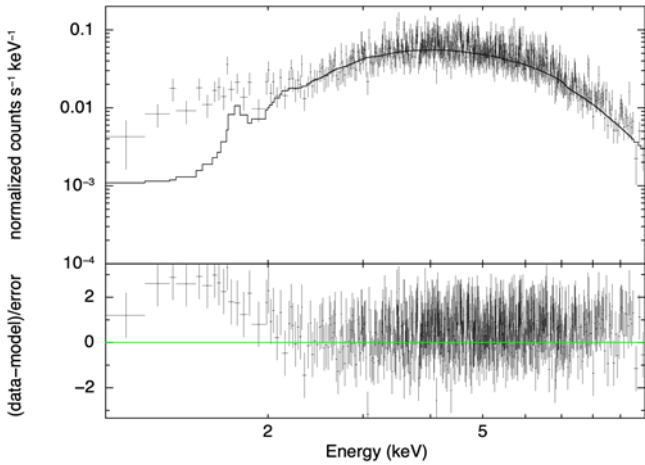
Tablo 1. G12.8-0.0'in TBabs*power-law modelinden elde edilen parametreler ve hata aralıkları (Table 1. The spectral parameters of G12.8-0.0 with TBabs*power-law model and their errors).

Model	Parametre (birim)	Değer
TBabs	N_{H} (10^{22} cm^{-2})	12.1 (11.1-13.3)
Power-law	Photon index, Γ	1.97 (1.84-2.11)
	Norm ($10^{-3} \text{ photons cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ keV}^{-1}$)	6.72 (5.24-8.73)
	χ^2 (dof)	1.01 (2462)

2.2.4. Yeni Nesil X-ışın Uydu Simülasyonları

Tayfsal ve uzaysal yüksek çözünürlüğe sahip yeni nesil X-ışın uydu verileri ile astrofiziksel nesnelere doğasını anlama yolunda önemli adımlar atılacağı öngörülmektedir. Japonya-Amerika (JAXA/NASA) işbirliği ile XRISM (X-Ray Imaging and Spectroscopy Mission) 2022'de, Avrupa Uzay Ajansı (ESA) tarafından desteklenen Athena (Advanced Telescope for High-Energy Astrophysics) ise 2030'ların ortalarında fırlatılması planlanan uydulardır.

XRISM'in üzerinde yer alması planlanan, Yumuşak X-ışın tayföçleri (Soft X-ray Spectrometer, Resolve; Ishisaki vd., 2018) ve Athena'nın üzerinde yer alması planlanan tayföçler (X-ray Integral Field Unit, X-IFU; Barret vd., 2018) simülasyonları ile bu uyduların SNK'lar hakkında verecekleri bilgileri görmek

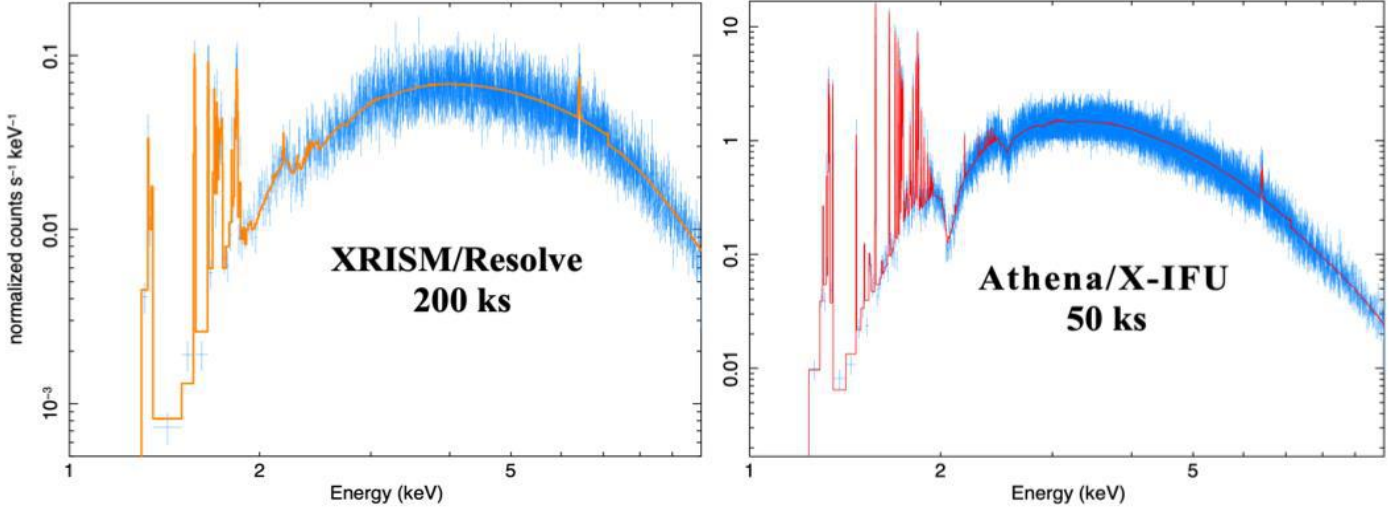


Şekil 2. G12.8-0.0'in 1-10 keV enerji aralığındaki *Suzaku* XIS0+3 tayfı. Üst panelde görülen artı işaretçiler verileri, düz siyah çizgi ise uygulanan tayfsal modeli göstermektedir. Alt panel, veri ile veriyeye uygulanan tayfsal model arasındaki uyumsuzluğu (veriden sapmayı) göstermektedir (Figure 2. *Suzaku* XIS0+3 spectra of G12.8-0.0 in the 1-10 keV energy band. In the upper panel, crosses show the data, and black lines show the model. The lower panel displays the data residuals from the model)

Şekil 2'den görüldüğü gibi tayfın 1.0-2.0 keV enerji aralığındaki kısmında, uygulanan model ile veri arasındaki uyumsuzluk fazladır. Bu nedenle tayfa ısısal bir model (VPSHOCK) eklenerek analizlere devam edilmiştir. TBabs*(VPSHOCK+Power-law) modelinde, N_{H} , elektron sıcaklığı (kT_e), iyonlaşma zamanının üst limiti (τ_u) ve normalizasyon parametreleri serbest bırakılmıştır. Mg ve Si elementlerinin bolluk değerleri (Güneş'in bolluk değerlerine göre) serbest bırakılmış, diğer elementlerinki ise Güneş bolluk değerlerine sabitlenmiştir (Wilms vd., 2000). Bu model, istatistiksel olarak kabul edilebilir bir fit ($\chi^2 = 1.00$, degree of freedom, dof=2457) vermiş olsa da, kT_e , normalizasyon, Mg ve Si bolluk değerleri ve bu değerlerin hata aralıkları kabul edilebilir sınırların dışında kalmıştır. Bu da *Suzaku* verisinde

mümkün olacaktır. Resolve'un enerji çözünürlüğü 6 keV'ta 7 eV (FWHM) ve etkin enerji aralığı 0.3-12.0 keV'tur, 3 açı dakikası x 3 açı dakikası büyüklüğünde bir görüş alanı (field of view) ve 6 keV'ta 210 cm² etkin alanı vardır. X-IFU'nun etkin olduğu enerji aralığı 0.2-12.0 keV, tayfsal çözünürlüğü 6 keV'ta 2.5 eV, efektif alanı 7 keV'ta 1600 cm²'dir, 5 açı dakikasına sahip çapsal bir görüş alanına sahiptir.

SNK G12.8-0.0'in Resolve ve X-IFU simülasyonları için XSPEC'de bulunan FAKEIT aracı kullanılmıştır. XIS verisi ve TBabs*(vpshock+power-law) modeli simülasyonlar için temel oluşturmuştur. Ayrıca Resolve ve X-IFU'nun yanıt (response) dosyaları <https://xrism.isas.jaxa.jp/research/proposer/obsp/lan/response/index.html> ve <https://www.the-athena-x-ray-observatory.eu/resources/simulation-tools.html> web sayfalarından alınmıştır. 1.0-10 keV enerji aralığında elde edilen 200-ks'lik XRISM/Resolve ve 50-ks'lik Athena/X-IFU simülasyon tayfları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. 1-10 keV enerji aralığında G12.8-0.0'in 200-ks XRISM/Resolve ve 50-ks Athena/X-IFU simülasyon tayfları. Mavi renkler veriyi, turuncu ve kırmızı renkler ise modeli göstermektedir (Figure 3. Simulations of the X-ray spectrum of G12.8-0.0 for the XRISM/Resolve and Athena/X-IFU spectrometers in the 1-10 keV energy band. The blue points indicate the data, orange and red solid lines outline the best-fit model)

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Bu çalışmada *Suzaku*/XIS verileri kullanılarak kompozit SNK G12.8-0.0 incelenmiş ve SNK'nın tayfsal özellikleri ortaya konmuştur. Şekil 2'de tayfin yumuşak X-ışınları tarafında (1.0–2.0 keV), uygulanan model ile veri arasında uyumsuzluk görülmektedir. Bu da N_H değerinin yüksek ($\sim 12.1 \times 10^{22}$ cm⁻²) olmasını açıklar. N_H değerinin yüksek çıkması plazmada birden fazla bileşenin varlığına ya da SN patlamasıyla atılan kütlelin asimetrik olmasını işaret edebilir (örneğin; Stone vd., 2021). 1.0-2.0 keV enerji aralığında *Suzaku* verisindeki foton istatistiğinin düşük çıkması, bu yöndeki bir araştırmayı kısıtlamıştır. Brogan vd. (2005), ASCA gözlemlerini kullanarak, veriyi en iyi tanımlayan modelin power-law olduğunu göstermişlerdir. Ayrıca, tayfta ısısal bileşeni aramak için, power-law modeline ekledikleri Raymond-Smith ve blackbody gibi ısısal kökenli modellerden istatistiksel olarak kabul edilebilir fitler elde etmelerine rağmen, tayfsal parametrelerin güvenli hata aralıklarında olmadığını rapor etmişlerdir. Benzer sonuç, Ubertini vd. (2005) tarafından da bulunmuş ve her iki çalışmada

da, ASCA tayfında ısısal bir ışınım katkısının olmadığı, bu katkının varlığını araştırmak için yüksek çözünürlüklü tayfların gerekliliği vurgulanmıştır. Bu çalışmada, elde edilen Resolve ve X-IFU simülasyonları (Şekil 3), 1.0-2.0 keV enerji aralığında, Mg (~ 1.5 keV) ve Si (~ 1.8 keV) çizgilerini net bir şekilde göstermiştir. Bu sonuç, SNK'den ısısal ışınımın geldiğini ve "ejecta"nın varlığını göstermesi bakımından önemlidir.

Tayfin daha sert (2.0-10.0 keV) enerji aralığında ise ısısal olmayan ışınım baskındır ve bu ışınım power-law ile modellenmiştir. Isısal olmayan ışınımın akı (unabsorbed Flux) değeri F_X (2.0-10.0 keV) $\sim 1.8 \times 10^{-11}$ ergs cm⁻² s⁻¹ ve uzaklık $d=3-5$ kpc aralığında kabul edilerek ışınım gücü (unabsorbed Luminosity) değeri L_X (2.0-10.0 keV) $\sim (19.4-53.8) \times 10^{33}$ ergs s⁻¹ olarak hesaplanmıştır. Yakın zamanda, Wynn vd. (2020), *Chandra* verilerini kullanarak ve PWN tayfına TBabs*power-law modelini uygulayarak $N_H = (13.1 \pm 0.9) \times 10^{22}$ cm⁻² ve 0.3–10 keV enerji aralığı için $L_X \approx 5.4 \times 10^{34}$ erg s⁻¹ ($d/5$ kpc)² bulmuştur. N_H ve L_X değerleri, bu çalışmada bulunan değerlerle uyumludur. *Suzaku* tayfindan elde edilen foton indeks değeri ($\Gamma \sim 1.97$) önceki çalışmalarla uyumlu ve PWN'ler için beklenen aralıkta çıkmıştır (Gaensler & Slane 2006).

4. Sonuç ve Öneriler

Kompozit SNK G12.8-0.0'nin, *Suzaku*/XIS verisi analiz edilmiş ve kalıntıdan gelen ısısal olmayan ışınım power-law modeli ile tanımlanmıştır. *Suzaku* verisi, G12.8-0.0'den ısısal bir ışınımın da gelebileceğine işaret etmiş ancak düşük foton istatistiği ve poz süresi nedeniyle bunu gösterememiştir. XRISM ve Athena simülasyonları ile kalıntının hem ısısal hem de ısısal

olmayan ışıma sahip olduğu gösterilmiştir. Gelecekte, XRISM ve Athena ile yapılacak gözlemler ile plazmadan gelen element çizgilerinin bolluk değerleri hesaplanabilir, bu da kalıntının hangi SN patlaması ile oluştuğu ve SNK'yı oluşturan yıldızın kütlesi hakkında bilgi verecektir.

Kaynakça

- Arnaud, K. A. (1996), in Jacoby G., Barnes J., eds, ASP Conf. Ser. Vol. 101, Astronomical data analysis software and systems V. Astron. Soc. Pac. 101, 17-20.
- Barret, D. et al. (2018). The ATHENA X-ray Integral Field Unit (X-IFU), in den Herder J.-W. A., Nikzad S., Nakazawa K., eds, Proc. SPIE Conf. Ser. Vol. 10699, Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers. SPIE, Bellingham, p. 106991G. doi: 10.1117/12.2312409.
- Brogan, C. L., Gaensler, B. M., Gelfand, J. D., Lazendic, J. S., Lazio, T. J., Kassim, N. E., & McClure-Griffiths, N. M. (2005). Discovery of a Radio Supernova Remnant and Nonthermal X-Rays Coincident with the TeV Source HESS J1813-178. *The Astrophysical Journal*, 629, L105-L108. doi: 10.1086/491471.
- Dzib, S. A., Rodriguez, L. F., Karuppusamy, R., Loinard, L., Medina, S.-N. X. (2018). The Enigmatic Compact Radio Source Coincident with the Energetic X-Ray Pulsar PSR J1813-1749 and HESS J1813-178. *The Astrophysical Journal*, 866, 100. doi: 10.3847/1538-4357/aada07.
- Funk, S. et al. (2007). XMM-Newton observations of HESS J1813-178 reveal a composite Supernova remnant. *Astronomy & Astrophysics*, 470, 249-257. doi: 10.1051/0004-6361:20066779.
- Gaensler, B. M., & Slane, P. O. (2006). The Evolution and Structure of Pulsar Wind Nebulae. *Annual Review of Astronomy & Astrophysics*, 44, 17-47. doi: 10.1146/annurev.astro.44.051905.092528.
- Green, D. A. (2019). A revised catalogue of 294 Galactic supernova remnants. *Journal of Astrophysics and Astronomy*, 40, 36. doi: 10.1007/s12036-019-9601-6.
- Gottlieb, E. V., & Halpern, J. P. (2009). Discovery of a Highly Energetic X-Ray Pulsar Powering HESS J1813-178 in the Young Supernova Remnant G12.82-0.02. *The Astrophysical Journal Letters*, 700, L158-L161. doi: 10.1088/0004-637X/700/2/L158.
- Helfand, D. J. et al. (2007). Discovery of the Putative Pulsar and Wind Nebula Associated with the TeV Gamma-Ray Source HESS J1813-178. *The Astrophysical Journal*, 665, 1297-1303. doi: 10.1086/519734.
- Ishisaki, Y., Maeda, Y., Fujimoto, R. et al. (2007). Monte Carlo simulator and ancillary response generator of Suzaku XRT/XIS system for spatially extended source analysis. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 59, 113-132. doi: 10.1093/pasj/59.sp1.S113.
- Ishisaki, Y., Ezoe, Y., Yamada, S., et al. (2018). Resolve Instrument on X-ray Astronomy Recovery Mission (XARM). *Journal of Low Temperature Physics*, 193, 991-995.
- Koyama, K. et al. (2007). X-Ray Imaging Spectrometer (XIS) on Board Suzaku. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 59, 23-33. doi: 10.1093/pasj/59.sp1.S23.
- Messineo, M., Davies, B., Figer, D. F., Kudritzki, R. P., Valenti, E., Trombley, C., Najarro, F., Rich, R. M. (2011). Massive Stars in the CI 1813-178 Cluster: An Episode of Massive Star Formation in the W33 Complex. *The Astrophysical Journal*, 733, 41. doi: 10.1088/0004-637X/733/1/41.
- Mitsuda, K., et al. (2007). The X-Ray Observatory Suzaku. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 59, S1-S7. doi: 10.1093/pasj/59.sp1.S1.
- Nandra, K., Barret, D., Barcons, X., et al. (2013). The hot and energetic universe: A white paper presenting the science theme motivating the Athena+ mission. Athena mission proposal, arXiv:1306.2307.
- Rho, J., Petre, R. (1998). Mixed-Morphology Supernova Remnants. *The Astrophysical Journal Letters*, 503, L167-L170. doi: 10.1086/311538.
- Stone, A. G., Johnson, H. T., Blondin, J. M., et al. (2021). Type Ia Supernova Models: Asymmetric Remnants and Supernova Remnant G1.9+0.3. *The Astrophysical Journal*, 923, 233. doi: 10.3847/1538-4357/ac300f.
- Tashiro, M. et al. (2018), in Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers (SPIE) Conference Series, Vol. 10699, Proc. SPIE, 1069922.
- Tawa, N., Hayashida, K., Nagai, M. et al. (2008). Reproducibility of non-X-Ray background for the X-Ray imaging spectrometer aboard Suzaku. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 60, S11-S24. doi: 10.1093/pasj/60.sp1.S11.
- Ubertini, P. et al. (2005). INTEGRAL IGR J18135-1751 = HESS J1813-178: A New Cosmic High-Energy Accelerator from keV to TeV Energies. *The Astrophysical Journal*, 629, L109-L112. doi: 10.1086/447766.
- Uchiyama, H., Nobukawa, M., Tsuru, T.G., Koyama, K. (2013). K-Shell Line Distribution of Heavy Elements along the Galactic Plane Observed with Suzaku. *Publications of the Astronomical Society of Japan*, 65, 19. doi: 10.1093/pasj/65.1.19.
- Vink, J. (2012). Supernova remnants: the X-ray perspective. *The Astronomy and Astrophysics Review*, 20, 49. doi: 10.1007/s00159-011-0049-1.
- Vink, J. (2020). Physics and Evolution of Supernova Remnants. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Wilms, J., Allen, A., McCray, R. (2000). On the absorption of X-rays in the interstellar medium. *The Astrophysical Journal*, 542, 914-924. doi: 10.1086/317016.
- Wosley, S. & Janka, T. (2005). The physics of core-collapse supernovae. *Nature Physics*, 1, 147-154. doi: 10.1038/nphys172.
- Wynn, C. G. Ho, et al. (2020). Proper motion, spectra, and timing of PSR J1813-1749 using Chandra and NICER. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 498, 4396-4403. doi: 10.1093/mnras/staa2653.
- XRISM Science Team 2020, Science with the X-ray Imaging and Spectroscopy Mission (XRISM). arXiv e-prints, p. arXiv:2003.04962.



Akışkan Dental Kompozitin Gamma Radyasyonu Soğurma Özellikleri

Aycan Şengül^{1*}, Kadir Akgüngör², İskender Akkurt³

^{1*} Akdeniz Üniversitesi, Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksek Okulu, Tıbbi Görüntüleme Teknikleri Bölümü, Antalya, Türkiye

(ORCID: 0000-0003-4548-5403), aycansahin@akdeniz.edu.tr

² Dokuz Eylül Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Atom ve Molekül Fiziği Anabilim Dalı İzmir, Türkiye,

(ORCID: 0000-0003-1071-4405), kadir.akgungor@deu.edu.tr

³ Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Fakültesi, Fizik Bölümü, Nükleer Fizik Anabilim Dalı, Isparta, Türkiye,

(ORCID: 0000-0002-5247-7850), iskenderakkurt@sdu.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 11 Mart 2022 ve Kabul Tarihi 30 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1085811)

ATIF/REFERENCE: Şengül, A., Akgüngör, K. & Akkurt, İ. (2022). Akışkan Dental Kompozitin Gamma Radyasyonu Soğurma Özellikleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 469-473.

Öz

Bu çalışma, insan vücudunda doğal veya sentetik malzeme olarak kullanılan akışkan dental kompozitin radyasyon soğurma özelliklerinin Monte Carlo yöntemi kullanılarak hesaplanması ve XCOM sonuçları ile karşılaştırmayı amaçlamaktadır. Lineer soğurma katsayısından elde edilen veriler ile ortalama serbest yol (MFP), yarı değer kalınlığı (HVL) ve onda bir değer kalınlığı (TVL) gibi parametreler de elde edilmiştir. GAMOS 6.2 programı ile gerçekleştirilen simülasyonlarda, disk şeklinde bir soğurucu malzeme üzerine gönderilen noktasal foton kaynak geometrisi kullanılmıştır. 1 keV-20 MeV aralığında otuz altı farklı foton enerjisinde gerçekleştirilmiş ve XCOM verileri ile karşılaştırılmış ve uyumlu bulunmuştur. Bu yöntemin lineer soğurma katsayıları literatürde yer almayan malzeme bileşimleri ve enerji değerleri için alternatif bir hesaplama aracı olarak güvenle kullanılabilceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Monte Carlo, GAMOS, XCOM, Lineer soğurma katsayısı, Kompozit biyomalzemeler,

Gamma Radiation Absorption Properties of Fluid Dental Composite

Abstract

This study presents the radiation absorption properties of fluid dental composite was investigated computationally and experimentally. In the computational part of the study, I and I₀ values were obtained for biomaterial by using the Gamos 6.2 simulation program. The results calculated with the GAMOS simulation program were compared with the XCOM data. In addition to (μ) and (μ/ρ) values, half value layer (HVL), tenth value layer (TVL) and mean free path (MFP) quantities were obtained which are important in terms of radiation absorption properties. The simulation results were found to be compatible with XCOM data for this composit biomaterial. The simulation results showed that the Monte Carlo technique can be used as an alternative to calculate the mass absorption coefficients at the requested gamma energy, especially for samples that are physically difficult to produce.

Keywords: GAMOS, XCOM, biomaterial, linear attenuation coefficients

Keywords: Monte Carlo, GAMOS, XCOM, Composites biomaterial, Linear attenuation coefficients

* Sorumlu Yazar: aycansahin@akdeniz.edu.tr

1. Giriş

X ışımının 1895 yılında keşfedilmesinden sonra iyonize radyasyonlar tıptan endüstriye pek çok alanda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Ancak zaman içerisinde X-ışımının biyolojik dokuda verdiği hasar yeteneği de ortaya çıkmıştır. Radyasyon kaynaklı tehlikeler hakkında, uzun yıllar boyunca kazanılan bilgiler eşliğinde, bu tehlikeleri sınırlamak veya ortadan kaldırmak için etkili yöntemler kullanılarak, güvenli bir şekilde radyasyon kullanılabilir hale gelmiştir. Gama veya x-ışını, enerjilerinin bir kısmını içinden geçtikleri materyalin elektronlarına aktararak iyonlaşma ve uyarılma olaylarına yol açarlar. X ışımının madde ile etkileşim olasılığı madde içinde karşılaşacağı atom sayısına ve maddenin yoğunluğuna bağlıdır. Soğurucu maddeyi geçen X ışını demetinde, soğurucunun her cm'sinde meydana gelen foton sayısındaki azalmanın bir ölçüsüdür. Birimi; 1/cm'dir. Monoenerjik X ışınları denklem 1.'de görüldüğü gibi üstel bir şekilde absorbe edilir. Bu denklem "Lambert Kanunu" olarak bilinir (Attix, 2008; Hendee & Ritenour, 2003).

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (1)$$

Burada I_0 gelen foton akısını, I ise x kalınlığından geçen foton akısını ifade etmektedir. μ ile ifade edilen toplam lineer azalma katsayısı; X ışını enerjisine ve soğurucu maddenin yoğunluk, atom numarası, gram başına elektron sayısı gibi özelliklerine bağlıdır

Farklı foton enerjilerinde çeşitli malzemeler için lineer soğurma katsayılarını bildiren çalışmalar literatürde mevcuttur. Literatürdeki çalışmalar hem deneysel (Akkurt et al., 2021; Al-Burihi et al., 2019; Al-Hadeethi & Sayyed, 2021; Kurtulus et al., 2021; PALACI et al., 2014; Phelps et al., 1975; Sahin & Bozkurt, 2019) hem de hesaplamalı (Akkurt & Akyıldırım, 2012; Bozkurt & Sahin, 2021; Ermis et al., 2016; Gunoglu & Akkurt, 2021; Sengul & Bozkurt, 2021) değerlendirmelere dayanan μ değerlerini sağlar ancak bu veri tabanları genellikle belirli enerjilerde ve sınırlı sayıda malzeme için mevcuttur.

1950'den bu yana Monte Carlo hesaplamaları, medikal fizik uygulamalarının pek çok alanında kullanılabilen ve tanısal radyolojide X-ışını kullanımının potansiyel risklerinin değerlendirilmesine imkan veren bir teknik haline gelmiştir (Rogers, 2006). Radyasyondan korunma, diagnostik X-ışını, radyoterapi fiziği, dozimetri, nükleer tıp gibi medikal fiziğin farklı uygulama alanlarında Monte Carlo uygulamalarının yeri hızla artmaktadır. Bu çalışma, kompozit biyomalzemeler için 1 keV-20 MeV enerji aralığındaki μ verilerinin Monte Carlo yöntemi ile hesaplanması ve deneysel sonuçlarla karşılaştırılması amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Birbiri içinde erimeyen en az iki farklı malzemenin makro boyutlarda birleşerek oluşturduğu yeni malzemeye kompozit malzeme denir. Kompozit üretimindeki amaç malzemenin mekanik özelliklerinin değiştirmek ve maddeye istenilen özellikleri (Dayanım, hafiflik, esneklik, maliyet, vb.) kazandırabilmektir. Kompozitler temel olarak Matriks ve Doldurucu partiküllerden oluşurlar. Bir kompozitin matriks kısmı genellikle sistemin üretimi sırasında belirli derecelerde

sıvı şeklindedir. Örnek olarak doğal bir malzeme olan kemiğin plastik malzeme olan fiberglas ile güçlendirilmesi kompozit bir yapı oluşturur. Kompozit malzemeler, yapıtaşı olan malzemelere göre avantaj gösterir ve daha hafif, dayanıklı ve uyumlu malzeme üretimi yapılabilir. Kompoziti oluşturan her bir yapının biyoyumlu olması beklenir. Bu duruma ek olarak her bir yapının ara yüzeylerinin de vücut içerisinde bozunmaması gerekmektedir (Meral, 2013; Park & Lakes, 2007).

Biyomalzeme sınıfındaki kompozitlerin kullanım alanları aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Dental siman ve diğer dental uygulamalar için PMMA ve Epoksi reçine
- Kemik kırıklarında sabitleyici tabaka, vidalar
- Metil metakrilatla güçlendirilmiş kemik çimentosu
- Gözenek yüzeyli ortopedik implantlar, kalça protez sapları

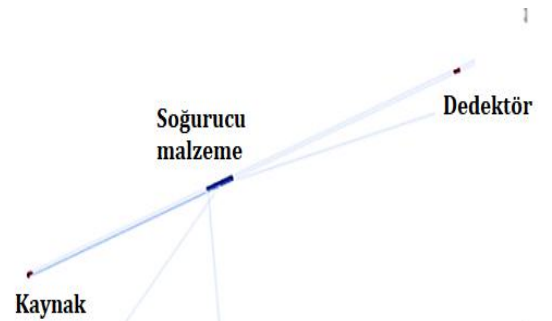
2.2. Metot

Monte Carlo yöntemi, istatistiksel bir sayısal analiz tekniğidir. Bu teknik, analitik veya sayısal olarak çözülmesi zor olan bir probleme ait niceliklerin ortalamalarını tahmin etmek için olasılık dağılımlarını ve rastgele sayıları kullanır. İyonlaştırıcı radyasyonun madde ile etkileşimleri de olasılığa dayalı olduğundan, radyasyon taşınım problemleri Monte Carlo yöntemi ile kolaylıkla çözülebilmektedir.(Andreo, 1991)

Biyomalzemelerin lineer soğurma katsayılarının simülasyonları yapılırken kullanılan GAMOS 6.2 simülasyon programı Linux işletim sisteminin Ubuntu 20.04 sürümüne kurulumu (Ubuntu, 2021).

Başlangıçta tıbbi fizik alanındaki simülasyonlar için tasarlanmış olan GAMOS, kullanıcılara, alana özel simülasyonlar için önceden tanımlanmış komutlara doğrudan erişim sağlamaktadır (Arce et al., 2014).

Simülasyonda kullanılan geometri nokta kaynak, soğurucu malzeme olarak biyomalzeme ve 3"x 3" NaI dedektöründen oluşmaktadır. 36 farklı enerjide foton kaynağı, soğurucu malzemeyi geçtikten sonra yüzey akısını okumak üzere kaynaktan belli bir uzaklığa yerleştirilmiş detektöre ulaşmaktadır (Şekil 1.)



Şekil 1. Simülasyonda kullanılan geometri (Fig.1 Geometry of the simulation)

Tablo 1'de elementer ağırlığı ve yoğunluk bilgisi bilinen akışkan dental kompozit geometri dosyasında tanımlanmıştır. Simülasyonda Elektromanyetik fizik paketi kullanılmıştır. Skorlama yapılırken surface flux ile yüzeye ulaşan tüm

parçacıklar sayılmıştır. Skorlamaya tüm fizik prosesleri dahil edilirken, varyans azaltma teknikleri kullanılmamıştır. Simülasyon her bir biyomalzeme için, soğurucu varken ve yokken tekrarlanarak I ve I_0 değerleri elde edilmiştir. Monte

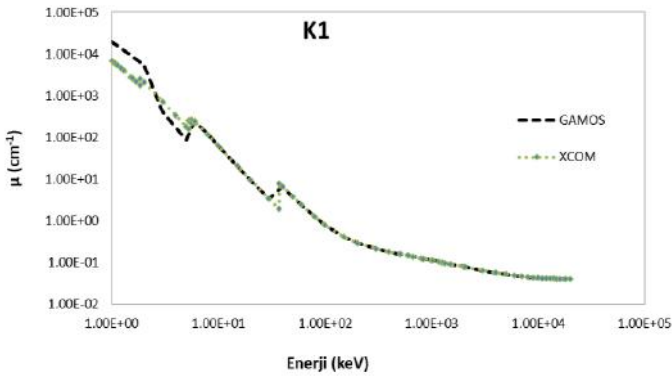
Carlo hesaplamalarının doğruluğunu arttırmak ve düşük istatistiksel hata oluşturmak için yeterli sonuç veren 10^7 foton öyküsü kullanılmıştır.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan akışkan dental kompozitin elementel analizleri (Table 1. Elemental analysis of the flowable dental composite used in the study)

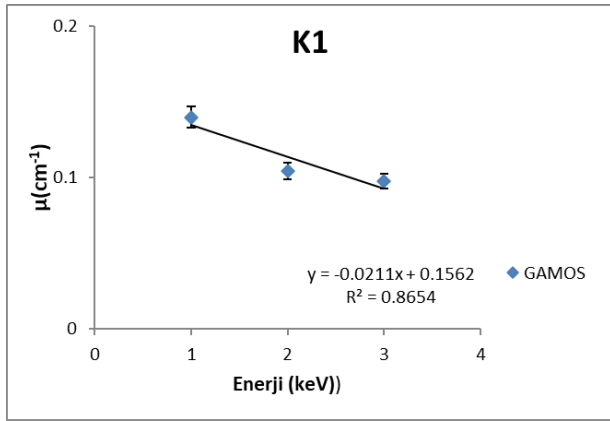
Malzeme	yoğunluk (g/cm ³)	Kalınlık (mm)	C	O	Na	Al	Si	Ba
K1	1.808	4	32.35	34.84	1.48	2.51	14.85	13.97

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Linear Soğurma Katsayısı Sonuçları



Şekil 2. Linear soğurma katsayısının enerjiyle değişimi (Fig.2 Variation of linear attenuation coefficient with energy)

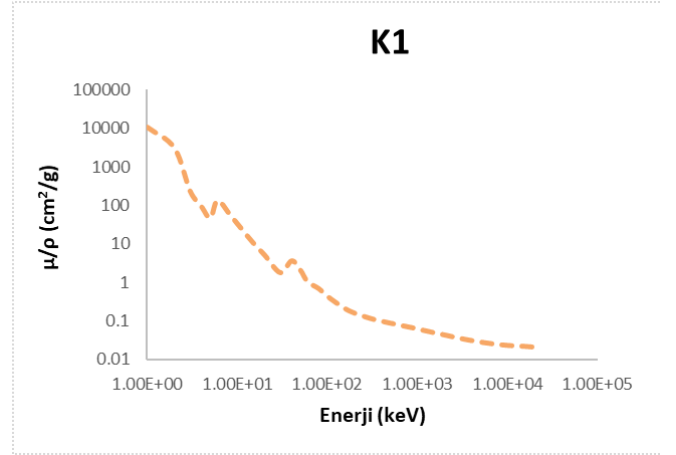


Şekil 3. Linear soğurma katsayısının enerjiyle değişimi (Fig.3 Variation of linear attenuation coefficient with energy)

Linear soğurma katsayısı herhangi bir malzemenin radyasyon soğurma özelliği için en önemli parametrelerin başında gelmektedir ve bu çalışmada elde edilen sonuçlar Şekil 2 ve 3'te gösterilmiştir. Bu şekilden görüleceği gibi den linear soğurma katsayısının enerjiye linear şekilde bağlıdır. Enerji arttıkça linear soğurma kat sayısı azalmaktadır.

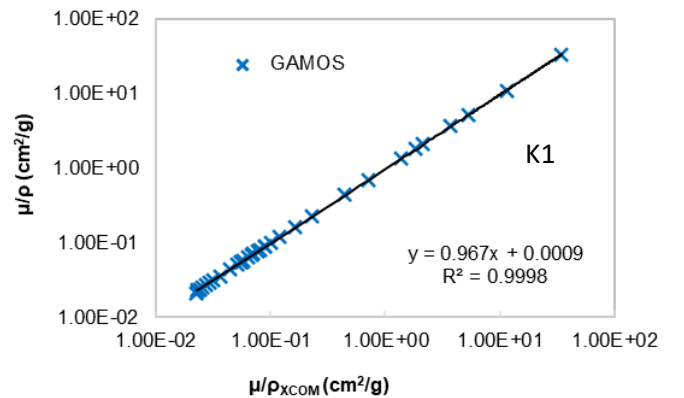
Kütleli soğurma katsayısı, linear soğurma katsayısının maddenin yoğunluğuna bölünmesi ile elde edilir. Kütleli soğurma katsayısı μ/ρ , maddenin yoğunluğundan bağımsızdır ve birimi cm^2/g 'dir. Şekil 4'de biyomalzemenin μ/ρ değerlerinin enerjiyle ters orantılı olduğu görülüyor, bu da fotoelektrik

etkileşim olasılığının düşük foton enerjisi ve incelenen örneğin yüksek atom sayısı ile ilişkili olduğunu gösteriyor.



Şekil 4. Akışkan dental kompozit için μ/ρ ' nun enerjiyle değişimi (Fig.4 Variation of mass attenuation coefficient with energy)

Bu çalışmada incelenen deney ve GAMOS sonuçları XCOM (Berger et al., 2019) sonuçlarıyla karşılaştırıldığında $<0,5$ oranında birbirine uyumlu olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 5'de kompozit malzeme için XCOM ve GAMOS sonuçlarının benzer eğilim sergilediğini gösterilmektedir ($R^2 > 0.9797$).



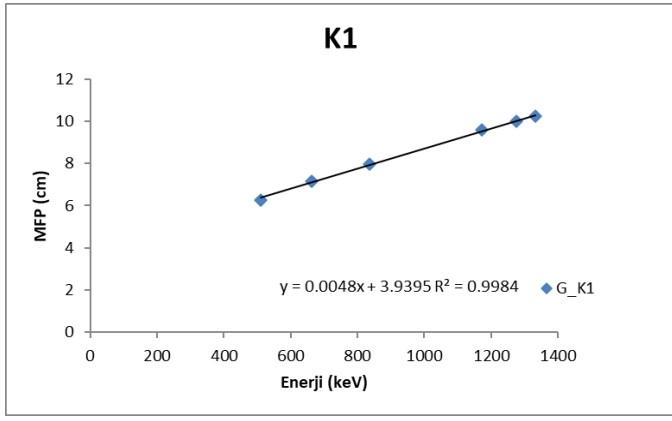
Şekil 5. Monte Carlo simülasyonlarından elde edilen (μ/ρ), XCOM veri tabanından alınan verilere karşı çizilmiştir. (Fig. 5 (μ/ρ), from Monte Carlo simulations plotted against data from the XCOM database)

3.2.Ortalama Serbest yol Sonuçları;

Ortalama serbest yol, malzemenin farklı gamma enerjilerinde radyasyon koruma açısından performansını belirlemek için kullanılan bir diğer parametredir. Gama radyasyonunun kalkan malzemesi ile etkileşmeden önce kat edebileceği ortalama mesafe olarak tanımlanır ve Denklem 2. ile verilir.

$$MFP = \frac{1}{\mu} \quad (2)$$

Akışkan dental kompozit biyomalzeme için MFP değerleri gama enerjilerinin bir fonksiyonu olarak Şekil 6’ da gösterilmektedir. Bu şekilden açıkça görülmektedir ki düşük enerjili gama kısa mesafede enerjisini kaybederken enerji arttıkça daha uzun mesafe alabilir.



Şekil 6. Ortalama serbest yol -Enerji (Fig. 6 Mean free path - Energy)

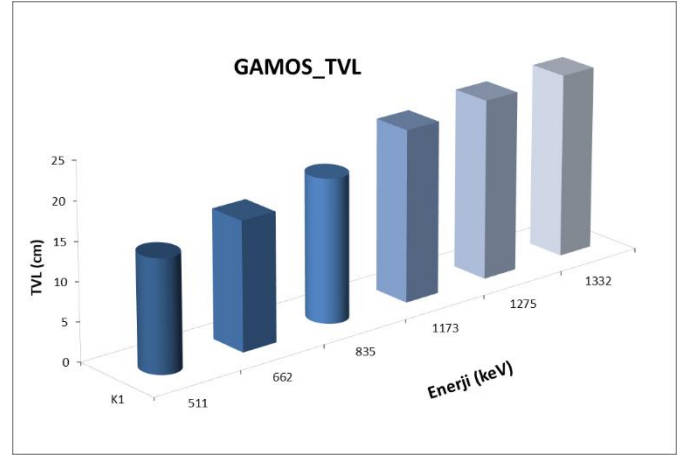
3.3.Yarı Değer Kalınlığı Sonuçları

Bir malzemenin radyasyon soğurma özelliklerini belirlemek için yaygın olarak kullanılan yöntemlerden biri, yarı değer kalınlığı ve onda bir değer kalınlığıdır. HVL, soğurucu malzemeyi geçtikten sonra, zayıflatılmış radyasyon yoğunluğunun, gelen radyasyon yoğunluğunun yarısı olacak şekilde zayıflatılması için gerekli malzeme kalınlığıdır. TVL ise zayıflatılmış radyasyon yoğunluğunun gelen radyasyon yoğunluğunun onda birine karşılık gelen kalkan malzemesinin kalınlığı olarak tanımlanır. Bunlar sırasıyla Denklem 3. ve Denklem 4.’de verilmiştir.

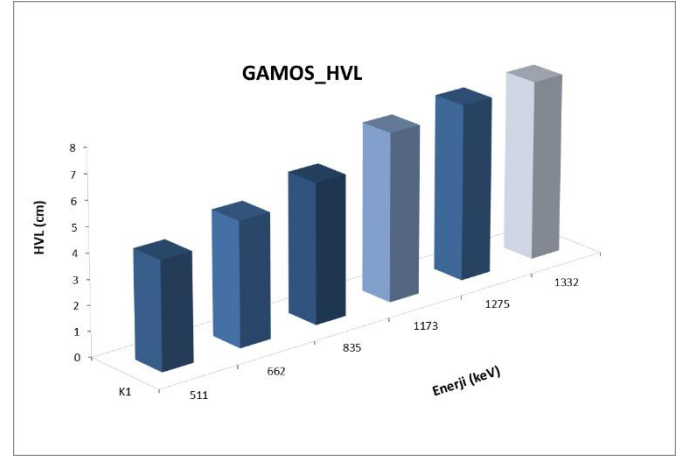
$$HVL = \frac{\mu}{\ln 2} \quad (3)$$

$$TVL = \frac{\mu}{\ln 10} \quad (4)$$

Akışkan dental kompozit biyomalzemenin gelen gama radyasyon şiddetini HVL ve TVL değerlerine indirmek için gerekli kalınlıklar elde edilmiş ve 3 boyutlu olarak gösterilmiştir. Sonuçlar artan gama enerjisi ile HVL ve TVL’nin arttığını göstermektedir (Şekil 7-8).



Şekil 7. Akışkan dental kompozit için TVL -Enerji (Fig. 7 TVL - Energy for flowable dental composite)



Şekil 8. Kompozit malzemeler için HVL -Enerji (Fig. 8 HVL - Energy for flowable dental composite)

4. Sonuç

Bu çalışmada doğal veya sentetik malzeme olarak insan vücudunda kullanılan kompozit biyomalzemenin, lineer soğurma katsayılarının Monte Carlo hesaplamaları ile belirlenmesi ve XCOM sonuçları ile karşılaştırılması amaçlanmıştır. Biyomalzemeler için elde edilen deneysel ve hesaplamalı verilerden aşağıdaki sonuçlar çıkarılabilir;

- Lineer soğurma katsayılarının artan gama enerjisi ile azaldığını ve artan malzeme yoğunluğu ile arttığını göstermiştir.
- Kütleli soğurma katsayılarının sonuçları ilk önce, fotoelektrik soğurmanın baskın olduğu enerji aralığında, malzemenin atom numarasına bağlı olarak keskin bir düşüş sergiler. Bu ilk ani düşüşten sonra, μ / ρ değerlerinde atom numarası bağımlılığının ortadan kalkmasıyla, neredeyse benzer bir eğilimle kademeli bir düşüş gösterir. Bu son davranış, Compton saçılmasının orta ve yüksek enerjilerde daha baskın olmasına bağlanabilir.
- HVL ve TVL, artan gama enerjisi ile arttığını göstermektedir.

- MFP değerlerinde açıkça görülmektedir ki, gama düşük enerjili gama kısa mesafede enerjisini kaybederken enerji arttıkça daha uzun mesafe alabilir.
- Elde edilen değerler, XCOM veri tabanının teorik değerleriyle kıyaslanmış ve oldukça iyi uyum gözlenmiştir ($R^2 = 0.9997$ mertebesinde).

Bu sonuçlar ışığında, ölçüm imkanlarının laboratuvar ortamında kullanılabilecek gama enerjileri ile sınırlı olması veya malzemenin fiziksel olarak üretilmesindeki zorluklar nedeniyle ölçümlerin gerçekleştirilememesi gibi kısıtlamaların varlığında Monte Carlo yaklaşımının güvenle kullanılabileceğini göstermektedir.

Kaynakça

- Akkurt, I., & Akyıldırım, H. (2012). Radiation transmission of concrete including pumice for 662, 1173 and 1332 keV gamma rays. *Nuclear engineering and design*, 252, 163-166.
- Akkurt, I., Malidarre, R. B., & Kavas, T. (2021). Monte Carlo simulation of radiation shielding properties of the glass system containing Bi 2 O 3. *The European Physical Journal Plus*, 136(3), 1-10.
- Al-Buriah, M. S., Arslan, H., & Tonguç, B. T. (2019). Mass attenuation coefficients, water and tissue equivalence properties of some tissues by Geant4, XCOM and experimental data. *Indian Journal of Pure & Applied Physics (IJPAP)*, 57(6), 433-437.
- Al-Hadeethi, Y., & Sayyed, M. I. (2021). Gamma radiation attenuation characteristics for lithium-zinc-tellurite glasses using Geant4 code and PDS computer software. *Ceramics International*, 47(2), 1660-1665. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.08.282>
- Andreo, P. (1991). Monte Carlo techniques in medical radiation physics. *Physics in Medicine & Biology*, 36(7), 861.
- Arce, P., Lagares, J. I., Harkness, L., Pérez-Astudillo, D., Cañadas, M., Rato, P., de Prado, M., Abreu, Y., de Lorenzo, G., & Kolstein, M. (2014). Gamos: A framework to do Geant4 simulations in different physics fields with a user-friendly interface. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research Section A: Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment*, 735, 304-313.
- Attix, F. H. (2008). *Introduction to radiological physics and radiation dosimetry*. John Wiley & Sons.
- Berger, M., Hubbell, J., Seltzer, S., Chang, J., Coursey, J., Sukumar, R., Zucker, D., & Olsen, K. (2019). XCOM: Photon Cross Sections Database. NIST, PML, Radiation Physics Division. In.
- Bozkurt, A., & Sahin, A. (2021). Monte Carlo Approach for Calculation of Mass Energy Absorption Coefficients of Some Amino Acids. *Nuclear Engineering and Technology*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.net.2021.04.004>
- Ermis, E., Pilicer, F., Pilicer, E., & Celiktas, C. (2016). A comprehensive study for mass attenuation coefficients of different parts of the human body through Monte Carlo methods. *Nuclear Science and Techniques*, 27(3), 54.
- Gunoglu, K., & Akkurt, İ. (2021). Radiation shielding properties of concrete containing magnetite. *Progress in Nuclear Energy*, 137, 103776. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.pnucene.2021.103776>
- Hendee, W. R., & Ritenour, E. R. (2003). *Medical imaging physics*. John Wiley & Sons.
- Kurtulus, R., Kavas, T., Mahmoud, K., Akkurt, I., Gunoglu, K., & Sayyed, M. (2021). The effect of Nb 2 O 5 on waste soda-lime glass in gamma-rays shielding applications. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 32(4), 4903-4915.
- Meral, M. (2013). *Çok İşlevli Uyluk Çivisi Tasarımı, Üretimi Ve Mekanik Özellikleri* Fen Bilimleri Enstitüsü].
- PALACI, H., GÜNAY, O., & YARAR, O. (2014). Türkiye'deki radyasyon güvenliği ve koruma eğitiminin değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*(14), 249-254.
- Park, J., & Lakes, R. S. (2007). *Biomaterials: an introduction*. Springer Science & Business Media.
- Phelps, M. E., Hoffman, E. J., & Ter-Pogossian, M. M. (1975). Attenuation coefficients of various body tissues, fluids, and lesions at photon energies of 18 to 136 keV. *Radiology*, 117(3), 573-583.
- Rogers, D. (2006). Fifty years of Monte Carlo simulations for medical physics. *Physics in Medicine & Biology*, 51(13), R287.
- Sahin, A., & Bozkurt, A. (2019). Monte Carlo Calculation of Mass Attenuation Coefficients of Some Biological Compounds. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 14(2), 408-417.
- Sengul, A., & Bozkurt, A. (2021). Bazı Biyolojik Bileşiklerin Kütleli Enerji Soğurma Katsayılarının Monte Carlo Yöntemiyle Hesaplanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Dergisi*, 16(2), 416-423.
- Ubuntu. (2021). <https://ubuntu.com/download/desktop>



Effects of Supplementation with Rumen-Protected Choline and Methionine on Metabolic Profile and Some Reproductive Parameters in Dairy Cattle During Transition Period

Ismail Cetin^{1*}, Ibrahim Ismet Turkmen², Cagdas Kara², Duygu Udum³, Abdulkadir Orman⁴, Hıdır Gencoglu²

^{1*} Tekirdag Namık Kemal University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases, Tekirdag, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7589-4852), ismailcetin@nku.edu.tr

² Bursa Uludag University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Animal Nutrition and Nutritional Diseases, Bursa, Turkey, (ORCID 0000-0002-8111-7619, 0000-0003-2515-1211, 0000-0003-1067-2874), turkmen@uludag.edu.tr, kara@uludag.edu.tr, gencoglu@uludag.edu.tr

³ Bursa Uludag University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Biochemistry, Bursa, Turkey, (ORCID: 0000-0001-7052-1694), duyugudum@uludag.edu.tr

⁴ Bursa Uludag University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Zootechnics, Bursa, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9138-4422), orman@uludag.edu.tr

(First received 17 March 2022 and in final form 30 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1088990)

ATIF/REFERENCE: Cetin, I., Turkmen, I.I., Kara, C., Udum, D., Orman, A. & Gencoglu, H. (2022). Effects of Supplementation with Rumen-Protected Choline and Methionine on Metabolic Profile and Some Reproductive Parameters in Dairy Cattle During Transition Period. *European Journal of Science and Technology*, (35), 474-481.

Abstract

This study conducted to determine effect of the rumen-protected choline and methionine supplementation to peripartum dairy cattle on metabolic profile, metabolic disorders and some reproductive parameters. For this, 3-6 year-old, multiparous, healthy and pregnant 32 high-yield Holstein dairy cows were divided into 4 different groups during trial as: a control (CON) group with no supplementation to the ration; a 75 gr/day rumen-protected choline chloride (CHOL) supplemented group, 42 gr/ day methionine (MET) supplemented group, 75 gr/ day choline chloride and 42 gr/ day methionine (MET + CHOL) supplemented group were during three weeks before and after parturition. Blood samples were taken at wk -3, calving, wk 3 and wk 10 and were analyzed. Health problems and reproductive data were recorded during treatment. Statistically significant differences were detected in non-esterified fatty acids (NEFA), insulin like growth factor-1 (IGF-1), glucose, total protein, albumin, direct bilirubin, total cholesterol and very low density lipoproteins (VLDL). Results of this study suggested that rumen-protected choline and methionine supplementation to the rations of dairy cattle affected some metabolic profile parameters. The statistical differences in metabolic profile tests did not affect metabolic diseases and reproductive parameters.

Keywords: Dairy cattle, metabolic profile, methionine, reproductive parameters, rumen-protected choline.

Geçiş Dönemindeki Süt Sığırlarında Korunmuş Kolin ve Metiyonin İlavesinin Metabolik Profil ve Bazı Üreme Parametreleri Üzerine Etkileri

Öz

Bu çalışma, korunmuş kolin ve metiyonin ilavesinin peripartum süt sığırlarında metabolik profil, metabolik hastalıklar ve bazı üreme parametreleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırmada, 3-6 yaş arası, en az bir doğum yapmış, sağlıklı ve gebe 32 baş yüksek verimli Holştayn ırkı süt sığırları kullanıldı. Süt sığırları 4 farklı gruba ayrılarak, kontrol (KON) grubunda yer alan süt sığırlarının rasyonlarına deneme süresince herhangi bir katkı yapılmazken, kolin klorür (KOL) grubundaki süt sığırlarının rasyonlarına doğum öncesi 3 hafta ve doğum sonrası 3 hafta boyunca 75 gr/gün dozunda korunmuş formda kolin klorür, metiyonin (MET) grubundaki süt sığırlarının rasyonlarına ise 42 gr/gün dozunda korunmuş formda metiyonin, Metiyonin ve Kolin Klorür (MET + KOL) grubunda yer alan sığırlarda 75 gr/gün dozunda korunmuş formda kolin klorür ve 42 gr/gün dozunda korunmuş formda

* Corresponding Author: ismailcetin@nku.edu.tr

metiyonin ilave edildi. Kan örnekleri doğumdan önce 3. hafta, doğumda ve doğumdan sonra 3. ve 10. haftalarda alındı ve ticari kitlerle analiz edildi. Araştırma esnasında sağlık sorunları ve üreme verileri kaydedildi. NEFA, IGF-1, glikoz, total protein, albumin, direkt bilirubin, total kolesterol ve çok düşük dansiteli lipoproteinlerde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edildi. Bu araştırmanın sonucunda, süt sığırlarının rasyonlarına korunmuş kolin ve metiyonin ilavesinin bazı metabolik profil parametrelerini etkilediğini göstermiştir. Metabolik profil testlerindeki istatistiksel farklılıklar, metabolik hastalıklar ve üreme parametrelerini etkilemedi.

Anahtar Kelimeler: Süt sığırı, metabolik profil, metiyonin, üreme parametreleri, korunmuş kolin.

1. Introduction

Dairy cattle with high-yield experience a dramatic physiological and metabolic adaptation during the periparturient period (transition period) attended by low dry matter intake, while the nutritional requirements for maintenance, pregnancy and milk production increase rapidly, resulting in a state of negative energy and metabolizable protein balance (Bell, 1995; Xu et al., 2006; Zhou et al., 2016). Thus, high-producing dairy cattle mobilize more body fat to meet this high nutritional requirement, which may lead to produce higher concentrations of NEFA in blood stream during this transition period (Rukkwamsuk et al., 1999; Xu et al., 2006).

The liver undertakes important role in the coordination of fatty acid metabolism (Drackley and Andersen, 2006; Zom et al., 2011). High levels of NEFA, as a result of mobilization of excess body fat, is either oxidized in the liver or circulated from the liver in the form of VLDL. VLDL is mainly synthesized in the liver and consists of a core of endogenously synthesized triacylglycerol surrounded by polar phospholipids and apolipoproteins B-100, C and E (Jorritsma et al., 2000; Sundaram and Yao, 2010). When the capacity of NEFA to be oxidized or circulated in the form of VLDL in the tricarboxylic acid cycle is exceeded, fat accumulation is shaped in the liver cells. Excessive body fat mobilization as a result of negative energy balance causes ketosis and mobilization of high amounts of NEFA, when the capacity to metabolize in the liver is exceeded as a result of fatty liver is formed. Hepatic lipidosis, known as fatty liver disease, is a metabolic disorder that potentially affects health, production and reproduction, which can affect 50% of high-production dairy cattle in the transition period (Jorritsma et al., 2000; Cooke et al., 2007).

Both choline and methionine are important methyl donors in mammals and their availability is significant for various biological functions. Methyl donors are required for synthesis of some important compounds such as phosphatidylcholine and carnitine (Pinotti et al., 2002). Methionine is enhance liver function, reducing triacylglycerol accumulation and improving the metabolic capacity of the liver to orchestrate the metabolic transition into lactation (Osorio et al., 2014; Osorio et al., 2014; Zhou et al., 2016; Zhou et al., 2016; Vailati-riboni et al., 2017). Moreover, as a lipotropic agent, Methionine is also required for the production of VLDL, and the apolipoprotein production is necessary for the transport of VLDL molecules from the liver (Overton and Waldron, 2004; Piepenbrink et al., 2004). In the context of VLDL synthesis and liver metabolism, choline is a key component for the synthesis of phosphatidylcholine which is the most significant component of VLDL (Vance, 2002; Zom et al., 2011; Shahsavari et al., 2016; McGuffey, 2017; Humer et al., 2019).

The objective of this study was to evaluate the effect of feeding rumen-protected choline and methionine products

individually and in combination on metabolic profile, metabolic disorders and some reproductive parameters during the transitional period of high yield milk cows.

2. Material and Method

2.1. Experimental Design and Treatments

All experimental procedures were approved by The Animal Experimentation Ethics Committee of Bursa Uludag University (protocol 2013-14/4). Three to 6 years old 32 high-yield multiparous, healthy and pregnant Holstein dairy cows were used as material in this study. Four study groups (8 cows ea) were designed based on lactation number, previous lactation yield and body condition score before the close-up as Control (CON), choline (CHOL), methionine (MET) and choline plus methionine group (MET-CHOL), where cows within each group were fed a basal diet. The cows in CHOL treatment group were supplemented with 75 g of rumen protected choline (RPC). The cows in MET treatment group were supplemented with 42 g of rumen protected Methionine. The cows in treatment group MET-CHOL were supplemented with both 75 g RPC and 42 g methionine. Dosage of RPC and methionine were supplied according to the manufacturer's recommendations. All animals were fed the same close-up ration-21±2 to calving, and the same lactation ration from calving to 70 days in milk. Ingredients and chemical composition of the ration were determined according to National Research Council (NRC, 2001) recommendations as indicated by Cetin et al. (2018) (Table 1).

The RPC and methionine were top dressed (Toledo et al., 2017; Cetin et al., 2018) to basal feed once daily at the 7:00 a.m. from -21±2 to 21 days in milk. The rumen-protected choline supplement is reported to include 24% choline chloride, and is protected by spray freezing technology. The methionine used in this study includes 57% of 2-hydroxy-4-methylthio butanic acid isopropyl ester.

2.2. Animal Management and Feed

Experimental studies were conducted in a private Animal Production Training and Research Company in Bursa/Turkey between November 2013 and June 2014. Cows used in this study were housed in a semi-open free-standing stall with automatic feeders. Close-up and lactation rations were mixed daily, and fed as a total mixed ration as previously indicated (Cetin et al., 2108). The animals returned to the farm herds 70 days in milk.

Health problems, such as metritis, retained placenta, milk fever, ketosis, and displaced abomasum were recorded during the trial. Reproductive data including service period, number of services per conception and calving to first insemination period were recorded individually.

Chemical analysis (dry matter, crude protein, ether extract, ash, calcium, phosphorus) of rations were performed according

to AOAC (1990) and detection of neutral detergent fiber and acid detergent fiber was applied according to Van Soest et al. (1991).

2.3. Blood Collection and Analysis

Blood samples were obtained by venipuncture of the coccygeal vein of each cow using vacuum serum and plasma tubes before feeding on Friday in wk -3, calving, wk 3 and wk 10. Blood samples were taken 4 hours after feeding to determine BHBA. Plasma and serum samples were collected after centrifugation of the blood at 3,000 x g for 15 min. Plasma and serum were stored at -20°C until analysis.

NEFA (Bovine Non-ester Fatty Acid Elisa Kit, MyBioSource, MBS748204), BHBA (Bovine Beta Hydroxybutyrate Elisa Kit, MyBioSource, MBS046814), IGF-1 (Bovine Insulin like Growth Factor 1 Elisa kit, MyBioSource, MBS737046), Insulin (Bovine Insulin ELISA, ALPCO, 80-INSBO-E01), Glucagon (Bovine Glucagon Elisa Kit, MyBioSource, MBS011427), PON-1 (Bovine Paraoxonase 1, MyBioSource), Apolipoprotein B100 (Bovine Apolipoprotein B100 Elisa Kit, MyBioSource), glucose (Glucose Trinder monoliquid, GL303), total protein (Total Proteins, PT371),

albumin (Albumin BCG ALBG045), direct bilirubin (Bilirubin Direct Jendrassik, BDC125), total cholesterol (Cholesterol Total liquid-monocomponent, C20T5), triglycerides (Triglycerides liquid Toos, TG381), GGT (Gamma GT liquid, GT291), ALP (Alkaline Phosphatase (DEA) liquid, AP041), AST (ASAT (GOT) liquid, AS071), LDL (Cholesterol LDL direct liquid, LDL348), HDL (Cholesterol HDL direct liquid, HD320) were assayed following the manufacturer's instructions and recommendations in the commercial kits. The value of VLDL was calculated using the formula triglyceride/5 (Stein and Myers, 1994).

2.4. Statistical method

Metabolic profile parameters and reproductive data were evaluated by 'General Linear Model' where the number cows were entered as random, and duration and groups as fixed effects, respectively. The chi-square test was used to compare the proportional data for metabolic diseases and reproduction, and was selected 'Pearson chi square' or 'Fisher's exact test'. Significance was declared at p<0.05. Statistical analysis of data was performed using SPSS program (version 20.0, SPSS Inc, USA) (2011).

Table 1. Ingredients and chemical composition of close-up and early lactation diet

Ingredient	Close-up (%DM ¹)	Early lactation(%DM ¹)
Wheat straw	21.75	7.26
Alfalfa hay	18.10	21.28
Corn silage	22.22	25.98
Commercial Concentrate mixture ²	37.26	0.0
Commercial Concentrate mixture ³	0.0	43.98
Corn gluten	0.0	0.71
Sodium bicarbonate	0.0	0.54
Magnesium oxide	0.0	0.25
Ammonium chloride	0.67	0.0
Chemical composition(%DM¹)		
Neutral detergent fibre	48.15	43.76
Acid detergent fibre	28.60	24.43
Crude protein	13.29	16.43
Ether extract	4.14	5.62
Ash	7.82	7.99
Non-fibre carbonhydrates ⁴	26.6	26.2
Calcium	1.02	0.92
Phosphorus	0.28	0.63

¹Dry Matter

²Proyem, Dry Period Concentrate Mixture, Matli Feed Industry, Karacabey/TURKEY

³Proyem, Lactation Period Concentrate Mixture, Matli Feed Industry, Karacabey/TURKEY

⁴Non-fibre carbonhydrates, 100-(% NDF + % CP + %EE + % Ash

3. Results and Discussion

The effects of MET, CHOL and MET-CHOL on metabolic parameters are reported in Table 2. Statistically significant differences were detected in NEFA, IGF-1, glucose, total protein, albumin, direct bilirubin, total cholesterol and VLDL. Rumen-protected choline and methionine supplementation had no significant effect on the plasma concentrations of BHBA, insulin, glucagon, PON-1, apo B100, triglycerides, GGT, ALP, AST, LDL and HDL.

As a result of routine control of experimental animals, 12 cows with metritis, 5 cows with retained placenta, 1 cow with milk fever and 6 cows with ketosis were diagnosed and the

results are given in Table 3. No statistical differences were found between experimental groups in terms of diseases.

The treatments did not affect significantly on service period, number of services per conception and calving to first insemination period (Table 4). However, in the MET-CHOL group, the service period was shortened and the number of services per conception was decreased.

In this study, we observed significant improvements in lipid metabolism, reproductive performance and welfare of high-yield dairy cattle during transition period, when their feed was supplemented with rumen-protected choline and methionine.

There are previous studies reporting no significant effect of rumen-protected choline supplementation on BHBA, NEFA, glucose and IGF-1 concentrations (Janovick Guretzky et al.,

2006; Zahra et al., 2006; Chung et al., 2009; Leiva et al., 2015). Conversely, Cooke et al. (2007) indicated that blood NEFA concentration in cows decreased in response to rumen-protected choline supplementation. In our study, plasma NEFA concentration was reduced in experiment groups at postpartum 10 week. Moreover, Soltan et al. (2012) reported reduced NEFA in early lactation cows supplemented with rumen-protected choline or both (rumen-protected choline and methionine). On the other hand, some researchers indicated that the effect of methionine supplementation on BHBA concentration was not important (Piepenbrink et al., 2004; Osorio et al., 2013; Zhou et al., 2016) which agrees with the result of the present study. In addition, some researchers declared not important effect of rumen-protected choline or methionine supplementation on plasma BHBA and glucose concentration (Hartwell et al., 2000; Piepenbrink et al., 2004; Strzetelski et al., 2009; Chung et al., 2009; Zom et al., 2011). Besides that, in the present study, no treatments effects were detected for plasma concentration of BHBA. However, plasma glucose concentration was found statistically different compared to treatments group at postpartum 3 week.

Insulin and glucagon are the most important hormones in maintaining glucose balance. In this study, cows supplemented with rumen-protected choline, methionine or both had no significant effect on plasma insulin and glucagon concentrations during the treatments group compared with control cows. But other studies detected to higher insulin values supplemented with rumen-protected choline in cows (Leiva et al., 2015; Zhou et al., 2016).

In the present study, no differences were determined in liver function test analysis such as PON-1, Apo B100, triglycerides, GGT, ALP, AST, LDL and HDL concentrations were not different although total protein and albumin were statistically

significant for postpartum 3 week and total cholesterol and VLDL were detected statistically important for postpartum 10 week. Nevertheless, FARID et al. (2013) detected reduced total cholesterol, albumin, HDL, VLDL, LDL, PON-1 and increased NEFA, BHBA, triglycerides in cows suffering from fatty liver.

Lima et al. (2012) showed that feeding rumen-protected choline before and after calving reduced the incidence of ketosis. Ardalan et al. (2009) reported that supplementation of rumen-protected form of choline and methionine had no retained placenta, mastitis, and dystocia even though other groups have reported that a number of metabolic problems occurred. However, in the present study, our results were conflicted with all these results.

Strzetelski et al. (2009) found that supplementation rumen-protected methionine to dairy cow rations during the transitional period had no effect on the reproductive parameters which agrees the result of current study. Ardalan et al. (2009) reported that supplementation of rumen-protected choline and methionine had decreased the open days and services per conception. However, our results from study do not seem to support the result by Ardalan et al. (2009). There were no statistical differences in service period, number of services per conception and calving to first insemination period. In addition, supplemented rumen-protected choline and methionine to the dairy cows ration caused shortening in the service period and decreased number of services per conception.

Table 2. Effect of supplementing Holstein cattle during the transition period with rumen-protected choline, methionine or both on metabolic profile parameters

Parameters	Week	CON	CHOL	MET	MET- CHOL
		$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$
NEFA ($\mu\text{mol/L}$)	-3 week	505.88±85.83	444.68±62.99	413.08±97.42	428.84±64.64
	Calving	593.90±141.44	470.03±42.71	460.15±75.84	451.39±49.30
	3 week	523.76±86.89	469.99±67.95	440.57±55.99	459.91±76.45
	10 week	607.03±111.12 ^a	525.32±62.57 ^{ac}	474.49±90.76 ^{bc}	466.37±85.54 ^{ac}
BHBA ($\mu\text{mol/L}$)	-3 week	250.03±181.92	388.68±226.26	212.29±151.28	202.80±122.33
	Calving	374.07±244.96	268.91±171.32	281.27±182.67	241.28±141.89
	3 week	320.92±181.17	275.56±170.04	289.96±223.97	220.38±109.35
	10 week	297.47±202.78	201.84±124.99	186.39±56.12	239.54±111.60
IGF-1 (pg/ml)	-3 week	19011±4101 ^a	12194±6783 ^b	8899±5037 ^b	6002±2128 ^b
	Calving	17806±3241 ^a	17070±7200 ^a	8689±4680 ^b	6174±4884 ^b
	3 week	17438±5193 ^a	18856±9602 ^a	7422±4008 ^b	6477±4712 ^b
	10 week	16869±2237 ^a	13928±6233 ^{ac}	7964±3420 ^{bc}	6347±4714 ^b
Insulin (ng/ml)	-3 week	0.24±0.05	0.27±0.07	0.29±0.14	0.26±0.13
	Calving	0.21±0.03	0.20±0.01	0.21±0.04	0.23±0.09
	3 week	0.20±0.01	0.21±0.03	0.19±0.01	0.21±0.06
	10 week	0.21±0.03	0.22±0.02	0.21±0.02	0.25±0.15
Glucagon (pg/ml)	-3 week	35.80±11.98	63.27±47.14	34.51±15.84	34.45±14.19
	Calving	44.86±12.77	55.84±38.07	42.73±22.66	39.33±22.99
	3 week	52.50±11.14	51.41±32.71	41.50±23.72	38.76±19.63
	10 week	43.36±7.25	53.96±39.79	33.53±14.39	56.94±31.11
PON-1 (U/ml)	-3 week	17.11±7.89	17.72±5.33	19.68±8.82	13.76±3.89
	Calving	18.21±6.69	17.86±4.68	22.14±11.02	16.00±4.62
	3 week	15.96±4.09	16.60±6.20	22.73±9.05	16.99±5.13
	10 week	16.67±5.43	19.64±4.81	17.76±9.32	14.19±4.32

Apo B100 ($\mu\text{g/ml}$)	-3 week	55.48 \pm 37.92	68.80 \pm 67.04	61.42 \pm 62.19	66.05 \pm 41.72
	Calving	79.80 \pm 63.25	62.30 \pm 51.01	108.17 \pm 92.79	82.55 \pm 49.91
	3 week	76.17 \pm 54.12	59.92 \pm 44.12	84.80 \pm 81.47	92.17 \pm 52.23
	10 week	65.67 \pm 42.68	103.05 \pm 29.24	81.30 \pm 63.51	68.17 \pm 44.31
Glucose (mg/dl)	-3 week	83.49 \pm 3.64	75.33 \pm 8.40	83.02 \pm 6.90	84.40 \pm 7.52
	Calving	78.34 \pm 11.32	61.56 \pm 17.12	73.69 \pm 14.68	66.65 \pm 12.99
	3 week	70.30 \pm 7.90 ^{ab}	60.49 \pm 11.35 ^a	75.79 \pm 12.88 ^b	61.35 \pm 9.19 ^a
	10 week	70.37 \pm 13.33	76.61 \pm 15.12	81.04 \pm 11.99	68.89 \pm 14.72
Total Protein (g/dl)	-3 week	7.91 \pm 0.94	7.89 \pm 1.03	8.44 \pm 1.04	8.91 \pm 2.08
	Calving	7.77 \pm 1.75	7.04 \pm 1.16	8.14 \pm 1.32	8.42 \pm 0.93
	3 week	8.99 \pm 1.69 ^{ab}	8.05 \pm 0.93 ^a	8.84 \pm 0.77 ^{ab}	9.63 \pm 0.57 ^b
	10 week	8.06 \pm 1.28	8.08 \pm 1.50	9.42 \pm 0.58	8.66 \pm 1.97
Albumin (g/dl)	-3 week	5.86 \pm 0.68	5.49 \pm 0.99	5.04 \pm 0.90	5.35 \pm 0.76
	Calving	5.03 \pm 1.10	5.51 \pm 0.96	5.64 \pm 1.37	5.11 \pm 0.34
	3 week	5.95 \pm 0.40 ^a	4.98 \pm 0.98 ^{ab}	4.78 \pm 1.11 ^b	5.07 \pm 0.56 ^{ab}
	10 week	5.24 \pm 0.79	5.51 \pm 0.94	6.07 \pm 0.94	5.47 \pm 0.60
Direct Bilirubin (mg/dl)	-3 week	0.15 \pm 0.17	0.13 \pm 0.06	0.22 \pm 0.15	0.18 \pm 0.10
	Calving	0.13 \pm 0.12 ^a	0.33 \pm 0.15 ^b	0.40 \pm 0.07 ^b	0.29 \pm 0.09
	3 week	0.18 \pm 0.13	0.13 \pm 0.08	0.25 \pm 0.15	0.20 \pm 0.13
	10 week	0.19 \pm 0.17	0.17 \pm 0.12	0.20 \pm 0.14	0.27 \pm 0.13
Total Cholesterol (mg/dl)	-3 week	111.28 \pm 40.32	143.74 \pm 48.14	145.55 \pm 40.38	132.55 \pm 32.36
	Calving	98.67 \pm 41.85	150.10 \pm 74.35	107.94 \pm 32.60	122.15 \pm 35.88
	3 week	131.26 \pm 42.17	188.95 \pm 69.16	186.25 \pm 32.41	177.43 \pm 42.74
	10 week	181.10 \pm 37.25 ^a	317.54 \pm 136.07 ^b	317.48 \pm 89.22 ^b	267.66 \pm 79.47 ^{ab}
Triglycerides (mg/dl)	-3 week	25.87 \pm 9.51	17.54 \pm 9.83	21.28 \pm 4.06	21.45 \pm 11.04
	Calving	15.44 \pm 5.58	13.41 \pm 5.26	13.63 \pm 5.86	8.60 \pm 2.95
	3 week	19.50 \pm 8.64	13.71 \pm 8.52	15.36 \pm 10.84	10.75 \pm 7.22
	10 week	37.44 \pm 19.22	27.39 \pm 16.25	30.60 \pm 13.88	29.74 \pm 16.18
GGT (U/L)	-3 week	36.56 \pm 16.28	26.33 \pm 13.86	37.54 \pm 11.30	32.13 \pm 15.15
	Calving	31.30 \pm 18.74	27.47 \pm 12.58	39.21 \pm 7.57	29.40 \pm 15.20
	3 week	26.22 \pm 16.65	24.33 \pm 16.77	27.24 \pm 12.31	33.34 \pm 15.33
	10 week	37.44 \pm 19.22	27.39 \pm 16.25	30.60 \pm 13.88	29.74 \pm 16.18
ALP (U/L)	-3 week	251.42 \pm 145.87	208.08 \pm 293.37	182.87 \pm 115.62	216.73 \pm 101.12
	Calving	239.54 \pm 149.53	165.79 \pm 101.52	197.46 \pm 101.79	221.31 \pm 61.75
	3 week	112.87 \pm 58.37	142.25 \pm 122.47	125.58 \pm 66.03	152.98 \pm 101.02
	10 week	136.24 \pm 51.18	171.56 \pm 123.34	103.98 \pm 43.51	140.69 \pm 112.23
AST (U/L)	-3 week	87.35 \pm 46.09	57.67 \pm 23.87	72.79 \pm 26.10	86.52 \pm 33.63
	Calving	47.10 \pm 6.97	51.87 \pm 16.02	61.71 \pm 13.40	63.74 \pm 27.70
	3 week	54.44 \pm 6.01	53.44 \pm 27.78	49.10 \pm 14.25	44.13 \pm 18.03
	10 week	80.75 \pm 36.07	48.55 \pm 11.40	68.66 \pm 19.93	51.42 \pm 12.81
LDL (mmol/L)	-3 week	0.55 \pm 0.31	0.83 \pm 0.68	1.72 \pm 1.19	0.79 \pm 0.46
	Calving	0.71 \pm 0.47	0.65 \pm 0.32	1.08 \pm 0.99	0.60 \pm 0.39
	3 week	1.20 \pm 0.44	1.44 \pm 1.10	2.21 \pm 1.40	1.02 \pm 0.94
	10 week	2.74 \pm 0.72	2.66 \pm 1.25	4.04 \pm 1.52	2.48 \pm 0.96
HDL (mmol/L)	-3 week	2.07 \pm 0.51	2.34 \pm 0.67	1.94 \pm 0.78	1.93 \pm 0.33
	Calving	1.80 \pm 0.36	1.93 \pm 0.56	1.79 \pm 0.73	1.85 \pm 0.55
	3 week	2.19 \pm 0.48	2.54 \pm 0.40	2.40 \pm 1.03	2.00 \pm 0.53
	10 week	2.90 \pm 0.56	2.62 \pm 0.61	3.06 \pm 0.72	2.67 \pm 0.59
VLDL (mmol/L)	-3 week	0.13 \pm 0.05	0.09 \pm 0.05	0.11 \pm 0.02	0.11 \pm 0.06
	Calving	0.08 \pm 0.03	0.07 \pm 0.03	0.07 \pm 0.03	0.04 \pm 0.02
	3 week	0.10 \pm 0.04	0.07 \pm 0.04	0.08 \pm 0.06	0.05 \pm 0.04
	10 week	0.10 \pm 0.03 ^a	0.06 \pm 0.01 ^b	0.06 \pm 0.02 ^b	0.06 \pm 0.03 ^b

NEFA: non-esterified fatty acids, BHBA: beta-hydroxy butyric acid, IGF-1: insulin like growth factor-1 PON-1: paraoxonase-1, Apo B100: apolipoprotein B100, GGT: gamma-glutamyl transferase, ALP: alkaline phosphatase, AST: aspartate aminotransferase, LDL : low density lipoprotein, HDL : high density lipoprotein, VLDL : very low density lipoprotein, Different superscripts indicate statistical differences ^{a,c}: P< 0.05

Table 3. Effect of supplementing Holstein cattle during the transition period with rumen-protected choline, methionine or both on some diseases

Parameter	Group	Diseases	
		Yes (%)	No (%)
Metritis	CON	50	50
	CHOL	50	50
	MET	25	75
	MET- CHOL	25	75
Retained placenta	CON	37.5	67.5
	CHOL	0	100
	MET	12.5	87.5
	MET- CHOL	12.5	87.5
Milk fever	CON	0	100
	KOL	0	100
	MET	0	100
	MET- CHOL	12.5	87.5
Ketosis	KON	12.5	87.5
	CHOL	25	75
	MET	12.5	87.5
	MET- CHOL	25	75
Displaced abomasum	CON	0	100
	CHOL	0	100
	MET	0	100
	MET- CHOL	0	100

There were no difference between the groups (p>0.05)

Table 4. Effect of supplementing Holstein cattle during the transition period with rumen-protected choline, methionine or both on reproductive parameters

Parameters	CON	CHOL	MET	MET-CHOL
	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$	$\bar{x} \pm S \bar{x}$
Service period (days)	109.50±55.28	114.50±47.50	108.75±37.81	94.87±58.38
Number of services per conception	2.37±1.51	2.62±1.19	2.50±1.07	1.75±1.16
Calving to first insemination period (days)	66.12±17.42	64.62±7.41	60.50±15.12	61.50±3.89

There were no difference between the groups (p>0.05)

4. Conclusions and Recommendations

In conclusion, current study results suggested that supplementation of rumen-protected choline and methionine to the rations of dairy cows affected some metabolic profile parameters. However, the statistical differences in metabolic profile tests did not change for metabolic diseases and reproductive parameters. More studies must be conducted to evaluate the effects of supplemented with methionine, rumen-protected choline or both during the transition period on metabolic profile and reproductive parameters on dairy cows.

5. Acknowledge

This study was funded by the Uludag University Scientific Research Unit Grant, Project No:OUAP (V)-2014/4

References

- AOAC (Association of Official Analytic Chemists) 1990. Official Methods of Analysis of AOAC International. 15th ed., AOAC, USA.
- Ardalan, M., Rezayazdi, K., Dehghan-Banadaky, M. 2009. Investigation on the Effect of Supplementing Rumen-Protected Forms of Methionin and Choline on Health Situation and Reproductive Performance of Holstein Dairy Cows. *Pakistan Journal of Biology Science*, 12, 69-73.
- Bell, A. W. 1995. Regulation of organic nutrient metabolism during transition from late pregnancy to early lactation. *Journal of Animal Science*, 73, 2804-2819.
- Cetin, I., Turkmen, I. I., Kara, C., Orman, A., Sen, E. 2018. Improved lactational performance in dairy cows supplemented with methionine or rumen-protected choline during the transition period. *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 24(2), 289-293.
- Cooke, R. F., Silva del Rio, N., Caraviello, D. Z., Bertics, S. J., Ramos, M. H., Grummer, R. R. 2007. Supplemental Choline for Prevention and Alleviation of Fatty Liver in Dairy Cattle. *Journal of Dairy Science*, 90, 2413-2418.
- Chung, Y. H., Brown, N. E., Martinez, C. M., Cassidy, T. W., Varga, G. A. 2009. Effects of rumen-protected choline and dry propylene glycol on feed intake and blood parameters for Holstein dairy cows in early lactation. *Journal of Dairy Science*, 92, 2729-2736.
- Drackley, J. K., Andersen, J. B. 2006. Splanchnic metabolism of long-chain fatty acids in ruminants. Pages 199-224 in *Ruminant Physiology: Digestion, Metabolism and Impact of Nutrition on Gene Expression, Immunology and Stress*. K. Sejrsen, T. Hvelplund and M.O. Nielsen ed. Wageningen Academic Publishers Wageningen, the Netherlands.
- Farid, A. S., 2013. Honkawa K, Fath EM, Nonaka N, Harii Y: Serum paraoxonase-1 as biomarker for improved diagnosis of fatty liver in dairy cows. *BMC Veterinary Research*, 9, 73.
- Hartwell, J. R., Cecava, M. J., Donkin, S. S. 2000. Impact of dietary rumen undegradable protein and rumen-protected choline on intake, peripartum triacylglyceride, plasma metabolites and milk production in transition dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 83, 2907-2917.
- Humer, E., Bruggeman, G., Zebeli, Q. 2019. A meta-analysis on the impact of the supplementation of rumen-protected choline on the metabolic health and performance of dairy cattle. *Animals*, 9, 566.
- Janovick Guretzky, N. A., Carlson, D. B., Garrett, J. E., Drackley, J. K. 2006. Lipid metabolite profiles and milk production for Holstein and Jersey cows Fed Rumen-Protected Choline during the periparturient period. *Journal of Dairy Science*, 89, 188-200.
- Jorritsma, R., Jorritsma, H., Schukken, Y. H., Wentink, G. H. 2000. Relationships between fatty liver and fertility and some periparturient diseases in commercial Dutch dairy herds. *Theriogenology*, 54(7), 1065-1074.
- Leiva, T., Cooke, R. F., Brandao, A. P., Marques, R. S., Vasconcelos, J. L. 2015. Effects of rumen-protected choline supplementation on metabolic and performance responses of transition dairy cows. *Journal of Animal Science*, 93, 1896-1904.
- Lima, F. S., Sa Filho, M. F., Greco, L. F., Santos, J. E. 2012. Effects of feeding rumen-protected choline on incidence of diseases and reproduction of dairy cows. *The Veterinary Journal*, 193, 140-145.
- McGuffey, R.K. 2017. A 100-year review: Metabolic modifiers in dairy cattle nutrition. *Journal of Dairy Science*, 100, 10113-10142.
- NRC (National Research Council) 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th revised edition, National Academy Press, Washington, DC.
- Osorio, J. S., Ji, P., Drackley, J. K., Luchini D., Looor J. J. 2014. Smartamine M and MetaSmart supplementation during the periparturient period alter hepatic expression of gene networks in 1-carbon metabolism, inflammation, oxidative stress, and the growth hormone-insulin-like growth factor 1 axis pathways. *Journal of Dairy Science*, 97, 7451-7464.
- Osorio, J. S., Trevisi, E., Ji, P., Drackley, J. K., Luchini, D., Bertoni, G., Looor, J. J. 2014. Biomarkers of inflammation, metabolism, and oxidative stress in blood, liver, and milk reveal a better immunometabolic status in periparturient cows supplemented with Smartamine M or MetaSmart. *Journal of Dairy Science*, 97(12), 7437-7450.
- Osorio, J. S., Ji, P., Drackley, J. K., Luchini, D., Looor, J. J. 2013. Supplemental Smartamine M or MetaSmart during the transition period benefits postparturient cow performance and blood neutrophil function. *Journal of Dairy Science*, 96, 6248-6263.
- Overton, T. R., Waldron, M. R. 2004. Nutritional management of transition dairy cows: Strategies to optimize metabolic health. *Journal of Dairy Science*, 87, 105-119.
- Piepenbrink, M. S., Marr, A. L., Waldron, M. R., Butler, W. R., Overton, T. R., Vazquez-Anon, M., Holt, M. D. 2004. Feeding 2-Hydroxy-4-(Methylthio)-Butanoic acid to periparturient dairy cows improves milk production but not hepatic metabolism. *Journal of Dairy Science*, 87, 1071-1084.
- Pinotti, L., Baldi, A., Dell'Orto, V. 2002. Comparative mammalian choline metabolism with emphasis on the high-yielding dairy cow. *Nutrition Research Reviews*, 15, 315-332.
- Rukkamsuk, T., Wensing, T., Krup, T. A. M. 1999. Relationship between triacylglycerol concentration in the liver and first ovulation in postparturient dairy cows. *Theriogenology*, 51, 1133-1142.

- Shahsavari, A., D'Occhio, M. J., Al Jassim, R. 2016. The role of rumen-protected choline in hepatic function and performance of transition cows. *British Journal of Nutrition*, 116, 35-44.
- Soltan, M. A., Mujalli, A. M., Mandour, M. A., Al-Shinway Abeer, M. 2012 Effect of Dietary Rumen Protected Methionine and/or Choline Supplementation on Rumen Fermentation Characteristics and Productive Performance of Early Lactating Cows. *Pakistan Journal of Nutrition*, 11, 221-230.
- SPSS (Statistical Package for the Social Science) 2011. Base system user's guide, version 20.0. SPSS, Armonk, NY, IBM Corp, USA.
- Stein, E. A., Myers, G. L. 1994. Lipids, lipoproteins and apolipoproteins. In, Burtis CA, Ashwood ER (Eds): Tietz of Textbook of Clinical Chemistry. Second ed. p.1055, WB Saunders Company, Philadelphia.
- Strzetelski, J. A., Kowalski, Z. M., Kowalczyk, J., Borowiec, F., Osieglowski, S., Slusarczyk, K. 2009. Protected methionine as a methyl-group donor for dairy cows fed diets with different starch sources in the transition period. *Journal of Animal Feed Sciences*, 18(1), 28-41.
- Sundaram, M., Yao, Z. 2010. Recent Progress in understanding protein and lipid factors affecting hepatic VLDL assembly and secretion. *Nutrition & Metabolism*, 7, 35.
- Toledo, M. Z., Baez, G. M., Garcia-Guerra, A., Lobos, N. E., Guenther, J. N., Trevisol, E., Luchini, D., Shaver, R. D., Wiltbank, M. C. 2017. Effect of feeding rumen-protected methionine on productive and reproductive performance of dairy cows. *PLoS ONE* 12(12), e0189117.
- Vailati-Riboni, M., Osorio, S. J., Trevisi, E., Luchini, D., Loor, J. J. 2017. Supplemental Smartamine M in higher-energy diets during the prepartal period improves hepatic biomarkers of health and oxidative status in Holstein cows. *Journal of Animal Science and Biotechnology*, 8, 17.
- Vance, J. E. 2002. Assembly and secretion of lipoproteins. *New Comprehensive Biochemistry*, 36, 502-526.
- Van Soest, P. J., 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.
- Xu, G., Ye, J., Liu, J., Yu, Y. 2006. Effect of Rumen-protected Choline Addition on Milk Performance and Blood Metabolic Parameters in Transition Dairy Cows. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, 19(3), 390-395.
- Zahra, L. C., Duffield, T. F., Leslie, K. E., Overton, T. R., Putnam, D., LeBlanc, S. J. 2006. Effects of rumen-protected choline and monensin on milk production and metabolism of periparturient dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 89, 4808-4818.
- Zhou, Z., Bulgari, O., Vailati-Riboni, M., Trevisi, E., Ballou, M. A., Cardoso, F. C., Luchini, D. N., Loor, J. J. 2016. Rumen-protected methionine compared with rumen-protected choline improves immunometabolic status in dairy cows during the peripartal period. *J Dairy Sci*, 99(11), 8956-8969.
- Zhou, Z., Vailati-Riboni, M., Trevisi, E., Drackley, J. K., Luchini, D. N., Loor, J. J. 2016. Better postpartal performance in dairy cows supplemented with rumen protected methionine compared with choline during the peripartal period. *Journal of Dairy Science*, 99, 8716-8732.
- Zom, R. L., van Baal, J., Goselink, R. M., Bakker, J. A., de Veth, M. J., van Vuuren, A. M. 2011. Effect of rumen-protected choline on performance, blood metabolites, and hepatic triacylglycerols of periparturient dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 94, 4016-4027.



Ulaştırma Yatırımları ve İlgili Etkenlerin Parasallaştırılması Bağlamında Planlamanın Değerlendirilmesi

Mehmet Çağrı Kızıltaş^{1*}, Yunus Emre Ayözen²

¹ İstanbul Ticaret Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0001-9852-9428), themacagri@yandex.com

² T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Strateji Geliştirme Daire Başkanlığı, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9394-1568), yunusemre.ayozen@dhmi.gov.tr

(İlk Geliş Tarihi 16 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 30 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1074817)

ATIF/REFERENCE: Kızıltaş, M. Ç. & Ayözen, Y. E. (2022). Ulaştırma Yatırımları ve İlgili Etkenlerin Parasallaştırılması Bağlamında Planlamanın Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 482-488.

Öz

Kentleşme bu yüzyılda artan bir eğilime sahiptir. Bunda muhtelif unsurların rolü bulunmaktadır. Söz konusu eğilim ise ulaştırma disiplini yeni stratejiler geliştirmeye itmektedir. Hızlı teknolojik ilerlemeler ise ulaştırmanın ve kentleşmenin mahiyetini değiştirebilir. Bu bağlamda bu makalede öncelikle ulaştırmanın yenilikçilik ve teknoloji bağlamında kat ettiği gelişim ve değişim ele alınmaktadır. Ardından kentsel yayılma ve ulaştırma planlaması konularına değinilmektedir. Sonrasında fayda maliyet hesaplarında yatırımların parasallaştırılması çözümlenmektedir. Son olarak bu kapsamda sonuç ve öneriler verilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Ulaştırma, kentleşme, planlama

Evaluation of Planning on the Context of Transportation Investments and Monetaring of Related Factors

Abstract

In this century urbanization has an increasing trend. Various factors have roles on this issue. Mentioned trend forces transportation to develop new strategies. Rapid technological advancements can change the concept of transportation and urbanization. On this context in this paper firstly improvement and change of transportation in the parallel of technology and innovation are evaluated. Then urban sprawl and transportation planning issues are revealed. After these monetaring of investments in benefit cost calculations are expressed. Finally in this context conclusions and recommendations are shared.

Keywords: Transportation, urbanization, planning

* İstanbul Ticaret Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye ORCID: 0000-0001-9852-9428, themacagri@yandex.com

1. Giriş

Ulaştırma; bilindiği üzere tarih boyunca şehirleşme, medenileşme ve ilerleme gibi kavramların birer ölçütü olmuş, bunun yanı sıra toplumların ekonomik, teknik, sosyal ve politik durumlarında başat bir etkileyen ve etkilenen pozisyonda olagelmıştır. Ulaştırma; ekonomi, teknik, sosyal, politik, kültürel, kentsel, hukuki birçok veçhe ile karşılıklı ve zaman zaman da iç içe geçen bir yapıya sahiptir. Teknik gelişmelerin itici gücüdür. Tarihte de böyle olagelmıştır. İlk dönemlerde kentler ya iç suyolları üzerine ya da deniz kenarlarına ya ticaret yolları üzerinde ya kavşaklarda ya da verimli topraklar üzerinde kurulmuş ve gelişmiştir (Kızıltaş, M.Ç. ve Altan, M.F., 2018). Yine askeri amaçlardan doğrudan ya da dolaylı olarak etkilenecek zaman içerisinde gelişen kentler de vardır ki bu bir nevi askeri lojistik destek merkezli olarak tetiklemeyi göstermektedir. Dolayısı ile ifade edilen etkenlerin hepsi doğrudan ya da dolaylı olarak ulaştırmanın konusudur. Yani deniz yolları, iç suyolları, yük taşımacılığı, ticaret yolları (günümüzde boru hatları), karayolları ile kentin kurulum ve gelişimi arasındaki ilişki temeldir. Böylelikle ulaştırma (türleri) ve kentleşme arası ilişki de yapısaldir. Tarım, ticaret, askeriye ve hayvancılık (denizcilik, ormancılık, avcılık, madencilik) toplumlarında durum böyle iken sonrasında da temelde değişmemiştir, gelişmiştir. Şöyle ki sanayi devriminde buharlının icadı ile birlikte demiryollarının ortaya çıktığı ve denizyollarında da kayda değer gelişmeler kaydedildiği görülmektedir. Teknik ilerlemeler, ekonomi ve ulaştırma arasındaki çok temel ilişki açıktır. Üretim kapasitesinin artması, malların pazarlara daha etkin ve verimli taşınmasını gündeme getirmiş olup bu da ulaştırmayı tekrar merkeze koymuştur. Ekonomik kalkınma ve teknik ilerlemeleri tetikleyen ulaştırma, bu alanlarda kaydedilen gelişmelerden de faydalanmaktadır. Endüstri devrimi; otomobilin icadı ile birlikte karayolu altyapı ve geometrik standartları ile işaretlemeleri dâhilinde trafiği yeniden şekillendirmiş ve ona yeni bir mahiyet kazandırmıştır. Yol genişlikleri artmıştır, yol tasarımları dönüşmüştür, zamanla otopark kavramı ortaya çıkmış, tahkim olmuş ve kentler adeta yeniden teşekkül etmiştir. Yine uçağın icadı ile birlikte de seyahat süresi, konfor, zaman, güvenlik, emniyet, hız algısı ve seyahat mahiyeti gibi hizmet parametrelerinin mahiyeti ciddi anlamda yeni bir boyut daha kazanmıştır (Altan, M.F. ve Kızıltaş, M.Ç., 2019). Teknik ilerlemeler, zaman ve mekân mefhumunu etkilemiş, insanların gündelik ihtiyaçları ve tüketim kültürünü temelden etkilemiştir. Zamanla otomobillerin, trenlerin, gemilerin ve uçakların yaptığı hızlar sürekli olarak artmıştır ve artmaya devam etmektedir. Bilişim sektöründe yaşanan gelişmeler gündelik hayata çok ciddi anlamda sirayet etmiş ve nüfuz ederek dönüştürmüştür. Bilgisayarlar, diz üstü bilgisayarlar, cep telefonları, tabletler, akıllı telefonlar ile hızla gelişen bir sürece şahitlik edilmiş olup bu da dijital devrimi doğurmuştur. Dijital çağda gündelik birçok ihtiyaç insanların ceplerinde taşıdıkları akıllı telefonlar vasıtası ile uygulama (aplikasyon) pazarlarından indirilen uygulamalar vasıtası ile görülmekte ve/ya yönetilmektedir. İyice yaygınlık kazanan internet üzerinden alışveriş ise artık bilgisayarlar ve/ya laptoplar ile de değil, doğrudan mobil hale gelmek sureti ile akıllı telefonlar vasıtası ile gerçekleşmektedir. Ki bu da yakın gelecekte mağaza, alışveriş ve en nihayetinde de lojistiği yeniden şekillendirecek gibi görünmektedir. Akıllı telefonlardaki çeşitli uygulamalar ise ülkemizde de on yıldan fazla bir geçmişi haiz olan akıllı ulaştırma sistemleri (AUS) uygulamalarının (Türkiye’de elektronik denetim sistemleri, hızlı geçiş sistemleri, otomatik geçiş sistemleri ve metrobüs uyarı sistemleri) daha da ileri veçhesi olan

akıllı otopark, elektrikli bisiklet, trafik ve yol durum bilgisi gibi konularda bir altyapı teşkil etmekte olup artık etkinlik kazanmaya da başlamıştır. Hâlihazırda bunun bir uygulaması ise İstanbul’da yaygınlık kazanan akıllı taksi uygulamalarıdır. Bu ve benzeri uygulamalar yaygınlık kazanıp tahkim olduğunda da yapay zekâ çağına doğru daha kapsayıcı bir girişten söz edilebilir olacaktır (McArthur, D.P., 2010).

Tarihi süreçte; şehirler ya deniz kenarında ya nehir yatağında ya da ticari bir yol üzerinde kurulmuş ve gelişmiş olup bu da şehirleşme ve ulaştırma arasındaki kopmaz ve karşılıklı ilişkiyi göstermektedir. Bu anlamda; yol yani ulaştırma medeniyetin temel göstergesi olarak kabul edilmiş olup buharlının icadı ve endüstri devrimiyle birlikte hem ulaştırma türleri artmış hem hizmet parametreleri yükselmiş hem yolculuk amaçları daha da çeşitlenmiş ve hem de ulaştırma talebi artmıştır.

Söz gelimi, demiryolu ulaştırma türü ve havayolu ulaştırma türü ortaya çıkarken denizyolu ulaştırma türü ve karayolu ulaştırma türünün altyapı imkânları, araç ve filo özellikleri tamamıyla yenilenmiştir. Takibinde, endüstri devriminin getirdiği imkânlarla üretim gücünün artması, kaynaklarının kullanımı üzerinde olumsuz tecrübeler üretmiş olup kaynakların sınırlılığına dair yeniden hatırlama ancak 20. Yüzyılın ikinci yarısından itibaren gerçekleşmeye başlamıştır. Sürdürülebilirlik; bugünün ihtiyaçlarını gelecek nesillerin ihtiyaçlarını hesaba katarak karşılamak olarak özetlenebilir (Altan, M.F. ve Kızıltaş, M.Ç., 2018).

Bu bağlamda; 20.yüzyılın ikinci yarısından itibaren özellikle batılı ülkelerde (Avrupa Birliği ve Amerika Birleşik Devletleri) tedavüle sokulmaya başlanan kalkınma modeli ‘sürdürülebilir kalkınma’ olmuştur. Avrupa Birliği’nde (AB) ise son 20 yılda, Beyaz Kitap başta olmak üzere ilgili çalışma ve raporlarda sürdürülebilir ulaştırma politikaları benimsenmiş olup bunun ana sacayakları ise demiryolu ulaştırma türüne daha fazla yatırım yapılması ve türler arası entegrasyonun gözetilmesi olarak özetlenebilir. Bu ana eksen; ülkemizin ulaştırma sistemi ile de geneli ve temeli itibariyle örtüşmektedir. Bilindiği üzere ülkemizde ulaştırma sisteminde temel problem dengeli türel dağılım ve türler arası entegrasyonun sağlanamamış olmasıdır. 2000’li yılların başı itibariyle ülkemizde karayolu ulaştırma türünün %90’lara varan bir ağırlığı söz konusudur. Bu durum bizatihi karayolu ulaştırma türünün de aleyhine bir durumu teşkil etmekte olup kabaca bu türün sektörden aldığı ticari pay olarak değerlendirilmemelidir. Bu dengesiz yüklenme; karayolu ulaştırma türünde trafik güvenliğinin sağlanmasını da engellemektedir (Spaven, D., 2006).

Son on yıllık süreçte; karayolu ulaştırma türünün yolcu ve yük taşımacılığında, kentçi ve kentlerarası ulaştırma sisteminde dengesiz ağırlığı kayda değer ölçüde düşürülmüş olup halen makul ölçülere geldiği söylenemez. Aynı şekilde İstanbul başta olmak üzere kent içi ulaşım ve toplu ulaşım ile bunların hizmet parametrelerinin iyileştirilmesi anlamında da kayda değer çalışmalar, çeşitli eksiklikler olmakla birlikte, yürütülmektedir. Bir ulaştırma sisteminde sözü edilen ulaştırma türlerinin hepsinin yer alması, bu türler arası entegrasyon ve dengeli türel dağılımın sağlanmış olması sistemin verimli ve etkin çalışması için başat faktörlerdendir. Böyle bir ulaştırma sisteminde talebin yönlendirilmesi ve dağıtımı daha rahat sağlanabilecek olup konfor, dakiklik (sıklık-güvenilirlik), güvenlik, emniyet, hız ve maliyet gibi hizmet parametrelerinin yükseltilmesi de daha kolay temin edilebilecektir. Ulaştırma sisteminde karar aşamasında, tercih sebepleri; ulaşım şekli, gidilen yer (varış noktası, mesafe), araç ve rota olarak ifade edilebilir. Bu sebepleri etkileyen faktörler

ise ulaşım amacı, sosyo-ekonomik koşullar, yerin amaca uygunluğu, yerin erişilebilirliği, ulaşım maliyeti, ulaşım kalitesi ve karar vericilerin özellikleri şeklindedir. Bu faktörler ve tercih sebepleri arasındaki ilişkinin temel ortakları olduğu gibi farklı türlere göre değişen eğilimleri de söz konusu olmaktadır.

Ulaştırma yatırımlarının parasallaştırılması önemli bir noktadır. İnşaat ve altyapı projeleri içerisinde parasallaştırılması en zor olan projeler ise ulaştırma projeleridir. Bazı muhtemel faydalara (taktik, stratejik, işletimsel vadede) ve teknik-politik-toplumsal veçhelerden değer biçmek her zaman belirli bir standarda sahip olmayabilir. Ulaştırma projelerinin hizmet boyutu da oldukça önemlidir. Ülkelerin altyapı yatırımları çeşitlenebilmektedir, Türkiye’de ulaştırma yatırımları en önde gelmektedir. Dolayısı ile bu konu ülkemiz açısından çok daha belirleyici bir noktadadır (T.C. Ulaştırma Bakanlığı, 2010).

2. Materyal ve Metot

Eldeki göstergeler mücavir alan yapılaşmasının somut karakteristiklerinin insanların seyahat davranışları ile ilgili olduğunu ortaya koymaktadır. Seyahat yapma sıklığı, mesafe ve seyahat edilen süre gibi davranışlar; arazi kullanım unsurları, yol ağları ve cadde peyzajı tasarım özelliklerinin çeşitliliği dâhilinde çalışılmaktadır. Özellikle yürüme ve toplu ulaştırmanın kullanımı karma arazi kullanımının mevcudiyetine bağlı bir durum olup cadde bağlantılarını güçlendirmekte, kalkış ve/veya varış noktalarındaki istihdam ve nüfus yoğunluğunu arttırmaktadır. Ev-iş yolculukları için göstergeler, alandaki diğer aktivite merkezlerine nazaran mücavir alanların yerel ve bölgesel bağlantısallıklarını önermekte olup bu nokta gözlemlenen seyahat unsurlarının açıklanmasında kritiktir. San Fransisko’dan elde edilen göstergelere göre peyzaj ve kent şekillenmesi, özellikle motorlu olmayan ulaştırma türlerini etkilemekte olup bu türler güvenlik algıları, topografya, küçük parselasyonlarını önemini vurgulamak üzere kayda alınmıştır. Mücavir alan çalışmaları aynı zamanda yaya ve toplu ulaştırma modal paylarının otomobil seyahat mesafelerinin daha kısa olduğu ya da araç trafiğine kapalı olan mücavir alanlarda daha yüksek olduğunu göstermektedir (Liu Y. vd., 2007).

Arz tarafında, bu sistem hizmet arzını belirlemekte olup diğer ulaştırma türleri ile rekabetçi ve tamamlayıcı işlevine ilave olarak, mevcut ve geçmiş talebi, yoğunluğu ve sosyo ekonomik karakteristikleri de dikkate alıp dâhil etmektedir.

Talep tarafında ise söz konusu sistem, toplu ulaştırma kullanımını belirleyen toplu ulaştırma arzı ve çevresel faktörlere dayalı kabuller gerçekleştirmektedir. Talep eşitliğine mücavir yapılaşma aralıklarının dâhil edilmesi ile dışsallıkları hakkında varsayımlar gerçekleştirilmektedir. Esasen mücavir alan yapılaşma karakteristiklerinin çoğunun mevcut toplu ulaştırma sistemine dışsal durumda olduğu düşünülmektedir (Wong, W. G. vd. 2002).

Ulaştırma Fayda/Maliyet Kategorileri aşağıdaki gibidir:

- 1- Taşıt sahipliği
- 2- Taşıt işletimi
- 3- İşleme sübvansiyonları
- 4- Seyahat süresi
- 5- İçsel kaza
- 6- Dışsal kaza
- 7- Sağlıklı aktiviteler

- 8- İçsel otoparklanma
- 9- Dışsal otoparklanma
- 10- Trafik tıkanıklığı
- 11- Otoyol tesisleri
- 12- Otoyol arazi değerlemesi
- 13- Trafik hizmetleri
- 14- Ulaştırma çeşitlilik değerlemesi
- 15- Hava kirliliği
- 16- Sera gazı salımları
- 17- Gürültü
- 18- Kaynak tüketimi
- 19- Bariyer etkileri
- 20- Arazi kullanım etkileri
- 21- Su kirliliği
- 22- Atık yönetimi

Bu bağlamda çeşitli ulaştırma maliyetleri için ayrı ayrı bölümler oluşturulmuş olup her bir bölüm belirli bir maliyetin tanımını ve ilgili hususları içermektedir. Bu hususlar; değer hesaplaması, değişkenlik oranı, eşitlik etkileri ve bütün bunlara ilaveten gerekli bilgileri içermektedir. Her bir bölüm; üç seyahat koşulu altında her bir ulaştırma türü için tipik maliyetleri yansıtan varsayılan katsayıları içermekte olup özel koşulların yansıtılabilmesi için bu verili katsayıların revize edilmesi için detaylı bilgileri içermektedir (Kozluk, T.J. vd. 2009). Bu bilgiler yardımıyla belirli bir ulaştırma türünde verili bir zaman dilimi ve yerleşim için daha yaklaşık maliyet değerleri elde edilebilmektedir.

Ulaştırma Türleri:

- 1- Standart otomobil
- 2- Ekonomik taşıt
- 3- Elektrikli taşıt
- 4- Kamyonet
- 5- Paylaşılan otomobil
- 6- Dizel otobüs
- 7- Elektrikli otobüs/Trolleybüs
- 8- Motosiklet
- 9- Bisiklet
- 10- Yaya
- 11- Fiziksel seyahat yerine geçen telekomünikasyon

Ulaştırma Etkileri Neden Ölçülmeli?

- Etkilerin ele alınacağı bir kavramlar ve kapsam zemininin oluşturulması
- Politika ve planlama değerlendirmeleri
- Optimum fiyatlandırma
- Ulaştırma Talep Yönetimi (TDM) değerlendirmesi
- Eşitlik değerlendirmesi
- Ekonomik gelişim etkileri

Bazı ulaştırma etki değerlemeleri, özellikle çarpma ve kirlilik maliyetleri ile ilgili olanları, insan sağlığı ve yaşamı hanesine atanan değerlemelerdir. Bu durumun insan yaşamına parasal değer biçilmesi yönünde anlaşılması konunun işareti ettiği noktanın dışına çıkmak olacaktır. Hemen her insanın kendi hayatına sonsuz bir değer biçmesine karşın kişiler, iş çevreleri ve hükümetler sıklıkla insanların hayatındaki sağlık ve güvenlik risklerindeki ani değişimleri karşılayacak bir parasal değerlendirme (planlamanın gereği olarak) yapmak durumunda kalmaktadırlar. İnsan sağlığı ve yaşamındaki değerlendirme, basitçe, insanların ve toplumların sağlık ve güvenlik risklerindeki marjinal değişimlere

karşın ne kadar bir parasal ödemeyi gözden çıkarabileceği üzerinde yapılmaktadır (Gerçek, H. ve Demir, O., 2015).

Örneğin araç satın alıcıları bazen hava yastıkları gibi güvenlik özellikleri nedeniyle ekstra ödeme yapma kararını vermek durumunda kalabilirken iş çevreleri bu gibi gereçleri taşıtlara standart ya da tercihe açık bir özellik olarak mı koyacaklarının kararıyla karşılaşılır, hükümetler ise bu tür ilave gereçlerin bütün taşıtlar için bir zorunluluk olması gerekliliği kararıyla karşılaşacaklardır. Benzer şekilde otoyol tasarımı, acil durum hizmetleri ve tıbbi tedavi birçok zaman insanların yaralanma ve ölüm risklerindeki küçük değişimlerle parasal harcamalar arasında tercih yapmayı gerektiren kararları içermektedir. Bütün bu kararlar tamamıyla, insan yaralanması ve ölümlündeki istatistiksel değişikliklerin parasal değerlendirme hesabını yansıtmaktadır. Bu değerlemelerdeki araştırmalar, verimlilik ve denkliğin artırılmasına yardımcı olabilmektedir. Örneğin belirli bir toplulukta bir güvenlik stratejisinde kişi başı hayat kurtarma bedeli olarak 50.000.000 ABD dolarının belirlenmiş olması adil ve verimli değilken bir diğer stratejide de bu bedelin 50.000 ABD doları olarak belirlenmiş olması başarısız bir yatırım olacaktır. Politika yapıcılar çoğu zaman insan sağlığı ve güvenlik risklerini etkileyen faktörlerin karar değerlendirmesi aşamasında insan yaşamı ve sağlığı (ya da tam tersine yaralanma ve ölümler) için referans değerlerinin (katsayı) geliştirilmesini daha kullanışlı bulmaktadırlar (IBB, 2011).

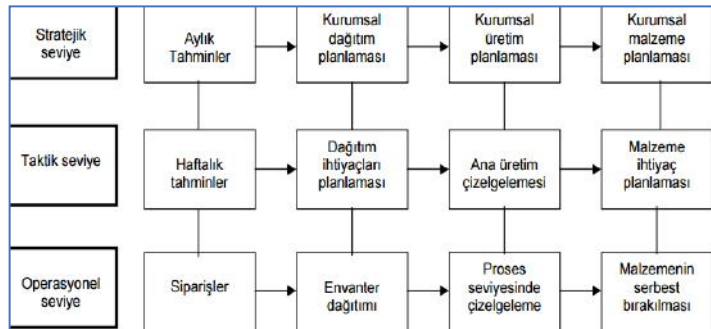
İnsan sağlığı risklerinin sayısallaştırılmasında iki genel yaklaşım kullanılmaktadır. İnsan sermayesi yöntemi (HCM) sadece sektörel maliyetleri (mal hasarı, tıbbi tedavi, üretkenlik kaybı) ölçmektedir. Bu hesaplama da tipik olarak bir insan hayatının korunmasında 1.000.000 ABD doları gibi karşılıklar verirken yaralanmalar için bu meblağ daha aşağılara düşmektedir. Kapsamlı yaklaşımsa (CA) buna ağırı, mağduriyet hissi, hayat

kalitesinde düşüş (insanların güvenlikteki artış için gözden çıkarabileceği para üzerinden ölçülebilir) gibi sektörel olmayan maliyetleri de katmaktadır. Bu yaklaşım; çarpmaların toplumsal etkilerinin parasallaştırılmasında anlamında daha uygundur ve kazalara engel olunması için gerekli maliyet hesabında da daha uygun sonuç vermektedir. Bu yaklaşımda da tipik olarak bir ölümlü vakanın parasal hesaplaması 3.000.000 ile 6.000.000 ABD doları arasında sonuçlar vermektedir. Amerika Birleşik Devletleri (BD) Çevre Koruma Ajansı; istatistiksel bir yaşam değeri bulmak için 26 adet çalışma takip etmiş olup nihayetinde bu değeri 6.100.000 ABD doları/kişi olarak önermiştir. Yaşam değerlendirilmesiyle ilgili Mrozek ve Taylor tarafından yürütülen bir dizi toplu analiz çalışması daha sağlıklı bir sonuç olarak 2.000.000 ABD doları/kişi sonucunu vermiştir. Ardından 2008 yılında Amerika Birleşik Devletleri (ABD) Ulaştırma Departmanı, insan yaşamının istatistiksel ekonomik değerini 3.200.000-8.400.000 ABD doları aralığında tanımlanmış olup duyurduğu değer 5.800.000 milyon ABD doları/kişi'dir. Bu değişim aralığı; ulaştırma projelerinin fayda-maliyet analizlerinde ölüm oranlarına olan etkinliğin kayda alınmasıyla elde edilmiştir. Bu maliyet değerleri, dikkate alınan nüfusun demografik niteliklerine bağlı olarak değişebilir (Kızıltaş, M.Ç., 2016).

Sosyal İskonto Oranları (SDR) ve Ferdi Bazlı Sosyal Fırsat Maliyetleri (SCOC), zamanı bağlı olarak mal varlığı ve değerlendirme etkilerindeki değişimi göstermektedir. Örneğin birçok ulaştırma yatırımı gelecek on yıllara yayılı fayda ve maliyetlere haiz birer miras projeleridir. İskonto oranları belirli bir proje ya da belirli bir tür etkilere bağlı riskleri yansıtmak üzere uyarlanabilmektedir. Söz konusu analizlere bağlı olarak bu iskonto oranları düşük riskli projeler için %6,0 ve büyük riskli projeler için ise de %8,6 olarak kabul edilebilir. İklim değişimi ve yaşam alanı kaybı gibi etkilere yüz yıllara yayılı mali etkiler oluşturabilecektir (Kızıltaş, M.Ç. ve Altan, M.F., 2017).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Dolayısıyla bu anlamda ulaştırma yatırımlarını operasyonel seviyedeki ulaştırma yatırımları, taktik seviyedeki ulaştırma yatırımları ve stratejik seviyedeki ulaştırma yatırımları olarak değerlendirmek mümkündür. Bu, lojistikteki tedarik zincirindeki mantığa paralel olarak aşağıda Şekil 1'de gösterildiği gibi açıklanabilir.

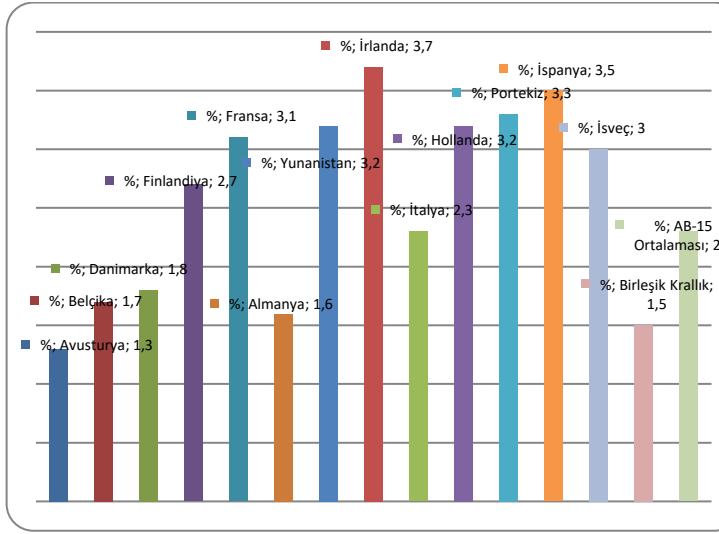


Şekil 1. Proje Yönetim Fonksiyonları (Figure 1. Project Management Functions) (SUMP, 2015)

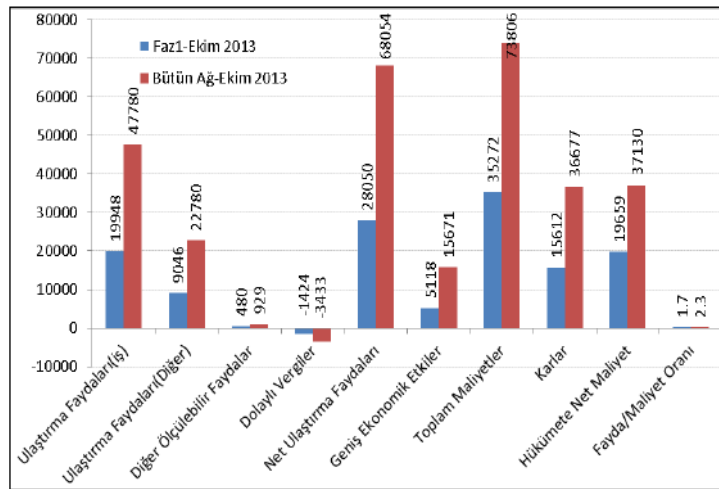
Şekil 1'de görüldüğü üzere Operasyonel Seviye, kısa vadeli, sonuç odaklı olup en net verinin teminine dayalı olarak diğerlerine nazaran en kısa proses süreci ile sonlandırılır. Taktik Seviye; daha genel ve daha geniş çaptaki verilerin daha uzun erimli bir süreçte toplanarak işlenmesine dayalıdır ve orta vadeli bir planlamayı gerektirir. Stratejik Seviye ise en uzun erimli çalışmayı gerektirir, en geniş aralıkta ve en yorumlanmayı gerektiren verilerin toplanması içermektedir. Stratejik Seviye, uzun vadeli planlamaları ve sonuçları olan seviyedir. Gelişmekte olan ülkelere altyapı yatırımlarının yıllık bütçeden aldığı pay fazladır zira etkin bir büyüme ve kurulum süreci söz konusudur. Gelişmemiş ülkelerde nüfus artsa da henüz etkin ve verimli büyüme için gerekli olan ekonomik ivmelenme yakalanamamıştır. Dolayısı ile bunlarda altyapı yatırımlarının payı azdır. Gelişmiş olan ülkeler ise ekonomik bir güce sahip olsalar da kurulumunu büyük ölçüde tamamlayıp istikrarlı bir hale kavuştuğundan dolayı yoğun altyapı kurulumundan ziyade çözüm odaklı, noktasal ve adrese teslim tekil projelerden söz edilebilir. Bu ülkelerde de altyapı yatırımlarının yıllık bütçeden aldığı pay azdır. Aşağıda Şekil 2'de bu durum açıkça görülmektedir. Söz konusu ülkelerin hemen hepsi (Yunanistan, Portekiz hariç) gelişmiş ülke sınıfındadır.

Yapılan yatırımın mahiyetine ve niteliklerine göre geri dönüşleri, fayda ve maliyetleri değişmektedir. Bu noktada ihtiyaç

duyuların doğru tespiti ve sonrasında da ona uygun olan doğru yatırımın tespiti önemli olacaktır. Yani yatırımların niceliği kadar niteliği de önemli bir husustur. Hatta nitelik bu noktada daha da önemli bir hale gelmektedir zira niteliği (ya da işlevi) doğru seçilmemiş yatırım niceliksel olarak harcanan paranın israf olması anlamına bile gelebilmektedir. Fayda maliyet hesabı ve karlılık analizleri elbette ki yatırımın vadesine göre değişmekte olup dolayısı ile de operasyonel, taktik ya da stratejik olmasına göre de değişmektedir. Şekil 3'te İngiltere'de yüksek hız_2 hattı için fayda ve maliyet değerleri gösterilmektedir. Bu anlamda ulaştırma yatırımları da sahip oldukları özellikler itibarıyla operasyonel, taktik ve stratejik düzeyleriyle ele alınabilmektedir. Söz gelimi; yeni bir yüksek katlı (gökdelin) ya da büyük açıklıklı (alışveriş merkezi: AVM) yapının inşa edildiği bölgede trafik tıkanıklığının artması durumunda kısa vadeli ve çözüm odaklı bir proje geliştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 2. 1997-2008 Yılları Döneminde 15 Avrupa Birliği Ülkesinde Kamu Yatırımlarının Gayri Safi Yurtiçi Hasıla'daki Yıllık Ortalama %'leri (Figure 2. 1997-2008 Years Period EU-15 Public Investment Yearly Based Average Percentages On GDP (TBB, 2014))



Şekil 3. İngiltere'de HS2 Hattında Maliyet ve Faydaların 60 Yıllık Periyotta Şimdiki Değerleri (Milyon Euro) (Figure 3. Present Values of Cost and Benefits On England HS2 Line In 60 Years Period (TBB, 2014))

Böyle bir durumda yapılan müdahale ele mevcut karayolu şerit eklenmesi, ilave sinyalizasyon tedbirleri ya da bir kavşak inşası operasyonel ulaştırma yatırımlarına girmektedir. Veya; yaya güvenliği ve erişilebilirliğine paralel olarak bir metro istasyonu ile bir devlet binası, etkinlik merkezi, alışveriş yeri, okul vs. arasına yapılacak olan bir yaya üstgeçidi yada yaya altgeçidi de operasyonel bir ulaştırma yatırımıdır. Ama diğer taraftan uluslararası bir petrol ya da doğalgaz boru hattı projesi de operasyoneldir. Söz gelimi Bakü-Tiflis-Ceyhan Boru Hattı Projesi, Mavi Akım Projesi, Türk Akımı Projesi, TANAP gibi projeler operasyonel ulaştırma yatırımlardır. Bu bağlamda bu gibi boru hattı projeleri, yerel ve çok daha küçük çaplı kent içi ulaşım ile ilgili kavşak, sinyalizasyon vb. projelerinden oldukça farklıdır. Ancak her ikisi de kısa vadeli düzeyde somut bir sonuca ulaşmayı hedeflemektedir. Stratejik ulaştırma yatırımları ise uzun vadeli sonuçlara odaklanan Marmaray, Yavuz Sultan Selim Köprüsü, İstanbul 3.Havalimanı gibi projeleri ihtiva etmektedir. Taktik ulaştırma yatırımları orta vadeli çözüme odaklanmış olup belirli bir hizmet ömrü boyunca stratejik ve benzeri projeleri tamamlayıcı işlevi de olabilen, zamana yayılı ve sürekliliği olan projeleri içermektedir. Buna örnek olarak İstanbul'daki birçok kent içi raylı sistem yatırımı verilebilir. Söz gelimi Üsküdar-Ümraniye metro hattı orta vadede Anadolu yakasının bu en yoğun trafikli aksında kayda değer bir rahatlama sağlayabilir. Ya da İstinye-Çubuklu arasında arabalı vapur seferlerinin başlatılacak olması, stratejik bir proje olan 3.boğaz köprüsünün tamamlayıcı olan, orta vadeli çözümler sunan, taktik düzeydeki bir ulaştırma projesidir. Yine Bursa Deniz Otobüsleri'nin (BUDO) Bandırma-Kabataş arasında başlattığı seferler, İstanbul Deniz Otobüsleri (İDO) seferleriyle birlikte ve diğer şehir hatları seferleriyle birlikte taktik düzeyde ve tamamlayıcı nitelikteki projelerdir. Yine Haliç Metro Köprüsü, Pendik-Tavşantepe Metrosu, Avrasya Tüneli Sahil Bağlantı Yolları taktik düzeydeki ve tamamlayıcı projelerdir. Bu çerçevede Kabataş Transfer Merkezi, İstanbul kent içi karayolu tünel projeleri ve Şehir Hatları Genel Müdürlüğü'nün topyekün filo yenileme ve ya da çeşitlendirme projelerinin hepsi birer taktik ulaştırma yatırımı olarak görülmektedir (Anderson, J. E. ve Van Wincoop, E. 2004). Ulaştırma; ekonomik, politik, teknik, sosyal ve kültürel birçok yönden kentleşme ile doğrudan ve karşılıklı bir ilişkiyi sahiptir. Bu nedenle farklı bakış açıları, çoklu disiplin ve bu disiplinler arası eşgüdüm ve koordinasyonu gerektirdiğinden sıkı bir planlama ihtiyacı bulunmaktadır: Bu durum (planlama ihtiyacı) zaten söz konusu bağıntıya sahip olduğu kentleşme için de aynı şekilde geçerli olduğundan dolayı, planlamada yaşanacak olan eksiklikler bir ulaştırma sisteminin etkin, verimli ve işlevsel bir şekilde çalışmasını ciddi anlamda sekteye uğratacaktır.

Buradan hareketle ülkemiz özelinde konuşacak olursak; hem kent içi ve hem de kentlerarası ölçekte yolcu ve yük taşımacılığında 2000'li yılların başına kadar karayolu ulaştırma türünün %90'ların üzerinde bir paya sahip olduğu görülmekte olup bu açık bir şekilde ülkemizdeki söz konusu alanlarda planlama ve koordinasyon eksikliğinin açık bir göstergesidir diyebiliriz. Türkiye'de ulaştırma sisteminde karayolu ulaştırma türünün dengesiz ağırlığı 2000'li yıllarda başlanan çalışmalarla birlikte nispeten kırılmaya başlamış olup bu kayda değer çalışmalara karşın halen yapılması gereken birçok çalışma bulunmaktadır. Verimli ve etkin bir ulaştırma sistemi, türler arası entegrasyon ve dengeli türel dağılımın sağlanmasından geçmektedir. Bu nokta da aynı zamanda hem planlamadan ve hem de sürdürülebilirlikten geçmektedir. Bu bağlamda başta demiryolları olmak üzere ülkemizde son dönemlerde ciddi

anlamda, hem nitelik hem de nicelik olarak büyük projeler ve çok sayıda proje hayata geçirilmektedir. Ankara-Eskişehir-İstanbul Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattı, Ankara-Konya Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattı, Eskişehir-Konya Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattı tamamlanmış, sivil havalimanı sayısı 55'i aşmış olup Iğdır Havaalanı, Bingöl Havaalanı, Hakkâri Selahaddin Eyyubi Havaalanı, Şırnak Şerafettin Elçi Havaalanı, Zafer (Afyon-Kütahya-Uşak) Havaalanı, Giresun-Ordu Havaalanı tamamlanarak işleme alınmıştır. Yine bu çerçevede İstanbul 3.Havaalanı'nın inşası devam etmekte olup Artvin-Rize Havaalanı, Çukurova Havaalanı (Adana-Mersin), Yozgat Havaalanı, Karaman Havaalanı, Batı Antalya Havaalanı, Niğde-Aksaray Havaalanı, Gümüşhane Havaalanı ve Edirne-Kırklareli Havaalanı gündemdeki diğer havayolu ulaştırma türü yatırımlarını teşkil etmektedir. Bununla beraber 26 Ağustos 2016 tarihinde İstanbul'un 3.Boğaz Köprüsü olan Yavuz Sultan Selim Köprüsü açılmış olup bu köprü'nün üzerinden de yüksek hızlı demiryolu işletim koşullarında bir tren geçirilecek olup bu hat bir İstanbul metrosu entegre projesi olarak işletilerek ileriki dönemlerde, inşası devam etmekte olan İstanbul 3.Havaalanı'na bağlanacaktır. Yine benzer şekilde Konya'ya ulaşılmış olan yüksek hızlı demiryolu da uzatılarak Çukurova Havaalanı'na yani Adana ve Mersin'e bağlanacaktır. Ankara-Afyon-İzmir Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattı inşası devam etmekte olup İzmir istikametine doğru Manisa etabına ulaşılmıştır (Mayer, T. vd. 2008). Aynı şekilde Ankara-Yozgat (Yerköy)-Sivas-Erzincan-Erzurum-Kars Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattı yapımı da devam etmektedir ve bu hatta Kars istikametine

4. Sonuç

Akıllı kullanıcılar büyük çaplı satın alma işlemlerinden önce bütün fayda ve maliyetleri araştırmaktadırlar. Söz gelimi bir otomobil almadan önce yakıtı, bakımı, tamiri ve sigorta maliyetleri hakkında kesin bir bilgi edinimi istenmektedir. Benzer şekilde bir tren ya da uçak bileti almadan önce de bütün ödemeleri, vergileri ve bilet değişim kolaylığı gibi konuların bilinmesi istenir. Bütün bu örneklerin hepsinde de aynı zamanda; güvenilirlik, konfor ve güvenlikle ilgili bilgi talep edilir (Mayer, T. vd. 2008). Bunlar bireysel düzeydeki ulaştırma kararı alınımındaki kesin bilgi talepleriyle, toplumsal düzeydeki (kentsel, ulusal, uluslararası) ulaştırma politika ve karar alımlarının hemen her önemli safhasında kapsamlı ve kesin bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır. Ulaştırma ekonomisi hakkında çoğu kişinin kısıtlı düzeyde bilgisi bulunmaktadır. Ancak hemen herkes; yüksek vergiler, kirlilik (gürültü, hava) olmaksızın ve diğer yol kullanıcılarıyla herhangi bir tartışma yaşamaksızın rahat, güvenli ve ekonomik bir seyahat talep etmektedir. Sadece bu haliyle söz konusu taleplerin makul ve tutarlı olduğunu kabul etmek gerekir. Fakat günümüzde kimi durumlarda bunların hepsinin beraber karşılanması, pahalı, karmaşık ve tutarsız olabilmektedir (T.C. Ulaştırma Bakanlığı, 2010).

Bu durum, artan motorlu taşıtlarla seyahate uyarlandığında ise sürekli artan otoyol ve otopark kapasitesi ihtiyacı, ilaveten kaza riskleri, kirlilik salımları ve diğer istenmeyen etkilerin karşılanması olarak okunabilir. Bir motorlu taşıt sürücüsü de ödediği vergi ve diğer ücretlerin alması gereken trafik hizmetleri ve otopark tahsisinin karşılığı olduğuna inanmaktadır. Buradaki önemli nokta ise, sürücünün yapmış olduğu ödemelerin, aracının trafikte bulunmasından kaynaklı masrafların hepsini karşılamaya yetersiz olduğudur (T.C. Ulaştırma Bakanlığı, 2010). Bu anlamda; gerek şehircilik ve gerekse de ulaştırma alanlarındaki yatırımların niceliksel olarak artışının yanı sıra niteliksel olarak artış da hayati

gelmıştır. Bu hat uluslararası Bakü-Tiflis-Ahilkale-Kars Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattı ile birleşecektir. Söz konusu Bakü-Tiflis-Kars Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattı da büyük ölçüde tamamlanmıştır. Ankara-Yozgat-Sivas-Erzincan-Erzurum-Kars Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattı Erzincan etabında Gümüşhane üzerinden Trabzon'a bağlanacaktır. Yapımı devam eden hatlardan bir diğeri Ankara-Kayseri Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattı olup bir başkası da İstanbul (Halkalı)-Edirne Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattıdır. İstanbul (Halkalı)-Edirne Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattı'nın sefer süresi 1 saat olacak olup bu hat ta bittiğinde Yunanistan ve Bulgaristan'a bağlanmış olacaktır. Yunanistan ve Bulgaristan'ın ortak planladığı yüksek hızlı demiryolu hattı ise Türkiye sınırına yakın bir noktada Ege ile Karadeniz'i, Yunanistan ile Bulgaristan'ı birbirine bağlayacak olup İstanbul (Halkalı)-Edirne Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattı tamamlandığında bu hatta bağlanacaktır. İnşaat çalışmaları devam eden bir başka hat ise Osmaneli-Bursa-Bandırma Yüksek Hızlı Demiryolu (YHD) Hattıdır (Mayer, T. vd. 2008). Bu hat tamamlandığında Ankara'dan Bursa'ya ve İstanbul'dan Bursa'ya kesintisiz yüksek hızlı demiryolu ulaşımı sağlanmış olacaktır. Bu hattın Bandırma'dan daha batıya Çanakkale'ye uzatılması için ön çalışmalar devam etmektedir. Bu yıl itibarıyla Çanakkale Boğazına da bir köprü yapılması kararı alınmıştır. İnşaatı devam eden ve öngörülenden erken bitirilmesi hedeflenen Çanakkale 1915 Köprüsü'nden hem lastik tekerlekli araç ve hem de tren geçişi sağlanacaktır. Bu köprü'nün bağlantı yollarının bütünüyle tamamlanması için öngörülen tarih ise 2023'tür.

bir öneme sahip olmaktadır. Buradan hareketle; trafik tıkanıklığı ve tıkanıklık kaynaklı sorunların en aza indirilmesinde teknik, politik karar ve çözümlerin yanı sıra, toplumun radikal bir şekilde değişen tüketim kültürü alışkanlıklarının yönetimi gerekmektedir (Litman, T., 2013). Bu çerçevede mevcut büyükşehirler olan Adana, Ankara, Antalya, Bursa, Diyarbakır, Eskişehir, Erzurum, Gaziantep, İzmir, Kayseri, Konya, Mersin, Sakarya ve Samsun illerinin yanına Aydın, Balıkesir, Denizli, Hatay, Malatya, Manisa, Kahramanmaraş, Mardin, Muğla, Ordu, Tekirdağ, Trabzon, Şanlıurfa ve Van büyükşehir belediyeleri eklenmiştir. Böylelikle daha önce sadece İstanbul Büyükşehir Belediyesi ve İzmit Büyükşehir Belediyesi için geçerli olan 'yetki ve sorumluluk alanının tüm il sınırlarını kapsaması' durumu artık 30 büyükşehir belediyesi için geçerli bir durumdur. Bu durum yeni birçok zorlukları da beraberinde getirmekte olup koordinasyon ve organizasyonun özellikle ulaştırma başta olmak üzere yeniden ve daha doğru kurulumunu bir zaruret haline getirmektedir. Bu bağlamda, gelen yeniliklerden birisi de her büyükşehir belediyesi için Ulaşım Koordinasyon Merkezlerinin (UKOME) kurulmasının söz konusu olmasıdır. Bu da ulaştırma noktasında yerel idare düzeyinde tek elden ve daha organize bir yönetim amacıyla getirilmiştir. Aynı şekilde söz konusu büyükşehir belediyeleri başta olmak üzere Türkiye genelinde, söz konusu ihtiyaca binaen adeta bir ulaşım ana planı seferberliği başlamış olup birçok il belediyesi ve büyükşehir belediyesi, ulaşım ana planı hazırlamakta, mevcutta olanlar ise ulaşım ana planlarını revize etmektedirler. Büyükşehir yasası ile birlikte yetki ve sorumluluk alanları katlanarak artan büyükşehir belediyelerimiz yıllar içerisinde süreçte adapta olmuş durumdadır. Ancak ulaştırma yatırımlarında büyükşehir belediyelerin rolü, Türkiye Cumhuriyeti Hükümeti ile eşgüdüm anlamında daha da önem kazanmaktadır. Büyükşehirlerde ulaştırmanın yeri ortadadır, trafik tıkanıklığı yüksek seviyelere ulaşabilmektedir, sosyal değişkenler de çok fazla artmaktadır.

Bütün bunların etkin ve verimli yönetimi, ekonomik değişkenlerin doğru tespiti ve yönetsel eş güdüm ile temin edilebilir.

5. Teşekkür

Yahyâ Âlparslan Kızıldaş'a teşekkür ederim.

Kaynakça

Kızıldaş, M.Ç., Altan, M.F., 2018, A Review In Term Of Service Parameters On The Modal Choice sand Mass Transport, İzmir

Altan M.F., Kızıldaş M.Ç., 2019, Yüksek Hızlı Demiryolları, Yolcu Ve Yük Taşımacılığı Karşılaştırmaları Bağlamında Küresel Ölçekli Bir Derleme Çalışması, Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi, ULAKBİM (yayın aşamasında)

McArthur, D.P., 2010. Regional Labour Markets and Spatial Interaction Mechanisms. Ph. D. Thesis, NHH (Norwegian School of Economics and Business Administration), Bergen.

Altan, M.F., Kızıldaş, M.Ç., 2018, Toplu Taşımada Çok Amaçlı Karar Verme ve Metropolitan Bir Alanda Ev-İş Ulaşım Hizmeti Modellemesi, Karaelmas Fen ve Mühendislik Dergisi, ULAKBİM

Spaven, D. (2006). Are High-speed railways good for the environment. Transform Scotland, Edinburgh, 3.

T.C. Ulaştırma Bakanlığı, 2010. "Hedef 2023" 10. Ulaştırma Şurası, şura raporu, Ankara

Liu, Y., Zhang, X., Zeng, J., Zhang, X., Zhang, P., & Zhong, Z. (2007). Technology of Sound Intensity Theory in High Speed Railway Car Noise Controlling. In International Conference on Transportation Engineering 2007 (pp. 1243-1248).

Wong, W. G., Han, B. M., Ferreira, L., Zhu, X. N., & Sun, Q. X. (2002). Evaluation of management strategies for the operation of high-speed railways in China. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 36(3), 277-289.

Sutherland, D., Araujo, S., Égert, B., & Kozluk, T. J. (2009). Infrastructure investment: links to growth and the role of public policies.

Gerçek H., Demir O., 2015, Eskişehir Ulaştırma Ana Planı Revizyon Çalışması

İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı Ulaşım Planlama Müdürlüğü, 2011, İstanbul Metropolitan Alanı Kentsel Ulaşım Ana Planı Özet Raporu

Kızıldaş M. Ç., 2016, "Avrupa Birliği ve Ulaştırma Politikaları-5", URL: <http://www.ulastirmadunyasi.com/?p=8>(Erişim zamanı; Ağustos, 08, 2016).

Kızıldaş, M.Ç., Altan, M.F., 2017, Evaluation of Intermodal Integration on the Context of Marmaray and Bosphorus Bridges, IRF Regional Congress, Dubai.

Sürdürülebilir Kentiçi Hareketlilik Planları (SUMP) Çalıştay Raporu, 2015, Yaşanabilir Şehirler Sempozyumu, İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ)

Türkiye Belediyeler Birliği (TBB) Ulaşım Çalışma Komisyonu, 2014, Ulaşım Planlama Çalışmaları ve Ulaşım Ana Planı Hazırlama Kılavuzu

Anderson, J. E., Van Wincoop, E. 2004. Trade costs. Journal of Economic literature, 42(3), 691-751.

Combes, P. P., Mayer, T., & Thisse, J. F. 2008. Economic geography: The integration of regions and nations. Princeton University Press.

T.C. Ulaştırma Bakanlığı. 2010. "Hedef 2023" 10. Ulaştırma Şurası, şura raporu, Ankara

Litman, T., 2013, Understanding transport demands and elasticities, How prices and other factors affect travel behavior. Victoria Transport Policy Institute: Litman <http://www.vtpi.org/elasticities>.



Blok Zincir ve Ulak (Oracles) İle Parametrik İşlemlerin Gerçekleştirilmesi

Mansur Beştaş^{1*}

^{1*} Siirt University, Siirt, Turkey, (ORCID: 0000-0002-8192-2044), mansur@siirt.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 26 Mart 2022 ve Kabul Tarihi 30 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1093723)

ATIF/REFERENCE: Beştaş, M. (2022). Blok Zincir ve Ulak (Oracles) İle Parametrik İşlemlerin Gerçekleştirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 489-496.

Öz

Blok zincir, verinin kurcalamaya karşı güvenli olarak saklanmasına yönelik geliştirilmiş bir teknolojisidir. Blok zincir teknolojisinin daha etkin kullanılması ve merkezi olmayan uygulamaların ortaya çıkışı akıllı sözleşmeler aracılığı ile gerçekleşmiştir. Ancak akıllı sözleşmeler üzerinde çalıştıkları blok zincir dışından veri alamamaktadır. Bu problem gerçek yaşam problemlerinin çözümü adına projelerin ortaya çıkışını sınırlandırmaktadır. Örneğin döviz bilgileri ile ilgili bir uygulamada gerekli veri kaynağı blok zincir dışıdır. Tam bu noktada blok zincir ile dış dünya arasında bir köprüye ihtiyaç duyulmaktadır. Blok zincir ulakları blok zincir içi ve dışı verileri arasındaki iletişim boşluğunu doldurmaktadır.

Bu çalışmada blok zincir teknolojisi ve akıllı sözleşmeler hakkında bilgi verilmiştir. Ardından Blok zincir ulakları tanıtılmış olup, ulak teknolojisi mimarisi, akademik çalışma istatistiği, bu alandaki belli başlı ticari girişimler hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın son bölümünde blok zincir ulak sisteminin oluşturulması için örnek çalışma yapılmıştır. Yapılan çalışmada blok zincir içine ve dışına verilerin aktarılması için gerekli bir sistemin temel taşıını oluşturan mimari teorik ve uygulamalı olarak ortaya koyulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Blok zincir, Akıllı sözleşme, Blok zincir ulakları.

Performing Parametric Transactions with Blockchain and Oracles

Abstract

Blockchain is a technology developed for the tamper-proof storage of data. The more effective use of blockchain technology and the emergence of decentralized applications have been realized through smart contracts. However, smart contracts cannot receive data from outside the blockchain they are working on. This problem limits the emergence of projects for the solution of real-life problems. For example, in an application related to currency trading, the required data source is off-blockchain. At this point, a bridge is needed between the blockchain and the off-blockchain world. Blockchain oracles fill the communication gap between on- and off-blockchain data.

In this research, served information about blockchain technology and smart contracts are given. Then, Blockchain oracles were explained, and information was given about the Blockchain oracle technology architecture, academic study statistics, and major commercial initiatives in this field. In the last section of the research, a case study was demonstrated for the creation of the Blockchain oracles system. In the research, the architecture that constitutes the pillar of a system necessary for transferring data into and out of the blockchain has been revealed theoretically and practically.

Keywords: blockchain, Smart contract, Blockchain oracles

* Corresponding Author: mansur@siirt.edu.tr

1. Giriş

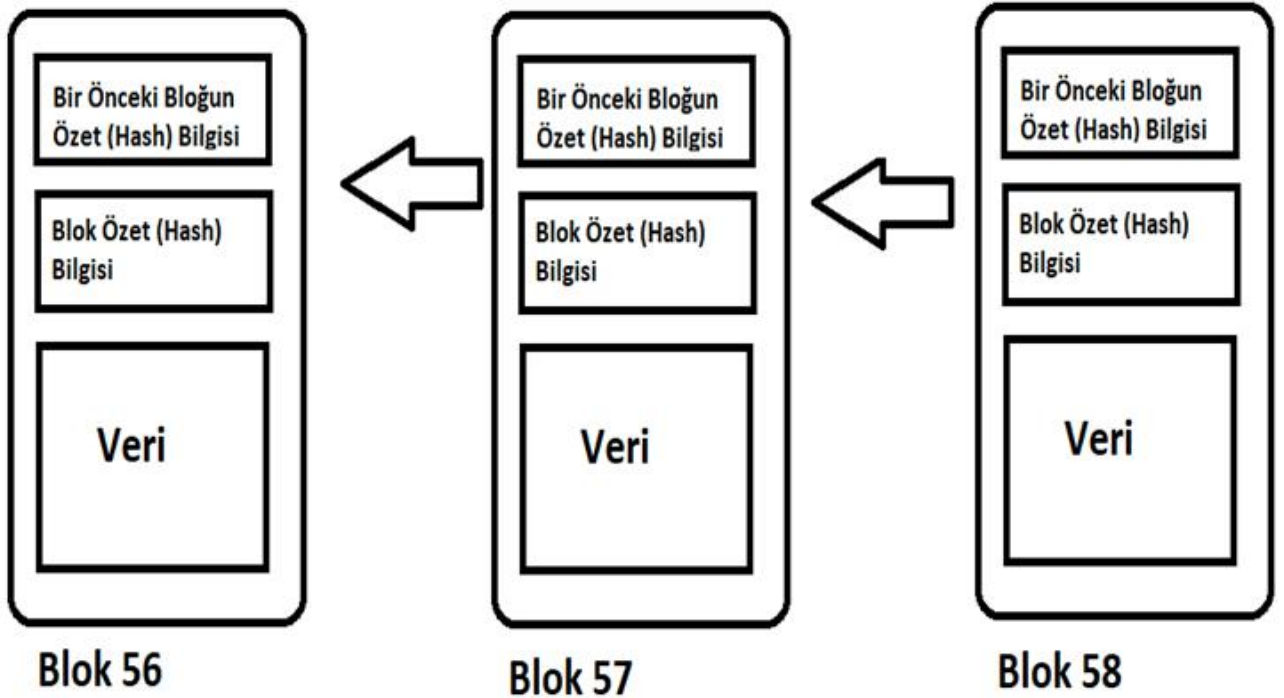
Teknoloji, işletmelerin iş yapış şeklini ve günlük hayatımızı sürekli olarak değiştirmektedir. Teknolojinin temel unsurlarından biri verinin yönetilmesidir. Teknolojinin getirdiği kolaylıklardan biri işlemlerin insan unsurunun azaltılması ve süreç içerisinde elde edilen verinin kaydedilmesi, değiştirilmediğinden emin olmaktır. Verinin yönetilmesi ve değiştirilmediğinden emin olma ihtiyacının getirdiği bir sonuç olarak blok zincir teknolojisi ortaya çıkmıştır. Blok zincir teknolojisi temel olarak verinin güven içerisinde saklanma ihtiyacını çözmektedir. Ancak zaman içerisinde sadece veri değil yazılım kodlarının da değiştirilmediğinin güvence altına alınma ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Blok zincir yazılım alanında bu ihtiyacı akıllı sözleşme ile çözmüştür. Akıllı sözleşme, blok zincir üzerinde saklanan ve önceden belirlenmiş şartlara göre davranan program kodlarıdır (Szabo, 1994). Blok zincir teknolojisi ve akıllı sözleşmeler tasarım gereği üzerinde çalıştığı ağ üzerindeki bilgilere ulaşmaktadır. Ancak gerçek hayat problemleri birden fazla kaynaktan bilgi edinimini zorunlu kılmaktadır. Blok zincir ağı dışından veri elde edinimi daha önceden belirlenmiş veri kaynakları (blok zincir ulakları) ile gerçekleştirilmektedir.

Bu çalışmada blok zincir teknoloji üzerinde oluşturulan akıllı sözleşmenin ağ harici veri kaynağına erişim yöntemi ele

alınmıştır. Bu kapsamda blok zincir teknolojisi incelenmiştir. Akıllı sözleşmelerin, blok zincir temelinde oluşturulmuş uygulamalardaki rolü ele alınmıştır. Teknik açıdan blok zincir ulakları (Blockchain Oracles) ile akıllı sözleşme iletişiminin sağlanması konusuna değinilmiştir.

2. Blok Zincir Teknolojisi

Blok zincir teknolojisinin temelini dijital belgelerin zaman damgası ile korunması ve değiştirilmesinin önüne geçilmesi amacıyla geriye dönük olarak verinin takibinin yapılabileceği zincir yöntemi oluşturmaktadır (Haber ve Stornetta, 1991). Daha sonra güvenliğinin artırılması amacıyla yöntem Merkle ağaçları eklenmiştir (Merkle, 1987). Blok zincir, temel olarak bilgilerin blok adı verilen bilgi paketlerinde tutulması ve bu paketlerin kriptolojik özetinin bir sonraki blok üzerinde tutulmasıdır. Böylelikle herhangi bir blok üzerinde veri değişmesi durumunda kendisinden sonra gelen bloklarda bulunan özet bilgisinin uyuşmamasından dolayı verinin değiştirildiği kolaylıkla tespit edilebilmektedir (Şekil 1). Bu teknoloji Bitcoin dijital paranın ortaya çıkışına kadar aktif bir şekilde kullanılmamıştır (Nakamoto, 2008).



Şekil 1. Blok zincir yapısı (Figure 1. Blockchain structure) (Nakamoto, 2008)

3. Akıllı Sözleşme

Blok zincir teknolojisi bilgi saklama amaçlı geliştirilmiştir. Bitcoin ile veri saklanırken dijital bir varlığın sahipliğinin gerçekleştirilmesi ve takibi süreci gerçekleştirilmektedir. Her ne kadar Blok zincir teknolojisi veri saklanması ve doğrulanması yönüyle başarılı bir yöntem olsa da tasarım olarak tek görevi yerini getirmektedir. Bu durum gerçek e-ISSN: 2148-2683

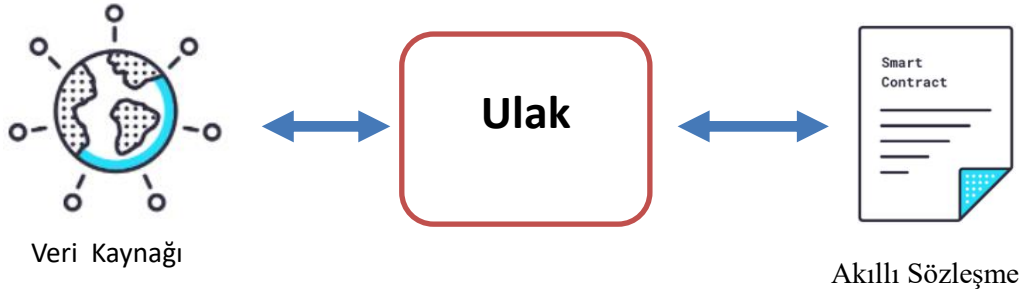
hayat problemlerinin çözümünde yeterli olmamaktadır (Liu ve Fraser, 2018; Mittal, 2017). Gerçek hayat problemlerinde daha önceden belirtilmiş olan şartlara göre yine daha önceden belirlenmiş kurallara göre sonuçların elde edilmesi ihtiyacı bulunmaktadır. Bu problemin çözümü olarak ortaya çıkan ilk örnek Ethereum projesidir. Ethereum projesi blok zincir üzerinde yerleştirdiği Ethereum Virtual Machine (EVM)

içerisinde kod betiklerinin çalıştırılmasını sağlamıştır. EVM üzerinde çalıştırılan kod betikleri Solidity programlama ile kodlanmaktadır. EVM üzerinde gerçekleştirilen işlemlerden kaynaklı ihtiyaç duyulan işlemsel ve depolama süreçleri için GAS adı verilen işlem ücreti alınmaktadır (Clack, Bakshi ve Braine, 2016; Mittal, 2017).

Akıllı sözleşmelerin kullanımının artması sonucunda merkezi olmayan uygulamalar (Decentralized Applications - DApps) ortaya çıkmıştır (Taş ve Tanrıöver; 2019). Merkezi olmayan uygulamalar merkezi işlem birimine ihtiyaç duymayan uygulamalardır. Akıllı sözleşmelerin yoğunlukla kullanıldığı alanlar; tedarik zinciri, sağlık, finans, sigortacılık ve perakendedir (Allison, 2016; Jamil, Hang, Kim ve Kim, 2019; Sharma, 2018; Aylak, 2022). Özellikle Endüstri 4.0 ve beraberinde getirdiği teknolojik ihtiyaçlar akıllı sözleşmelerin kullanımını desteklemektedir (Dikilitaş, Toka ve Sayar, 2021).

4. Blok Zincir Ulakları (Blockchain Oracles)

Blok zincir teknolojisi ve uygulamaları, veri güvenliği kapsamında incelenmiş ve birçok çalışma ile desteklenmiştir (Ramachandran ve Kantarcioglu, 2017; Azaria, Ekblaw, Vieira ve Lippman, 2016). Ancak gerçek hayat örnekleri açısından bakıldığında bir ürünün üretildiği yerden tedarik zincirine dâhil olması ve son kullanıcıya kadar olan süreçte ürünün takibi birden fazla verinin blok zincir üzerinde kayıt işlemini gerektirmektedir (Mik, 2017). Blok zincir teknolojisi ve üzerinde çalışan kontratlar, mimari gereği blok zincir ağının dışından veri alamamaktadır. Ancak gerçek hayat problemlerini çözen yazılımların birçoğu dışarıdan veri almaya ihtiyaç duymaktadır. Örnek olarak IOT kaynağından gelecek bir parametrik verinin blok zincir üzerine aktarılması bir problemdir. Verinin blok zincir üzerine kayıt işlemi bir aracıya ihtiyaç duyularak gerçekleştirilmektedir.



Şekil 2. Ulak veri akış süreci (Figure 2. Blockchain oracle data flow) (Cryptopedia, 2022)

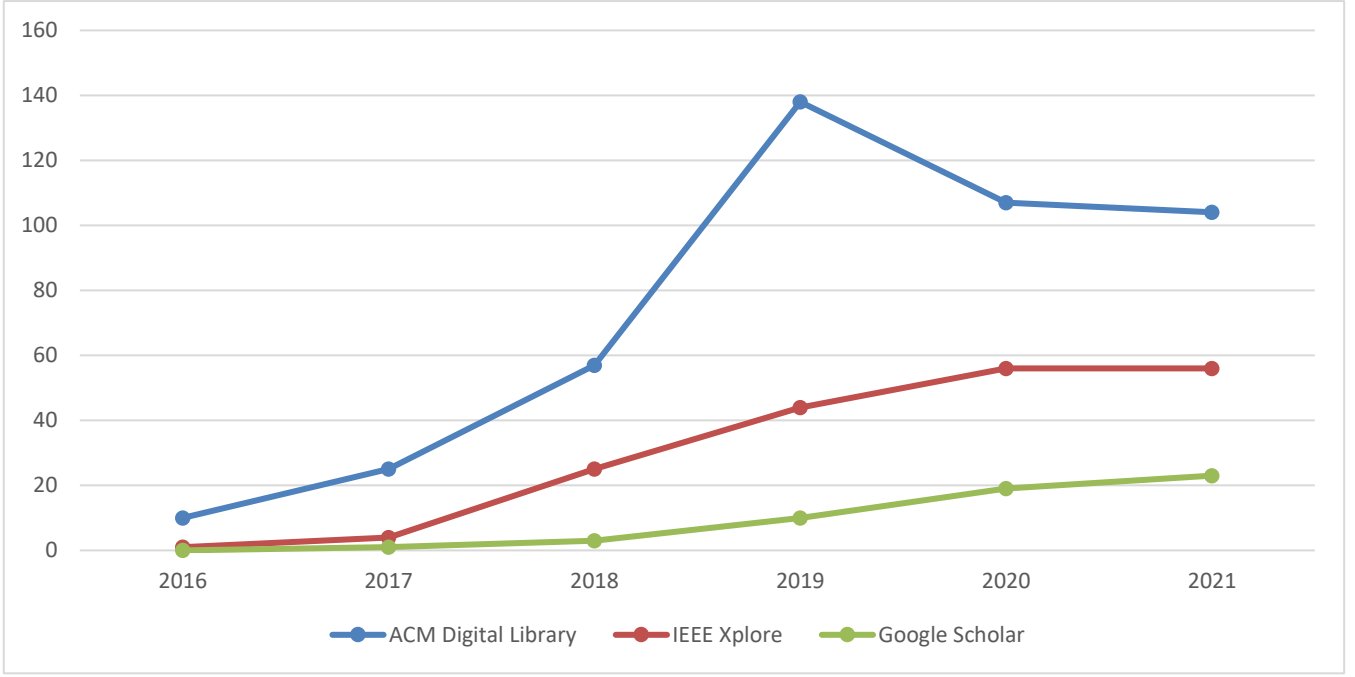
Blok zincir dışından veri alma ihtiyacı blok zincir ulakları (Blockchain Oracles) tarafından giderilmektedir (Curran, 2018). Blok zincir ulakları, blok zincir teknolojisinin üzerinde yeni çalışılmaya başlanmış bir konudur. Tablo 1'de belirlenmiş arama yöntemine göre elde edilmiş sonuçlar Şekil 3'de yıllara ve veri tabanına göre İngilizce kaynaklarda bu alanda yapılmış

çalışmalar aşağıda belirtilmiş sorgu ile sorgulanmıştır. Sonuçlardan da anlaşılacağı üzere giderek ilgi alan bir konu olduğu görülmektedir. Aynı sorgu Türkçe için gerçekleştirildiğinde herhangi bir sonuç elde edilmemektedir.

((("blockchain" OR "block chain" OR "block-chain") AND ("oracles" OR "oracle" OR "middle-ware" OR "middleware" OR "middle ware" OR "datafeed" OR "data feed" OR "data-feed")))

Tablo 1. Veri tabanlarına göre sorgu sonuçları (Table 1. Query results by databases)

Veri Tabanı	Filtre	Sonuç sayısı
ACM Digital Library	Başlık, Özet, Anahtar kelimeler	441
IEEE Xplore	Başlık, Özet, Anahtar kelimeler	186
Google Scholar	Başlık	56
Toplam		683



Şekil 3. Yıllara göre veri tabanı sonuçları (Figure 3. Database results by years)

Ulaklar, blok zincir ve blok zincir dışı ortam arasında köprü durumundadır. Ulaklar, veri kaynağının kendisi değildir (Şekil 2). Ulaklar ağ dışı verileri akıllı kontratlara sunar. Ancak kimi ulaklar dış kaynaklara veri gönderme yeteneğine de sahiptir (Dale, 2019). Bu nedenle çeşitli türlerde ulaklar bulunmaktadır. Ulaklar veri kaynaklarının türüne, veri aktarım yönüne ve merkezilik özelliklerine göre çeşitlenmektedir. Ulakların veri kaynağı yazılım, donanım veya insan olabilir. Genellikle veri kaynağı olarak yazılım ve donanım kaynakları kullanılmaktadır. Yazılım kaynakları çeşitli yazılım, veri tabanı, borsa ve uçuş bilgileri olabilmektedir. Donanım kaynakları ağırlıklı olarak IoT, RFID ve sensörlerdir. Veri, blok zincir ağının dışından akıllı kontrata doğru ilerliyorsa *gelen ulak* eğer dışarı yönlü veri akışı var ise *giden ulak* türü üzerinde işlem görür (Curran, 2018; Beniiche, 2020). Merkezi niteliğe sahip ulaklar, tek bir veri sağlar ve tek kaynak ile iletişim halindedir. Tek nokta ile iletişimde halinde olmak riskli bir durumdur. Tek noktanın işlem yapamaması durumunda veri akışında kesinti gerçekleşecektir. Merkezi olmayan ulaklar, veri kaynağı olarak birden fazla noktayı kullanmaktadır ve gelen verinin doğruluğu, tutarlılığı kontrol edilebilmekte ve olası bir veri kesintisine daha dayanıklı olabilmektedir.

Blok zincir ulakları gerçek hayat problemleri için önemli olmasından dolayı, bu alanda akademik çalışmalara yanı sıra ticari girişimler de ortaya çıkmıştır. Bu alanda ortaya çıkan girişimler şunlardır:

Provable.xyz: 2018 yılında Oraclize.it ismi ile kurulmuştur. Daha sonra ismini değiştirmiştir. Ethereum, Rootstock, R3 Corda, Hyperledger Fabric ve EOS gibi platformlara hizmet vermektedir. Merkezi niteliğe sahiptir. Ancak istenildiğinde birden fazla veri kaynağı desteği vermektedir (Provable, 2018).

ChainLink: San Francisco merkezli olarak 2017 yılında kurulmuştur. Merkezi olmayan bir nitelikte çalışmaktadır. Aave, Synthetix ve yearn.finance tarafından desteklenmektedir (ChainLink, 2017).

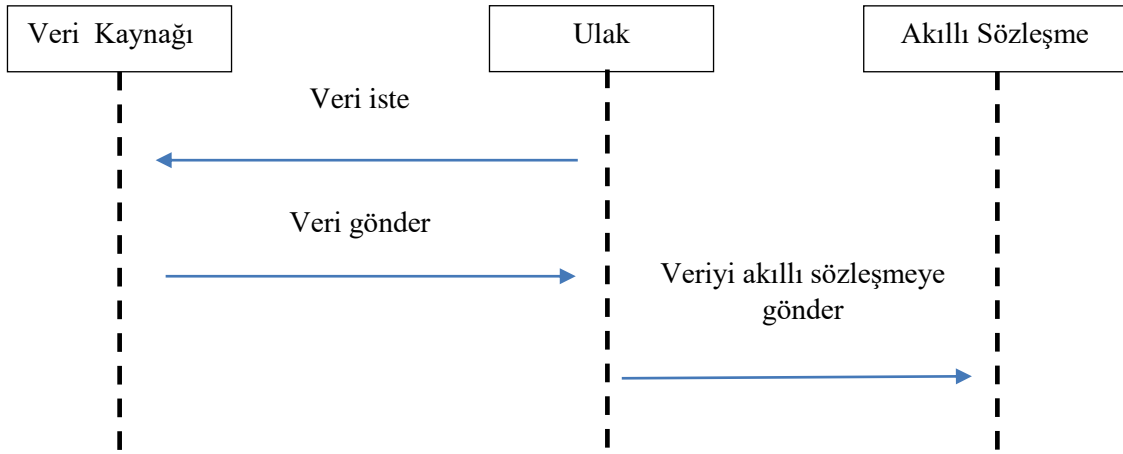
Tellor: Dijital para çiftlerinin zincir dışı veri noktaları ile iletişim sağlayan merkezi bir yapıya sahip olmayan ve 2020 yılında faaliyete başlayan bir platformdur (Tellor, 2018).

DIA: Merkezi olmayan blok zincirler arası işlem yapabilme kapasitesine sahip açık kaynak kodlu ve 2018 yılında faaliyete geçmiş bir platformdur. Ethereum, BSC, Polygon, xDaiChain, Astar, Avalanche, Aurora, Metis, Moonbeam, Fantom ve Near blok zincirlerini desteklemektedir (DIA, 2018).

API3: Proje 2020 yılında faaliyete geçmiştir. Blok zincir tabanlı merkezi yazılımların API'ler aracılığı ile veri elde etmesini sağlamayı amaçlamış bir platformdur. Fantom, Polygon, Tomochain gibi blok zincirleri desteklemektedir (API3, 2020).

5. Tasarım ve Uygulama

Blok zincir dışı verinin ulak aracılığı ile akıllı sözleşmeye aktarımı bir problemidir. Bu çalışmada aktarım probleminin temel seviyede tasarımının ortaya koyulması ve örnek bir olay üzerinden çalışma sisteminin ortaya koyulması gerekmektedir. Bu çalışmada Şekil 4'te veri akış sıra diyagramı ortaya koyulmuş olan bir çalışma yapılmıştır. Akış diyagramına göre ulak görevini üstlenen yazılım veri kaynağından veri istemektedir. Veri kaynağından elde edilen bilgi blok zincir üzerinde bulunan akıllı sözleşmeye gönderilmektedir. Akıllı sözleşme üzerinde saklanan bilgi, kendisi ile iletişime geçen diğer sözleşmelere veriyi aktarmaktadır.



Şekil 4. Ulak veri akış sıra diyagramı (Figure 4. Oracle data flow sequence diagram)

Yapılan çalışmada belirtilen veri akış diyagramı hayata geçirilmiştir. Seçili bir şehre ait olan hava durumu bilgisinin seçili web sitesinden alınmıştır. Şekil 5'te verilmiş olan Javascript kodlarından görüleceği üzere her 5 dakikada bir seçili

web sitesine *gettemp* fonksiyonu aracılığı ile sorgu gönderilmekte ve seçili şehre ait hava sıcaklığı bilgisi getirilmektedir.

```

async function updatedata(city, temperature){
  let tx_builder = contract.methods.updateWeather(city, temperature);
  let encoded_tx = tx_builder.encodeABI();
  let transactionObject = {
    gas: 200000,
    data: encoded_tx,
    from: WALLET_ADDRESS,
    to: CONTRACT_ADDRESS,
  };
  let signed = await web3.eth.accounts.signTransaction(transactionObject, PRIVATE_KEY);
  let received = await web3.eth.sendSignedTransaction(signed.rawTransaction);
  return received["transactionHash"];
}
async function gettemp(sehir){
  var sonuc;
  await $.ajax({
    url: "https://www.hurriyet.com.tr/hava-durumu/"+sehir+"/",
    dataType: 'text',
    success: function(data) {
      var elements = $("<p>").html(data)[0].getElementsByClassName("weather-detail-hightemp")[0].innerText;
      elements = elements.replace("°C", "");
      sonuc = elements;
    }
  });
  return sonuc;
};
$(document).ready(function()
{
  setInterval(function()

```

```

{
  load().then( async function(){
    sehir = "siirt";
    var temperature = await gettemp(sehir);
    var transactionHash = await updatedata(sehir, temperature)
    updateStatus(sehir+ " "+ temperature + " " + transactionHash);
  })
}, 30000);
})

```

Şekil 5. Ulak yazılımının kodları (Figure 5. Oracle application codes)

Elde edilen bilgi *updatedata* fonksiyonu aracılığı ile akıllı sözleşmeye gönderilmiştir. Updatedata fonksiyonun 73 nolu satırında görüleceği üzere akıllı sözleşme üzerinde bulunan *updateWeather* fonksiyonu ile iletişime geçilmektedir.

```

pragma solidity 0.8.12;
contract WeatherOracle {
  address public oracleAddress;

  constructor (address _oracleAddress) {
    oracleAddress = _oracleAddress;
  }
  struct Datas {
    string city;
    string temperature;
  }
  mapping (bytes32 => Datas) private datas;
  event WeatherUpdate (
    string city,
    string temperature
  );
  function stringToBytes32(string memory source) private pure returns (bytes32 result) {
    bytes memory tempEmptyStringTest = bytes(source);
    if (tempEmptyStringTest.length == 0) {
      return 0x0;
    }
    assembly {
      result := mload(add(source, 32))
    }
  }
  function updateWeather (
    string memory _citycode,
    string memory _city,
    string memory _temperature
  )
  public
  {
    require(msg.sender == oracleAddress);
    datas[stringToBytes32(_citycode)].city = _city;
  }
}

```

```

datas[stringToBytes32(_citycode)].temperature = _temperature;

emit WeatherUpdate (
  _city,
  _temperature
);
}
function getData(string memory _citycode) public view returns (string memory, string
memory){
  return (datas[stringToBytes32(_citycode)].city,
datas[stringToBytes32(_citycode)].temperature);
}
}

```

Şekil 6. Akıllı sözleşme kodları (Figure 6. Smart contract codes)

Şekil 6’te akıllı sözleşme kodları görülebilir. Akıllı sözleşmede verilerin kaydedilmesi için *updateWeather* fonksiyonu oluşturulmuştur. Bu fonksiyon başka kontratlar tarafından *getData* fonksiyonu ile çağrılabilir.

6. Sonuç

Gelişen teknoloji hayatın ihtiyaç duyulan tüm alanlarında çözüm olabilecek şekilde yer edinmektedir. Blok zincir teknolojisinin günlük hayatta bulunan problemlerin çözümü amacıyla kullanımı gittikçe artmaktadır. Bu nedenle bireylerin ve işletmelerin ihtiyaçlarına yönelik geliştiren yazılımlara blok zincir teknolojisinin entegrasyonu da artmaktadır. Tedarik zinciri, enerji, finans, sağlık vb. alanlarda blok zincir teknolojisinin kullanımının temel gerekliliklerinden biri süreçlere ait verilerin blok zincir üzerinde aktarılmasıdır. Bu noktada ulak yazılımlarının varlığı blok zincir temelinde geliştirilen projelerin kaçınılmaz bir öğesidir. Ulak yazılımlarının gerekliliği ve mimarisinin anlaşılması bu alanda çalışma yapan araştırmacıların göz ardı edemeyeceği bir olgudur. Blok zincir teknolojisi ve akıllı sözleşme ile ilgili Türkçe yapılan çalışmalarda genellikle zincir dışından gelen verilerin araştırmacılar tarafından sadece akış şeması üzerinde bir ok olarak göstermektedir. Bu çalışmada, ulak yazılımlarının veri süreçleri açıklanmıştır. Bu çalışma aracılığı ile blok zincir alanında ulak yazılımları ile literatür eksikliğinin gidereceği öngörülmektedir. Ayrıca gerçekleştirilen uygulama ile pratikte bir ulak yazılımının gerçekleştirilme adımları gösterilmiştir. Ancak bu çalışmada blok zincir ulaklarının dışarıdan içeriye yönlü ve tek veri kaynağından parametrik verinin gelecek şekilde tasarım gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada hayata geçirilen uygulama her ne kadar blok zincir ulaklarının tüm çalışma türlerinin kapsamasa dahi bu alanda çalışma yapacak araştırmacılara yol göstereceği düşünülmektedir.

Ek Bilgi: Çalışmada kullanılan kodlar <https://github.com/digifelis/oracle> adresinde paylaşılmıştır.

Kaynakça

Allison, I. (2016). Skuchain: Here’s how blockchain will save global trade a trillion dollars. *International Business Times*, 1–5. <https://www.ibtimes.co.uk/skuchain-heres-how->

- blockchain-will-save-global-trade-trillion-dollars-1540618. Erişim tarihi: 28.12.2021
- API3 (2020) API3, <https://api3.org/>. Erişim tarihi: 28.02.2022
- Aylak, B. L. (2022). The Effects of the Applications of Blockchain Technology on the Logistics sector . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , Ejosat Özel Sayı 2022 (ICAENS) , 148-152 . DOI: 10.31590/ejosat.1077800
- Azaria, A., Ekblaw, A., Vieira, T., & Lippman, A. (2016, August). Medrec: Using blockchain for medical data access and permission management. In *2016 2nd international conference on open and big data (OBD)* (pp. 25-30). IEEE.
- Beniiche, A. (2020). A study of blockchain oracles. *arXiv preprint arXiv:2004.07140*.
- ChainLink (2017). ChainLink, <https://chain.link/>. Erişim tarihi: 28.02.2022
- Clack, C. D., Bakshi, V. A. ve Braine, L. (2016). Smart contract templates: foundations, design landscape and research directions. *arXiv preprint arXiv:1608.00771*.
- Cryptopedia (2022), What Is Chainlink in 5 Minutes. <https://www.gemini.com/cryptopedia/what-is-chainlink-and-how-does-it-work>. Erişim tarihi: 27.02.2022
- Curran, B. (2018) What Are Oracles? Smart Contracts, Chainlink & “The Oracle Problem. <https://blockonomi.com/oracles-guide>. Erişim tarihi:27.02.2022
- Dale, O. (2019) What Is Chainlink? Guide to The Decentralized Oracle Network. <https://blockonomi.com/chainlink-guide/>. Erişim tarihi:27.02.2022
- Dia (2018). Dia, <https://www.diadata.org/>. Erişim tarihi: 28.02.2022
- Dikilitaş, Y. , Toka, K. O. & Sayar, A. (2021). Current Research Areas in Blockchain . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* , Ejosat Özel Sayı 2021 (HORA) , 488-492 . DOI: 10.31590/ejosat.977320
- Haber, S. ve Stornetta, W. S. (1991). How to time-stamp a digital document. *Journal of Cryptology*, 3(2), 99–111. doi:10.1007/BF00196791
- Jamil, F., Hang, L., Kim, K. ve Kim, D. (2019). A Novel Medical Blockchain Model for Drug Supply Chain Integrity Management in a Smart Hospital. *Electronics* . doi:10.3390/electronics8050505
- Liu, M. ve Fraser, J. (2018). *Origin White Paper*. <https://www.originprotocol.com/en/whitepaper>. Erişim tarihi: 23.12.2021

- Merkle, R. C. (1987). A Digital Signature Based on a Conventional Encryption Function. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 293 LNCS, 369–378. doi:10.1007/3-540-48184-2_32
- Mik, E. (2017). Smart contracts: terminology, technical limitations and real world complexity. *Law, Innovation and Technology*, 9(2), 269-300.
- Mittal, V. (2017). A survey of Blockchain Technologies for Open Innovation. *World Open Innovation Conference 2017*, (November), 1–27.
- Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized Business Review*, 21260.
- Provable (2018). Provable, <https://provable.xyz/>. Erişim tarihi: 28.02.2022
- Ramachandran, A., & Kantarcioglu, D. (2017). Using blockchain and smart contracts for secure data provenance management. *arXiv preprint arXiv:1709.10000*.
- Sharma, A. (2018). 5 Trends Shows How Blockchain Is Changing Social Media | Hacker Noon. *Hackernoon*. 24 Ağustos. <https://hackernoon.com/5-trends-shows-how-blockchain-is-changing-social-media-ba50c975c041>. Erişim tarihi: 26.11.2021
- Szabo, N. (1994). *Micropayments and Mental Transaction Costs*. 14
- Taş, R & Tanrıöver , Ö. Ö., "Building A Decentralized Application on the Ethereum Blockchain," 2019 3rd International Symposium on Multidisciplinary Studies and Innovative Technologies (ISMSIT), 2019, pp. 1-4, doi: 10.1109/ISMSIT.2019.8932806.
- Tellor (2020). Tellor, <https://tellor.io/>. Erişim tarihi: 28.02.2022



Investigation on Biosorption of Brilliant Green Dye from Aqueous Solutions by Newly Isolated Fungus *Aspergillus oryzae*: Rsm-Optimized Process Variables and *Daphnia magna* Bioassay

Mehtap Tanyol¹, Gokhan Onder Erguven^{2*}, Volkan Korkmaz³, Numan Yildirim⁴

¹ Munzur University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Urbanization and Environmental Issues, Tunceli, Turkey, (¹ORCID: 0000-0002-3848-2581), goerguven@munzur.edu.tr

^{2*} Munzur University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Urbanization and Environmental Issues, Tunceli, Turkey (ORCID: 0000-0003-1573-080X), mtanyol@munzur.edu.tr

³Department of Nursing, Faculty of Health Sciences, Munzur University, Tunceli, Turkey (ORCID: 0000-0003-2022-6851), numanyildirim@munzur.edu.tr

⁴Department of Plant and Animal Production, Tunceli Vocational School, Munzur University, Tunceli, Turkey (ORCID: 0000-0003-1109-8106), volkankorkmaz@munzur.edu.tr

(First received 24 February 2022 and in final form 30 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1078592)

ATIF/REFERENCE: Tanyol, M., Erguven, G.O, Korkmaz, V. & Yildirim, N. (2022). Investigation on Biosorption of Brilliant Green Dye from Aqueous Solutions by Newly Isolated Fungus *Aspergillus oryzae*: Rsm-Optimized Process Variables and *Daphnia Magna* Bioassay. European Journal of Science and Technology, (35), 497-506.

Abstract

Biosorption is an effective process for the removal of dyes from wastewaters. In this study, a newly isolated fungus *Aspergillus oryzae* was used as a biosorbent for brilliant green (BG) dye biosorption from aqueous solutions. The effect of three independent factors such as biomass dosage (0.01–0.12 g), initial BG concentration (5-30 mg L⁻¹) and process time (10-120 min) was performed on BG biosorption by *A. oryzae* using batch system. The experimental design response surface methodology was aimed to determine the optimum levels of the process factors selected above. The optimum conditions for maximum biosorption removal were found 0.10 g, 17.25 mg L⁻¹, and 85 min for biomass dosage, initial BG concentration and process time, respectively. Under these optimized conditions, 67.32% removal of BG was achieved. A decrease in mortality of the treated BG dye solution was determined from *D. magna* bioassay. This indicated that a decreasing may have occurred in the toxic effect of the dye after biosorption process..

Keywords: Brilliant green, Biosorption, Response Surface Methodology, Mortality

Yeni İzole Edilmiş Mantar *Aspergillus oryzae* ile Brilliant Green Boyar Maddesinin Sulu Çözeltilerinden Biyosorpsiyonu Üzerine Araştırma: Rsm-Optimize Edilmiş Süreç Değişkenleri ve *Daphnia magna* Biyodenevi

Öz

Biyosorpsiyon, boyaların atık suların uzaklaştırılması için etkili bir süreçtir. Bu çalışmada, sulu çözeltilerden brilliant green (BG) boya biyosorpsiyonunda biyosorbent olarak yeni izole edilmiş bir mantar olan *Aspergillus oryzae* kullanıldı. Biyokütle dozu (0.01-0.12g), başlangıç BG konsantrasyonu (5-30 mg L⁻¹) ve işlem süresi (10-120 dk) gibi üç bağımsız faktörün etkisi, kesikli teknik kullanılarak *A. oryzae* tarafından BG biyosorpsiyonunda gerçekleştirilmiştir. Deneysel tasarım, yani tepki yüzeyi metodolojisi, yukarıda seçilen süreç faktörlerinin optimum seviyelerini belirlemeyi amaçlamıştır. Maksimum biyosorpsiyon giderimi için optimum koşullar biyokütle dozu, başlangıç BG konsantrasyonu ve işlem süresi için sırasıyla 0.10 g, 17.25 mg L⁻¹ ve 85 dakika olarak bulunmuştur. Bu optimize koşullar altında, BG'nin %67,32 oranında giderilmesi sağlandı. *D. magna* biyo-denevi ile muamele edilmiş BG boya çözeltisinin ölüm oranındaki bir azalma belirlendi. Bu durum, biyosorpsiyon işlemi sonrasında boyanın toksik etkisinde bir azalma meydana gelmiş olabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Brilliant green, Biyosorpsiyon, Yüzey yanıt metodu, Mortalite.

1. Introduction

Industrial dyes are commonly of the mainly used raw materials such as textile, paint, pulp, etc. in such countries (Salman and Ali, 2019). If the dyes are discharged into receiving environments without sufficient treatment methods, they stop the biological activities in the aquatic environment and discompose the equilibrium of the receiving bodies. Additionally, these materials combine with the dissolved oxygen in the system thereby consuming the dissolved oxygen required to sustain aquatic environment (Onu et al., 2020). The chemical components of most of the effluents make the aquatic livings toxic, mutagenic and carcinogenic and they also lead to dermatitis and even cancer. Moreover, the presence of industrial effluent dyes colorizes the receiving aquatic bodies making them esthetically unclear, while evenly deception them with problems for agricultural and domestic applications (Nwabanne et al., 2017). Consequently, one of the critical issues that effluents containing dyes are adequately treated the environment before discharging to these habitats. The reason for this is that dyes are anionic, resistant to oxidative agents, and therefore wastewater cannot be effectively removed by other complex and costly treatment processes (Kharat, 2015).

Recent years, biosorption method becoming the most suitable and capable technique, and so activated carbon method preferred adsorbent for sanitization of the dye waters (Pathania et al., 2017). At any rate, the application of biosorption method was restrained because of its expensive production and recovery cost. According to Oguanobi et al. (2019), biosorption method is ecofriendly, low cost and effective and also can give nearly full reduction of the effluents.

According to Milani Shirvan et al. (2017), method of the biosorption which can be used for complex reactions at the solid and liquid surface and is qualified on several environmental parameters such as temperature, acidity, alkalinity, sorbate ion concentration and shaking rate. The reason why the Response Surface Method (RSM) requires careful optimization before large-scale application to which it can be applied is because it uses a set of statistical and mathematical correlations that make it convenient to estimate the most advantageous values of certain process parameters. The benefit of this situation is to achieve the greatest processing speed and increase its repeatability. The effect of biosorption is not only related to biosorption, but also confirmed by many literature studies on the rate of heat and numerical optimization of heat transfer.

In recent years, microorganisms have been preferred more than the production of feed culture linears by biosorption method (Michalak et al., 2020). A wide range of fungi are suitable for decolorizing mostly used common dyes (Fu and Viraraghavan, 2001). Many genera of these microorganisms have been employed either in inactivated or living forms. There are various fungi types such as *Aspergillus* sp. (Fu and Viraraghavan, 2002), which can also biosorp and decolorize diverse dyes.

RSM is a combine of statistical and mathematical application adopted to foretell and lay out the operating parameters. In addition to minimizing the number of experimental trials, RSM

can also be widely used to evaluate the synergistic effect between operational quantities and responses (Ashish and Nayak, 2018). Central composite design (CCD) is seen as one of the most common and most preferred types of RSM, while keeping all the number of runs required to achieve full optimization of process quantities at a moderate level (Louhichi et al., 2018).

One of the essential components of RSM is CCD. CCD is a five-level experimental type that integrates factorial and axial points in the design of methodological applications, unlike the box-behken models in RSM. Mohammad et al. (2014) demonstrated that, process optimization on CCD, was observed to be important in determining the values of factors for which the effect is at high levels. One of the advantages in determining the optimum experimental conditions is that only a few test runs are sufficient (Akash et al., 2019).

Daphnia are planktonic crustaceans that filter fresh water and play a role in improving water quality by consuming algae (Angelika et al., 2021). Water fleas show behavioral and physiological responses by being affected very quickly by environmental pollutants and chemical changes of their habitats, these features have caused them to be preferred as a model organism especially in toxicology studies (Barata et al., 2005, Ebert, D., 2005). The body size of *daphnia* provides a great advantage for laboratory studies, because it is possible to use many individuals at the same time in an experimental setup, and their high fertility characteristics and parthenogenetic type reproduction allow many water fleas to be tested in a short time (Koivisto, S., 1995). In experiments with water fleas, subjects such as lethality, reproductive, behavioral, physiological effects and change of biochemical properties of any chemical were generally examined. Among these parameters, determining the lethal effect is the most preferred studies (Angelika et al., 2021). Generally, the presence of various dyes and pigments emitted by wastewater from paint production, textile coloring, food coloring, cosmetics industry, paper industry and different industrial sources causes environmental problems. Since most of the dyes in industrial wastewater and wastewater from water sources are toxic, their removal has been of great importance in recent years. Pollution with paints negatively affects human health by reducing the quality of life and also poses a serious threat to the aquatic ecosystem. It can be shown among the undesirable properties of dyestuffs that they are resistant to natural degradation, carcinogenic and allergic. Brilliant green is a derivative of triarylmethane dyes commonly used to color silk and wool. It is a cationic dye and more toxic than anionic dyes. Brilliant green is defined as an irritant that causes skin and eye burns, nausea, vomiting, diarrhea and abdominal pain and is classified as very toxic and the possible lethal dose in humans is 50-500 mg/kg. In this study, brilliant green was chosen because of its toxic effects on humans and the environment.

The main purpose of this study is to investigate on batch biosorption of BG dye from aqueous solutions by dead biomass of newly isolated fungus *Aspergillus oryzae*. It is also aimed to reveal whether decolorization provides a reduction in toxicity with the *D. magna* bioassay.

2. Material and Method

2.1. Characteristics of the dye

The chemical formula of brilliant green is $C_{27}H_{33}N_2 \cdot HO_4S$ and its molecular weight is 462.65 g/mol. BG was obtained from Sigma-Aldrich. Chemical structure of BG is given in Figure 1.

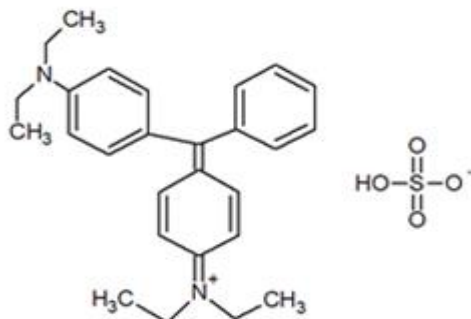


Fig. 1. Chemical structure of BG

2.2. Fungus Used in The Study

In summer 2020, soil sample taken from an agricultural area according to Association et al. (1912) in Edirne province of Turkey. These soils were taken to the laboratory of Munzur University, department of Environmental Engineering at +40C. In the laboratory, the samples were diluted to 106 and taken to the malt extract agar plate media sterilized and prepared in autoclave and taken to 250C for finishing the logarithmic growing phase. For the identification process, when growing phase finished, the isolated and signed fungus at the malt extract agar plates were shipped to REFGEN Company in Ankara province of Turkey. The absorption abilities of fungi are higher than the composition of the surfactant-binding region compared to algae. For this reason, fungi were preferred instead of algae in the study.

For the DNA extraction and PCR amplification, the isolated fungus was chosen to identify the taxonomic patterns of fungal communities. Power Soil DNA Isolation Kit (REFGEN Laboratories, Ankara, Turkey) used for microbial DNA according to manufacturer's instructions. The fungal 18S RNA gene was expanded by PCR. PCR reactions were done three times with 20 μ L mixtures containing 4 μ L of 5x FastPfu Buffer, 2 μ L of 2.5 mM dNTPs, 0.8 μ L of each primer (5 μ M), 0.4 μ L of FastPfu Polymerase and finally 10 ng of template DNA. *Aspergillus oryzae* were identified with 18S RNA method by the PCR programs for fungal amplification setup on a Codon Code Alligner® version 9.0 software for DNA sequencing (Figure 2). At last level, the similarity rate for this fungus was found as 92%.

2.3. Preparation of dead fungal biomass

Newly isolated fungus, *A. oryzae* maintained by subculturing on saboroud dextrose broth. Inocula were taken from a six-day old broth culture. The 10 ml fungal culture was gently homogenized using a homogenizer. It was used to inoculate this 10 ml of homogenized medium in a 500 ml flask, and this flask was incubated on an orbital shaker (at 150 rpm) for 6 days at 27°C. The end of the incubation period, the biomass of the fungus was harvested by filtration from the growth medium and washed several times with distilled water to remove the medium. The fungal biomass was dried and finely ground for subsequent use.

2.4. Biosorption studies

The biosorption performance of *A. oryzae* biomass as a biosorbent was examined through a batch system in the bioremoval process of the BG. The system is a closed system and indicates that there is no interference or output from the outside. Erlenmeyer flasks were used in the study. For this objective, CCD was utilized to design the experiments under RSM. The BG (CAS Number: 633-03-4, molecular weight: 482.63 g mol⁻¹ and molecular formula:

Unassembled Samples: Traces for 1 sample

01 Haziran 2021 Salı 22:39:18 EET

Page 1 of 2

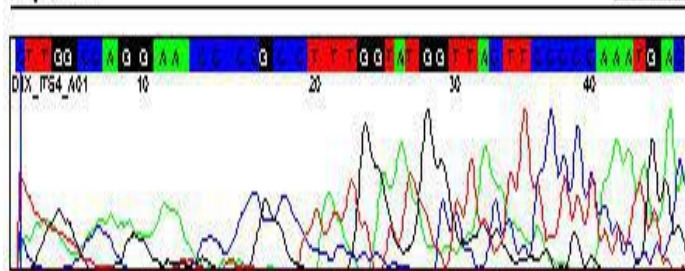


Fig. 2. Traces for *Aspergillus oryzae*

$C_{27}H_{34}N_2O_4S$) was provided from Sigma-Aldrich Company. The biosorption experiments were conducted in glass bottles (250 mL) containing 25 mL of BG solution with a known concentration at the natural pH of the solution at room temperature ($25 \pm 2^\circ\text{C}$) and at a constant stirring speed (250 rpm). After shaking, the suspension of each sample was centrifuged at 5,000 rpm for 10 min, and the residual concentration of BG in the solution was determined by UV visible spectrophotometer (Shimadzu, UV-1800, Japan) at maximum absorbance ($\lambda_{\text{max}} = 625 \text{ nm}$). The BG removal efficiency (R) and biosorption capacity of biomass (q_t) was calculated according to the following equations:

$$R\% = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100 \quad (1)$$

$$q_t = \left(\frac{C_o - C_t}{m} \right) \times V \quad (2)$$

where C_o and C_t are the BG concentrations (mg L^{-1}) before and after biosorption, respectively, q_t is the biosorption capacity (mg g^{-1}), V is the total solution volume (mL), and m is the amount of the biosorbent (g).

2.5. Experimental design

Experimental design allows simultaneous optimization of factors and provides to minimize error with the minimum number of runs to and improve performance characteristics (Kousha et al., 2015). In present work, the experiments for BG biosorption were designed utilizing CCD with three factors (biomass dosage (A_1), initial BG concentration (A_2) and process time (A_3)) at five levels using Design-Expert (version 7, Stat-Ease, USA) with 20 runs. The operational ranges and coded of the three independent factors utilized in the matrix of experiments (-1 and +1) consisting 6 axial points, 6 central points and 8 factorial points showed in Table 1. In order to explain the behavior of the system was developed an empirical model based on second-order polynomial equation as given by Equation (3) (Sadhukhan et al., 2016).

Table 1. Experimental range and levels in the CCD

Coded factor	Factor	Levels				
		-α	-1	0	+1	+α
A ₁	Biomass dosage (g)	0.01	0.037	0.065	0.092	0.12
A ₂	Initial BG concentration (mg L ⁻¹)	5	11.25	17.50	23.75	30
A ₃	Process time (min)	10	37.5	65	92.50	120

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i A_i + \sum_{i=1}^k b_{ii} A_i^2 + \sum_{i=1}^{k-1} \sum_{j=i+1}^k b_{ij} A_i A_j + e \tag{3}$$

where *y* is the response, *b*₀ is the intercept, *b*_{*i*} are the linear coefficients, *b*_{*ij*} are the interaction terms, *b*_{*ii*} are the quadratic

coefficients, *A*_{*i*} or *A*_{*j*} are the independent factors and *e* is the random error.

2.6. Mortality assessment

The *D. magna* used in the mortality assays as a model organism. Water fleas were taken to the laboratory and then stocked in 120 L aquariums and optimum temperature conditions and photoperiod times were designed to adapt to laboratory conditions, they were regularly fed once a day with a mixture of dry spirulina powder and *Saccharomyces cerevisiae* as a baker’s yeast.

For mortality assessment, three experimental groups were designed. For this purpose, approximately 400 mL of water taken from the environments of all application groups (treated, untreated and control) was added to polycarbonate containers and 10 daphnia units were added to these containers. Three replicates were done for each experimental group. Numbers of dead water fleas in each container were counted after one, two- and three-

days periods. At the end of the third day, mortality rates were calculated on each experimental group as percentages according to Babu et al (2015).

3. Results and Discussion

3.1. The RSM design for biosorption

3.1.1. CCD statistical analysis

In the present study, biomass dosage, initial BG concentration and process time were selected as independent factors, while the removal efficiency and the biosorption capacity were selected as the responses. The design matrix and response values were showed Table 2. The regression models that relate the responses and the independent factors were described in terms of the coded factors by the quadratic equations as given follows:

Table 2. Design matrix for BG biosorption factors and corresponding responses from the experiments

Run no	Actual factors			Removal efficiency (%)	Biosorption capacity (mg g ⁻¹)
	A ₁	A ₂	A ₃		
1	0.03	24.93	32.30	41.90	8.70
2	0.10	24.93	97.70	65.33	4.07
3	0.03	10.07	97.70	61.27	5.14
4	0.07	17.50	65.00	64.23	4.01
5	0.07	17.50	65.00	64.23	4.01
6	0.10	24.93	32.30	63.31	3.94
7	0.07	17.50	65.00	64.23	4.01
8	0.10	10.07	97.70	65.25	1.64
9	0.07	5.00	65.00	61.89	1.10
10	0.03	10.07	32.30	47.74	4.00
11	0.07	17.50	10.00	55.96	3.49
12	0.10	10.07	32.30	61.93	1.55
13	0.12	17.50	65.00	67.25	2.45
14	0.07	17.50	120.00	63.34	3.95

15	0.03	24.93	97.70	54.17	11.25
16	0.07	17.50	65.00	64.23	4.01
17	0.07	17.50	65.00	64.23	4.01
18	0.07	30.00	65.00	58.43	6.26
19	0.01	17.50	65.00	40.83	17.86
20	0.07	17.50	65.00	64.23	4.01

$$\text{Removal efficiency (\%)} = + 64.23 + 6.97A_1 - 1.27A_2 + 3.19A_3 + 1.80A_1A_2 - 2.56A_1A_3 - 0.32A_2A_3 - 3.59A_{12} - 1.43A_{22} - 1.61A_{32} \quad (4)$$

$$\text{Biosorption capacity (mg g}^{-1}\text{)} = + 4.04 - 3.21A_1 + 1.78A_2 + 0.34A_3 - 0.75A_1A_2 - 0.43A_1A_3 + 0.18A_2A_3 + 1.98A_{12} - 0.31A_{22} - 0.30A_{32} \quad (5)$$

The analysis of variance (ANOVA) was used to evaluate the significance and statistical adequacy of the predicted models and the obtained results are given in Table 3. The *p*-value for the models was less than 0.05 (*p* < 0.0001 for removal efficiency and *p* < 0.0002 for biosorption capacity), indicating that both models were statistically important.

Table 3. Analysis of variance (ANOVA) for removal efficiency and biosorption capacity

Source	Sum of squares	Degree of freedom	Mean square	F- Value	P-value Prob > F
Removal efficiency (%)					
Model	1125.59	9	125.07	70.70	< 0.0001
<i>A</i> ₁	663.25	1	663.25	374.93	< 0.0001
<i>A</i> ₂	21.91	1	21.91	12.39	0.0055
<i>A</i> ₃	138.89	1	138.89	78.51	< 0.0001
<i>A</i> ₁ <i>A</i> ₂	25.92	1	25.92	14.65	0.0033
<i>A</i> ₁ <i>A</i> ₃	52.33	1	52.33	29.58	0.0003
<i>A</i> ₂ <i>A</i> ₃	0.82	1	0.82	0.46	0.5116
<i>A</i> ₁ ²	186.10	1	186.10	105.20	< 0.0001
<i>A</i> ₂ ²	29.46	1	29.46	16.65	0.0022
<i>A</i> ₃ ²	37.36	1	37.36	21.12	0.0010
Residual	17.69	10	1.77		
<i>Model statistics</i>					
<i>R</i> ²	0.9845				
Adjusted <i>R</i> ²	0.9706				
Adequate precision	25.149				
Biosorption capacity (mg g⁻¹)					
Model	254.68	9	28.30	12.75	0.0002
<i>A</i> ₁	140.52	1	140.52	63.30	< 0.0001
<i>A</i> ₂	43.27	1	43.27	19.49	0.0013
<i>A</i> ₃	1.61	1	1.61	0.72	0.4149
<i>A</i> ₁ <i>A</i> ₂	4.49	1	4.49	2.02	0.1856
<i>A</i> ₁ <i>A</i> ₃	1.51	1	1.51	0.68	0.4295
<i>A</i> ₂ <i>A</i> ₃	0.26	1	0.26	0.12	0.7379

A_1^2	56.32	1	56.32	25.37	0.0005
A_2^2	1.41	1	1.41	0.63	0.4446
A_3^2	1.28	1	1.28	0.58	0.4649
Residual	22.20	10	2.22		

Model statistics

R^2	0.9198
Adjusted R^2	0.8477
Adequate precision	14.108

The regression coefficient (R^2) utilized to determine the relationship between predicted and experimental (actual) values was estimated as 0.9845 and 0.9198 for removal efficiency and biosorption capacity, respectively (Allouss et al., 2019). Similarly, the high adjusted R^2 values found (0.9706 for removal efficiency and 0.8477 for biosorption capacity) indicate a good agreement between predicted and experimental data. Values of Prob > F less than 0.05 indicate model terms are statistically significant (Dil et al., 2019). In this case, the important model terms for the removal efficiency are A_1 , A_2 , A_3 , $A_1 A_2$, $A_1 A_3$, $A_1 A_2 A_3$, A_1^2 , A_2^2 and A_3^2 , while the important model terms for the biosorption capacity are A_1 , A_2 and $A_1 A_2$. It is desirable that the adequate precision value,

which measures the signal-to-noise ratio, be greater than 4 (Arabpour et al., 2021). Here the values of adequate precision are 25.149 for removal efficiency and 14.108 for biosorption capacity indicating that the models can be used to navigate the design area.

3.1.2. Influence of factors via response surface

The response surface 3-dimensional (3D) plots were used to understand the combined effect of independent factors on the removal efficiency and biosorption capacity of BG (Figures 3 and 4).

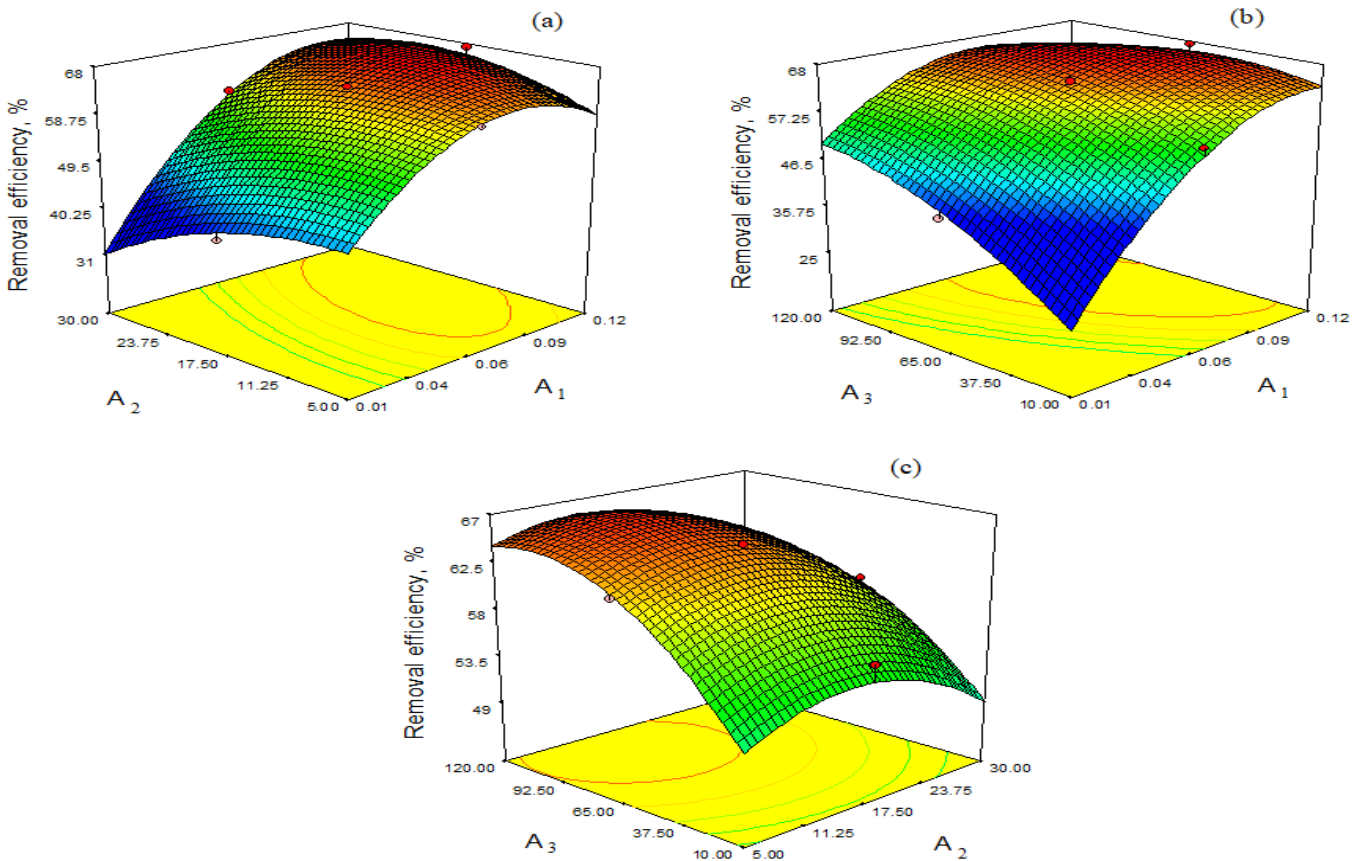


Fig. 3. 3D response surface plots for removal efficiency of BG onto *A. oryzae* (a) A_1 – A_2 , (b) A_1 – A_3 and (c) A_2 – A_3 .

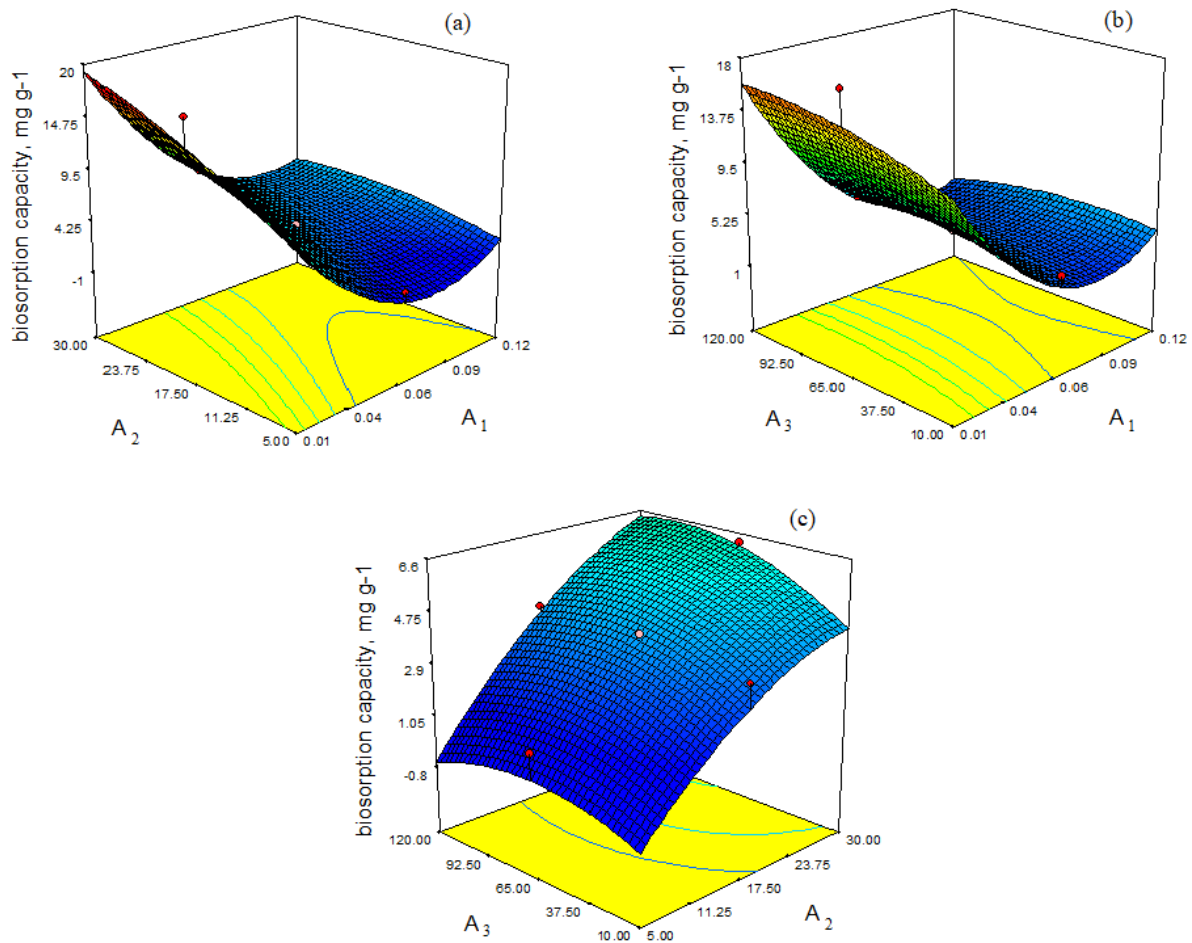


Fig. 4. 3D response surface plots for biosorption capacity of BG onto *A. oryzae* (a) A_1 – A_2 , (b) A_1 – A_3 and (c) A_2 – A_3 .

Figure 3a displays the simultaneous effect of biomass dosage and initial brilliant green concentration on removal efficiency when the process time was kept at a constant value (65 min). The interactions demonstrated at lower concentrations of brilliant green the removal efficiency is higher and it decreases at a higher concentration of brilliant green. This is because at low dye concentrations, the contaminant is more likely to be biosorbed on the biomass, as the contaminant is more in contact with the biomass. Also, at higher initial concentrations of brilliant green, the biosorption percentage reduces in presence of large number of dye molecules in bulk solution as dye molecules in solution compete to reach the biomass (Pormazar and Dalvand, 2020). The effect of biomass dosage and process time on removal efficiency when the initial brilliant green concentration was maintained at a constant value (17.50 mg/L) is shown in Figure 3b. As the biomass dosage increased, the removal efficiency of brilliant green increased due to the better availability of the biomass surface area, which provides many accessible binding site for dye molecules (Ayazi et al., 2016). Figure 3c presents the interaction of initial brilliant green concentration with process time when the biomass dosage was kept at a constant value (0.07 g). At the first stage of the biosorption, the removal efficiency of brilliant green increased quickly, and afterward, it elevated increased slightly with extending the process time. The occurrence of this phenomenon is probably due to the vacant binding sites on the biomass surface for the brilliant green dye molecules that are initially enough. In the second stage of biosorption, the slower

e-ISSN: 2148-2683

removal efficiency achieved when the process time reaches 80 minutes may be due to reduced vacant binding sites in solution and slower diffusion of dye in biomass (Cheraghipour and Pakshir, 2021).

Figure 4a illustrated the main and interaction effects of biomass dosage and initial brilliant green concentration while maintaining process time at 65 min, Figure 4b illustrated the main and interaction effects of biomass dosage and process time while maintaining initial brilliant green concentration at 17.50 mg/L. The biosorbent capacity decreases with increasing amount of biomass up to about 0.07 g biosorbent dosage, then does not change significantly with increasing biosorbent dosage. This may be since the ratio of the quantity of brilliant green molecules in solution to the biosorbent free regions decreases with increasing biosorbent dosage. Thus, the possibility of interaction between the empty regions and brilliant molecules is reduced (Abe et al., 2019). Figure 4c is a 3D surface plot showing the simultaneous effect of process time and initial brilliant green concentration on the biosorption capacity of brilliant green at constant biomass dosage (0.07 g). It is obvious that the uptake capacity increases by increasing initial concentration of brilliant green. This is because higher dye concentrations provide an improved concentration gradient, a fundamental driving force that helps to resolve the mass transfer resistance of the dye molecules between the solid and liquid phases (Futalan et al., 2012).

For perform numerical optimization, the values of individual factors were stand the analyzed range, while the dependent factor (removal efficiency) was set to find maximum BG removal. For this purpose, by applying the desirability function, the removal efficiency of dye was found to be 67.32% at a biomass dosage of 0.10 g, initial BG concentration of 17.25 mg L⁻¹ and process time of 85 min with good desirability of 1.000. As a result of the

control experiments performed to determine the precision of the selected values, a removal efficiency of 68% was obtained, which shows the accuracy of the model in predicting dye removal. The reason for this is that the removal efficiency obtained in unit adsorbent amount is low and also the toxicity of the dyestuff is very high.

Table 4. Numerical value of the process factors for maximum BG removal efficiency (Desirability=1.000)

	Biomass dosage (g)	Initial BG concentration (mg L ⁻¹)	Process time (min)	Removal efficiency (%)
Optimum value	0.10	17.25	85	67.32

The biosorption efficiencies are related with many factors. Despite the optimization of the common factors that are most critical, the experimental research can be spread out. This situation can be explained with optimizing and discussing the role of temperature as a factor modifying desorption. Another aspect that may be useful is to focus on the properties of biosorption, where several microelements will be simultaneously absorbed into the biomass. Competition by ions for functional groups on the biomass surface is an interesting method to increase the scope

of such research. If the research is separate optimized research, it should be a pH and temperature dependent desorption. The scientists found that one of the other species of *Aspergillus* (*A. niger*) can remove dye materials from an aqueous solution and this is related with three major functional groups. These groups are carboxyl, amino and phosphate, and the lipid fraction in the biomass of *A. niger* play an important role in the biosorption of dye effluents.

3.2. Mortality bioassay

The mortality assessment of the treated and untreated mediums was analyzed using *D. magna* as a model organism. In this study, the mortality rate of *Daphnia* in treated medium were lower, 47,

77 and 90% while, the untreated medium showed 100, 100 and 100% after 24, 48 and 72 h, respectively. All *D. magna* died at untreated medium with an exposure time of 24 h. Additionally, no mortality has been determined in the natural living water (Figure 5).

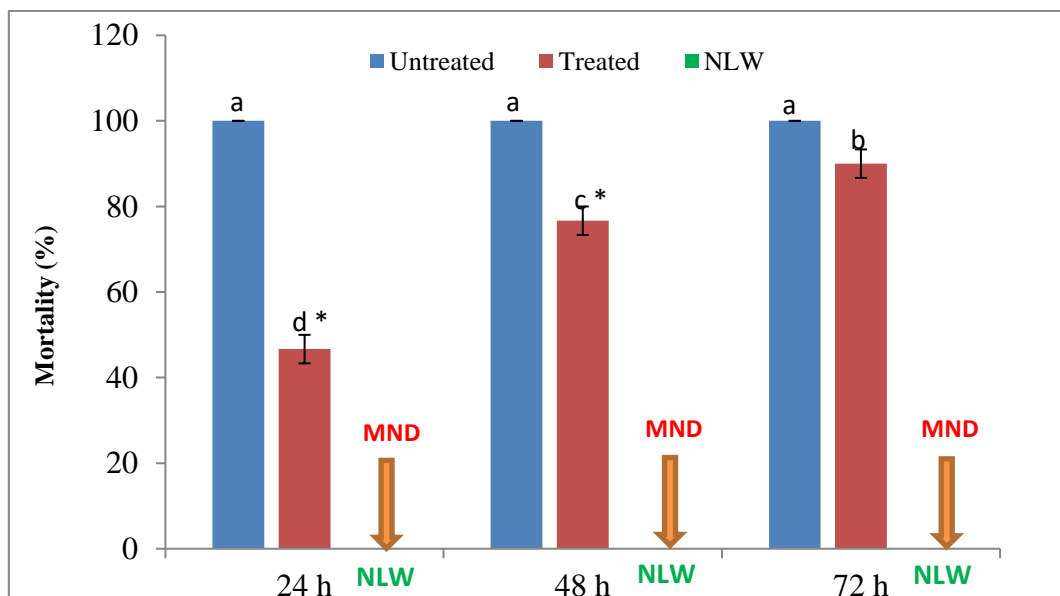


Fig. 5. The mortality rates of *D. magna* in treated and untreated mediums. MND: Mortality Not Determined, NLW: Natural Living Water

Although the decolorization rate under batch biosorption conditions by dead biomass of *A. oryzae* were achieved a significant value (~68%), *D. magna* mortality assessment demonstrated that the decolorization conditions was not sufficient to remove the toxicity of the dye.

In our study, the untreated BG dye has showed so toxic effect on *D. magna* with 100% mortality rate at 24h (Figure 5).

As a result of the treatment process by applying the biosorption method using *A. oryzae*, a significant decrease in the toxic effect (46% mortality) of the BG dye was determined. In our study, although approximately 68% decolorization was obtained, only 46% mortality decreasing was achieved.

Li et al. (2019) used *Aspergillus niger* fungal pellets for the removal of acidic anionic waste dyes with simultaneous growth

of *A. oryzae* pellets. The *A. oryzae* pellets removed nearly 98% of acid dye with a concentration of 200 mg/L.

Kumar et al. (2012) reported the effect of C/N ratio and initial concentration of dye effluents on the decolorization of BG by strains of *Aspergillus* sp. In addition, these scientists determined that the percentage of color removal increased with the increase in C/N ratio and decreased at high dye concentration. According to Deshmukh et al. (2016), the number of studies examining the biosorption properties of fungal spores for the removal of such contaminants is very few.

4. Conclusions and Recommendations

The use of RSM in biosorption studies for decolorization of dyes from aqueous solutions provides great benefits in terms of optimizing process variables. The originality of this study is that it is the first study ever to optimize process variables for decolorization of BG by dead biomass of *A. oryzae* and mortality assessment for *D. magna*. In recent years, the application of RSM among the most important factors has also contributed to reducing the number of necessary experiments, thus making it possible to determine the optimal parameters that affect the biosorption efficiency. At the same time, it would be a useful approach to evaluate the toxicity after decolorization of BG dye with *D. magna* bioassay. Further studies are required to reveal the reasons for the decrease in toxicity after decolorization.

References

Abe, F.R., Machado, A.L., Soares, A.M.V.M., Oliveira, D.P., Pestana, J.T.L. (2019). Life history and behavior effects of synthetic and natural dyes on *Daphnia magna*. *Chemosphere* 236: 124390.

Akash, D., Animesh, D., Biswajit, S. (2019). Ultrasound-aided rapid and enhanced adsorption of anionic dyes from binary dye matrix onto novel hematite/polyaniline nanocomposite: response surface methodology optimization. *Appl. Organometal. Chem.* 34: 5353.

Allouss, D., Essamlali, Y., Amadine, O., Chakir, A., Zahouily, M. (2019). Response surface methodology for optimization of methylene blue adsorption onto carboxymethyl cellulose-based hydrogel beads: adsorption kinetics, isotherm, thermodynamics and reusability studies, *RSC Adv.* 9: 37858-37869.

Angelika, T., Adam, B., Jarosław, D., Krzysztof, K., Brygida, Ś. (2021). *Daphnia magna* model in the toxicity assessment of pharmaceuticals: A review. *Sci. Total. Environ.* 763: 143038.

Arabpour, A., Dan, S., Hashemipour, H. (2021). Preparation and optimization of novel graphene oxide and adsorption isotherm study of methylene blue. *Arab. J. Chem.* 14: 1-13.

Ashish, K., Nayak, A.P. (2018). Rapid and high-performance adsorptive removal of hazardous acridine orange from aqueous environment using *Abelmoschus esculentus* seed powder: Single- and multi-parameter optimization studies. *J. Environ. Manage.* 217: 573-591.

Babu, S.S., Mohandass, C., Vijayaraj, A.S., Dhale, M.A. (2015). Detoxification and color removal of Congo Red by a novel *Dietzia* sp.(DTS26)-a microcosm approach. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 114: 52-60.

Barata, C., Varo, I., Navarro, J.C., Arun, S., Porte, C. (2005). Antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in the freshwater cladoceran *Daphnia magna* exposed to redox cycling compounds. *Comp. Biochem. Physiol. C. Toxicol. Pharmacol.* 140: 175-186.

When in control group mortality was determined as 0% over 72 h, Similarly, Abe et al. (2019) demonstrated that the azo dye BR51 and the natural dye Ery negatively affected *D. magna* after exposures of short and long-term. These researchers showed that exposures to low concentrations of those dye effluents afflicted reproduction and led respiratory changes. The same tendency for *D. magna* was reported by Przystaś et al. (2013). They were determined the high effectiveness of dyes removal, but this effect did not correspond with toxicity decreasing of *D. magna*.

Cheraghipour, E., Pakshir, M. (2021). Environmentally friendly magnetic chitosan nano-biocomposite for Cu(II) ions adsorption and magnetic nano-fluid hyperthermia: CCD-RSM design. *J. Environ. Chem. Eng.* 9: 1-14.

Deshmukh, R., Khardenavis, A.A., Purohit, H.J. (2016). Diverse metabolic capacities of *Fungifor* bioremediation. *Indian. J. Microbiol.* 56: 247-264.

Dil, E.A., Ghaedi, M., Asfaram, A. (2019). Application of hydrophobic deep eutectic solvent as the carrier for ferrofluid: a novel strategy for pre-concentration and determination of mefenamic acid in human urine samples by high performance liquid chromatography under experimental design optimization. *Talanta* 202: 526-530.

Ebert, D. (2005). Ecology, Epidemiology, and Evolution of Parasitism in *Daphnia*. National Library of Medicine (US), National Center for Biotechnology Information, Bethesda (MD)

Fu, Y., Viraraghavan, T. (2001) Fungal decolorization of dye wastewaters: a review. *Bioresour. Technol.* 79: 251-262.

Fu, Y., Viraraghavan, T. (2002) Removal of Congo Red from an aqueous solution by fungus *Aspergillus niger*. *Adv. Environ. Res.* 7: 239-24.

Futalan, C.M., Tsai, W.C., Lin, S.S., Dalida, M.L., Wan, M., Hsien, K. (2012). Copper, nickel and lead adsorption from aqueous solution using chitosan-immobilized on bentonite in ternary system. *Sustain. Environ. Res.* 22: 345-355.

Kharat, D.S. (2015). Preparing agricultural residue-based adsorbents for removal of dyes from effluents-a review. *Braz. J. Chem. Eng.* 32: 1-12.

Koivisto, S. (1995). Is *Daphnia magna* an ecologically representative zooplankton species in toxicity tests? *Environ. Pollut.* 90: 263-267.

Kousha, M., Tavakoli, S., Daneshvar, E, Vazirzadeh, A., Bhatnagar, A. (2015). Central composite design optimization of Acid Blue 25 dye biosorption using shrimp shell biomass. *J. Mol. Liq.* 207: 266-273.

Kumar, C.G., Mongolla, P., Joseph, J., Sarma, V.U.M. (2012). Decolorization and biodegradation of triphenylmethane dye, BG, by *Aspergillus* sp Isolated from Ladakh, India. *Process. Biochem.* 47: 1388-1394.

Li, S., Huang, J., Mao, J., Zhang, L., He, C., Chen, G., Parkin, I.P., Lai, Y. (2019). In vivo and in vitro efficient textile wastewater remediation by *Aspergillus niger* biosorbent. *Nanoscale Adv.* 1: 168-176.

Louhichi, G., Bousselmi, L., Ghrabi, A., Khouni, I. (2018). Process optimization via response surface methodology in the physicochemical treatment of vegetable oil refinery wastewater. *Environ. Sci. Pollut. Res. Int.* 26: 18993-19011.

Michalak, I., Chojnacka, K., Korniewicz, D. (2020). Effect of marine macroalga *Enteromorpha* sp. Enriched with Zn(II) and Cu(II) ions on the digestibility, meat quality and carcass characteristics of growing pigs. *J. Mar. Sci. Eng.* 8: 347.

- Milani Shirvan, K., Mamourian, M., Mirzakhani, S., Ellahi R (2017). Numerical investigation of heat exchanger effectiveness in a double pipe heat exchanger filled with nanofluid: A sensitivity analysis by response surface methodology. *Powder. Technol.* 313: 99–111.
- Nwabanne JT, Okpe EC, Asadu CO, Onu, C.E. (2017). Application of response surface methodology in phenol red adsorption using kola nut (*Cola acuminata*) shell activated carbon. *Int. Res. J. Pure. Appl. Chem.* 15: 1–14.
- Oguanobi, N.C., Onu, C.E., Onukwuli, O.D. (2019). Adsorption of a dye (crystal violet) on an acid modified non-conventional adsorbent. *J. Chem. Technol. Metallurgy.* 54: 95–110.
- Onu, C.E., Oguanobi, N.C., Okonkwo, C.O., Nnamdi-Bejie, J. (2020). Application of modified agricultural waste in the adsorption of bromocresol green dye. *Asian. J. Chem. Sci.* 7: 15–24.
- Pathania, D., Sharma, S., Singh, P. (2017). Removal of methylene blue by adsorption onto activated carbon developed from *Ficus carica* bast. *Arab. J. Chem.* 10: 1445–1451.
- Pormazar, S.M., Dalvand, A. (2020). Adsorption of Reactive Black 5 azo dye from aqueous solution by using amine-functionalized Fe₃O₄ nanoparticles with L-arginine: Process optimisation using RSM, *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, in press, <https://doi.org/10.1080/03067319.2020.1743278>
- Przystaś, W., Zabłocka-Godlewska, E., Grabińska-Sota, E. (2013). Effectiveness of Dyes Removal by Mixed Fungal Cultures and Toxicity of Their Metabolites. *Water Air Soil Pollut.* 224: 1534.
- Sadhukhan, B., Mondal, N.K., Chattoraj, S. (2016). Optimisation using central composite design (CCD) and the desirability function for sorption of methylene blue from aqueous solution onto *Lemna major*. *Karbala International Journal of Modern Science.* 2: 145-155.
- Salman, T.A., Ali, M.I. (2019). Eriochrome Black T dye adsorption onto natural and modified orange peel. *Re. J Chem. Environ.* 23: 155–169.



Investigation of the Sustainability of Lithium Ion Batteries from Environmental Technologies and Forecast Emissions for the Future

Emel Kıyan¹, Gokhan Onder Erguven^{2*}, Erkut Guler³

¹Yildiz Technical University, Faculty of Civil Engineering, Department of Environmental Engineering, Istanbul, Turkey
(ORCID: 0000-0003-0562-742X), ekocak@yildiz.edu.tr

²Munzur University, Faculty of Economics and Administrative Sciences, Department of Urbanization and Environmental Issues, Tunceli, Turkey (ORCID: 0000-0003-1573-080X), mtanyol@munzur.edu.tr

³Yildiz Technical University, Faculty of Civil Engineering, Department of Environmental Engineering, Istanbul, Turkey (ORCID:0000-0002-2892-8324), erktguler@gmail.com

(First received 23 February 2022 and in final form 30 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1077865)

ATIF/REFERENCE: Kıyan, E., Erguven, G.O., & Guler, E. (2022). Investigation of the Sustainability of Lithium Ion Batteries from Environmental Technologies and Forecast Emissions for the Future. European Journal of Science and Technology, (35), 507-513.

Abstract

With the changing needs in the digital world, more environmentally friendly technologies are needed. Lithium-ion batteries have an important place in the list of such environmentally friendly technologies that people turn to. The most important factor in choosing lithium-ion batteries is that lithium is a strategic raw material and provides a sustainable efficiency in vehicles. The negative effects of fossil fuel-consuming vehicles on the environment and the depletion of resources are known. For this reason, the trend towards vehicles developed using renewable technologies such as lithium-ion batteries is increasing. Lithium-ion batteries are also a very high source of energy efficiency, as they contain lithium, a strategic raw material, and have useful, recyclable and recyclable features. This energy source is not only a sustainable environmental technology for humans, but also an economic value that will contribute to raw material recycling. These energy source batteries, which can be used in electric vehicles, are an important technological development that has a great role in reducing the air pollution caused by fossil fuel-based vehicles. Our country is insufficient in terms of lithium reserves and imports this resource. Finally, in this study, solution suggestions will be presented for the efficient use of lithium-ion batteries in the national economy.

Keywords: Lithium-ion battery, Energy efficiency, Fossil fuels, Environmental technologies, Electric Vehicles, Sustainability

Çevreci Teknolojilerden Lityum İyon Pillerinin Sürdürülebilirliğinin İncelenmesi ve Geleceğe Yönelik Emisyon Tahmini

Öz

Dijital dünyada ihtiyaçların değişmesiyle birlikte daha çevreci teknolojilere gereksinim duyulmaktadır. İnsanların yöneldiği bu tarz çevreci teknolojiler listesinde lityum iyon piller önemli bir yere sahiptir. Lityum iyon pillerin tercih edilmesinde en önemli etken, lityumun bir stratejik ham madde olması ve taşıtlarda sürdürülebilir bir verim sağlamasıdır. Fosil yakıt tüketen araçların çevreye verdiği olumsuz etkiler ve kaynakların tükenebilirliği bilinmektedir. Bu sebeple lityum iyon pil gibi yenilenebilir teknolojiler kullanılarak geliştirilen taşıtlara yönelim artmaktadır. Lityum iyon piller, stratejik bir ham madde olan lityumu barındırması hem kullanışlı hem geri dönüştürülebilir, hem de tekrar kazanılabilir özelliklere sahip olduğundan enerji verimliliği açısından da oldukça yüksek bir kaynaktır. Bu enerji kaynağı, insanlar için sadece sürdürülebilir bir çevresel teknoloji değil aynı zamanda ekonomik açıdan hammadde geri dönüşümüne katkı sağlayacak bir değerdir. Elektrikli araçlarda kullanılabilen bu enerji kaynağı piller, fosil yakıt kaynaklı taşıtların sebep olduğu hava kirliliğinin azaltılmasında büyük rolü olan önemli bir teknolojik gelişmedir. Ülkemiz, lityum rezervi açısından yetersiz olup bu kaynağı ithal etmektedir. Bu çalışmada son olarak, lityum iyon pillerinin ülke ekonomisine verimli bir şekilde kazandırılabilmesi için çözüm önerileri sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Lityum iyon pil, Enerji verimliliği, Fosil Yakıtlar, Çevresel teknolojiler, Elektrikli Araçlar, Sürdürülebilirlik

1. Introduction

In these days when we live in the digital age, the continuous increase in the global population and the industrial and technological development of societies increase the demand for energy all over the world. It is predicted that the environmental problems caused by this energy demand in the past years will reach more serious dimensions in the future. One of the environmental problems is the exhaust emissions that come out during the use of fossil fuel vehicles. These high-volume emissions react with other pollutants in the atmosphere, causing greenhouse gas formation and depletion of the ozone layer. With this thinning, the sun's radiation reaches the earth, negatively affecting all living things and life. In order to reduce greenhouse gas emissions, attention was drawn to the use of renewable resources such as solar and wind energy within the scope of the 2016 Paris Agreement.

The raw materials to be obtained from old lithium-ion batteries used in electric cars and electronic vehicles in Turkey and 6 member countries of the European Union will be turned into superior batteries at our Universities and put on the market again. There is a raw material crisis in the world right now. With such studies, this raw material crisis will be partially resolved. Universities will conduct research in the field of energy and storage with these projects. Energy produced from discontinuous and intermittent sources has limited competition with fossil fuels, which are currently the most used. This is because it requires grid distribution and efficient storage. In this view, it is extremely important to develop rechargeable batteries with high energy and power density, long life and cost-effectiveness. Thus, it is expected to enable the gradual transition of environmentally sustainable energy sources in the near future (Paris Agreement, 2021).

Studies have shown that batteries, which are a green technology and used in electric vehicles, are still developing and are being introduced gradually. However, within the scope of the circular economy, it is not known how much of the batteries can be recycled after use or at what rate the energy efficiency is progressing. For this reason, many researchers and companies conduct studies around the world. As a result of these studies, more environmentally friendly, emission-free vehicles are developed thanks to optimized batteries and electrical systems. With the decrease in the emission rate, environmental problems will decrease day by day and diseases caused by air pollution will be prevented (Air Pollution and Climate Change, 2010).

The negative effects of fossil fuel-consuming vehicles on the environment and the depletion of resources are known. For this reason, the trend towards vehicles developed using renewable technologies such as lithium-ion batteries is increasing. Lithium-ion batteries are also a very high source of energy efficiency, as they have useful, recyclable and recyclable features. This energy source is not only a sustainable environmental technology for humans, but also an important technological development that will contribute to raw material recycling economically and play a major role in reducing air pollution (Taylor and Francis, 2014).

In the working mechanism of lithium-ion batteries, unlike conventional batteries, no redox reaction is used to generate electricity. Instead, lithium ions oscillate between the anode and cathode, forcing electrons to move with them. Functionally, a lithium-ion battery cell mainly consists of cathode, anode,

electrolyte and separator. In addition to these basic elements, the usable battery has a protective metal case, plastic coating and electronic control unit (Zeng et al., 2014).

Lithium reserves are in a certain amount in the world, and studies should be carried out on the recovery, reuse, and recycling of this substance. In this context, in this study, the economic and environmental aspects of the sustainability of lithium-ion batteries are examined. In these reviews, the current situation is explained with the relevant graphics and tables, considering the data in Turkey and the world. Finally, solution proposals will be presented for our country, which has insufficient lithium reserves and imports lithium-ion batteries.

2. Material and Method

2.1. Methodology

In the methodology followed in the sustainability study of lithium-ion batteries, which is one of the environmental technologies, the economic and environmental aspects of the sustainability of lithium-ion batteries were examined, as well as the issues of circular economy, water footprint, raw materials, post-use collection, reuse, landfill, thermal recovery and recycling.

2.1.1. Circular Economy

The circular economy for lithium-ion batteries is designed to reduce waste. It is also a regenerative approach that aims to guarantee the eco-sustainability of products after use. In the circular economy approach for lithium-ion batteries, the main features of the design product are defined at the design stage. In the automotive sector, details such as collision safety, center of gravity and area optimization, functionality of each special component and labeling of batteries produced within the scope of circular economy, optimization, facilitating processes during the recycling of the materials used in production come to the fore (Mossali et al., 2020).

2.1.2 Water footprint

The water footprint measures the amount of water used to produce each of the goods and services. A single process like growing rice can be measured for a product like jeans, the fuel we put in our car, or an entire multinational corporation. A water footprint can also tell us how much water is consumed by a particular country or globally in a particular river basin or from an aquifer (Water footprint, 2021).

2.1.3 Raw Material

The main natural reserves of raw material mining lithium are China and South Africa. Lithium is extracted from igneous rocks by roasting and filtration processes. In fact, extraction from brine is limited by technological barriers: 20000 tons of water are needed to obtain 1 tonne of lithium. However, these resources are not infinite and unless batteries are recycled with 90% efficiency, Li demand is predicted to exceed mining supply in 2023-2025. The manufacture and use of batteries is being studied at laboratory and industrial scales to meet the increasing market demand, with continuous improvements in the chemistry and performance of batteries. Together with the portable applications of batteries, it is gaining more and more importance in the automotive industry, with sales of more than 1 million electric vehicles worldwide in 2017 (Mossali et al., 2020)

2.1.4 Post-Use Collection

Despite the large quantities of portable lithium-ion batteries produced and sold, the collection of waste batteries is not possible in Turkey. In the study conducted by Anadolu Agency, it was announced that a total of 730 tons of batteries were collected in 2017 and 751 tons of batteries in 2018, but today there is no data on the amount of waste batteries collected in any official institution (Guler, 2021).

2.1.5 Reuse

Although the remaining capacity of end-of-life batteries from electric vehicles is not sufficient for these vehicles, it can be used efficiently in other areas.

2.1.6 Landfill and Thermal Recovery

Lithium-ion batteries should be sent to landfill if they have been damaged irreversibly after use and cannot be recycled. Since there are electrodes and metals in the battery, care should be taken not to pollute the soil and groundwater. Batteries may react with moisture to release toxic gases such as hydrogen fluoride (HF) and cause fire accidents in case of incineration (Mossali et al., 2020).

2.1.7 Recycling

The recycling of lithium-ion batteries allows to reduce energy use, decrease carbon emissions, reduce the use of natural resources and raw materials, minimize environmental impact and damage, provide an economic gain, and reduce waste and waste management problems. With battery recycling, 13% of the cost of 1 kWh of lithium-ion batteries is expected to be recovered. However, only 3% of batteries are recycled in today's world.

Table 1. Lithium Production and Reserves by Countries (Mining Inspection, 2021).

COUNTRIES	PRODUCTION		RESERVE
	2019	2020	
USA	Veri Yok	Veri Yok	750.000
Argentina	3.600	5.700	1.900.000
Australia	14.000	14.300	4.700.000
Brazil	200	200	95.000
Canada	200	-	530.000
Chile	10.500	12.000	9.200.000
Chinese	2.000	2.000	1.500.000
Portugal	200	200	60.000
Zimbabwe	900	900	220.000
Other Countries (7)	-	-	2.100.000
TOTAL	31.500	35.000	21.000.000

Table 2. Countries exporting lithium carbonate in the world in 2015 (Ziya et al., 2017).

EXPORTER COUNTRIES	AMOUNT (kg)	VALUE (\$)
Chile	49.611.178	244.977.556
Argentina	13.798.535	64.011.183
Belgium	7.482.445	36.251.513
EU-28	4.076.955	20.485.737
Germany	2.893.203	19.804.386
Chinese	1.587.794	12.932.890
USA	1.578.728	10.623.924
Slovenia	114.664	2.197.203
Britain	30.253	2.009.583
Japan	303.176	1.727.837
Holland	208.982	1.461.760
Republic of Korea	102.641	1.224.768
Other Countries (36)	594.150	4.075.746
TOTAL	82.382.704	421.784.086

Electric vehicle manufacturers are looking for new areas by working on the secondary use of lithium-ion batteries. Among these areas, emergency generators, cleaning and agricultural machinery, construction equipment, forklifts, and electric bicycles stand out due to their required low performance. Research is still ongoing for other usable areas. The reuse of lithium-ion batteries, as well as their production, poses a significant challenge. The reason for this is that the batteries must not be damaged for reuse, their usage efficiency must be in place, and the battery pack must be removed in a safe and non-destructive manner (Guler, 2021).

Looking at the latest work plans of recycling plants, only Co, Cu, steel, Ni, and Al are recycled. There are many substances that are not considered during recycling. When this process is developed, the materials will be recycled and these recycled materials will be marketed to the production industries and different markets may emerge. What makes recycling challenging is the requirement that the Li and electrodes in the batteries can be recycled safely (Guler, 2021).

2.1.8 Economic Dimension of Sustainability of Lithium-Ion Batteries

Lithium is low in reserves and is used in new technologies. For this reason, the market share of lithium has been increasing over the years and continues to increase. On the basis of countries, this situation is indicated in Table 1. Countries exporting and importing lithium carbonate in the world in 2015 are given in Table 2 and 3 respectively.

Table 3. Countries importing lithium carbonate in the world in 2015 (Ziya et al., 2017)

IMPORTING COUNTRIES	AMOUNT (kg)	VALUE (\$)
Republic of Korea	16.137.661	89.599.569
EU-28	13.551.097	68.980.166
Japan	11.962.746	65.331.804
USA	12.901.408	61.437.487
Chinese	11.053.036	57.359.873
Belgium	7.857.100	41.011.245
Germany	3.117.479	16.182.349
Spain	2.250.289	8.620.978
Turkey	1.372.452	8.353.781
Russia	2.180.051	8.075.028
Thailand	1.039.067	6.663.086
France	769.686	5.806.963
India	1.252.306	5.684.156
Italy	926.086	5.182.571
Other Countries (77)	3.203.033	27.567.178
TOTAL	89.573.497	475.856.234

When Table 2 and Table 3 are examined, the amounts of lithium carbonate exports and imports in the world in 2015 and their economic values are given in dollars. Here, Chile takes the lead in terms of exporting countries with the highest amount and economic value. In terms of import data, the Republic of Korea ranks first. Turkey is not among the exporting countries in these tables. Our country, which imports approximately 1.5 million kg

of lithium carbonate, has paid approximately 8.5 million dollars according to 2015 data.

Limited sources of lithium cause prices to rise gradually. The increase in lithium prices in the world is shown in Table 4. Between 2002 and 2018, lithium prices in dollar terms rose from about 2000 to 16,500. It is considered to be extremely important for Turkey to take its place in this market.

Table 4. Lithium Price Increase in the World (Metalary lithium prices, 2021)

Year	Prize (\$)	Piyasa Fiyatı (\$)
2018	16.500,00	16.500,00
2017	9.100,00	9.318,40
2016	7.475,00	7.830,45
2015	6.500,00	6.965,70
2014	5.050,00	5.417,22
2013	4.390,00	4.784,58
2012	4.220,00	4.668,29
2011	3.870,00	4.371,01
2010	4.350,00	5.070,37
2009	4.530,00	5.364,66
2008	4.440,00	5.237,05
2007	3.530,00	4.321,91
2006	2.320,00	2.919,99
2005	1.460,00	1.896,39
2004	1.720,00	2.310,06
2003	1.550,00	2.137,94
2002	1.590,00	2.243,56

The datas in Table 2 and Table 3 show the lithium import and export situation in the world. Accordingly, Turkey is a lithium importing country. On the other hand, when we look at the import and export rates, the demand for lithium requirement has been increasing over the years and this situation is reflected in the prices. Areas where Lithium is used in Turkey is given in Figure

1. When the pie chart in Figure 1 is examined, 40% share in the areas where lithium is used in Turkey consists of batteries and

electric vehicles. This shows that the use of electric vehicles and environmentally friendly battery technologies is increasing in Turkey.

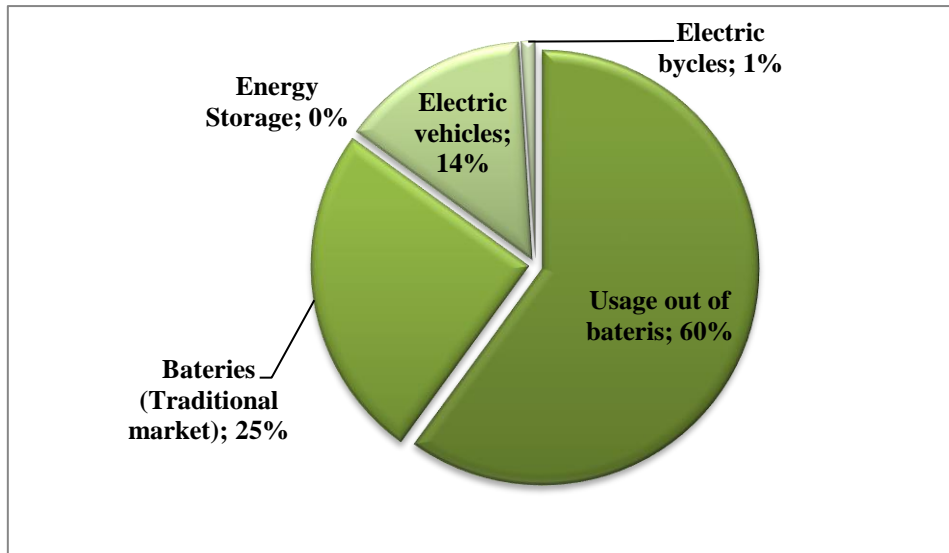


Fig. 1. Areas where Lithium is Used in Turkey (Mining Inspection, 2021)

2.1.9 Environmental Aspect of the Sustainability of Lithium-Ion Batteries

As a result of the combustion of fossil fuels, pollutants such as carbon monoxide (CO), particulate matter, sulfur oxides (SO_x), nitrogen oxides (NO_x), hydrocarbons (C_xH_y), soot are released into the atmosphere (Perera, 2018). These fossil fuels, which are the main sources of air pollution, have been tried to be reduced by agreements such as the Kyoto protocol. Such agreements primarily bind developed countries. These countries, which are largely responsible for the current high greenhouse gas emissions in the atmosphere, also play an important role in the development and export of lithium-ion batteries as a result. It is reported that carbon emissions per capita in the world and in Turkey have been increasing over the years (The Word Bank, 2021 and Greenhouse gas statistics 2021).

Rechargeable batteries such as lead-acid, nickel-cadmium, nickel-metal hydride and lithium-ion are being developed for the purpose of storing hydrogen in the form of metal hydride and using it in portable electronic devices. Alloys containing rare earth elements (REE) are used in rechargeable nickel-metal hydride batteries due to their hydrogen storage properties. For example, LaNi₅ has the ability to store significant amounts of hydrogen gas. The hydrogen density in LaNi₅H₆ is much higher than in liquid hydrogen (Binnemas et al., 2013). Due to the high price of pure lanthanum, an alloy containing light REE (La, Ce, Pr, Nd) is used instead. NiMH battery consists of metal hydride as negative electrode, Ni (OH)₂ as positive electrode and alkaline electrolyte (KOH).

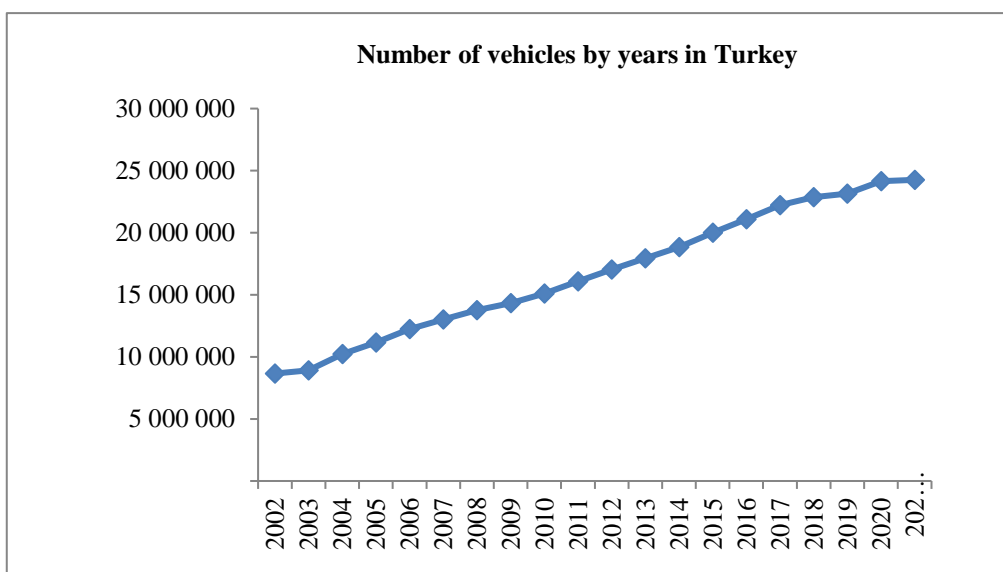


Fig. 2. The increase in the number of vehicles in Turkey by years (Turkish Statistical Institute, 2021)

3. Results and Discussions

In recent years, the increase in the world's population and the change in needs have led people to turn to new environmental technologies. In this process, we see that the production of electric vehicles has accelerated, especially in developed countries. The energy source of these vehicles is lithium-ion batteries, which is also one of the environmentally friendly technologies. These batteries do not emit carbon emissions into the atmosphere during use and are quite environmentally friendly compared to fossil

fuels. Lithium-ion batteries are limited as raw materials and this is reflected in the prices. This technology, which will solve the problem of air pollution, is preferred because it offers us a more environmentally friendly approach, although its cost is high.

Vehicles emit approximately 253 grams of CO₂ emissions per 1 km into the atmosphere. When we make a calculation based on this data, the carbon emission amounts per kilometer of all vehicles, by years, are given in Figure 3.

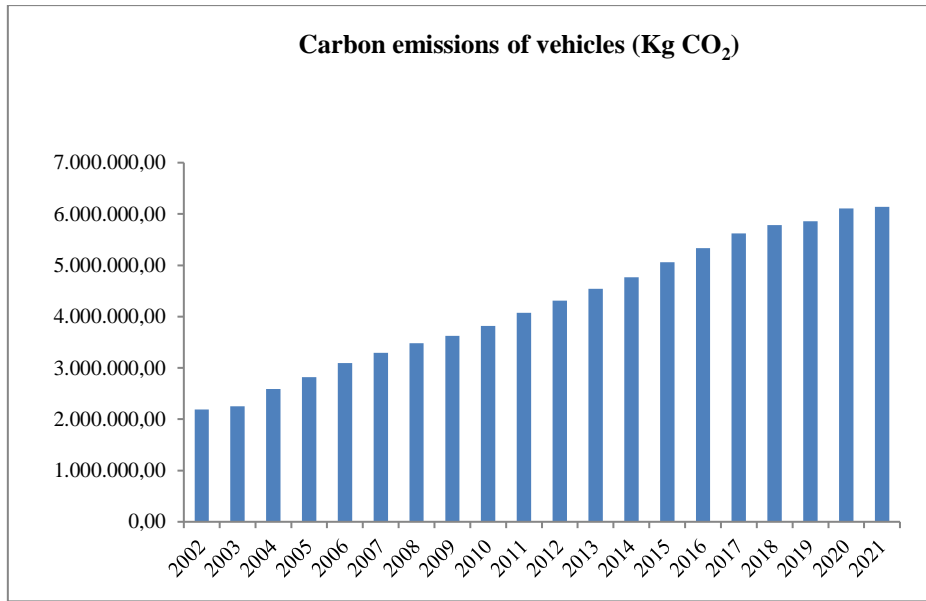


Fig. 3. Total carbon emission values of vehicles per km (Guler and Kiyani, 2021)

In the calculation, it is seen that approximately 6,351,700 kg of CO₂ emissions are released into the atmosphere. The amount of this pollutant originating from fossil fuels is high and can harm the environmental environment. If the use of electric vehicles with lithium-ion battery technology were mandatory in Turkey at the moment, approximately 6,351,700 kg of CO₂ emissions per km of vehicles would be prevented. In this case, our country will have shown an important technological development in terms of environment.

4. Conclusions

As a result of developing global living standards in recent years, environmental problems have increased and technological developments have evolved into more environmentalist approaches. Especially in Turkey, the high use of fossil fuel vehicles and the increase in air pollution-related problems necessitate this evolution. Lithium-ion batteries are an extremely important environmental technology in this sense and are used as an energy source in electric vehicles. At this point, Turkey is a country that imports lithium-ion batteries. It is necessary to exit this position. With the environmental agreements signed around the world, our country can turn to the use of electric vehicles in order to reduce greenhouse gas emissions. Such an obligation may put Turkey in a position that produces, uses and even exports lithium-ion batteries rather than importers. However, it is stated that there is no lithium reserve in our country. It has been reported that lithium cannot be extracted in countries such as Turkey that can extract boron, and there is an inverse proportion between them (9). Based on this statement, a solution must be found. Lithium-

ion batteries can be recycled after use in electric vehicles. For this, battery recycling facilities should be established. The number of these established facilities should be increased. Thus, Turkey's use of lithium, metal alloys and other raw materials can be reduced. For this, a circular economy must be established within the country. Looking at the number of imports and exports, it is seen that this need will increase in terms of other countries. By using the recycling sector, a new market understanding on battery recycling and lithium import-export can be revealed. In order for the vehicles used in Turkey to be replaced with electric vehicles, the government should provide an incentive and a certain period of time should be allowed for this change within the country. The public should be informed about the use of such environmental technologies by giving trainings. Thus, public orientation should be provided to electric vehicles whose energy source is lithium-ion batteries instead of vehicles that consume fossil fuels.

References

- Air Pollution and Climate Change (2010). [Online]. Available: <http://fixtheclimate.com/>
- Binneman, K., Jones P.T., Blanpain B., Van Gerven T., Pontikes Y. (2015). Towards zero waste valorisation of rare-earth-containing industrial process residues: a critical review, J. Cleaner Prod. 99: 17–38.
- Greenhouse Gas Statistics (2021). [Online]. Available: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Greenhouse-GasEmissions-Statistics-1990-2019-37196>

- Guler E., Kıyan E., (2021). Lityum iyon pillerinin sürdürülebilirlik bakımından değerlendirilmesi, Bitirme Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi.
- Metalary Lithium Prices (2021). [Online]. Available: <https://www.metalary.com/lithium-price/>
- Mining İnspection (Maden tetkik ve arama genel müdürlüğü) Dünyada ve Türkiye’de lityum, (2021). [Online]. Available: <https://www.mta.gov.tr/v3.0/sayfalar/bilgi-merkezi/maden-serisi/img/L%C4%B0TYUM.pdf>
- Mossali, E., Picone, N., Gentilini, L., Rodríguez, O., Pérez, J. M., and Colledani, M. (2020). Lithium-ion batteries towards circular economy: A literature review of opportunities and issues of recycling treatments. *J. Environ. Manage.* 264: 110500.
- Paris Antlaşması (2021). [Online]. Available: <https://iklim.csb.gov.tr/paris-anlasmasi-i-98587>
- Perera, F. (2018). Pollution from Fossil-Fuel Combustion is the Leading Environmental Threat to Global Pediatric Health and Equity: Solutions Exist. *Int J Environ Res Public Health.*, 15(1): 16.
- Taylor and Francis Inc. (2014). pp. 1129–1165
- The World Bank (2021). [Online]. Available: https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?end=2018&start=2000_25
- TUIK, Motorlu Kara Taşıtları, (2021). [Online]. Available: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Motorlu-Kara-Tasitlari-Ocak-2021-37411>
- Water footprint (2021). [Online]. Available: <https://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint>
- Zeng, X., J. Singh, Li., and N. (2014). Recycling of spent lithium-ion battery: A critical review. *Crit. Rev. Environ. Sci.*, 44:10.
- Ziya, Y., Mesut, A., Maden, Ş. (2017). Dünyada ve Türkiye’de lityum. MTA. 2017.



Analyzing of EEG Signals with Deep Learning and Discrete Wavelet Transform

Khaled Omar Mukhtar Abukhettala¹, Oğuz Ata²

^{1*} Altinbas University, Department of Electronic and Computer Engineering, Istanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2554-9350)

khaled.abukhettala@ogr.altinbas.edu.tr; khaled93794@gmail.com

^{2*} Altinbas University, Department of Software Engineering, Istanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0003-4511-7694), oguz.ata@altinbas.edu.tr;

oguzata@gmail.com

(First received 22 June 2021 and in final form 22 February 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.953576)

ATIF/REFERENCE: Abukhettala, K. O. M., & Ata, O. (2022). Analyzing Of EEG Signals with Deep Learning and Discrete Wavelet Transform. *European Journal of Science and Technology*, (35), 514-521.

Abstract

In this study, the capability to study the effect of each feature on the accuracy of the classification, whereby in the mixture of features with the Convolutional Neural Networks (CNNs) to identify epilepsy seizure in EEGs was searched. The EEG signals were first analyzed within 5 subsignals at specific frequencies bands by using Discrete Wavelet Transforms (DWT) at 5 levels, and then features were extracted from each sub signal. Finally, there was convolutional neural network classification. The best classification accuracies obtained when extracted eight features from EEG signals 96.5%. That means these features are strong to catch epilepsy seizure. Usually, the smart methods could be utilized within a more broad range of identification model problems that are also relevant to humans, such as the epilepsy diseases discovery and judgment.

Keywords: Electroencephalogram, Discrete Wavelet Transforms, Convolutional Neural Networks.

1. Introduction

An epilepsy seizure is a sort of complex illness. Epilepsy seizure is a second most predominant complex issue in human after stroke. Approximately (40) million or (50) million people on planet experience the ill effects of epilepsy [1]. In epilepsy seizure, the typical example of complex neuronal activities winds up plainly aggravated, bringing about abnormal sensations, feelings, and conduct or some of the time shakings, muscle seizures, and absence of cognizance. Epilepsy seizure is portrayed repetitive seizure by utilizing strange electrical activity in the brain creates adjusted observation or conduct. Contingent upon the degree of the association of mind regions amid the seizure, epilepsy can be separated into two fundamental

sorts. Summed up seizures include nearly the whole mind, while incomplete seizures start from an encircled zone of the cerebrum and stay limited to this territory. The (EEG) electroencephalogram is the registration of the electrical activity in the mind. There were distinct two sorts of EEGs by relying upon the region of the terminal on the head: scalp (the skin covering the head) and within the skull. For scalp EEGs, those anodes set on the scalp with great mechanical and electrical connections. Be that as it may, intracranial EEG is acquired through exceptional terminals embedded in the mind amid an operation surgery. Scalp EEGs is that concentration on this exploration is a very widely recognized demonstrative technique to distinguish anomalies of the cerebrum's electrical movement. EEGs records contain amounts of important data such as identifying epilepsy. Inquiries about on program seizure

location started in the 1970s and different strategies tending to this issue have been exhibited. Chen et al. (2016), has proposed a system to utilize DWT what's more, (SVM) Support Vector Machine for epileptic concentrate restriction issue in view of EEG. To give a rule in choosing the best settings for DWT disintegrated the EEG fragments in 7 commonly utilized wavelet families to their greatest hypothetical levels [2]. Riaz, F., Hassan et al. (2016), this study, presented a system for the discovery of epilepsy seizures in the EEGs. this system depends on the extraction of temporal and spectral characteristics from (EMD) Empirical Mode Decomposition of the EEGs [3]. Singh et al. (2015), Wavelet transforms were utilized to depict the EEG motion in estimated and details coefficients. Spike associated characteristics were extricated for a preparation counterfeit normal system, which was utilized for characterization normal and epilepsy patterns in EEGs [4]. Abualsaud et al. (2015), has studied the utilization a new ensemble classification to identify an epileptic seizure in the state of compressed and vociferous EEGs. The (NSC) Noise Aware Signal Combination ensemble classification combines four grouping models on their single execution. The main goal from the proposed classification was to improve the order exactness within noisy and incomplete information while protecting a sensible measure of many sided quality [5]. Kumar et al. (2014), The study was presented discrete wavelet transforms (DWT) analysis and approximation entropy (ApEn) of EEGs Seizure discovery was performed in two steps [6]. Nanthini et al. (2015), the main goal was to examine the execution of the classification concerning (SVM) Support Vector Machine and (CNNs) Convolutional Neural Networks applying wavelet transforms for display epilepsy seizure. The study had used Discrete Wavelet Transform to analysis EEGs which is nonstationary [7]. Nunes et al. (2014), This study showed a regular offering valuation of the lately entered (OPF) Optimum Path Forest classification when working with the assignment of an epilepsy ill diagnosis straight in EEGs. The design had used a benchmark dataset huge include of five groups, the whole difference was a very difficult obtain. The four models from wavelet transform function and three famous of filter ways were examined for the feature extraction and determination, respectively. Furthermore, (SVM) Support Vector Machines composed with (SVM-RBF) Radial Basis Function kernel, (CNN-MLP) Multilayer Perceptron Neural Networks, and Bayesian classification were applied for compared with indications of efficiency and implementation [8]. Fathima et al. (2013), exhibited, a method depended on the wavelet analysis with the computation of certain statistical characteristics was reported. The wavelet analysis was made up to the fourth level, then by the computation of the statistical feature; interquartile range the wavelet coefficients. The features were excerpted for five kinds of

EEG signals. A linear classifier trained on these features could classify normal and epilepsy EEG signals with 100 % sensitivity and specificity were the accuracy of 95.6% for five states [9]. Omerhodzic et al. (2013), presented, Discrete Wavelet Transforms by t using (MRA) Multi Resolution Analysis was applied for analysis EEGs determination levels of ingredients of the EEGs and the Parseval's theory was applied at obtaining the rate distribute of energy characteristics of the EEGs at various decision levels. Second, (CNNs) Convolutional neural network, the Features groups of the EEGs depending on the rate distribute of the strength of the signal features [10]. Übeyli et al. (2009), EEGs was analyzed into time–frequency simulations utilizing discrete wavelet transforms with Daubechies function (order 2) and analytical characteristics were determined to describe their distribution as supplies to the mixed neural network model [11]. Subasi et al. (2007), The discrete wavelet transforms have been used to process and analyze the signal to select the features of the extract features and then presented ME (Mixture Of Experts), a classification for epileptic seizure discovery dependent on a mixture of expert types [12]. Mohseni et al. (2006), has utilized a (STFT) Short Time Fourier Transform to decompose of EEG signals and extracted properties depending on the imaginary Vigner-Ville distribution and pseudo Wagnerville. These characteristics have been used as data for Convolutional neural network classification [13]. The EEG signals essentially have a tiny boundary of amplitude (nearly 100 Microvolt) and the spectrum of frequency. Features extraction is the best representation of the method for EEGs and is extraordinary for program seizure revelation execution. Include extraction trains to take the fundamental and unmistakable elements covered up in EEG signal that promptly command the last arrangement exactness. In this way, highlight extraction plays out an exceptionally significant capacity in model acknowledgment.

In this investigation, every EEG window has broken down into five essential EEGs subgroups by using discrete wavelet change, where is used time recurrence examination for giving an enough assessment of different recurrence wave levels in the brain. The EEGs window is dissected into different recurrence levels by using fourth request Daubechies (db4) wavelet work up to five level of the investigation. The statistical characteristics such as (Entropy, Minimum, Maximum, Mean, Standard Deviation, Energy, and Ratio Mean of Adjacent Sub-Bands) are calculated in 6 different cases for feature extraction, then, these features become input to classification Convolutional neural network (CNNs), for study the effect of each feature on the classification accuracy.

2. Methodology

Recently, As shown in Figure 1, our method consists of eight sections; discrete wavelet transform is applied to decompose the EEGs into five sub-bands at specific frequencies.

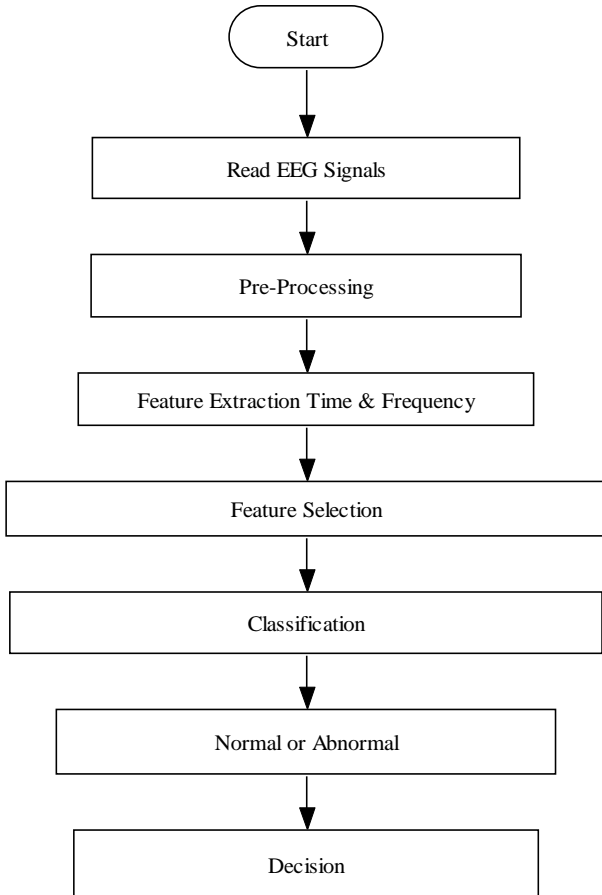


Figure 1. flowchart of the proposed method for EEG signal classification

After decomposition will compute features eight EEGs in time and frequency domain in different cases of number features. Finally, these features are fed into a Convolutional Neural Networks to obtain a decision as to the kind of signal.

Foretelling in a seizure epilepsy start is an extensive complex biomedical trouble that begets many studies of the smart computing field across the prior two decades [18, 19]. The neural network pattern with applying wavelet

eISSN:21482683

analysis was used to the problem. The (WT) Wavelet Transform gives exceptionally broad techniques, which can be utilized to a few occupations in flag handling. One extremely critical application is the capacity to ascertain and handle information in packed parameters, that are regularly named highlights [18, 22, 23]. Along these lines, the EEG signal, incorporate of numerous information focuses, can be reduced to a couple of parameters. These parameters portray the conduct of the EEG signal. This element of utilizing a less number of parameters to depict the EEG signal is particularly imperative for recognizable proof and recognizing purposes.

The wavelet transformation can be arranged into two sorts.

- 1) Continuous Wavelet Transforms (CWT).
- 2) Discrete Wavelet Transforms (DWT).

Continuous Wavelet Transforms (CWT).

$$cwt(a, b) = \int_{-\infty}^{+\infty} x(t) \varphi * a, b(t) dt \quad (1)$$

Where $x(t)$ depicts the examined signal a and b portray the scaling element (dilatation/pressure coefficient) and interpretation along the time hub (moving coefficient), individually, and the superscript reference bullet demonstrates the unpredictable conjugation. $\varphi * a, b$ is accomplished by scaling the wavelet at time b and scale.

$$\varphi * a, b = \frac{1}{\sqrt{|a|}} \varphi\left(\frac{t-b}{a}\right) \quad (2)$$

Where $\varphi(t)$ describe the wavelet [20]. The primary estimate, A1 is additionally broke down and this strategy is reached out as appeared in figure 2, [20, 21].

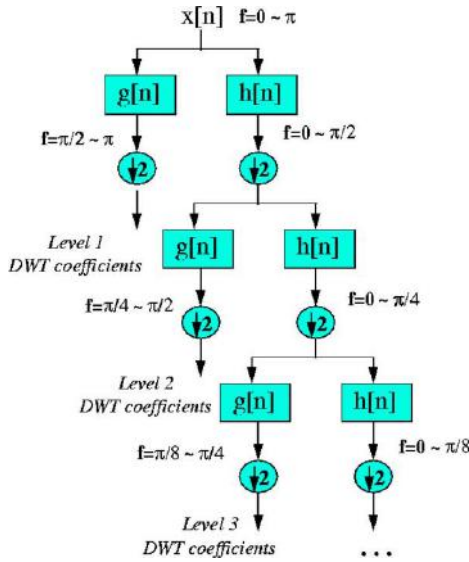


Figure 2. Levels analysis by using discrete wavelet; $g[n]$ is the high-pass filter, $h[n]$ is the low-pass filter

Any window in the UBONN dataset has 4097 sampling points and each wavelet has a highest theoretical level of analysis provided in the column Max Level as shown in table 1.

Table 1. Max level for Daubechies wavelet function on the UBonn dataset (http://epileptologie-bonn.de/cms/front_content.php?idcat=193&lang=3).

Wavelet	Max level
Db1	12
Db2	10
Db3	9
Db4	9
Db5	8
Db6	8
Db7	8
Db8	8
Db9	7
Db10	7

Normally, experiments are conducted with various kinds of wavelet function and the one that provides the best performance is chosen for the appropriate application. The Similarity features in the Daubechies wavelet of order (4). It's more fitting to identify changes of the EEGs.

One approximation wavelet coefficient (A5) at the 5th level (134 wavelet coefficients) was calculated as shown in Figure 4.

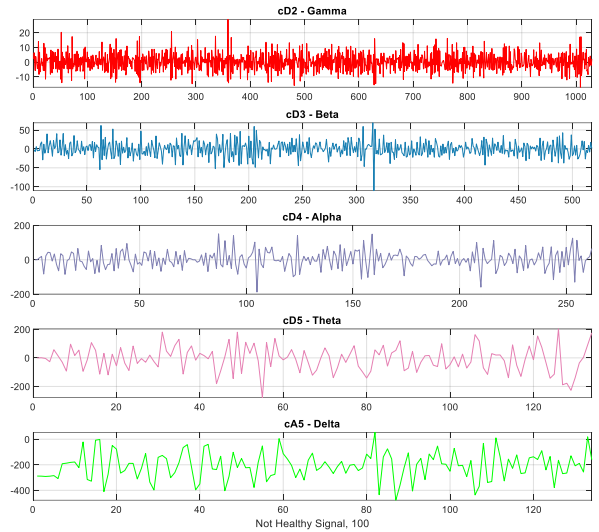


Figure 4. (a) Brain rhythm analysis by using Daubechies (4) wavelet for Healthy Subject (window 37),(b) For non-Healthy Subject (window 93).

At that point 4097 coefficients of wavelet were taken for every window of EEGs. In this way, the time space of sign ought to be changed to the recurrence area for taking additional data about the sign highlights. The wavelet change can get the data on schedule or recurrence do fundamental. In this way, it gives the client to pick that fitting data they required. Plus, it is additionally helpful in wiping out the (EMG) Electromyography and (EOG) Electro oculography curios in the EEG signals. This examination, the accompanying factual boundaries were applied for portraying the time recurrence dissemination of the EEGs. To limit the dimensionality of the extricated vectors of the element, the measurements on the arrangement of the wavelet coefficients were used from each sub band which was chosen to realize EEG signals type:

- 1) Maximum of the wavelet coefficients in each sub band.
- 2) Minimum of the wavelet coefficients in each sub band.
- 3) Mean of the wavelet coefficients in each sub band is got by this Equation:

$$\mu_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n D_{ij} \quad i = 1,2,3 \dots \dots I \quad (10)$$

4) The standard deviation (SD) of the wavelet coefficients in each subband.

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{l=1}^N (D_l - \mu)^2} \quad (11)$$

5) Entropy in the sub-band is a mathematical pattern of the distrust of result wherever signal included a thousand folds of bits of data. The analytical description is

$$Entropy (EN) = \sum_{j=1}^N D_i^2 \log(D_i^2 j) \quad i = 1,2,3 \dots \dots I \quad (12)$$

6) The energy of the wavelet coefficients in each sub band. Shows the power of the signal since it provides the region below the curve line of power in any period. The energy of EEGs of the limited period is provided as:

$$Energy (EN) = \sum_{i=1}^N |D_{ij}|^2 \quad i = 1,2,3 \dots \dots I \quad (13)$$

7) The medium power in each sub band for the wavelet coefficients.

8) The rate of the absolute mean values of nearby in each sub band.

2.1. Convolutional Neural Network

Convolutional neural organizations are like ordinary Convolutional neural organizations. The greatest change is that the design of a CNN makes the suspicion that the sources of info are pictures, which considers certain properties to be encoded into the organization. This implies that the forward capacity of these organizations will be more productive to execute, and that the quantity of boundaries required for the organizations can be enormously decreased. Dissimilar to in normal neural organizations, CNNs orchestrate their neurons in three measurements: width, tallness, and profundity. Rather than the entirety of the neurons being completely connected to the past layer, in a CNN the neurons in each layer are simply associated with a little locale of the layer before it. The yield layer of the CNN contains a solitary vector of class scores, which are masterminded along the profundity measurement. As such, the yield measurement would have the state of $1 \times 1 \times n$, where n is the quantity of classes being ordered. A perception of a CNN can be seen beneath in Figure 5 [25].

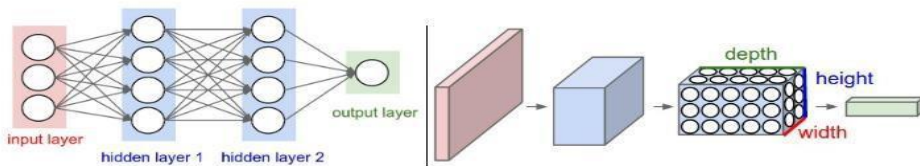


Figure 5: Convolutional Neural Network [25]

Each layer of a CNN changes one volume of actuations to another utilizing a differentiable capacity. The three primary kinds of layers in CNN engineering are the convolutional layer, pooling layer, and the fully associated layer. With these essential layers, the full engineering has the accompanying construction: input layer to convolutional layer to amended direct unit (RELU) layer to pooling layer to completely associated (FC) layer. The input layer contains the crude pixel upsides of the picture. The convolutional layer registers the yield of every neuron that is associated with nearby regions of the info. Every one of these neurons registers the dab item between their loads and the little district that they are associated with the information locale. The profundity of the volume will be equivalent to the quantity of filters utilized in this layer. The RELU layer

applies an enactment work for every one of the convolutional neurons, which doesn't change the general volume. The pooling layer plays out a down examining procedure on the width and stature measurements of the volume. At long last, the FC layer computes the class scores for each class wanted. Each neuron in this layer is associated with all numbers in the past volume. Through this interaction, each layer attempts to change the first information picture to the last vector of class scores [25].

3. Experimental result

EEG signals from all sets (A and D) are analysed to the details and approximations wavelet coefficients by applying the discrete wavelet transform with wavelet

function Daubechies order (4) because it produces well into (D1-D5) and one approximation (A5). The details and approximations wavelet coefficients are calculated using the MATLAB software. The configured of the convolutional neural networks: layers of input, hidden and output are shown in figure 7.

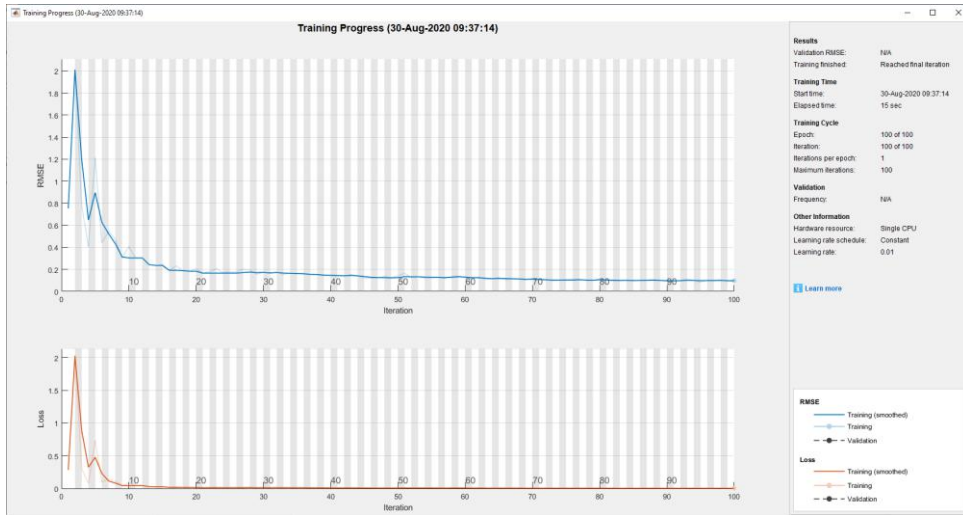


Figure 7. The configured of the convolutional neural networks: layers of input, hidden and output.

These highlights are in the time recurrence investigation. In this investigation, the factual highlights are removed from every coefficient of the sign. These highlights are assessed by means of Kruskal–Wallis factual (can be applied to choose if there are measurably significant contrasts between at least two gatherings of an independent swinging variable). We have applied six cases to examine sway the kind of extraction include on the grouping exactness. The eight highlights are utilized in this examination four of them fundamental (mean of the wavelet coefficients in each sub band, The rate force of the wavelet coefficients in each sub band, the standard deviation of the wavelet coefficient in each sub band, and the pace of irrefutably the mean qualities for close by in each sub band) are utilized in all cases and other four of highlights are auxiliary (limit of the wavelet coefficients in each sub band, least of the wavelet coefficients in each sub band, entropy in each sub band and energy in each sub band) the put together are picked with respect to two of them (max, min) from (TDF) Time Domain Feature and another two optional highlights (entropy, energy) from (FDF) Frequency Domain Feature . In each of case 2 to case 5, we add one secondary feature to the four basic features to be five extraction features. Where 80 % dataset is employed for running (train neurons) and 20% data set used for validation (test). This 80 % dataset is utilized to guide a neural network whereas 20 % dataset is utilized to get an accurate result of the suggested method. The results show that suggested method in the first case gives 97%

accuracy, 100% specificity, and 94 % sensitivity as shown in figure 8 and figure 9.

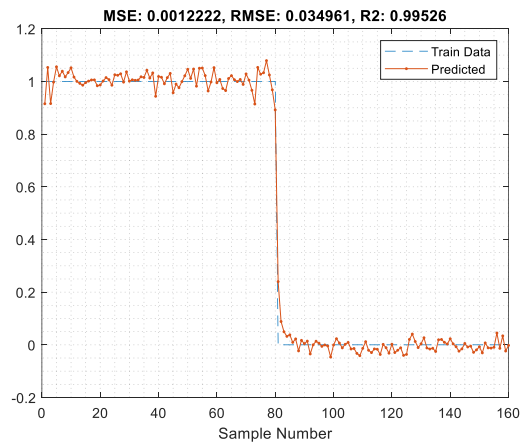


Figure 8. training data result

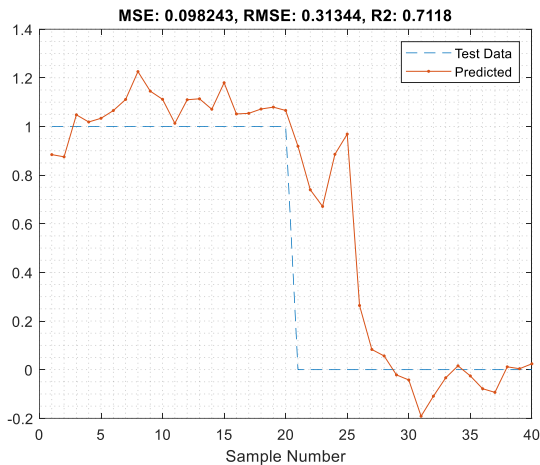


Figure 9. Test data result.

The comparison between our work and other study are available in table 3.

Table 3. Comparing the proposed method with previous studies

Author	Wavelet Function	Accuracy
Chen [2]	DWT(SYM5)	88.22 %
Abualsaud [5]	DWT(db6)	90 %
Nunes [8]	DWT (db4)	93 %
Fathima [9]	DWT (db4)	95.3 %
Omerhodzic [10]	DWT (db4)	94 %
Übeyli [11]	DWT (db6)	94.33 %
Proposed Method	DWT (db4)	96.00 %

5. Conclusion

In this paper, the ability to consider the impact of each element on the precision of the grouping, whereby in the combination of highlights with the Convolutional Neural Networks (CNNs) to distinguish epilepsy seizure in EEGs was looked. The EEG signals were first investigated inside 5 sub-signals at explicit frequencies groups by utilizing Discrete Wavelet Transforms (DWT) at 5 levels, and afterward includes were removed from each subsignal. At last, there was three layers of multi facet Perceptron neural organization (MLPNN) characterization. The best arrangement exactnesses obtained when separated eight highlights from EEG signals 98.5%. That implies these highlights are solid to get epilepsy seizure. Typically, the shrewd techniques could be used inside a wider scope of *eISSN:21482683*

distinguishing proof model issues that are additionally applicable to people, for example, the epilepsy disfacilitates disclosure and judgment.

References

1. Siegelbaum, Steven A., A. James Hudspeth. Principles of neural science. In: Eds. Eric R. Kandel, James H. Schwartz, Thomas M. Jessell. editors .Vol. 4. New York: McGraw-hill, 2000. pp. 1227-1246.
2. Chen, Duo, Suiren Wan, Forrest Sheng Bao. Epileptic Focus Localization Using Discrete Wavelet Transform Based on Interictal Intracranial EEG. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering 2016.
3. Riaz, F., Hassan, A., Rehman, S., Niazi, I. K., & Dremstrup, K. EMD-based temporal and spectral features for the classification of EEG signals using supervised learning. IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering 2016; 24(1): 28-35.
4. Singh, Gurwinder, Manpreet Kaur, Dalwinder Singh. Detection of an epileptic seizure using wavelet transformation and spike based features. Recent Advances in Engineering & Computational Sciences (RECS) ; 2015. In: IEEE International Conference ; 21 December 2015 ; USA: IEEE. pp.1- 4.
5. Abualsaud, K., Mahmuddin, M., Saleh, M., Mohamed, A. Ensemble classifier for epileptic seizure detection for imperfect EEG data. The Scientific World Journal; 2015
6. [6] Kumar, Yatindra, M. L. Dewal, R. S. Anand. Epileptic seizures detection in EEG using DWT-based ApEn and Convolutional neural network. Signal, Image and Video Processing 2014; 8, no. 7: 1323-1334.
7. Nanthini, B. Suguna, B. Santhi. Different approaches to analyzing EEG signals for seizure detection. International Journal of Signal and Imaging Systems Engineering 2015; 8.1-2 : 28-38.
8. Nunes, Thiago M., André LV Coelho, Clodoaldo AM Lima, João P. Papa, Victor Hugo C. de Albuquerque. EEG signal classification for epilepsy diagnosis via optimum path forest—A systematic assessment. Neurocomputing 2014;136: 103-123.
9. Fathima, T., Bedeuzzaman, M., Joseph, P. K. . Wavelet based features for classification of normal, ictal and interictal EEG signals. Journal of Medical Imaging and Health Informatics 2013; 3(2): 301-305.
10. Omerhodzic, I., Avdakovic, S., Nuhanovic, A., Dizdarevic, K.. Energy distribution of EEG signals: EEG signal wavelet-neural network classifier. arXiv preprint arXiv :1307.789 (2013).

11. Übeyli, Elif Derya. Combined neural network model employing wavelet coefficients for EEG signals classification. *Digital Signal Processing* (2009); 19.2: 297-308.
12. Subasi, Abdulhamit. EEG signal classification using wavelet feature extraction and a mixture of expert model. *Expert Systems with Applications* (2007); 32.4: 1084-1093.
13. Mohseni, H. R., Maghsoudi, A., Kadbi, M. H., Hashemi, J., Ashourvan, A.. Automatic Detection of Epileptic Seizure using Time-Frequency Distributions. In: *Advances in Medical, Signal and Information Processing, 2006. MEDSIP 2006. IET 3rd International Conference*; 17-19 July 2006; Glasgow, UK : IET. pp. 1- 4.
14. Adeli, Hojjat, Samanwoy Ghosh-Dastidar, Nahid Dadmehr. A wavelet-chaos methodology for analysis of EEGs and EEG subbands to detect seizure and epilepsy. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* Feb. 2007; 54.2: 205-211.
15. Merzagora, A. C., Bunce, S., Izzetoglu, M., Onaral, B. Wavelet analysis for EEG feature extraction in deception detection. In : *Engineering in Medicine and Biology Society, 2006. EMBS'06. 28th Annual International Conference of the IEEE*; 30 Aug.- 3 Sept. 2006; New York, NY, USA: IEEE. pp. 2434-2437.
16. Kalaivani, M., V. Kalaivani, and V. Anusuya Devi. "Analysis of EEG Signal for the Detection of Brain Abnormalities." at *International Journal of Computer Applications*® year (2014).
17. EEG time series data (Department of Epileptology University of Bonn). [http:// www.meb.uni-bonn.de/epileptologie/science/physik/eegdata.html](http://www.meb.uni-bonn.de/epileptologie/science/physik/eegdata.html). (Accessed October 2016).
18. Hazarika, Neep, Jean Zhu Chen, Ah Chung Tsoi, and Alex Sergejew. Classification of EEG signals using the wavelet transform. *Signal processing* (1997); 59, no. 1 : 61-72.
19. Übeyli, Elif Derya. Analysis of EEG signals by combining eigenvector methods and multiclass support vector machines. *Computers in Biology and Medicine* 2008 ; 38 , no. 1 : 14 - 22.
20. Daubechies, Ingrid. The wavelet transform, time-frequency localization and signal analysis. *IEEE transactions on information theory* 1990 ; 36.5: 961-1005.
21. Soltani, Skander. On the use of the wavelet decomposition for time series prediction. *Neurocomputing* 2002; 48, no. 1: 267-277.
22. Akay, Metin. Wavelet applications in medicine. *IEEE spectrum* May 1997; 34, no. 5: 50-56.
23. Unser, M., Aldroubi, A. (1996). A review of wavelets in biomedical applications. *Proceedings of the IEEE* 1996 , 84(4) : 626-638.
24. Wu, Yi-Leh, Divyakant Agrawal, and Amr El Abbadi. A comparison of DFT and DWT based similarity search in time-series databases. In : *Proceedings of the ninth international conference on Information and knowledge management*; November 06 - 11 2000 ; McLean, Virginia, USA: ACM. pp.488 -495.
25. Karpathy, Andrej. "Convolutional Neural Networks (CNNs/ConvNets)." CS231n Convolutional Neural Networks for Visual Recognition, Stanford University, 2019, cs231n.github.io/convolutional-networks/.
26. Britz, Denny. "Recurrent Neural Networks Tutorial, Part 1 - Introductions to RNNs." WILDML, 17 Sept. 2015, www.wildml.com/2015/09/recurrent-neuralnetworks-tutorial-part-1-introduction-to-rnns/.



Nitel Araştırmaların Rapor Edilmesi: COREQ Kontrol Listesinin Türkçe Uyarlaması

Seda Attepe Özden¹, Melike Tekindal², Tahir Enes Gedik³, Ahmet Ege⁴, Ferman Erım⁵, Mustafa Agah Tekindal^{6*}

^{1*} Başkent Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sosyal Hizmet Bölümü, Ankara, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2488-9583), sedaattepe@gmail.com

² İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sosyal Hizmet Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3453-3273), meliketuncetekindal@gmail.com

³ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sosyal Hizmet Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0001-7098-6715), tegedik@gmail.com

⁴ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sosyal Hizmet Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4805-8100), ahmettege@gmail.com

⁵ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Fakültesi, Sosyal Hizmet Bölümü, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4994-4016), ferman.erim@ikcu.edu.tr

⁶ İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Tıp Fakültesi, Temel Tıp Bilimleri Bölümü, Biyoistatistik ABD, İzmir, Türkiye (ORCID: 0000-0002-4060-7048), matekindal@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 31 Temmuz 2021 ve Kabul Tarihi 6 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.976957)

ATIF/REFERENCE: Attepe Özden, S., Tekindal, M., Gedik, T. E., Ege, A., Erım, F. & Tekindal, M.A. (2022). Nitel Araştırmaların Rapor Edilmesi: COREQ Kontrol Listesinin Türkçe Uyarlaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 522-529.

Öz

Bu araştırmanın amacı, nitel araştırmaların raporlanmasında kullanılan Consolidated Criteria for Reporting Qualitative Research (COREQ) kontrol listesinin Türkçeye uyarlanmasıdır. COREQ kriterleri nitel araştırmaların raporlanmasında dikkat edilmesi gereken noktaları belirleyen; araştırma ekibi ve düşünömsellik, araştırmanın tasarımı ve analiz ve bulgular şeklinde üç ana başlık ve otuz iki maddeden oluşan kriterlerdir. COREQ kriterleri günümüzde pek çok akademik dergi tarafından nitel araştırmaların raporlanmasında kullanılmaktadır. COREQ kriterleri bağımsız olarak 3 araştırmacı (Yazar III, Yazar IV, Yazar V) tarafından Türkçeye çevrilmiş ve tüm grubun bir araya gelmesiyle birleştirilmiştir. Daha sonra uzman bir tercüman tarafından ters çeviri işlemi gerçekleştirilmiş ve kriterlerin uygunluğu değerlendirilmiştir. Türkçe kriterlerin tekrarlanabilirliğini değerlendirmek ve araştırmacılar tarafından doğru anlaşılıp anlaşılmadığını anlamak için 2 araştırmacı (Yazar I ve Yazar II) tarafından 20 çalışma COREQ kriterleri ile değerlendirilmiştir. Araştırmacılar arası uyum, her bir kriter için puanlayıcılar arası uyum yüzdesi kullanılarak incelenmiştir. Uyum ayrıca rapor edilen toplam kriter sayısı; sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK) ve Bland-Altman yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir. Araştırmada COREQ kriterlerinin gözlemciler arası uyumunun anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca araştırma kapsamında incelenen makalelerin standartlardan aldıkları puanlar 3-19 arasında değişmektedir. Makalelerin aldığı puanların ortalaması yaklaşık 12,15 olarak hesaplanmıştır. Bütün COREQ kriterlerini tümüyle sağlayan bir makaleye rastlanmamıştır. Türkçeye uyarlanmış olan COREQ kriterlerinin, araştırmacılar, yazarlar, hakemler, dergi editörleri ve okuyucular için bir rehber olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Bland-Altman Methodu, Nitel araştırma, Sınıf içi korelasyon katsayısı, COREQ

Reporting Qualitative Research: Turkish Adaptation of COREQ Checklist

Abstract

The aim of this study is to adapt the Consolidated Criteria for Reporting Qualitative Research (COREQ) into Turkish. The COREQ checklist is used to determine the key points in reporting qualitative research. It consists of thirty-two items under three domains: research team and reflexivity, study design, and analysis and findings. Today, the COREQ are used by many academic journals for reporting qualitative research. Three researchers (3rd, 4th, and 5th authors) translated the COREQ into Turkish independently of each other. The final version of the translation was decided with a consensus among the authors. Then, an independent expert back translated the criteria and examined the compatibility between the original and translated versions. In order to evaluate the reproducibility of the

* Sorumlu Yazar: matekindal@gmail.com

Turkish version and to ensure they are understood correctly by the researchers, 2 researchers (1st and 2nd authors) examined 20 articles which used qualitative research methods. The agreement between the researchers was analyzed using the inter-rater agreement percentage for each criterion. The agreement was also evaluated using the Bland-Altman method, the intra-class correlation coefficient (ICC), and the total number of reported criteria. According to the analysis, the agreement between the researchers was significant. Additionally, the scores of the examined articles range between 3 and 19. The average score of the articles was approximately 12.15. There is no article that fully meets all the COREQ criteria. The Turkish version of the COREQ could be a guide for researchers, authors, reviewers, journal editors, and readers.

Keywords: Bland-Altman Method, Qualitative research, Intra class correlation coefficient, COREQ.

1. Giriş

Nitel araştırma, “gözlem, görüşme ve doküman analizi gibi nitel veri toplama yöntemlerinin kullanıldığı, algıların ve olayların doğal ortamda gerçekçi ve bütüncül bir biçimde ortaya konmasına yönelik nitel bir sürecin izlendiği araştırma” olarak tanımlanmaktadır (Yıldırım ve Şimşek, 2011). Kümbetoğlu (2008: 47) ise nitel araştırmayı, “insanların ve kültürlerin ayrıntılı, derinlemesine bir tanımını yapmak, insanların gerçekliğe yükledikleri anlamı, olayları, süreçleri, kavrayış ve anlayışlarını ortaya koymak için yapılan bir eylem” şeklinde ele almıştır.

Literatürde nitel araştırmaların nicel araştırma yöntemlerine göre sosyal olayları algılamada derinlemesine bilgi sağladığı ve geleneksel araştırma yöntemleri ile ifade edilmesi zor olan sorulara cevap bulmak için gerekli olduğu belirtilmektedir (Büyükoztürk ve diğ., 2013). Ancak burada unutulmaması gereken nokta her iki araştırma türünün de avantaj ve dezavantajları olduğu, araştırma sorularına göre araştırma türünün belirlenmesi gerektiğidir (Yıldırım ve Şimşek, 2011).

Nitel araştırmalar sosyal bilimlerde uzun yıllardır kullanılmaktadır. Son yıllarda ise sağlık bilimleri alanında da sıkça kullanılmaya başlanmıştır. Hem klinisyenler hem de politika yapımcılar tarafından gerçekleştirilen nitel araştırmalar, özellikle sağlık hizmetlerinin sunumunda ve sağlık politikaları oluşturmada son derece önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle nitel araştırmalar dikkatli ve titiz bir tasarlanma sürecinden geçmelidir. Ayrıca nitel araştırmaların tasarlanmasının yanı sıra güçlü bir şekilde raporlanması da gerekmektedir. Kötü tasarlanmış çalışmalar ve yetersiz raporlama, nitel araştırmanın karar verme sürecinde, sağlık hizmetlerinin sunumunda, sağlık politikalarının şekillenmesinde ve gelecekteki araştırmalarda uygunsuz bir şekilde kullanılmasına yol açabilir (Tong ve diğ., 2007).

Nitel araştırmaların kalitesinin değerlendirilmesi, kilit unsurların eksik raporlanması nedeniyle zor olabilir. Nitel araştırmaların açık ve eksiksiz raporlama ihtiyacı konusunda yaygın bir fikir birliği bulunmaktadır. Optimal raporlama, editörlerin, hakemlerin, diğer araştırmacıların ve uygulayıcıların nitel çalışmaları eleştirel bir şekilde değerlendirmelerine ve sonuçları sentezlemelerine yardımcı olmaktadır. Raporlamanın kalitesini artırmanın önemli bir adımı, açık raporlama standartlarını formüle etmek ve tanımlamaktır (O'Brien ve diğ., 2014).

Nitel araştırma gerçekleştirilmenin yanı sıra raporlanma sürecinin de önemli bir aşama olması nedeniyle raporlama sürecine ilişkin kontrol listeleri oluşturmaya başlanmıştır. Nitel araştırmadaki çoğu kontrol listesinin, aşağıdakileri içerebilecek bir veya daha fazla amacı bulunmaktadır:

1. Araştırmacılara titiz çalışmalar tasarlamada yardımcı olmak,

2. Araştırmacıların çalışmalarını kapsamlı bir şekilde raporlamalarına yardımcı olmak

3. Okuyuculara, rapor edilen bir çalışmanın metodolojik titizliğini değerlendirmede yardımcı olmak

4. Okuyuculara, bir çalışma raporunun kapsamlılığını değerlendirmede yardımcı olmak. (Buus, ve Perron, 2020).

Nitel araştırmalar için kullanılan farklı raporlama kriterleri bulunmaktadır (Burns, 1989; Lincoln, 1995; Tracy, 2010; O'Brien ve diğ., 2014; Levitt ve diğ., 2018). COREQ kontrol listesi de özellikle sağlık alanında gerçekleştirilen nitel çalışmaların (görüşmeler ve odak grup çalışmaları) açık ve kapsamlı bir şekilde raporlanmasını teşvik etmek için geliştirilmiştir. Bu kontrol listesi, nitel çalışmaların raporlanmasına özgü maddelerden oluşmaktadır. COREQ, raporlanması gereken çalışma tasarımının gerekli bileşenlerini kapsayan kapsamlı bir kontrol listesidir. Kontrol listesinde yer alan kriterler, araştırmacıların araştırma ekibinin önemli yönlerini, çalışma yöntemlerini, çalışmanın bağlamını, bulguları, analizleri ve yorumları rapor etmelerine yardımcı olabilir (Tong ve diğ., 2007).

COREQ kontrol listesi yayınlanmasından bu yana (Tong ve diğ., 2007) birçok büyük dergi (örn. International Journal of Nursing Studies, BMJ, Kanada Tıp Derneği Dergisi, PLoS One, Journal of Clinical Nursing, vb.), birkaç yazar, örneğin bkz. (Al-Moghrabi ve diğ., 2019; Booth ve diğ., 2014; Hale ve Griffiths, 2015) ve EQUATOR ağı (www.equator-network.org/) (Buus ve Perron, 2020) tarafından onaylanmış ve tanıtılmıştır.

Nitel araştırmalar; klinisyenler, sağlık hizmeti sağlayıcıları, politika yapımcılar ve tüketiciler tarafından karşılaşılan karmaşık olayları araştırmaktadır. Ancak nitel araştırmaların raporlanmasında üzerinde anlaşılmış raporlama kriterlerinin olmaması nedeniyle bir grup araştırmacı nitel çalışmaların açık ve kapsamlı bir şekilde raporlanması için 2007 yılında bir kontrol listesi geliştirmişlerdir. Bu kontrol listesi özellikle derinlemesine görüşme ve odak grup yöntemlerini kullanan çalışmaların raporlanması için oluşturulmuştur. COREQ 32 maddeden ve üç alt başlıktan (araştırma ekibi ve düşünümsellik, araştırma tasarımı ve analiz ve bulgular) oluşmaktadır. COREQ listesi, yazarlar, hakemler, dergi editörleri ve okuyucular için nitel araştırmaların raporlanmasını, değerlendirilmesini ve yorumlanmasını kolaylaştırmaktadır. Birçok dergi ve sağlık araştırmalarının kalitesini ve şeffaflığını artırmak için kurulmuş olan EQUATOR ağı (www.equator-network.org/) tarafından onaylanmıştır. Birçok dergi, nitel araştırma tasarımı kullanan çalışmalarda aynı zamanda bu kontrol listesinin de onaylı bir kopyasını talep etmektedir (Örneğin, http://cdn.elsevier.com/promis_misc/ISSM_COREQ_Checklist.pdf).

EQUATOR Ağı (<https://www.equator-network.org/about-us/equator-network-what-we-do-and-how-we-are-organised/>); araştırmacıları, tıbbi dergi editörlerini, hakemleri, raporlama kılavuzlarının geliştiricilerini, araştırma finansman kuruluşlarını

ve araştırma yayınlarının ve araştırmanın kalitesini iyileştirmek için karşılıklı ilgi duyan diğer işbirlikçileri bir araya getiren bir "şemsiye" organizasyondur. EQUATOR ağında 457 (13.04.2021 tarihi itibarıyla) tane, araştırmacılar, editörler ve ilgililer için kontrol listesi bulunmaktadır. Bu sebeple açık erişimi bulunan ve herhangi bir maruziyet içermeyen çalışmamız için etik kurul iznine gerek duyulmamıştır.

Bu araştırmanın amacı da nitel araştırmaların doğru raporlanmasına katkı sağlamak olup COREQ kriterlerinin Türkçeye uyarlanmasıdır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Dil Eşdeğerliği Çalışması

Çalışmanın ilk aşamasında, 2007 yılında yayınlanan orijinal COREQ standartları, 3 yazar (Yazar III, Yazar IV, Yazar V) tarafından birbirinden bağımsız olarak Türkçe'ye çevrilmiş ve gerçekleştirilen bir toplantıda her bir ifade ayrı ayrı kontrol edilip gerekli revizyonlar yapılarak nihai bir görüş birliğine varılmıştır. Çeviri aşamasında, 2007 yılında Tong ve diğerleri (2007) tarafından yayınlanan ve her bir maddenin açıklandığı makaleden yararlanılmıştır. Ayrıca dil eşdeğerliğinin sağlanması amacıyla, uzman bir çevirmen tarafından da son hali kontrol edilen COREQ kriterlerinin Türkçe kontrol listesi oluşturulmuştur. Türkçe uyarlaması yapılan kriterler, geri çevirme yöntemi kullanılarak bir başka uzman çevirmen tarafından Türkçe'den İngilizce'ye çevrilmiş, COREQ ölçütleriyle karşılaştırılmıştır. Nitel araştırmaların raporlanmasında kullanılan COREQ kriterlerinin Türkçe uyarlaması Tablo 1'de gösterilmiştir ve bu süreçte izlenen akış diyagramı Şekil 1'de özetlenmiştir.

Araştırmanın ikinci aşamasında, Türkçeye uyarlanmış COREQ listesinin tekrar edilebilirlik düzeyini ve araştırmacılar tarafından doğru bir şekilde anlaşılıp anlaşılmadığını değerlendirmek amacı ile ULAKBİM Veri Tabanından seçilen 20 adet çalışmanın Türkçeye uyarlanmış kontrol listesi (COREQ) kullanılarak Yazar I ve Yazar II tarafından değerlendirilmesi yapılmıştır.

2.2. Makale Seçimi

12 Ocak 2020 tarihinde yapılan tarama sonucu, iki araştırmacıya değerlendirmeleri için verilen yayınlar Ulusal Yaşam Bilimleri Veri Tabanında 2017-2020 yıllarında yayınlanan ve yayın dili Türkçe olan, hayvanlar üzerinde yapılmış gözlemsel çalışmalar arasından seçilmiştir. Ayrıca makale taramasında yararlanılan önemli bir diğer kriter de, başlık, özet ya da anahtar kelimelerinde "nitel araştırma" ve/veya "niteliksel araştırma" ve/veya "kalitatif araştırma" kelimelerinin yer alması olarak belirlenmiştir. Bu tarama kriterlerini sağlayan toplam makale sayısı ilk etapta 487 olarak bulunmuş daha sonra yazar (MT) ve yazar (MAT) tarafından makalelerin tümü değerlendirilmiş ve gözlemsel çalışma olmadığı tespit edilen 122 makale elenmiştir. Eleme sonucunda COREQ'nin istediği kriterlere göre anlamlı ve incelenabilir makale sayısının tüm yazarların ortak görüşü ile 20 makale olduğu tespit edilmiştir. 20 makalenin seçilme sebebi olarak sınıf içi korelasyon katsayısı için yapılan güç analizi sonucunda 2 değerlendirici ve 20 denek için %5 anlam düzeyinde %83,716 güce ulaşıldığı belirlenmiştir (Winer, 1991; Walter ve diğ., 1998).

2.3. İstatistiksel Yöntemler

Makalelerin değerlendirme aşamasında, her bir maddeye 0 veya 1 verilerek puanlandırma yapılmıştır. Verilen 1 puanı söz konusu maddenin sağlandığını, 0 puanı ise sağlanmadığını göstermektedir. Aynı zamanda elde edilen bu toplam puanlar her bir makale için sağlanan toplam madde sayısını bildirmektedir. Gözlemciler arası tekrarlanabilirliği ölçmek için Bland Altman yöntemi kullanılarak makalelere verilen toplam puanlar karşılaştırılmıştır. Bahse konu yöntem iki gözlemcinin makalelere verdiği puanlar arasındaki farkın dağılımını göstererek COREQ kriterleri incelenmiştir (Smidt ve diğ., 2005). Bu farkların ortalaması ve standart sapması hesaplanarak gözlemciler arası uyum ölçülmüştür. Standart sapmanın azalması ve farkların ortalamasının sıfıra yaklaşması gözlemciler arası uyumun arttığına işaret etmektedir. Yazarların (MT ve SAÖ) makale değerlendirmelerine verdikleri puanlar arasındaki farklılıklara göre uyumu belirlemek için Bland-Altman grafiği çizilmiştir. Türkçeye uyarlanmış COREQ kontrol listesine göre çizilen bu grafiğin eksenlerine, gözlemciler tarafından verilen puanlar arasındaki farklar ve gözlemcilerin her bir makaleye verdiği puanların ortalamaları atanmıştır. İki ölçüm tekniğini karşılaştıran ve grafiksel bir istatistiksel metot olan Bland ve Altman yönteminde iki teknik arasındaki fark, iki yöntemin ortalamalarına göre %95 güven sınırlarında belirlenen sapmalar çizilerek karşılaştırılır.

Yapılan değerlendirmeler sonucunda makaleler puanlanmış olup en yüksek puan 24 olarak belirlenmiştir. Ardından gözlemcilerin makalelere verdiği puanların ortalaması ve standart sapması hesaplanmıştır. Ayrıca çalışmaya alınan makalelerin iyi raporlanıp raporlanmadığı hususunun gözlemciler tarafından ne derece ayırt edilebildiğini anlamak amacıyla sınıf içi korelasyon katsayısı (SKK) kullanılmıştır. SKK'nın 0.75'in üzerinde olması ideal olmakla birlikte bu katsayı 0 ile +1 aralığında değişir (Lee ve diğ., 1989; McGraw ve Wong, 1996). SKK'nın hesaplanmasında iki yönlü rastgele etki modeli ve mutlak uyum seçeneği (Two-way random effect models) kullanılmıştır (Ateş ve diğ., 2009; Albayrak ve diğ., 2012).

2.4. Araştırmaya İlişkin Etik Bilgiler

Araştırma kriterlerin Türkçe uyarlaması çalışması olduğu için herhangi bir etik izine ihtiyaç bulunmamaktadır. EQUATOR ağında 457 (13.04.2021 tarihi itibarıyla) tane, araştırmacılar, editörler ve ilgililer için kontrol listesi bulunmaktadır. Bu sebeple açık erişimi bulunan ve herhangi bir maruziyet içermeyen çalışmamız için etik kurul iznine gerek duyulmamıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

Türkçeye uyarlanmış COREQ kontrol listesine ilişkin SKK değerleri Tablo 2'de verilmiştir ve tüm makalelerde değerlendirmeciler arası uyum istatistik olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0,05$).

COREQ kriterlerine göre değerlendirilen 20 makalede iki gözlemci de Madde 4, 12, 18, 20 ve 28'in bu makalelerde hiç raporlanmadığını tespit etmişlerdir. Bu anlamda COREQ kriterlerine uyum bakımından varyasyon aralığının fazla olduğu belirlenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda bütün COREQ kriterlerini tümüyle sağlayan bir makaleye rastlanmamıştır.

Tablo 3, makalelere verilen toplam puanların ortalama ve değişim aralıkları, gözlemciler arası farkların ortalaması, standart sapması ve güven aralıklarını göstermektedir. Makalelerin aldığı puanların ortalaması yaklaşık $12,1 \pm 53,45$ olarak hesaplanmıştır.

Ayrıca, farklara ilişkin güven aralıkları sıfırı içerdiği için yapılan değerlendirmelerde yanlılığın olmadığı sonucuna varılmıştır.

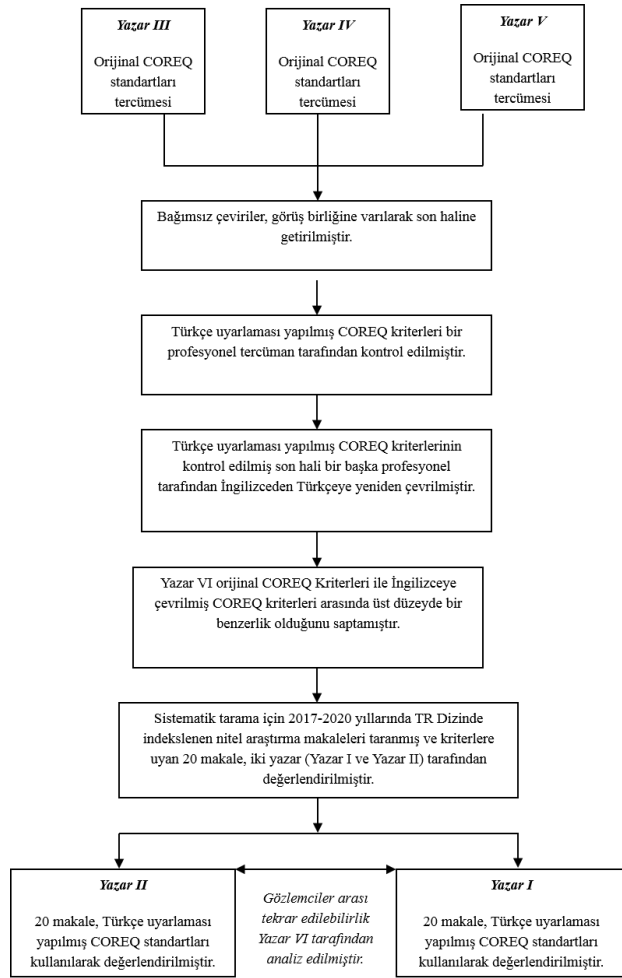
Tablo 1. Nitel Araştırmaların Raporlanmasında Kullanılan COREQ Kriterlerinin Türkçe Uyarlaması (Table 1. Turkish Adaptation of COREQ Criteria Used in Reporting Qualitative Research)

Sayı	Madde	Rehber Sorusu/Açıklaması
1. Alan: Araştırma ekibi ve düşünümsellik		
1	Görüşmeci/Kolaylaştırıcı	Görüşmeyi ya da odak grup çalışmasını hangi yazar(lar) gerçekleştirdi?
2	Akademik dereceler	Araştırmacının akademik dereceleri/mesleki unvanları nelerdi?
3	Meslek	Çalışmanın gerçekleştirildiği dönemde araştırmacının mesleği neydi?
4	Cinsiyet	Araştırmacı kadın mıydı yoksa erkek miydi? (Öneri: Araştırmacının cinsiyeti neydi?)
5	Deneyim ve eğitim	Araştırmacının sahip olduğu deneyim ve almış olduğu eğitimler nelerdi?
Katılımcılarla ilişki		
6	Kurulu ilişki	Çalışma başlamadan önce katılımcılarla ilişki kurulmuş muydu?
7	Katılımcıların görüşmeciyle ilgili bilgisi	Katılımcılar araştırmacıyla ilgili ne biliyordu? Örn., kişisel hedefler, araştırmanın yapılmasının sebepleri
8	Görüşmecinin özellikleri	Raporda, görüşmeciyle/kolaylaştırıcıyla ilgili hangi özellikler bildirilmiştir? Örn., yanlılık, varsayımlar, araştırma konusuna ilgisi ve bunun sebepleri
2. Alan: Araştırmanın tasarımı		
Kuramsal çerçeve		
9	Metodolojik yönelim ve Kuram	Hangi metodolojik yönelim çalışmanın temelini oluşturmaktadır? Örn., gömülü teori (kuram oluşturma), söylem analizi, etnografi, fenomenoloji, içerik analizi
Katılımcıların seçilmesi		
10	Örnekleme	Katılımcılar nasıl seçildi? Örn., amaçlı, uygunluk, ardışık, kartopu
11	Katılımcılara ulaşma yöntemi	Katılımcılara nasıl ulaşıldı? Örn. yüz yüze, telefon, posta, e-posta
12	Örneklem büyüklüğü	Çalışmada kaç katılımcı yer aldı?
13	Katılmama durumu/katılımcı reddi	Kaç kişi çalışmaya katılmayı reddetti ya da çalışmayı yarıda bıraktı? Sebepler?
Ortam/Saha		
14	Veri toplama sahası (öneri: verinin toplandığı yer)	Veri nerede toplandı? Örn., ev, klinik, iş yeri
15	Katılımcı olmayanların varlığı	Katılımcılar ve araştırmacılar dışında başka biri mevcut muydu?
16	Örnekleme ilişkin açıklama	Örneklemin önemli özellikleri nelerdir? Örn., demografik veri, görüşme tarihi/zamanlama planı
Veri toplama		
17	Görüşme rehberi	Sorular, yönergeler ve diğer kılavuzlar yazarlar tarafından sağlandı mı? Pilot çalışma yapıldı mı?
18	Tekrarlanan görüşmeler	Tekrarlanan görüşmeler var mı? Evetse kaç görüşme tekrarlandı?
19	Ses/görüntü kaydı	Araştırma verisi toplanırken ses veya görüntü kaydı aldı mı?
20	Saha notları	Saha notları, görüşmeler ya da odak grup sırasında ve/veya sonrasında tutuldu mu?
21	Süre	Görüşmelerin ya da odak grup çalışmasının süresi ne kadardı?
22	Veri doygunluğu	Veri doygunluğu ele alındı mı?
23	Transkriptlerin geri iletilmesi	Katılımcılara yorum yapmaları ve/veya düzeltmeleri için transkriptler iletildi mi?

3. Alan: Analiz ve bulgular

Veri Analizi		
24	Veri kodlayanların sayısı	Kaç kişi veriyi kodladı?
25	Kodlama ağacının açıklaması	Yazarlar kodlama ağacına dair bir açıklama yaptı mı?
26	Temaların türetilmesi	Temalar önceden mi tanımlandı yoksa veriden mi türetildi?
27	Yazılım	Eğer kullanıldıysa, verilerin yönetilmesinde hangi yazılım kullanıldı?
28	Katılımcı kontrolü	Katılımcılar bulgular üzerine geri bildirimde bulundu mu?
Raporlama		
29	Alıntılarının gösterilmesi	Temaları/bulguları açıklamak için katılımcılardan alıntılar kullanıldı mı? Her bir alıntı tanımlandı mı? <i>Örn., katılımcı numarası/rumuzu</i>
30	Verilerin ve bulguların tutarlılığı	Sunulan veriler ve bulgular arasında tutarlılık var mı?
31	Ana temaların açıklığı	Ana temalar açık bir şekilde bulgularda sunuldu mu?
32	Alt temaların açıklığı	Farklı vakaların açıklaması veya alt temaların tartışması yapıldı mı?

Şekil 1. Nitel Çalışmaların Raporlanmasında Kullanılan COREQ Kriterlerinin Türkçe Uyarlamasında İzlenen Akış Diyagramı
(Figure 1. The Flow Chart of the Turkish Adaptation of the COREQ Criteria Used in the Reporting of Qualitative Studies)



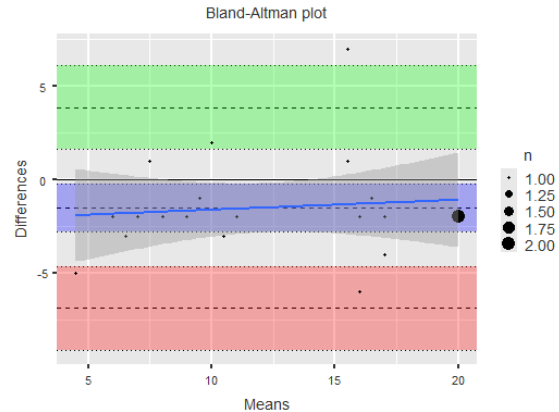
Tablo 2. Türkçeye Uyarlanmış COREQ Kontrol Listesi için SKK Değerleri (Table 2. In-Class Correlation Coefficient Values for the Turkish-Adapted COREQ Checklist)

Madde No	Sınıf içi Korelasyon Katsayısı (SKK)	p
	(%95 GA)	
1	0,732(0,321-0,894)	0,003
2	0,411(0,289-0,560)	0,005
3	0,420(0,378-0,758)	0,024
4	1,000(-1,000-1,000)	0,001
5	0,791(0,472-0,917)	0,001
6	0,392(0,188-0,720)	0,029
7	0,455(0,378-0,784)	0,008
8	0,382(0,160-0,756)	0,005
9	0,718(0,288-0,889)	0,004
10	0,418(0,229-0,651)	0,034
11	0,305(0,155-0,725)	0,017
12	1,000(-1,000-1,000)	0,001
13	0,433(0,224-0,604)	0,044
14	0,822(0,550-0,929)	0,001
15	0,433(0,168-0,604)	0,005
16	0,419(0,281-0,705)	0,007
17	0,611(0,017-0,846)	0,023
18	1,000(-1,000-1,000)	0,001
19	0,584(0,455-0,836)	0,031
20	1,000(-1,000-1,000)	0,001
21	0,946(0,865-0,979)	0,001
22	0,833(0,579-0,934)	0,001
23	0,791(0,472-0,917)	0,001
24	0,636(0,281-0,856)	0,016
25	0,463(0,357-0,787)	0,002
26	0,434(0,135-0,697)	0,008
27	0,910(0,772-0,964)	0,001
28	1,000(-1,000-1,000)	0,001
29	0,877(0,690-0,951)	0,001
30	0,654(0,125-0,863)	0,013
31	0,709(0,265-0,885)	0,005
32	0,529(0,189-0,814)	0,004

Tablo 3. Türkçeye Uyarlanmış COREQ Kontrol Listesi için Bland Altman Grafiği için Tanımlayıcı İstatistikler (Table 3. Descriptive Statistics for the Bland Altman Chart for the Turkish Adapted COREQ Checklist)

COREQ kriterlerine göre makalelerin aldığı puanlar		Ortalama	Değişim Aralığı	
İlk Gözlemci		11,4±5,24	2-19	
İkinci Gözlemci		12,9±4,98	7-21	
Fark		-1,50±2,74	-6;7	
Farkın Güven Aralığı				-2,78; 0,216

Şekil 2. Türkçeye Uyarlanmış COREQ için Gözlemcilerin Makalelere Verdiği Puan Ortalamalarına (X eksen) ve Gözlemciler Arasında Farklara (Y eksen) Göre Çizdirilen Bland Altman Grafiği (Figure 2. Bland Altman Graph for the Turkish-Adapted COREQ Plotted According to Observer Mean Points Given to Articles (X-axis) and Observer Differences (Y-axis))



Şekil 2'deki grafikte gözlemciler arası farklar dikkate alınarak Bland-Altman grafiği çizilmiştir. Grafikte COREQ kriterlerine göre yapılan değerlendirmede makalelerin aldığı ortalama puanlar X ekseninde, çalışmalara verilen toplam puanlar bakımından gözlemciler arasındaki farklar ise Y ekseninde gösterilmiştir. Türkçeye uyarlanmış COREQ kontrol listesine göre makalelerin aldıkları puanlar 3-19 arasında değişmektedir.

Ayrıca COREQ kontrol listesi madde bazlı değerlendirme yapıldığında 2, 5, 8, 28, 7, 23, 3, 17, 22 ve 27. maddelerin çalışma yazımlarında çok fazla göz önüne alınmadığı sonucu belirlenmiştir.

Bu çalışmanın amacı nitel araştırmaların raporlanmasında yaygın olarak kullanılan COREQ kriterlerinin Türkçeye uyarlanmasıdır. Nitel araştırmaların raporlanmasında bu kriterlerin kullanılması, raporlamayı ve makale değerlendirmesini kolaylaştırmada yardımcı olabilecektir.

Araştırmada COREQ kriterlerinin gözlemciler arası uyumunun anlamlı olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca araştırma kapsamında incelenen makalelerin standartlardan aldıkları puanlar 3-19 arasında değişmektedir. Makalelerin aldığı puanların ortalaması yaklaşık 12,15±3,45 olarak hesaplanmıştır. Bütün COREQ kriterlerini tümüyle sağlayan bir makaleye rastlanmamıştır. Araştırma kapsamında incelenen makalelerde ilgili standartlara ait bilgilerin yeterli düzeyde yer almadığı sonucuna varılmıştır.

Hemşirelik alanında COREQ kriterlerinin karşılanıp karşılanmadığını ölçen bir çalışmada da 197 makale incelenmiş ve bu makalelerde COREQ kriterlerinin karşılanma düzeyi genellikle orta (% 57) veya zayıf (% 38) olarak derecelendirilmiştir (Walsh ve diğ., 2020). Hyejin ve diğerleri (2018) de pediatrik hastaların bakım vericileri ile gerçekleştirilen nitel araştırmaları COREQ kriterleri ile değerlendirdikleri çalışmalarında 56 makaleyi incelemişler ve bu makalelerin çoğunda COREQ kriterlerinin karşılanmadığını, makalelerin bazı bölümlerinin yetersiz bir şekilde açıklandığını ve detaylandırılmadığını ortaya koymuşlardır.

Hemşirelik alanında yazılan yüksek lisans tezlerinin COREQ kriterleri kullanılarak incelendiği bir başka çalışmada ise yine kriterlerin tam olarak karşılanmadığı bulunmuştur. Özellikle de örneklemin ve katılımcı olmayanların tanımlanması, veri toplama sırasında katılımcı olmayan kişilerin varlığı, görüşmelerin tekrar edilme ihtiyacı, veri doygunluğu kriterlerinin açıklaması ve transkripsiyonun katılımcılara iletilip katılımcılardan teyit alınması konularında ciddi eksiklikler olduğu ortaya çıkmıştır (Paraizo ve diğ., 2017). Halk sağlığı alanında yapılan nitel araştırmaların incelendiği bir başka çalışmada ise incelenen 246 makalenin sadece iki COREQ kriterini karşıladığı, makalelerin %52,4'ünün 16 ile 21 madde içerdiği ve makalelerin %10'undan daha azında altı maddenin rapor edildiği bildirilmiştir. COREQ kriterlerinde birinci alanın (araştırma ekibi ve düşünömsellik) en az sıklıkla rapor edildiği görölmüştür (Godinho ve diğ., 2019). Bu çalışmada da benzer şekilde araştırmacının cinsiyeti, örneklem büyüklüğü, tekrarlanan görüşme olup olmadığı, saha notlarının tutulup tutulmadığı ve katılımcıların bulgular üzerinde geribildirimde bulunup bulunmadığı ile ilgili maddelerin (Madde 4, 12, 18, 20 ve 28) hiç raporlanmadığı görölmüştür. Bu durum da COREQ kriterlerini tam olarak karşılayan makalelerin hem uluslararası düzeyde hem de ulusal düzeyde sınırlı olduğunu düşündürmektedir.

4. Sonuç

Nitel araştırmalar, birçok farklı araştırma yöntemini ve epistemolojik yaklaşımı kapsamaktadır. Nitel araştırmanın raporlanması için "herkese uyan" bir standart kısıtlayıcı olabilir, ancak COREQ kriterlerinin nitel araştırma önerileri geliştirmek, araştırma sonuçlarını etkin bir şekilde iletmek ve makale gönderimleri değerlendirmek için değerli bir araç olarak

kullanılabileceği düşünülmektedir (Peditto, 2018). Bu çalışma ile Türkçe uyarlaması yapılan COREQ kriterleri de bu bağlamda yurtdışında sıkça kullanıldığı gibi Türkiye'de de nitel araştırmaların raporlanmasında kullanılabilir. Araştırmacılar, yazarlar, hakemler ve dergi editörleri, araştırmaların kapsamlı ve şeffaf bir şekilde raporlanmasını sağlamak için makalelerin COREQ kriterlerini karşıladığından emin olmalıdır.

Kaynakça

- Albayrak, R., Tekindal, M. A., Ateş, C., Selvi, P., Perçinel, S., Ceyhan, K., & Genç, Y., (2012). Tanı doğruluğu çalışmalarının kalitelerinin değerlendirilmesi: Stard kriterlerinin türkçe uyarlaması. *Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi Mecmuası*, 65 (3), 137-146.
- Al-Moghrabi, D., Tsihklaki, A., Alkadi, S., & Fleming, P. S. (2019). How well are dental qualitative studies involving interviews and focus groups reported?. *Journal of Dentistry*, 84, 44-48.
- Ateş, C., Öztuna, D., & Genç, Y., (2009). Sağlık araştırmalarında sınıf içi korelasyon katsayısının kullanımı. *Türkiye Klinikleri Journal of Biostatistics*, 1 (2), 59-64.
- Booth, A., Hannes, K., Harden, A., Noyes, J., Harris, J., & Tong, A. (2014). COREQ (consolidated criteria for reporting qualitative studies). In *Guidelines for reporting health research: a user's manual*, D. G. Moher, D. G. Altman, K. F. Schulz, I. Simera, E. Wager. (Ed.). (pp. 214-226). The University of Sheffield: John Wiley & Sons.
- Burns, N. (1989). Standards for qualitative research. *Nursing Science Quarterly*, 2(1), 44-52.
- Buus, N., & Perron, A. (2020). The quality of quality criteria: Replicating the development of the Consolidated Criteria for Reporting Qualitative Research (COREQ). *International Journal of Nursing Studies*, 102, 103452.
- Büyükoztürk, Ş., Akgün, Ö. E., Demirel, F., Karadeniz, Ş., & Çakmak, E. K. (2013). *Bilimsel araştırma yöntemleri* (14. Baskı). Ankara: Pegem Akademi.
- Godinho, M. A., Gudi, N., Milkowska, M., Murthy, S., Bailey, A., & Nair, N. S. (2019). Completeness of reporting in Indian qualitative public health research: a systematic review of 20 years of literature. *Journal of Public Health*, 41(2), 405-411.
- Hale, C., & Griffiths, P. (2015). Ensuring the reporting quality of publications in nursing journals: A shared responsibility?. *International Journal of Nursing Studies*, 52 (6), 1025-1028.
- Kümbetoğlu, B. (2008). *Sosyolojide ve antropolojide niteliksel yöntem ve araştırma*. (2. Baskı). İstanbul: Bağlam Yayıncılık.
- Lee, J., Koh, D., Ong, C. N. (1989). Statistical evaluation of agreement between two methods for measuring a quantitative variable. *Computers in Biology and Medicine*, 19, 61-70.
- Levitt, H. M., Bamberg, M., Creswell, J. W., Frost, D. M., Josselson, R., Suárez-Orozco, C. (2018). Journal article reporting standards for qualitative primary, qualitative meta-analytic, and mixed methods research in psychology: The APA Publications and Communications Board task force report. *American Psychologist*, 73(1), 26-46.
- Lincoln, Y. S. (1995). Emerging criteria for quality in qualitative and interpretive research. *Qualitative Inquiry*, 1(3), 275-289.
- McGraw, K. O., & Wong, S. P., (1996). Forming inferences about some intraclass correlation coefficients. *Psychological Methods*. 1(1), 30-46.
- O'Brien, B. C., Harris, I. B., Beckman, T. J., Reed, D. A., & Cook, D. A. (2014). Standards for reporting qualitative research: a

- synthesis of recommendations. *Academic Medicine*, 89(9), 1245-1251.
- Paraizo, C. M. S., Pereira, B. C., Ribeiro, C. R. G., Dias, J. F., Dázio, E. M. R., & Fava, S. M. C. L. (2017). Analysis of the methodological referential of dissertations by consolidated criteria for a reporting qualitative research. *Ciência Cuidado e Saúde*, 16 (3), 1-6.
- Peditto, K. (2018). Reporting qualitative research: Standards, challenges, and implications for health design. *HERD: Health Environments Research & Design Journal*, 11(2), 16-19.
- Smidt, N., Rutjes, A. W., Van der Windt, D. A., Ostelo, R. W., Bossuyt, P. M., Reitsma, J. B., Bouter, L. M., de Vet, H. C. (2005). Reproducibility of the STARD Checklist: An Instrument to Assess the Quality of Reporting of Diagnostic Accuracy Studies, *BMC Medical Research Methodology*, 235 (2), 347-353.
- Tracy, S. J. (2010). Qualitative quality: Eight “big-tent” criteria for excellent qualitative research. *Qualitative Inquiry*, 16(10), 837–851.
- Tong, A., Sainsbury, P., & Craig, J. (2007). Consolidated criteria for reporting qualitative research (COREQ): A 32-item checklist for interviews and focus groups. *International Journal for Quality in Health Care*, 19(6), 349-357.
- Walter, S.D., Eliasziw, M., and Donner, A. (1998). Sample size and optimal designs for reliability studies. *Statistics in Medicine*, 17, 101-110.
- Walsh, S., Jones, M., Bressington, D., McKenna, L., Brown, E., Terhaag, S., ... & Gray, R. (2020). Adherence to COREQ Reporting Guidelines for Qualitative Research: A Scientometric Study in Nursing Social Science. *International Journal of Qualitative Methods*, 19, 1609406920982145.
- Winer, B. J. (1991). *Statistical principles in experimental design (Third Edition)*. McGraw-Hill. New York, NY.
- Yıldırım, A., & Şimşek, H. (2011). *Sosyal bilimlerde nitel araştırma yöntemleri* (8. Baskı). Ankara: Seçkin Yayıncılık.



Büyükbaş Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilir Biyogaz ve Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritaların Oluşturulması

Hasan Ertop^{1*}, Atılğan Atılğan², Burak Saltuk³, Ercüment Aksoy⁴

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü., Isparta/Türkiye
(ORCID: 0000-0003-0987-5885) hasanertop@hotmail.com

²Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Alanya-Antalya/Türkiye
(ORCID:0000-0003-2391-0317) atilgan.atilgan@alanya.edu.tr

³Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Alanya-Antalya/Türkiye
(ORCID: 0000-0001-8673-9372) burak.saltuk@alanya.edu.tr

⁴Akdeniz Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Antalya, Türkiye,
(ORCID: 0000-0001-7313-0891), ercumentaksoy@akdeniz.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 9 Aralık 2021 ve Kabul Tarihi 17 Nisan 2022)

ATIF/REFERENCE: Ertop, H., Atılğan, A., Saltuk, B. Aksoy, E., (2022). Büyükbaş Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilir Biyogaz ve Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenerek Sayısal Haritaların Oluşturulması *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 530-540.

Öz

Bu çalışmada, Türkiye'deki büyükbaş hayvansal atıklardan üretilebilecek biyogaz enerjisi potansiyeli yardımıyla iller bazında elektrik enerjisi miktarı belirlenerek, elde edilebilecek elektrik enerjisinin kullanılan elektrik enerjisini karşılama yüzdelerinin belirlenmesi hedeflenmiştir. Bununla birlikte iller bazındaki biyogaz tesisleri haritalandırılmış ve elektrik enerjisi elde etmek için büyükbaş hayvansal atıkların işlenebileceği biyogaz tesisleri de haritalandırılarak, bu haritalar kıyaslanmaya çalışılmıştır. Elde edilen değerler, konuyla ilgili literatür bilgileri ile karşılaştırılarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Araştırmada Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2020 yılı verileri dikkate alınarak, 81 ilde bulunan süt sığırı ve et sığırı sayılarına bağlı olarak, üretilebilecek biyogaz enerjisi ve biyogazdan elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarı hesaplanmıştır. Türkiye'de büyükbaş hayvansal atıklarından elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisi miktarının 2361063163 MJ olduğu ve bu biyogaz enerjisinin yaklaşık 656375,63 MWh elektrik enerjisine eşdeğer olduğu belirlenmiştir. Elektrik enerjisi üretim potansiyelinin belirlenmesi ile illerin kullandığı elektrik enerjisini hangi yüzde ile karşılayabileceği, bu yüzdelerin enerji planlamalarında değerlendirilebileceği ve ayrıca bununla birlikte elde edilen haritaların ise biyogaz tesislerine yapılacak olan yatırım planlamalarına da katkı sağlayabileceği öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Büyükbaş, Biyogaz, Elektrik Enerjisi, Harita

Establishment of Numerical Maps by Determining the Biogas and Electricity Production Potential Obtainable from Cattle Waste

Abstract

In this study, it is aimed to determine the percentage of electricity that can be obtained by determining the amount of electrical energy on the basis of provinces, with the help of the biogas energy potential that can be produced from cattle animal waste in Turkey. In addition, the existing biogas facilities on the basis of provinces have been mapped and the biogas facilities where cattle wastes can be processed to obtain electrical energy have also been mapped and these maps have been tried to be compared. The obtained values were compared with the literature on the subject and necessary calculations were made. In the study, considering the data of the Turkish Statistical Institute for the year 2020, the amount of biogas energy that can be produced and the amount of electrical energy that can be obtained from biogas, depending on the number of dairy and beef cattle in 81 provinces, were tried to be calculated. In the study, it was determined that the potential amount of biogas energy that can be obtained from animal wastes is 2361063163 MJ and this biogas energy is equivalent to approximately 656375,63 MWh electrical energy. By determining the electrical energy production potential, it can be said with what percentage the provinces can meet the electrical energy they use. It is foreseen that these percentages can be evaluated in energy planning, and that the maps obtained together with this will contribute to the investment planning to be made in biogas facilities.

Keywords: Cattle, Biogas, Electrical energy, Map.

* Sorumlu Yazar: hasanertop@hotmail.com

1. Giriş

Sanayileşme ve nüfus artışı ile birlikte enerji ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Fosil yakıtlar dünyanın enerji ihtiyacında büyük paya sahiptir ve özellikle çevre kirliliği ve küresel ısınma olmak üzere mevcut çevre problemlerine sebep olmaktadır. Enerji üretiminde fosil yakıtların yaygın olarak kullanılması ve bu yakıt rezervlerinin ömrünün kısıtlı olması ile tüm dünyada yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına olan trend artmaktadır (Abdeshahian ve ark., 2016).

Fosil kökenli enerji kaynaklarının kısıtlı olması, tüm dünyada alternatif ve yenilenebilir enerji kaynakları üzerine çalışmalara ağırlık verilmesine neden olmuştur. Bu kapsamda Türkiye her zamankinden daha fazla konuya eğilmek durumundadır. Çünkü yoğun ihtiyaca karşılık, mevcut enerji kaynaklarından yeterince yararlanma noktasında arzu edilen seviyede değildir. Bu ihtiyacı karşılamada, bilhassa tarım ve hayvancılık alanında gelişmiş ülkelerde bugün yaygın kullanılan yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olarak biyogazın önemli bir yeri vardır (Topaloğlu ve İmren, 2011).

Biyokütle sürdürülebilir kalkınmaya katkı sağlamasıyla birlikte, dünya nüfusunun tamamında enerji güvenliği de sağlar. Bununla birlikte biyokütleden enerji elde edilmesi proseslerinde meydana gelen CO₂, fotosentez yoluyla organik maddelerin büyümesi ve gelişmesiyle atmosferden alınan CO₂'ye eşdeğer olduğundan biyokütle enerjisinde karbon nötrdür böylelikle sera gazı emisyonlarını da azaltmış olur. Bunun yanı sıra, kullanılabilirlik ve iyi bilinen dönüşüm teknolojileri nedeniyle biyokütle, ihtiyacı karşılamak ve enerji arz güvenliğini sağlamak amacıyla çok yakın bir sürede önemli enerji kaynaklarından biri olacaktır (Ekpeni ve ark., 2014).

Biyokütle, direkt yanabilen veya yakıtlara dönüştürülebilen odun ve diğer bitkiler ya da hayvan atıklar olarak tanımlanabilir (Fanchi ve Fanchi, 2011). Başka bir deyişle biyokütle, biyolojik orjinli, fosil olmayan organik madde kütlesi olarak tanımlanır. Tarım ve orman ürünleri, hayvansal ve bitkisel atıklar, deniz bitkileri, endüstriyel ve evsel atıklar biyokütle hammaddesidir (Anonim, 2006; Acaroğlu, 2007; Öztürk, 2008).

Biyokütle devamlılığı olan bir enerji kaynağı olarak öne çıkmaktadır. Bu sebeple, biyogaz tesisleri kırsal bölgeleri kalkındırabilecek olmasından dolayı sosyal ve ekonomik bir öneme sahiptir. Ayrıca, hayvan işletmelerinde ortaya çıkan atıkların biyogaz teknolojisi ile değerlendirilmesi atık kontrolünün belirli standartlar içerisinde değerlendirilmesine de katkı sağlayabilecektir.

Biyogazdan elektrik ve ısı elde edilmesi ekonomik gelir sağlar (Yürük ve Erdoğan, 2015). Bununla birlikte biyogaz üretim teknolojisinin çevre ve doğal dengenin korunmasına olan katkısından da söz edilebilir.

Barınaklarda gübre hem iç alanlarda hem de dış alanlarda yüksek oranda çevre kirliliğine neden olmaktadır (Anonim, 1996). Barınak içerisindeki gübre taşıma sistemi, iç alandaki

kokunun ve kirliliğin yayılımı ile direkt ilişkilidir. Dış alanda gübrenin hatalı taşınması, uygun şekilde depolanmamasından kaynaklı etkiler de çevre kirliliğine birinci ölçüde sebep olan ve kirliliği arttıran nedenlerdir (Atılğan ve ark., 2006). Biyogaz üretimi sonucunda hayvan gübresinin kokusu hissedilmeyecek şekilde ortadan kalkmaktadır ve çok daha değerli bir organik gübre formuna gelmektedir. Biyogaz tesislerinde açığa çıkan en kötü sera gazlarından biri olan metan gazı yakılarak CO₂'e dönüştürülmektedir. Biyogaz, hayvan gübrelerinden meydana gelen insan sağlığını ve yeraltı sularını tehdit eden hastalık etmenlerinin yüksek ölçüde etkinliğinin kaybolmasını ve daha sağlıklı, hijyenik yaşam alanlarının oluşmasına neden olmaktadır (Yürük ve Erdoğan, 2015).

Dünya, nüfusun hızla yükselmesi ile birlikte artan besin ihtiyacının karşılanabilmesi için son asırda yoğun şekilde tercih edilen tarımsal kimyasallardan kaynaklanan çevre ve toprak kirliliği ile yüz yüzedir (Atılğan ve ark., 2007). Bu sebeple, kimyasal gübrelerin kullanımının olanaklar ölçüsünde azaltılması gelecek nesiller için çevre sağlığı açısından son derece önemlidir.

Biyogaz, ülkemizde hayvancılığın gelişmesine pozitif ivme kazandırmakla birlikte suni gübreyle olan ihtiyacı azaltarak, sürdürülebilir kalkınmaya katkı da sağlamakta ve ülkemizin dışarıya olan enerji bağımlılığı yükünü de hafifletmektedir (Öztürk, 2005; Tolay ve ark., 2008).

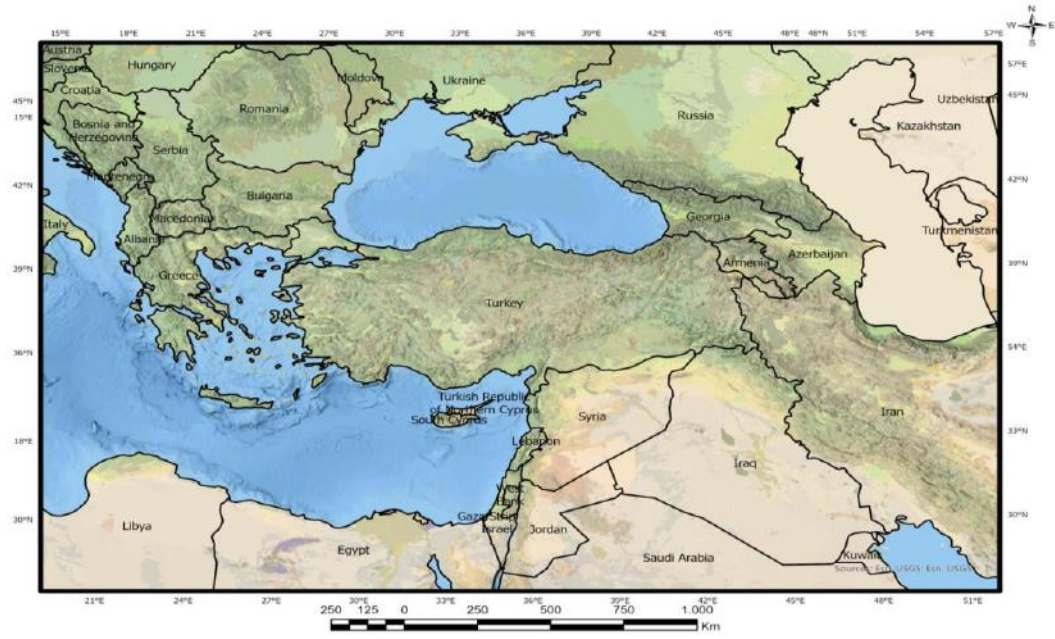
ABD ve Avrupa ülkelerinde farklı büyüklüklerde binlerce faaliyet gösteren biyogaz üretim tesisleri bulunmaktadır ve bu tesislerin sayıları hızla yükselmektedir (Tafdrup., 1994). Biyogaz teknolojisinin yaygın olarak kullanıldığı bu ülkelerde her çeşit organik atık bu tesislerde değerlendirilerek hem enerji sağlanmakta hem çevreye zararlı olabilecek atıklar sterilize edilerek toprak ve su kirlenmesinin önüne geçilerek doğal denge korunmakta, hem de tesislerden çıkan atık bitkisel üretimde gübre olarak kullanılmaktadır (Çağlayan ve Koçer, 2014).

Bu çalışmanın amacı, büyükbaş hayvansal atıkların biyogaz teknolojisi ile değerlendirilmesiyle elde edilebilecek elektrik enerjisini belirlemek ve dağılımını haritalandırmaktır. Bununla birlikte ayrıca, büyükbaş hayvan atıklarının alternatif bir enerji olan biyogazda kullanılabileceğini belirlemektir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

Araştırma Türkiye'nin (Şekil 1) 81 ilinde bulunan süt sığırları ve et sığırları işletmelerini kapsamaktadır. Araştırmada TÜİK'in 2020 yılı değerleri dikkate alınarak, süt sığırları ve et sığırları varlığı büyükbaş hayvan varlığı olarak değerlendirilmeye alınmıştır. Büyükbaş hayvan varlığının çalışmada kullanılmasında, günlük gübre üretim miktarının ve bu gübrenin biyogaz üretiminde kullanılabilirliğinin diğer hayvan sınıflarına göre daha yüksek olması etkili olmuştur.



Şekil 1. Araştırma alanının konumu
(Figure 1. Location of the research area)

2.2. Metot

Büyükbaş hayvanlardan elde edilebilecek yaş gübre ve elde edilebilecek biyogaz enerjisi potansiyelinin hesaplanmasında birim hayvan için gübre üretimi, gübrenin kuru madde oranı, uçucu kuru madde oranları, gübrenin metan üretim oranına ait değerler ve bu büyükbaşlardan ortaya çıkan gübrenin kullanılabilirliği (Ekinci ve ark., 2010) 'a göre hesaplanmıştır.

$$YG=HS \times MYG \times 365$$

Burada:

YG: Yaş Gübre Miktarı (kg/yıl)

HS: Büyükbaş Sayısı (adet)

MYG: Büyükbaş Başına Ortalama Günlük Gübre Üretimi (kg/gün-hayvan)

ME= $YG * KM * UKM * MO * Kullanım Yüzdesi$
Burada:

ME: Elde edilebilir metan gazının enerji değeri (MJ)

YG: Yaş Gübre Miktarı (kg/yıl)

KM: Katı Madde Oranı (%)

UKM: Uçucu Kuru Madde Oranı (%)

MO: Hammadde özgül metan üretim oranı ($m^3 CH_4/kg UKM$)

Tablo. 1. Hayvan türüne göre biyogaz prosesi için kabul edilen gübre miktarı ve özellikleri (Ekinci ve ark., 2010)
(Table 1. The amount and properties of animal manure accepted for the biogas process) (Ekinci et.all 2010)

Hayvan Türü	Birim hayvan için gübre üretimi (kg/hayvan-gün)	KM (kuru madde) (%)	Hammadde özgül metan üretim oranı ($m^3 CH_4/kg UKM$)	UKM (Uçucu kuru madde) (%)	Hayvan Gübresinin Kullanılabilirliği (%)
Süt Sığırı	43,00	13,95	0.18	83,36	50
Et sığırı	29,00	14,66	0.33	84,65	50

Araştırma alanında elde edilebilecek potansiyel 1 MJ biyogazın elektrik enerjisi eş değeri 0,000278 MWh olarak hesaplanmıştır (Anonim, 2021a). Bu değerler sonucunda iller bazında elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisi sonucu elde edilebilir elektrik enerjisi eş değeri hesaplanmış ve bu elde edilebilir elektrik enerjisinin, illerde tüketilen elektrik enerjisini

ne oranda karşılayabileceği belirlenmiştir. ARCGIS programında, araştırma alanında bulunan biyogaz üretim tesislerinin konumlarına ve üretim kapasitelerine ait harita ve büyükbaş hayvansal atıklarından elde edilebilecek elektrik enerjisinden yola çıkılarak illerde kurulabilecek olan biyogaz üretim tesislerinin konumlarına ve üretim kapasitelerine yönelik harita oluşturularak yorumlanmaya çalışılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

İller bazında süt sığırları varlığı Tablo 2’de ve iller bazında et sığırları varlığı Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 2. Araştırma alanındaki süt sığırlarının illere göre dağılımı (adet)
(Table 2. Distribution of dairy cattle in the research area by provinces (number))

İl	Süt Sığırları (Adet)	İl	Süt Sığırları (Adet)	İl	Süt Sığırları (Adet)
ADANA	131903	GİRESUN	69820	SAMSUN	214377
ADİYAMAN	91474	GÜMÜŞHANE	50604	SİİRT	26401
AFYON	236341	HAKKARİ	32433	SİNOP	57390
AĞRI	218477	HATAY	80065	SİVAS	241312
AMASYA	90989	ISPARTA	87309	TEKİRDAĞ	85847
ANKARA	232241	MERSİN	83356	TOKAT	177495
ANTALYA	102901	İSTANBUL	56641	TRABZON	96202
ARTVİN	45065	İZMİR	481530	TUNCELİ	23782
AYDIN	258913	KARS	324521	ŞANLIURFA	182212
BALIKESİR	310886	KASTAMONU	178253	UŞAK	85889
BİLECİK	22355	KAYSERİ	182170	VAN	106160
BİNGÖL	81289	KIRKLARELİ	91628	YOZGAT	157914
BİTLİS	56764	KIRŞEHİR	91956	ZONGULDAK	52354
BOLU	85660	KOCAELİ	63176	AKSARAY	198899
BURDUR	139527	KONYA	537837	BAYBURT	49671
BURSA	127257	KÜTAHYA	114107	KARAMAN	53792
ÇANAĞKALE	139112	MALATYA	97388	KIRIKKALE	33393
ÇANKIRI	103976	MANİSA	141328	BATMAN	71761
ÇORUM	145069	KAHRAMANMARAŞ	110777	ŞIRNAK	44146
DENİZLİ	188397	MARDİN	70205	BARTIN	35028
DİYARBAKIR	348791	MUĞLA	172745	ARDAHAN	205199
EDİRNE	104823	MUŞ	201296	İĞDIR	86072
ELAZIĞ	117602	NEVŞEHİR	69116	YALOVA	7198
ERZİNCAN	58862	NİĞDE	141337	KARABÜK	32476
ERZURUM	512167	ORDU	89403	KİLİS	7378
ESKİŞEHİR	102593	RİZE	12275	OSMANİYE	51720
GAZİANTEP	92447	SAKARYA	103858	DÜZCE	33843

Tablo 3. Araştırma alanındaki et sığırlarının illere göre dağılımı (adet)
(Table 3. Distribution of beef cattle in the research area by provinces (number))

İl	Et Sığırları (Adet)	İl	Et Sığırları (Adet)	İl	Et Sığırları (Adet)
ADANA	59836	GİRESUN	16832	SAMSUN	58106
ADİYAMAN	24806	GÜMÜŞHANE	16979	SİİRT	4797
AFYON	76668	HAKKARİ	1959	SİNOP	11754
AĞRI	88256	HATAY	27432	SİVAS	64816
AMASYA	53853	ISPARTA	21413	TEKİRDAĞ	17447
ANKARA	218613	MERSİN	21071	TOKAT	42115
ANTALYA	25406	İSTANBUL	16850	TRABZON	19311
ARTVİN	14372	İZMİR	98700	TUNCELİ	4051
AYDIN	62979	KARS	118459	ŞANLIURFA	108778
BALIKESİR	71682	KASTAMONU	38433	UŞAK	19430
BİLECİK	7466	KAYSERİ	67901	VAN	33423
BİNGÖL	17463	KIRKLARELİ	18666	YOZGAT	33582
BİTLİS	13230	KIRŞEHİR	93718	ZONGULDAK	14906
BOLU	14623	KOCAELİ	27471	AKSARAY	60479
BURDUR	20126	KONYA	149706	BAYBURT	16817
BURSA	52181	KÜTAHYA	23547	KARAMAN	7783
ÇANAĞKALE	23561	MALATYA	30419	KIRIKKALE	17535

ÇANKIRI	19880	MANİSA	35878	BATMAN	22094
ÇORUM	35021	KAHRAMANMARAŞ	39752	ŞIRNAK	13561
DENİZLİ	32457	MARDİN	11715	BARTIN	4801
DİYARBAKIR	145853	MUĞLA	37731	ARDAHAN	40919
EDİRNE	12544	MUŞ	39815	İĞDIR	33266
ELAZIĞ	44526	NEVŞEHİR	15061	YALOVA	3163
ERZİNCAN	25015	NİĞDE	8313	KARABÜK	10013
ERZURUM	129154	ORDU	21008	KİLİS	2311
ESKİŞEHİR	28783	RİZE	2940	OSMANİYE	7886
GAZİANTEP	46806	SAKARYA	35645	DÜZCE	12551

Büyükbaş hayvan varlığına ait çizelgeler incelendiğinde; araştırma alanının 10298926 adet süt sığırları ve 3088269 adet et sığırlarına sahip olduğu belirlenmiştir. Süt sığırları varlığı olarak %5,22 ile Konya ilinin ilk sırada; %4,97 ile Erzurum ilinin ikinci sırada ve %0,06 ile Yalova ilinin son sırada bulunduğu görülmektedir. Bununla birlikte et sığırları varlığı olarak ise;

%7,07 Ankara ilinin ilk sırada; %4,85 ile Konya ilinin ikinci sırada ve %0,06 ile Hakkari ilinin son sırada bulunduğu belirlenmiştir. Araştırma alanındaki et sığırları ve süt sığırları büyükbaş hayvan varlığından yola çıkılarak elde edilebilecek potansiyel biyogaz miktarları Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 4. Araştırma alanında elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisi miktarı (MJ)
(Table 4. The potential amount of biogas energy that can be obtained in the research area (MJ))

İl	Elde Edilebilir Toplam Biyogaz Enerji (MJ)	İl	Elde Edilebilir Toplam Biyogaz Enerji (MJ)	İl	Elde Edilebilir Toplam Biyogaz Enerji (MJ)
ADANA	34635337,78	GİRESUN	15116876,55	SAMSUN	47807682,11
ADIYAMAN	20402066,24	GÜMÜŞHANE	11992288,41	SİİRT	5376361,26
AFYON	55438618,40	HAKKARİ	5752083,13	SİNOP	11974509,02
AĞRI	55015815,10	HATAY	19097161,85	SİVAS	53686379,44
AMASYA	26617997,93	ISPARTA	18982523,98	TEKİRDAĞ	17882789,44
ANKARA	85530069,73	MERSİN	18259073,82	TOKAT	38283527,29
ANTALYA	22409125,22	İSTANBUL	12955975,74	TRABZON	19987717,37
ARTVİN	10517407,19	İZMİR	100488906,60	TUNCELİ	4784473,63
AYDIN	56179397,51	KARS	78980907,98	ŞANLIURFA	53506776,55
BALIKESİR	66602833,39	KASTAMONU	37610006,93	UŞAK	18319480,54
BİLECİK	5290233,91	KAYSERİ	44640264,52	VAN	24682044,66
BİNGÖL	17137553,40	KIRKLARELİ	19096589,11	YOZGAT	33217694,92
BİTLİS	12191587,12	KIRŞEHİR	35417112,65	ZONGULDAK	11830447,42
BOLU	17240003,47	KOCAELİ	16331402,43	AKSARAY	45779562,94
BURDUR	27280987,93	KONYA	120792933,60	BAYBURT	11803920,83
BURSA	32213046,95	KÜTAHYA	23846922,85	KARAMAN	10522828,26
ÇANAĞKALE	27957315,60	MALATYA	22590060,95	KIRIKKALE	9285690,51
ÇANKIRI	21388010,27	MANİSA	30990885,16	BATMAN	16576185,23
ÇORUM	31419642,62	KAHRAMANMARAŞ	26812176,87	ŞIRNAK	10190676,10
DENİZLİ	37981047,12	MARDİN	14071067,14	BARTIN	6794312,03
DİYARBAKIR	88904864,24	MUĞLA	36553104,36	ARDAHAN	42575008,39
EDİRNE	19937147,29	MUŞ	41694616,70	İĞDIR	21348332,04
ELAZIĞ	28967970,33	NEVŞEHİR	14617392,86	YALOVA	1867897,52
ERZİNCAN	15090469,02	NİĞDE	25017971,22	KARABÜK	7504756,95
ERZURUM	112121935,00	ORDU	19238708,50	KİLİS	1712803,53
ESKİŞEHİR	23090458,05	RİZE	2653520,44	OSMANİYE	10204802,52
GAZİANTEP	25330136,10	SAKARYA	24785507,31	DÜZCE	8279384,30

Tablo 4 incelendiğinde, elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisinin 2361063163 MJ ve elde edilebilecek toplam biyogaz enerjisinin %5,11 'inin Konya, %4,75'inin Erzurum ve %0,07'sinin Kilis ilinde bulunduğu görülmektedir. Toplam elde edilebilir biyogaz enerjisi varlığında Konya ilinin en yüksek paya sahip olmasında toplam hayvan varlığının etkisi ile beraber özellikle süt sığırlarının günlük gübre üretiminin 43,00 kg/hayvan-gün olmasından kaynaklı olarak 537837 adet

süt sığırının etkisinden bahsedilebilir. Atılğan ve ark., 2021; Antalya ilindeki toplam hayvansal atıklardan elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisinin 45570947,23 MJ ve çalışmaya dahil olan büyükbaş hayvan varlığından elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisinin 36100661,62 MJ olduğunu ifade etmişlerdir. Araştırmamız sonucunda Antalya ilinde elde edilebilecek biyogaz enerjisi miktarı 22409125,22 MJ'dir. Antalya ili için 2020 yılı Türkiye İstatistik Kurumu büyükbaş hayvan sayısı verilerinin 2019 yılı verilerine göre azalması da

dikkate alındığında; arařtırmamızın Atılğan ve ark., 2021'nin çalışması ile paralellik gösterdiği düşünülebilir ve bununla birlikte biyogaz enerjisi elde edilmesi için diđer hayvansal atıkların da değerlendirilmesinin gerekliliğinden bahsedilebilir. Ardahan ili için toplam hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerjisi potansiyeli 2019 yılı için 66055457,42 MJ olarak hesaplanmıştır (Atılğan ve ark., 2020). Ancak arařtırmamız sonucunda Ardahan ili için hesaplanan büyükbaş hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerjisinin

42575008,39 MJ olduđu belirlenmiştir. Buradan yola çıkarak biyogaz enerjisi elde ederken farklı hayvansal atıkların beraber değerlendirilmeye alınmasının gerekliliğinin bir kez daha öne çıktığı söylenebilir.

Elde edilebilecek toplam potansiyel biyogaz enerjisinden yola çıkılarak elde edilebilecek potansiyel elektrik enerjisi miktarı Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Arařtırma alanında elde edilebilecek potansiyel elektrik enerjisi miktarı (MWh)
(Table 5. The potential amount of electrical energy that can be obtained in the research area (MWh))

İl	Elde Edilebilecek Elektrik Enerjisi (MWh)	İl	Elde Edilebilecek Elektrik Enerjisi (MWh)	İl	Elde Edilebilecek Elektrik Enerjisi (MWh)
ADANA	9628,62	GİRESUN	4202,49	SAMSUN	13290,54
ADIYAMAN	5671,77	GÜMÜŐHANE	3333,86	SIİRT	1494,63
AFYON	15411,94	HAKKARİ	1599,08	SİNOP	3328,91
AĞRI	15294,40	HATAY	5309,01	SİVAS	14924,81
AMASYA	7399,80	ISPARTA	5277,14	TEKİRDAĞ	4971,42
ANKARA	23777,36	MERSİN	5076,02	TOKAT	10642,82
ANTALYA	6229,77	İSTANBUL	3601,76	TRABZON	5556,59
ARTVİN	2923,84	İZMİR	27935,92	TUNCELİ	1330,08
AYDIN	15617,87	KARS	21956,69	ŐANLIURFA	14874,88
BALIKESİR	18515,59	KASTAMONU	10455,58	UŐAK	5092,82
BİLECİK	1470,69	KAYSERİ	12409,99	VAN	6861,61
BİNGÖL	4764,24	KIRKLARELİ	5308,85	YOZGAT	9234,52
BİTLİS	3389,26	KİRŐEHİR	9845,96	ZONGULDAK	3288,86
BOLU	4792,72	KOCAELİ	4540,13	AKSARAY	12726,72
BURDUR	7584,11	KONYA	33580,44	BAYBURT	3281,49
BURSA	8955,23	KÜTAHYA	6629,44	KARAMAN	2925,35
ÇANAKKALE	7772,13	MALATYA	6280,04	KIRIKKALE	2581,42
ÇANKIRI	5945,87	MANİSA	8615,47	BATMAN	4608,18
ÇORUM	8734,66	KAHRAMANMARAŐ	7453,79	ŐIRNAK	2833,01
DENİZLİ	10558,73	MARDİN	3911,76	BARTIN	1888,82
DİYARBAKIR	24715,55	MUĞLA	10161,76	ARDAHAN	11835,85
EDİRNE	5542,53	MUŐ	11591,10	İĞDIR	5934,84
ELAZIĞ	8053,10	NEVŐEHİR	4063,64	YALOVA	519,28
ERZİNCAN	4195,15	NİĞDE	6955,00	KARABÜK	2086,32
ERZURUM	31169,90	ORDU	5348,36	KİLİS	476,16
ESKİŐEHİR	6419,15	RİZE	737,68	OSMANİYE	2836,94
GAZİANTEP	7041,78	SAKARYA	6890,37	DÜZCE	2301,67

Büyükbaş hayvansal atıkların biyogaz teknolojisi ile değerlendirilmesi sonucu elde edilebilecek biyogaz miktarının yaklaşık 656375,63 MWh elektrik enerjisine eş deđer olduđu belirlenmiştir. Isparta'daki hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogazın örtüaltı ısıtmasında değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmada büyükbaş hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerjisinin 49751,36496 MWh elektrik enerjisine eş deđer olduđu belirlenmiştir (Gökdoğan, 2019). Isparta ilinde elde edilebilecek olan 5277,14 MWh elektrik enerjisinin seraların ısıtılmasında kullanılabilceđi gibi Isparta ili için 68.349 MWh/yıl (Anonim, 2021b) tüketimine sahip olan tarımsal sulama elektriđi için de değerlendirilmesi düşünülebilir. Çalışma alanında elde edilebilecek biyogaz enerjisinin Kırőehir ili için elektrik eş deđer enerjisi 9845,96 MWh olarak belirlenmiştir. Benzer şekilde 2017 yılı için Kırőehir ilinde büyükbaş hayvansal atıklardan elde edilebilecek biyogaz enerjisinin 56617,34106 MWh elektrik enerjisine eş deđer olduđu belirlenmiştir (Boyacı, 2017). Kırőehir ili için e-ISSN: 2148-2683

yapılan elektrik eş deđer hesaplamalarında çalışma yıllarına ait büyükbaş hayvan varlığı farklılık göstermesine rağmen arařtırma deđerlerinin paralellik gösterdiği varsayılabilir. Elde edilebilecek elektrik eş deđer enerjisinin hayvan barınaklarının aydınlatılmasında ve ısıtılmasında kullanılmasının hayvancılık faaliyetlerine pozitif bir ivme kazandırabileceđi de unutulmamalıdır. Ayrıca; elde edilebilecek elektrik enerjisinin tarımsal faaliyetler dışında da kullanımı da ön plana çıkabilecektir. Bir evin elektrik tüketimi ortalama 2,333 MWh/yıl'dır (Atılğan ve ark., 2016). Buradan, toplam elde edilebilecek yıllık 656375,63 MWh elektrik enerjisi ile yaklaşık olarak 281344 adet hanenin elektrik ihtiyacının karşılanabileceđi hesaplanmıştır. TEDAŐ 2020 elektrik ücretlendirilmesine göre elektriđin mesken için kWh'lık kullanım fiyatı 0,393 TL'dir (Anonim, 2021c). Böylelikle elde edilebilecek elektriđin meskenlerde kullanılması durumunda 257955622,59 TL'lik ülke ekonomisine bir kazanım sağlanabilecektir.

İllerin 2020 yılına ait ücretlendirilen toplam elektrik kullanımını Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Araştırma alanındaki illerde 2020 yılında tüketilen elektrik miktarı (MWh) (Anonim, 2021b)
(Table 6. The amount of electricity consumed in the provinces in the research area in 2020 (MWh)) (Anonymous, 2021b)

İl	Tüketilen Elektrik (MWh)	İl	Tüketilen Elektrik (MWh)	İl	Tüketilen Elektrik (MWh)
ADANA	7152233,37	GİRESUN	699026,95	SAMSUN	3234075,51
ADIYAMAN	1200930,00	GÜMÜŞHANE	375038,44	SİİRT	453216,17
AFYON	1886172,56	HAKKARİ	287139,65	SİNOP	375012,23
AĞRI	488145,81	HATAY	4688809,62	SİVAS	1272256,30
AMASYA	604734,83	ISPARTA	976102,75	TEKİRDAĞ	7158109,69
ANKARA	14099402,63	MERSİN	5032384,93	TOKAT	863976,44
ANTALYA	7521320,37	İSTANBUL	38487633,35	TRABZON	1468069,63
ARTVİN	441803,46	İZMİR	15238973,00	TUNCELİ	127584,85
AYDIN	2731105,72	KARS	319354,09	ŞANLIURFA	5350457,55
BALIKESİR	3482514,90	KASTAMONU	1038918,89	UŞAK	1790708,05
BİLECİK	2027587,44	KAYSERİ	3821507,97	VAN	1049140,03
BİNGÖL	303740,41	KIRKLARELİ	2077281,82	YOZGAT	706857,55
BİTLİS	365624,90	KİRŞEHİR	431521,17	ZONGULDAK	1185105,80
BOLU	1082602,02	KOCAELİ	10180000,80	AKSARAY	1135282,06
BURDUR	847753,77	KONYA	6853342,70	BAYBURT	103415,28
BURSA	11380871,27	KÜTAHYA	1594982,73	KARAMAN	885767,32
ÇANAKKALE	2761636,28	MALATYA	1620659,13	KIRIKKALE	546870,99
ÇANKIRI	514466,02	MANİSA	4309129,63	BATMAN	904625,39
ÇORUM	845249,19	KAHRAMANMARAŞ	3782632,36	ŞIRNAK	644324,59
DENİZLİ	3434409,70	MARDİN	2038947,28	BARTIN	666283,21
DIYARBAKIR	2858333,05	MUĞLA	3199645,15	ARDAHAN	130666,35
EDİRNE	1027479,39	MUŞ	402178,76	İĞDIR	206595,14
ELAZIĞ	1250648,70	NEVŞEHİR	764513,59	YALOVA	758130,24
ERZİNCAN	634339,51	NİĞDE	1242426,64	KARABÜK	590448,73
ERZURUM	893633,87	ORDU	1290030,34	KİLİS	490723,00
ESKİŞEHİR	3033934,89	RİZE	745654,82	OSMANİYE	4048250,84
GAZİANTEP	8153338,12	SAKARYA	3779110,38	DÜZCE	989702,75

İllerin elektrik tüketimine ait çizelge incelendiğinde, toplam elektrik tüketiminin 233436614,8 MWh olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, 38487633,35 MWh ile İstanbul’un Türkiye genelindeki elektrik kullanımının %16,49’unu oluşturduğu belirlenmiştir. Ayrıca, 15238973 MWh ile İzmir’in %6,53 ve 103415,28 MWh ile Bayburt’un

%0,04 kullanım payına sahip olduğu hesaplanmıştır. Elektrik tüketiminin metropol şehirlerde ve sanayinin öne çıktığı şehirlerde daha fazla olduğu buna karşın sanayinin ve nüfusun az olduğu şehirlerde ise daha az olduğu söylenebilir. Elde edilebilir toplam potansiyel elektrik enerjisinin kullanılan elektrik enerjisini karşılama yüzdesi Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Elde edilebilir elektrik enerjisinin tüketilen elektrik enerjisini karşılama yüzdesi (%)
(Table 7. The percentage of available electrical energy that meets the consumed electrical energy (%))

İl	Elektrik Enerjisini Karşılama Yüzdesi (%)	İl	Elektrik Enerjisini Karşılama Yüzdesi (%)	İl	Elektrik Enerjisini Karşılama Yüzdesi (%)
ADANA	0,134624	GİRESUN	0,601191	SAMSUN	0,410953
ADIYAMAN	0,472281	GÜMÜŞHANE	0,888938	SİİRT	0,329783
AFYON	0,817101	HAKKARİ	0,5569	SİNOP	0,88768
AĞRI	3,133162	HATAY	0,113227	SİVAS	1,173098
AMASYA	1,223644	ISPARTA	0,540634	TEKİRDAĞ	0,069452
ANKARA	0,168641	MERSİN	0,100867	TOKAT	1,231841
ANTALYA	0,082828	İSTANBUL	0,009358	TRABZON	0,378496
ARTVİN	0,661797	İZMİR	0,183319	TUNCELİ	1,042506
AYDIN	0,571852	KARS	6,875343	ŞANLIURFA	0,278011
BALIKESİR	0,531673	KASTAMONU	1,00639	UŞAK	0,284403
BİLECİK	0,072534	KAYSERİ	0,324741	VAN	0,654022
BİNGÖL	1,568524	KIRKLARELİ	0,255567	YOZGAT	1,306419

BİTLİS	0,926977	KİRŞEHİR	2,281686	ZONGULDAK	0,277516
BOLU	0,442704	KOCAELİ	0,044599	AKSARAY	1,121018
BURDUR	0,894612	KONYA	0,489986	BAYBURT	3,173119
BURSA	0,078687	KÜTAHYA	0,415643	KARAMAN	0,330262
ÇANAKKALE	0,281432	MALATYA	0,387499	KIRIKKALE	0,472035
ÇANKIRI	1,155736	MANİSA	0,199935	BATMAN	0,509402
ÇORUM	1,033383	KAHRAMANMARAŞ	0,197053	ŞIRNAK	0,439687
DENİZLİ	0,307439	MARDİN	0,191852	BARTIN	0,283486
DİYARBAKIR	0,864684	MUĞLA	0,31759	ARDAHAN	9,05807
EDİRNE	0,53943	MUŞ	2,882077	IĞDIR	2,872691
ELAZIĞ	0,643914	NEVŞEHİR	0,531533	YALOVA	0,068495
ERZİNCAN	0,661341	NİĞDE	0,559792	KARABÜK	0,353345
ERZURUM	3,487994	ORDU	0,414592	KİLİS	0,097032
ESKİŞEHİR	0,211578	RİZE	0,09893	OSMANİYE	0,070078
GAZİANTEP	0,086367	SAKARYA	0,182328	DÜZCE	0,232562

Ertop ve ark., 2019; tarafından yapılmış olan bir çalışmada yumurta tavukçuluğu atıklarından biyogaz teknolojisi kullanımı ile elde edilebilir elektrik enerjisinin tüketilen elektrik enerjisini karşılama oranının Erzurum'da %0,01; Kars'ta %0,004; Ardahan %0 ve Bayburt'ta %1,36 olduğu hesaplanmıştır. Büyükbaş hayvansal atıklardan biyogaz teknolojisi kullanılarak elde edilebilir elektrik enerjisinin kullanılan elektrik enerjisini karşılama yüzdelerine ait çizelge incelendiğinde ise, Erzurum ilinde %3,487994, Bayburt ilinde %3,173119 ve Ardahan ilinde ise bu oran %9,05807 olarak hesaplanmıştır. Bu değerlerden yola çıkılarak, şehirlerin

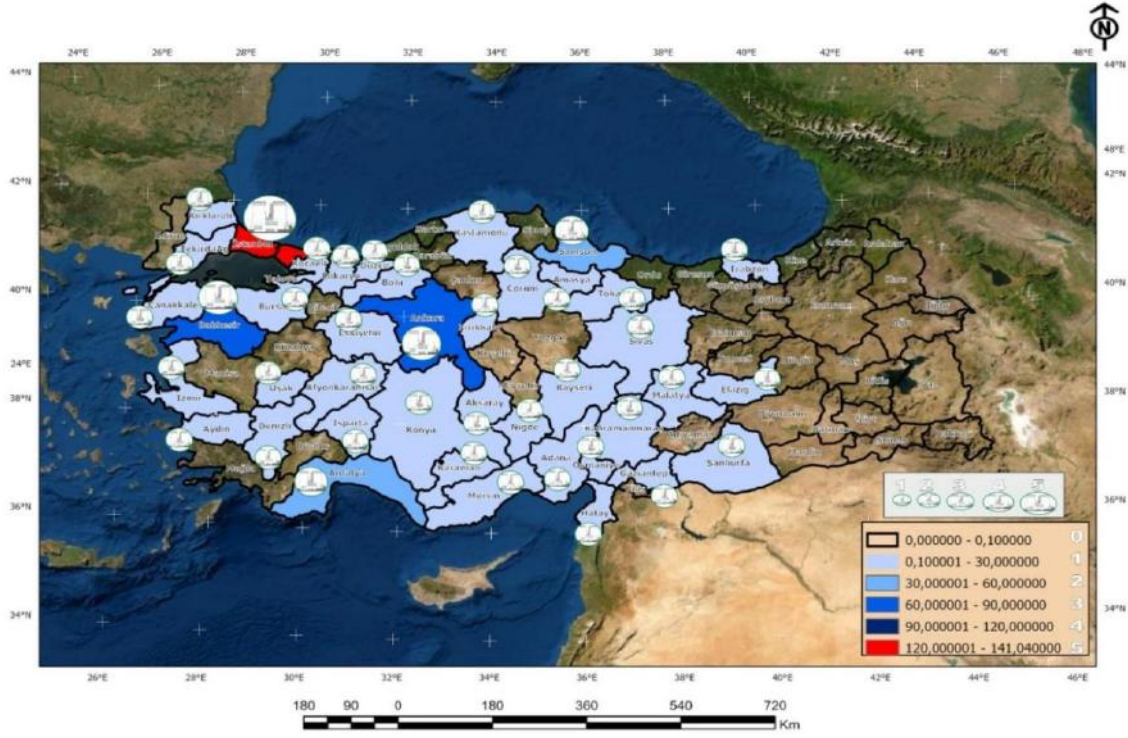
kullandıkları elektrik enerjisini sahip oldukları hayvansal atık kaynakları ile karşılama yüzdelerinde, büyükbaş sayısı ile birlikte kullanılan elektrik değerinin de etkili olduğu da düşünülmelidir. Ayrıca bu sonuçlardan, hayvansal atıklardan yararlanılarak elektrik enerjisi elde etmek için projelendirilecek bir biyogaz tesisinin öncelikle ilin hayvansal atık türüne göre düşünülmesi ve daha sonra ise diğer hayvansal ve bitkisel atıkların ilave olarak değerlendirilmeye alınabilmesi düşüncesi ile projelendirilmesi gerekliliğinden söz edilebilir. Türkiye'de bulunan 106 adet biyogaz enerji santrallerin buldukları illere göre toplam kurulu güçlerine ait bilgiler Tablo 8'de verilmiştir (Anonim, 2021d).

Tablo 8. Türkiye'de bulunan biyogaz enerji santrallerin buldukları illere göre toplam kurulu güçleri (MW) (Anonim, 2021d)
(Table 8. Total installed power of biogas power plants in Turkey according to the provinces where they are located (MW))
(Anonymous, 2021d)

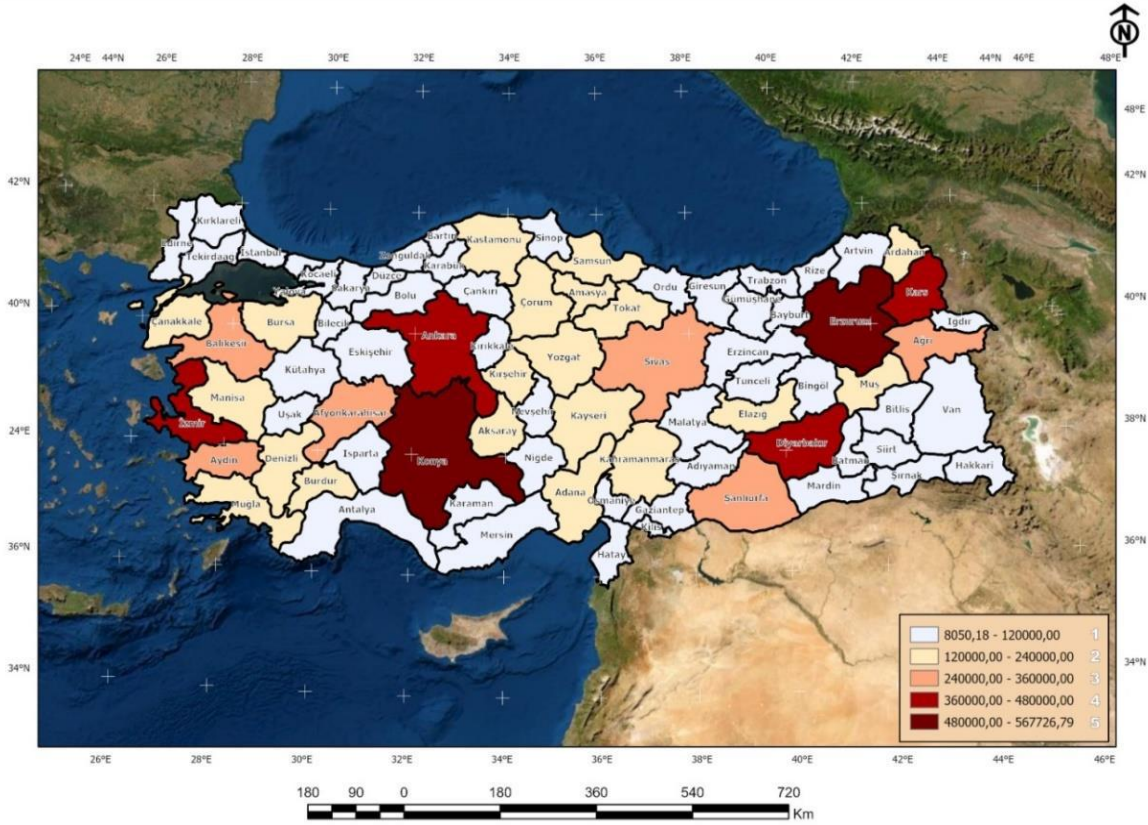
İl	Güç (MW)	İl	Güç (MW)
Adana	19,36	Kahramanmaraş	6,95
Afyonkarahisar	17,63	Karaman	1,41
Aksaray	8,89	Kastamonu	6,06
Amasya	3,84	Kayseri	5,78
Ankara	62,57	Kırıkkale	1
Antalya	32,37	Kırklareli	22,27
Aydın	22,14	Kocaeli	11,43
Balıkesir	73,47	Konya	22,3
Bolu	1,13	Malatya	8,8
Bursa	27,8	Mersin	19,34
Çanakkale	15	Niğde	2,4
Çorum	5	Osmaniye	3,12
Denizli	1,12	Sakarya	2,89
Düzce	6,39	Samsun	40,82
Elazığ	5,03	Sivas	2,83
Eskişehir	2,04	Şanlıurfa	11,44
Gaziantep	7,32	Tekirdağ	14,49
Hatay	11,31	Tokat	2,3
Isparta	2,83	Trabzon	4,24
İstanbul	141,04	Uşak	1,2
İzmir	18,07		

Tablo 8 incelendiğinde, en büyük elektrik üretim kapasitesinin 141,04 MW ile İstanbul ilinde ve en düşük üretim kapasitesinin 1 MW ile Kırıkkale ilinde bulunduğu ve bununla birlikte üretilebilecek enerjinin toplam 675,42 MW olduğu görülmektedir.

Türkiye'deki mevcut biyogaz tesislerinin dağılımı ve kapasiteleri Şekil 2'de; hayvansal atık potansiyeline göre kurulabilecek biyogaz tesislerinin dağılımı ve kapasiteleri ise Şekil 3'te verilmiştir



Şekil 2. Türkiye'deki biyogaz tesislerinin dağılımı ve kapasiteleri (Figure 2. Distribution and capacities of existing biogas plants in Turkey)



Şekil 3. Hayvansal atık potansiyeline göre kurulabilecek biyogaz tesislerinin dağılımı ve kapasiteleri (Figure 3. Distribution and capacities of biogas facilities that can be established according to animal waste potential)

Şekil 2 incelendiğinde, mevcut biyogaz tesisi kapasitesi olarak İstanbul'un ilk sırada bulunduğu görülmektedir. İstanbul ilini Balıkesir, Ankara, Samsun ve Antalya illerinin izlediği görülmektedir. Bununla birlikte 30 MW'den düşük biyogaz üretim kapasitesine sahip tesislerin ise İç Anadolu Bölgesi ve Doğu Karadeniz Bölümü harici sahil kesiminde yoğunlaştığı görülmektedir. Benzer şekilde, büyükbaş hayvansal atıkların işlenebilmesi için kurulabilecek biyogaz üretim tesislerinin bulunduğu Şekil 3 incelendiğinde ise, en yüksek üretim kapasitesinin mevcut biyogaz tesisi bulunan Konya ve Ankara illerinde kurulacak olan tesislere ait olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, mevcut biyogaz tesisinin bulunmadığı Erzurum, Kars ve Diyarbakır illerinde kurulacak olan biyogaz tesislerinin ise en yüksek elektrik üretim kapasitesine sahip olduğu söylenebilir.

Biyogaz tesislerinin hayvancılığın fazla olduğu alanlardan ziyade nüfusun fazla olduğu alanlarda yoğunlaştığı görülmektedir. Bu bölgelerde projelendirilip inşa edilecek olan bir biyogaz tesisinin yerel ekonomiye katkı sağlayabilecek olmasının yanında hayvancılık faaliyetlerinin de artmasına sebep olabileceği varsayılabilir. Bununla birlikte, hayvansal atıkların kontrolsüz bir şekilde çevreye yayılmasının önüne geçilerek çevre sağlığının korunabileceği de bir gerçektir.

4. Sonuç

Ülkemiz biyogaz enerji potansiyeli olarak farklı zenginlikte kaynaklara sahiptir. Büyükbaş hayvan atıklarının biyogaz üretiminde değerlendirilmesi bu açıdan daha büyük önem taşımaktadır. Araştırma alanındaki büyükbaş hayvansal atıklarından elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisinin enerji yatırımı olarak değerlendirilmesiyle ülkemizde enerji planlamasının kolaylaştırabileceği düşünülmektedir.

Araştırma sonucunda büyükbaş atıklarından elde edilebilecek potansiyel biyogaz enerjisinin 2361063163 MJ ve elde edilebilecek elektrik enerjisinin 656375,63 MWh olduğu belirlenmiştir.

Elde edilebilecek elektrik enerjisinin kullanılan elektrik enerjisini karşılama oranı olarak Ardahan ili oranının %9,05807 ve bu oranın Erzurum ilinde ise %3,487994 olduğu görülmektedir. Türkiye'nin en kalabalık şehri olan İstanbul'da ise bu oranın %0,009358 olduğu belirlenmiştir. Bu değer az olmasındaki neden olarak İstanbul'un hayvan varlığının aksine tüketilen elektrik değerinin diğer şehirlere göre oldukça fazla miktarda olması sebep gösterilebilir.

Biyokütle enerjisi için yüksek miktarda hammadde imkânı bulunan Türkiye'de, şehirlerde projelendirilecek olan biyogaz tesislerinin farklı organik atıkların değerlendirilmeye alınması düşüncesi ile planlanması gerektiği söylenebilir. Böylelikle bu şehirlerde elde edilebilecek elektrik enerjisi miktarının kullanılan elektrik enerjisini karşılama yüzdelerinin daha üst seviyelerde bulunması sağlanabilecek, ayrıca kurulacak olan tesisler bölge ve ülke ekonomisine pozitif ivme kazandırabilecektir.

Kaynaklar

Abdeshahian, P., Lim, J. S., Ho, W. S., Hashim, H., Lee, C. T., 2016. Potential of biogas production from farm animal waste in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 60, 714–723, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.01.117>.

- Acaroğlu, M., 2007. Alternatif Enerji Kaynakları. Nobel Yayın No: 1253, 609s, Ankara.
- Anonim, 1996. Manure Production and Characteristic, Standard of ASAE. Engineering Practice, ASAE, EP379.1, 576-578, Michigan.
- Anonim, 2006. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Türkiye Çevre Vakfı, Yayın No:175, 368s, Ankara.
- Anonim, 2021a. Enerji Birimi Dönüştürme <https://www.birimler.info/Megajoule+birimini+Megawatt+saat+birimine+donustur.php> (Erişim: 8.11.2021)
- Anonim, 2021b. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK). Elektrik Piyasası 2020 Yılı Piyasa Gelişim Raporu. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/3-0-24/elektrikyillik-sektor-raporu> (Erişim: 8.11.2021)
- Anonim, 2021c. Türkiye Elektrik Dağıtım A.Ş. (TEDAŞ).2020 Yılı Ekim Ayı Elektrik Tarifeleri. https://www.tedas.gov.tr/#!tedas_tarifeler (Erişim: 8.11.2021)
- Anonim, 2021d. Türkiye'de bulunan Biyogaz, Biyokütle, Atık Isı ve Pirolitik Yağ Enerji Santralleri. <https://www.enerjiatlasi.com/biyogaz/> (Erişim: 8.11.2021)
- Atılğan, A., Erkan, M., Saltuk, B., Alagöz, T., 2006. Akdeniz Bölgesindeki Hayvancılık İşletmelerinde Gübrenin Yaratığı Çevre Kirliliği. *Ekoloji*, 15(58): 1-7.
- Atılğan, A., Coşkan, A., Saltuk, B., Erkan, M., 2007. Antalya Yöresindeki Seralarda Kimyasal Ve Organik Gübre Kullanım Düzeyleri Ve Olası Çevre Etkileri. *Ekoloji Dergisi*, 15(62): 37-47.
- Atılğan, A., Çetin, H., Tezcan, A., 2016. Bitkisel Atıkların Biyogaz Enerji Üretiminde Kullanılması: Kumluca Örneği. 13. Ulusal Kültürteknik Kongresi, 12-15 Nisan, Antalya, 435-438.
- Atılğan A., Saltuk B., Ertop, H., Yücel, A. 2020. Determination of Potential Biogas, Electricity and Natural Gas Energy Value that can be Obtained from Animal Wastes, 4. Asia Pacific International Congress on Contemporary Studies, ISBN:978-625-7687-42-3, 12- 13 December, Subic Bay Freeport Zone, Philippines, Page: 1-14.
- 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 Special Issue 22*, pp. 263-272, January 2021
- Boyacı, S., 2017. Determination of Biogas Potential from Animal Waste in Kırşehir Province. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(4): 447–455.
- Çağlayan, G. H., Koçer, N. N., 2014. Muş İlinde Hayvan Potansiyelinin Değerlendirilerek Biyogaz Üretimine Araştırılması. *Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, (2):1, 215-220.
- Ekinci, K., Kulcu, R., Kaya, D., Yıldız, O., Ertekin, C., 2010. The Prospective of Potential Biogas Plants That Can Utilize Animal Manure in Turkey. *Energy Exploitation and Exploration*. 28 (3):187-206.
- Ekpeni, L.E.N., Benyounis, K.Y., Ekpeni, F. N., Stokes, J. and Olabi, A. G., 2014. Energy diversity through renewable energy source (RES) – A case study of biomass. *Energy Procedia*, 61, 1740 – 1747.
- Ertop, H., Atılğan, A., Yücel, A., 2019. Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilir Biyogaz ve Elektrik Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi: Yumurta Tavukçuluğu Örneği. *Spec 3. Uluslararası Tarım, Hayvancılık ve Kırsal Kalkınma Kongresi*, 20-22 Aralık, Van, 948-960s.

- Fanchi, J. R., Fanchi, C. J., 2011. Energy in the 21st Century. World Scientific Publishing Co.Pte. Ltd. 5 Toh Tuck Link, Singapore 596224.
- Gökdoğan, O., 2019. Isparta İlinin Hayvansal Atıklardan Elde Edilebilecek Enerjinin Sera Isıtmasında Kullanımı. Akademia Doğa ve İnsan Bilimleri Dergisi, 5(1), 27-34.
- Öztürk, M., 2005. Hayvan Gübresinden Biyogaz Üretimi, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara, 5,8-18,21.
- Öztürk, H. H., 2008. Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı. Teknik Yayınevi, 367s, Ankara.
- Tafdrup, S., 1994. Centralized Biogas Plants Combine Agricultural and Environmental Benefits with Energy Production, Water Science and Technology, 30:133-140.
- Tolay, M., Yamankaradeniz, H., Yardımcı, S., Reiter, R., 2008. Hayvansal atıklardan biyogaz üretimi, VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, UTES, 17-19.
- Topaloğlu B., İmren V. 2011. Samsun İlinde Biyogaz Enerjisi Potansiyeli ve Uygulanabilirliği. Samsun Sempozyumu, 13 Ekim 2011, Samsun.
- Yürük, F., Erdoğan, P., 2015. Düzce İlinin Hayvansal Atıklardan Üretilen Biyogaz Potansiyeli Ve K-Means Kümeleme İle Optimum Tesis Konumunun Belirlenmesi. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, Cilt 4, Sayı 1, 47-56.



Seramik-Metal Kompozitlerde Ultrasonik Zayıflama ve Sertlik İlişkisinin Araştırılması

Vildan Özkan Bilici^{1*}, Ahmet Yönetken²

^{1*} Afyon Kocatepe University, Faculty of Arts and Sciences, Department of Physics, Afyonkarahisar/ Turkey, (ORCID: 0000-0002-3077-2103), vildanozkan@aku.edu.tr

²Afyon Kocatepe University, Faculty of Engineering, Department of Electrical Engineering, Afyonkarahisar, Turkey, (ORCID: 0000 0003 1844 7233), yonetken@aku.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 08 Mart 2022 ve Kabul Tarihi 20 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1056174)

ATIF/REFERENCE: Bilici Ozkan V., Yonetken A., (2022). Ultrasonic Attenuation and Hardness in Ceramic-Metal Composites. *European Journal of Science and Technology*, (35), 541-547.

Özet

Malzeme karakterizasyonunda ultrasonik dalgaların malzemelerden boyuna geçişleri sırasında kayma dalgaları sayesinde incelenen malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleri hakkında elde edilen frekansta yer alan çok sayıda bilgiyi bulundurlar. Bu çalışmada, elde edilen dalga zayıflama katsayıları gibi bazı ultrasonik parametrelerin değişimini incelemek için metal matrisli kompozit numuneler üzerinde deneysel bir çalışma yapılmıştır. Bakır-silisyum karbür kompozitlerde elde edilen ultrasonik boyuna ve kayma zayıflama değerleri darbe-yankı tekniği ile 4 MHz frekansında ölçülmüştür. Üretilen numunelerin tamamı 1050°C sıcaklıkta mikrodalga sinterleme tekniği ile sinterlenmiştir. Malzemede boyuna dalga ile kayma zayıflama değerlerinin numunelerde sertliğin % SiC hacimsel yüzdeleri ile değişimleri ölçülmüştür. Elde edilen deneysel sonuçlar, mikroyapı belirlemede ultrasonik tahribatsız muayene yönteminde bir teknik geliştirmek için tartışılmış ve analiz edilmiştir. Ultrasonik dalgaların malzemelerden geçişleri ile incelenen malzemenin mekanik ve fiziksel özellikleri hakkında elde edilen frekansta yer alan çok sayıda bilgiyi içermektedir.

Bu çalışmada, Metal matrisli SiC katkılı kompozit numuneler üzerinde dalga zayıflama katsayıları gibi bazı ultrasonik parametrelerin değişimini incelemek için deneysel bir çalışma yapılmıştır. Üretilen Bakır-silisyum karbür kompozit numunelerde ultrasonik boyuna ve kayma zayıflama değerleri darbe-yankı tekniği ile 4 MHz frekansında ölçülmüştür. Boyuna ve kayma zayıflama değerlerinin ve sertliğin % SiC hacim yüzdeleri ile değişimleri belirlenmiştir. Elde edilen deneysel sonuçlar, mikroyapı belirlemede ultrasonik tahribatsız muayene yöntemini geliştirmek için tartışılmış ve analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Ultrasonik hız, Seramik-metal, Kompozit, Sertlik

Investigation of Ultrasonic Attenuation and Hardness Relationship in *Ceramic-Metal Composites

Abstract

In material characterization, they contain a large amount of information at the frequency obtained about the mechanical and physical properties of the material under investigation, thanks to shear waves during the longitudinal passage of ultrasonic waves from materials. In this study, an experimental study was carried out on metal matrix composite samples to examine the variation of some ultrasonic parameters such as wave attenuation coefficients. Ultrasonic longitudinal and shear attenuation values obtained in copper-silicon carbide composites were measured at 4 MHz using the pulse-echo technique. All of the produced samples were sintered at 1050 °C using microwave sintering technique. The variation of the shear attenuation values with the longitudinal wave in the material with the % SiC volumetric percentages of the hardness in the samples were measured. The experimental results obtained are discussed and analyzed to develop a technique in ultrasonic nondestructive testing for microstructure determination. It contains a large amount of information in the frequency obtained about the mechanical and physical properties of the material examined by the passage of ultrasonic waves through the materials.

* Corresponding Author: vildanozkan@aku.edu.tr

In this study, an experimental study was carried out to examine the variation of some ultrasonic parameters such as wave attenuation coefficients on metal matrix SiC doped composite samples. Ultrasonic longitudinal and shear attenuation values of produced copper-silicon carbide composite samples were measured at 4 MHz frequency by pulse-echo technique. Variations of longitudinal and shear attenuation values and hardness with % SiC volume percentages were determined. The experimental results obtained are discussed and analyzed to improve the ultrasonic nondestructive testing method for microstructure determination

Keywords: Ultrasonic attenuation, Ceramic-metal, Composite, Hardness

1. Introduction

Ultrasonic material characterization is based on statistical attributes of image texture or on estimations of physical properties of materials, particularly ultrasonic velocity, attenuation and backscatter (D'astous et al., 1986). In the material characterization area, the attenuation of ultrasonic waves is of great interest. When no scattering occurs at the grain boundary, the main sources of energy loss in solids are absorption, dislocation relaxation, and elastic hysteresis (Lemlikchi et al., 2017). While the ultrasound wave propagates in a solid environment, the term absorption is used for the average energy loss that occurs due to its direct interaction with the particles in the environment. This reduction event occurs due to the absorption and scattering properties of the solid and is called "attenuation" (Sanice et al., 1988). There is partial reflection of waves at each particle boundary and this reflection is seen in all directions due to the irregular shape of the particles. This is how the energy disappears from the waves, and the further away from the source, the less in intensity (Filipczyński et al., 1966). Ultrasonic absorption occurs in the presence of microscopic structural defects. When an ultrasound wave moves through an inhomogeneous material, its amplitude decreases. Attenuation refers to the loss of signal amplitude due to increasing the propagation distance. The coefficient of attenuation loss is defined as the ratio of two amplitudes and can be calculated by Equation (1). The loss is usually expressed in logarithmic units such as Neper or dB, where A_1 and A_2 are the first two consecutive amplitudes of the ultrasonic wave returning within the confines of the particles (Blitz & Simpson, 1984; Nagy, 2003).

$$\alpha = (1/d) 20 \log A_1/A_2 \quad (1)$$

It is known that ultrasonic testing plays an important role in determining material characterization and quality. With the rapid advancement of science and technology, the need for lightweight yet superior materials for use in aerospace and automotive industries, medical, sports and other fields has increased rapidly. In order to obtain these superior properties, composite materials have been produced by developing systems consisting of different materials or phases that are combined by correcting each other's weaknesses. One of the most important ways to improve the properties of composites is the changes made with the added reinforcements (Podymova & Karabutov, 2017; Bindumadhavan et al., 2002; Trojanova et al., 2004; Gür, 2001; Sarpün et al., 2009; Yönetken, 2017; Yönetken, 2019; Bilici et al., 2019; Bilici et al., 2021).

Accordingly, in this study, Cu-SiC composites were produced by powder metallurgy technique by uniform distribution of SiC particles with four different volume percentages in the (Cu) metal matrix. By changing the volume percentages of the newly produced Cu-SiC composites,

ultrasonic properties (attenuation values) after sintering were examined by using the ultrasonic test method. In addition, its mechanical properties (especially hardness values) were measured and the change with the constantly increasing SiC volume percentages added to the Cu matrix was observed.

Silicon carbide, which has many good properties such as good thermal conductivity and low friction, can be used as both structured and functional materials (Chen et al., 2003). SiC-containing ceramic metal composites have higher thermal properties and chemical stability (Somiya, 1991; Yönetken, 2019; Yönetken and Erol, 2020).

2. Experiments

2.1. Experimental systems and particle samples

produced composite used in this study, SiC reinforced Cu matrix composite samples were used. In the study, samples with four different SiC volume percentages were prepared (1%, 2%, 3%, 4% SiC). Sample compositions were prepared by mixing Cu-1% SiC, Cu-2% SiC, Cu-3% SiC, and Cu-4% SiC powders. Each of the samples obtained had a diameter of 15 mm and a thickness of approximately 5 mm. Samples were mixed homogeneously for 24 hours in a mixer following the weighing. The thickness of the sample is important in order to examine the ultrasonic properties. It is undesirable for the sample to be too thick or too thin in ultrasound measurements in order to ensure that the signal sent to the sample progresses in the sample and reflects back. All the powders were pressed using a hydraulic press at a pressure of 305.9 kg/cm², then the cold pressed samples underwent sintering at 1050 °C for 30 min. in a microwave furnace using an Argon gas atmosphere.

2.2. Ultrasonic attenuation measurements

In ultrasonic measurement methods, there is a transducer that produces the ultrasound and another transducer that detects the produced ultrasound from the other end of the medium, and this situation is the same in every experimental system. In this study, we used the pulse-echo method, one of the ultrasonic measurement methods. In the pulse-echo method, a 4 MHz (Sonatest SLH4-10, T/R) transmitter/receiver longitudinal probe was used to measure ultrasonic longitudinal absorption and a 4 MHz (GE Inspection Technologies MB 4Y 66100541) transmitter/receiver transverse probe was used to measure ultrasonic transverse wave absorption. Liquid gel was used as a coupling fluid between the probes and the sample. Then, the image of the ultrasonic wave sent to the sample with the transmitter / receiver transducer was obtained with the front wall reflection, back wall reflection peaks, and echo peaks on the A-Scan screen. Measurements were

attempted until the sharpest peak in the spectrum was obtained. The attenuation coefficient was calculated from the ratio of the amplitudes of the two consecutive reflected ultrasonic waves. This analysis was repeated six times for each compound and then averaged for an accurate measurement. The longitudinal and shear attenuation coefficients were calculated using Equation 1.

2.3. Hardness measurement

The measurement of hardness in produced composite samples is an important indicator of characterization. A METTEST-HT (Vickers) micro hardness tester was used for hardness measurements. During the measurement, the hardness test was carried out on the samples using Vickers hardness at 0.5 kg load. In addition, the hardness values obtained from eight different regions of each composite sample are given by taking the average.

3. Results and Discussion

In this study, the characterization of the produced ceramic metal composite samples by the ultrasound method was investigated. It is the determination of the longitudinal and shear attenuation values of the ultrasound in the sample, the changes in hardness, and the SiC volume percentages (Table 1). The longitudinal propagation of ultrasound waves, shear attenuation,

hardness, and density behavior of Cu-SiC composite samples are given in Figure 1 and Figure 2.

Table 1. Sintering temperature, ultrasonic longitudinal and shear attenuation, hardness and density values of Cu-SiC composites.

Table 1. Sintering temperature, ultrasonic longitudinal and shear attenuation, hardness and density values of Cu-SiC composites.

Compositions	Temperature°C	Longitudinal Attenuation (dB/mm)	Shear Attenuation (dB/mm)	Hardness (0.05 HV)	Density(g/cm ³)
Saf Cu	1050	0,531	1,091	85,2	5,010
%1 SiC	1050	0,238	0,485	104	6,509
%2 SiC	1050	0,353	0,646	112	5,407
%3 SiC	1050	0,424	0,867	117,7	6,102
%4 SiC	1050	0,510	1,089	130,8	5,202

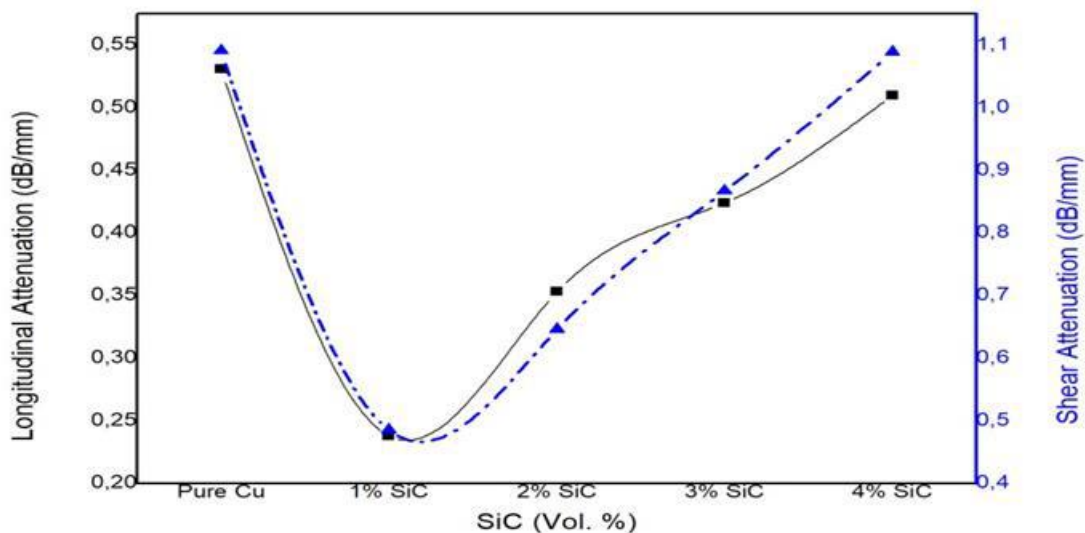


Figure 1. Variation in longitudinal and shear attenuation with volume fraction of SiC

The longitudinal and shear attenuation of ultrasound waves for the produced Pure Cu sample were measured as 0.531 dB/mm and 1.091 dB/mm, respectively. As seen in Figure 1, the ultrasonic longitudinal and shear attenuation in all samples increases with an increase in SiC content. At least two reflection peaks from the posterior surface must be able to be measured in order to make attenuation measurements. Therefore, if the sample is too thick, it will be difficult to observe the second background reflection in the spectrum due to the attenuation of the ultrasonic waves in the solid. If the sample is too thin, the attenuation to be measured at its amplitude cannot be determined

precisely, as the ultrasonic wave will interact with the material very little. Therefore, the ultrasonic wave propagating inside the solid will pass through clusters instead of the millions of particles found in the composite. For this reason, scattering of an ultrasonic wave does not occur at each particle-particle interface rather than between particle clusters (Mylavarapu & Woldeesenbet, 2008).

The increase in hardness observed in the graph (Figure 2.) increases the probability of ultrasonic wave-particle interaction. There is an increase in the attenuation of the ultrasonic wave return. Consequently, the wave-particle interaction is more likely to occur, so there is an increase in wave attenuation.

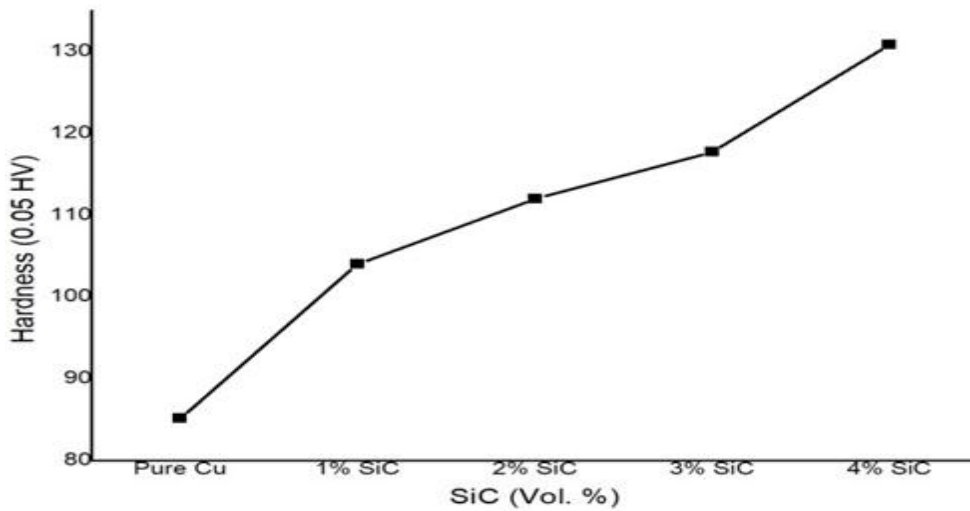
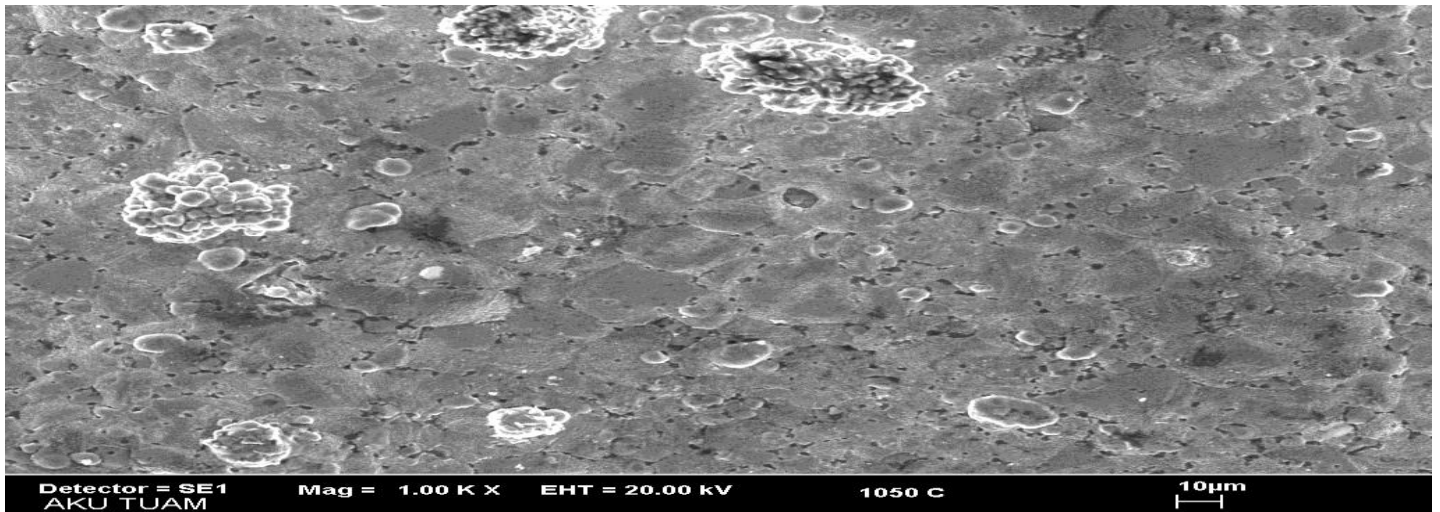


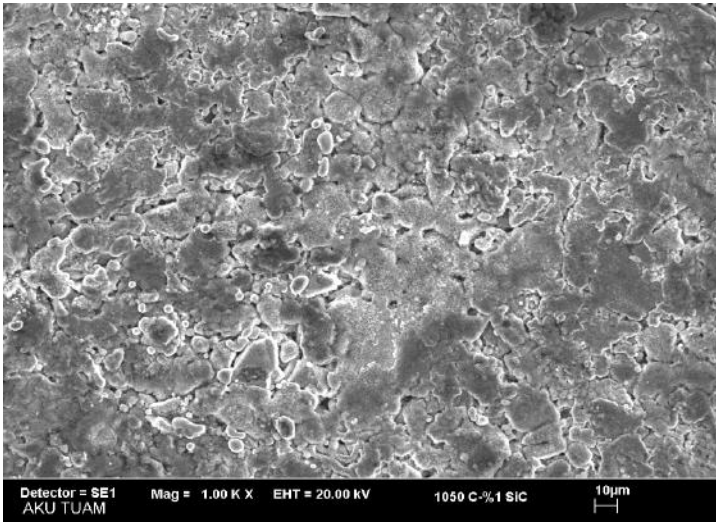
Figure 2. Variation in hardness with volume fraction of SiC

A ceramic additive was added in varying volume ratios (%SiC) to the produced ceramic metal composite samples. As the SiC ratio increased, the increase in the hardness of the material was measured. This increase was observed in the bonding between the grains, the porosity of the samples, the neck formation of the Cu matrix and grain coarsening. It shows that the porosity in the material microstructure is reduced and also that the sintering process is done well. Grain size,

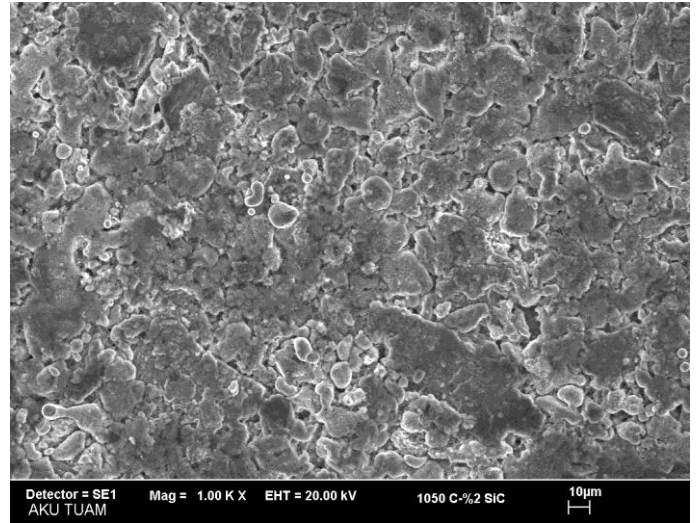
dislocation density, precipitates, etc. in the material microstructure. It has a strong influence on the hardness of materials, with almost no change in flexibility. SiC reinforcement content is an important factor controlling the strength of ceramic metal composites. It is known that for a given matrix alloy and its reinforcement, the yield and tensile strengths generally increase with increasing reinforcement content, and as a result, a similar increase in the hardness of the composite is expected.



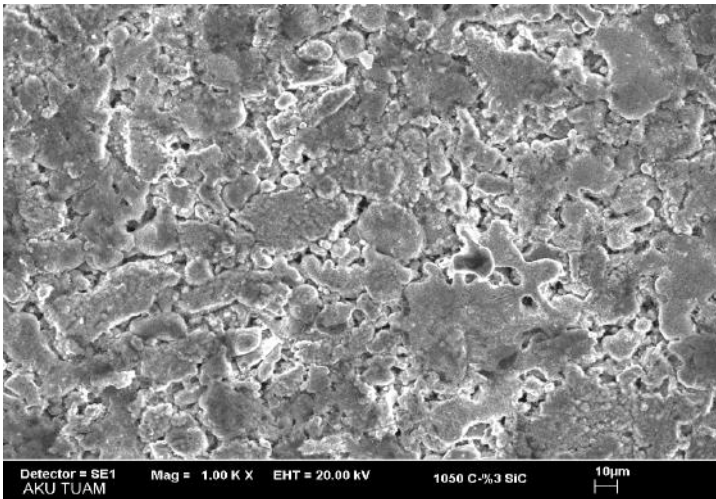
a)Cu (pure)1050 °C



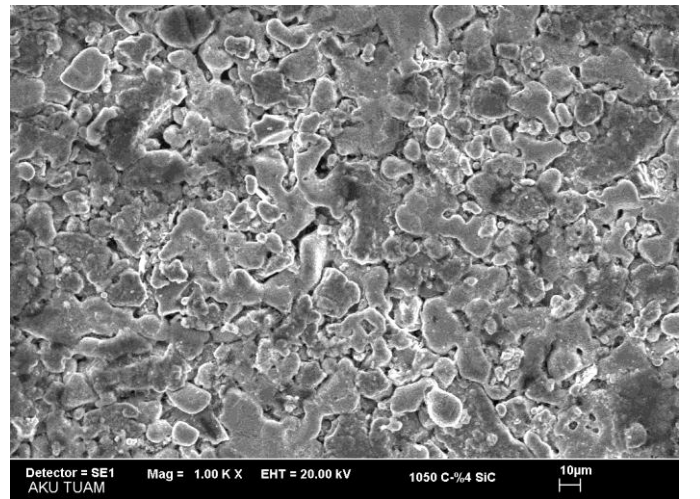
b) Cu-%1SiC 1050 °C



c) Cu-%2SiC 1050 °C



d) Cu-%3SiC 1050 °C

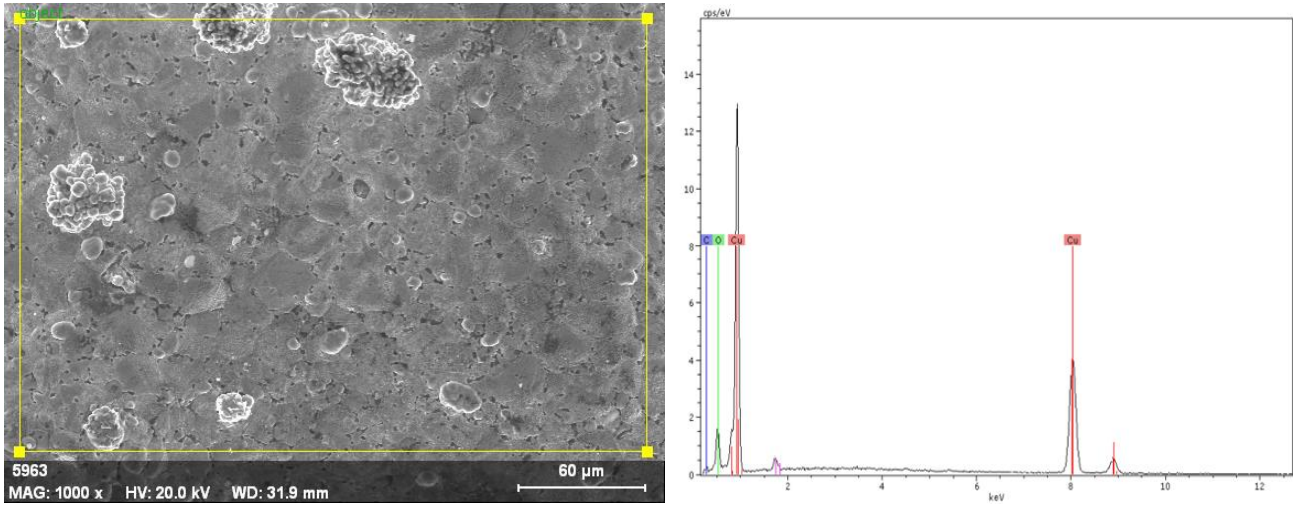


e) Cu-%4SiC 1050 °C

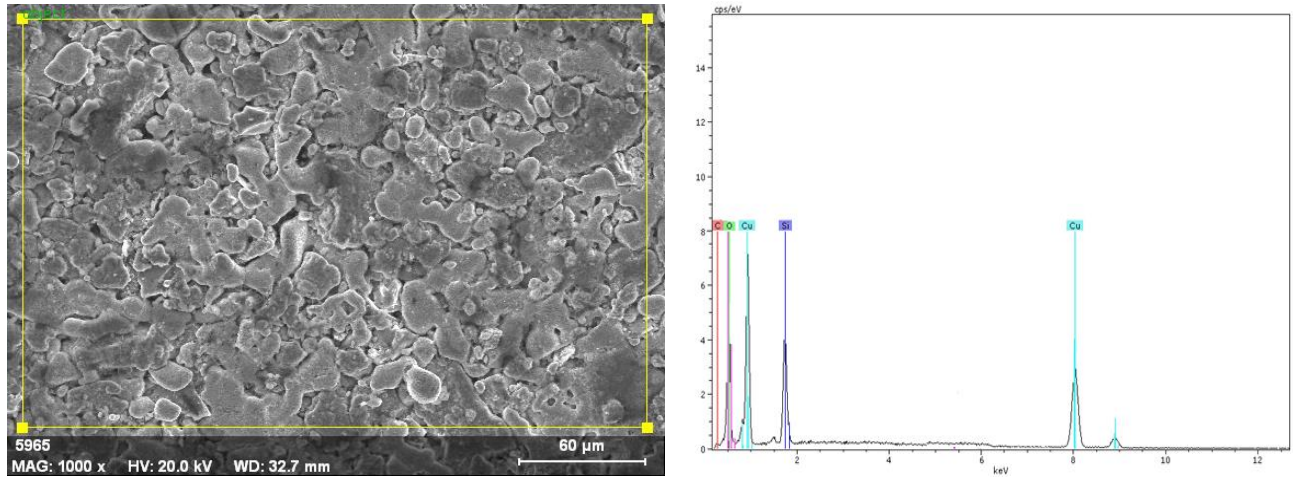
Fig.3. SEM Photo Cu depod SiC composites1050 °C

SEM picture of the composite produced by sintering from pure Cu powders at 1050 °C is given in Figure-3a. In the SEM picture of the sample, it is seen that the porosity is low and the grain glazes are evident from place to place. In other samples produced at the same temperature, it was observed that the porosity increased as SiC contribution increased, starting from Figure-3b to Figure-3e. As the SiC contribution

to the produced sample composition increased, the hardness value increased. In Figure-3e, intergranular neck formation was observed in the sample image with the highest SiC contribution. It was determined that the sintering did not reach the final stage, therefore the porosity was higher than the other samples.



a) Cu (pure)



b) Cu-%4SiC

Fig.4. EDX Analysis composites 1050 °C

Elemental field analysis (EDX) of pure copper is given in Figure-4a. Cu, O and C elements were determined according to the analysis result. Cu, Si, C and O elements were determined in the analysis made with the same method in the sample belonging

4. Conclusion

In the study, the ultrasonic pulse-echo technique was used effectively for the characterization of metal-matrix SiC-doped composite properties by a non-destructive testing method. Composite materials containing 1-2-3-4% SiC with Cu matrix reinforced with ceramic powders were characterized using ultrasonic techniques. In addition, the effect of the volume percentages of the composition on the ultrasonic properties and the change effects on the hardness of the materials were determined in the study. An increase in both the ultrasonic attenuation coefficient and hardness was observed with the increase of the volume percentages in the samples that were heat treated at 1050°C in the microwave oven. The increase in the SiC additive ratio increased the material porosity and led to a weakening of the ultrasound propagation.

to the Cu-%4SiC composite in Figure-4b. The elements determined in the composite samples of the compositions formed according to the obtained EDX analysis confirmed the study.

The produced composition is a matrix alloy of Cu and SiC reinforcement. It has been shown that the yield and tensile strengths increase with increasing SiC reinforcement content in general. Therefore, a similar increase in the hardness of the produced samples was obtained. The relationship between ultrasonic properties and mechanical properties of the produced Cu-SiC composite samples has been shown. It has been observed that SiC reinforced Cu-SiC composites exhibit better mechanical properties than pure copper materials.

References

- Bilici Özkan V., Sarpün İ. H., Kılıçkaya M. S., (2019). *The Relationship of Thermal and Elastic Properties with Ultrasonic Wave Velocity of WC/Co-Ti Composites*. Afyon Kocatepe Üniversitesi Uluslararası Mühendislik Teknolojileri ve Uygulamalı Bilimler Dergisi, 2 (1), 20-28.

- Bilici Özkan V., Yönetken A., Erol A., 2021. Characterization of Physical and Mechanical Properties of Ni-Co-WC Ceramic-Metal Composites Using Ultrasonics”, *5th International Conference on Engineering Technology and Applied Sciences*, 02-06 August 2021, Sarajevo, Bosnia and Herzegovina
- Bindumadhavan P. N., Wah H. K., Prabhakar O., (2002). “Assessment of particlematrix debonding in particulate metal matrix composites using ultrasonic velocity measurements, *Material Science Engineering A*, 323(1-2), pp. 42-51.
- Blitz J. and Simpson G., (1984). *Ultrasonic Methods of Non-destructive Testing*, Published Chapman&Hall, London
- Chen Y., Cao M., Xu Q., Zhu J., (2003). *Electroless nickel plating on silicon carbide nanoparticles Surface and Coatings Technology*, 172 , 90–94
- D’astous F.T. and Foster F. S., (1986). *Frequency dependence of ultrasound attenuation and backscatter in breast tissue*, *Ultrasound in Med.&Biol.*, 12 (10), pp. 795-808
- Filipczynski L., Zdzislaw P., Wehr J., (1966). *Ultrasonic Methods of Testing Materials*, Butterworths, London,
- Gür C. H., (2001). *Investigation of SiCp Reinforced Aluminium Matrix Composites by Shear and Longitudinal Ultrasonic Waves*, *INSIGHT*, 43, pp.748-750.
- Lemlikchi S., Asmani M., Djelouah H. And Schaaf P., (2017). *Direct transduction method for measuring the ultrasonic attenuation in Si (111)in the frequency range 100 MHz-1 GHz*, *Measurement*, 1002, 279-287.
- Mylavarapu P. and Woldesenbet E., (2008). *Characterization of syntactic foams- an Ultrasonic Approach*, *Journal of Cellular Plastics*, 44 (3),2008,pp. 203-222.
- Nagy P.B., (2003). *Ultrasonic Nondestructive Evaluation: Class Notes, Part 3: Attenuation*”, Dept. Aerospace Eng&Eng Mechanics,
- Podymova N.B. and Karabutov A. A., (2017). *Combined effects of reinforcement fraction and porosity on ultrasonic velocity in SiC particulate aluminum alloy matrix composites*, *Composites Part B*, 113, pp. 138-143.
- Saniie J., Wang T. and Bilgutay N.M., (1988). *Statistical Evaluation of Backscattered Ultrasonic Grain Signals*, , *Journal of Acoustical Society of America*, Vol.84, No.1pp.400-408.
- Sarpün İ.H., Özkan V., Ünal R., Tuncel S., 2009. Mean grain size evaluation of tungsten- and boron-carbide composites sintered at various temperatures by ultrasonic methods”, *Int. J. Microstructure and Materials Properties*, V 4(1), p. 104-111.
- Somiya, S., Inomata, Y., (1991). *Silicon Carbide Ceramics*, Ed. Elsevier Applied Science,
- Trojanova Z., Lukac P., Ferkel H., Riehemann W., (2004). *Internal Friction in Microcrystalline and Nanocrystalline Mg*, *Materials Science and Engineering A* 370, pp: 154-157.
- Yönetken, A., (2017). *Production and investigation of ceramic metal composite from electroless Ni plated AlN and Al powders*, *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*, 6 (10), pp. 21-26.
- Yönetken, A. (2019). *Investigation of the Production and Mechanical Properties of Silicon Carbide-Reinforced Composites*. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9 (3), 1551-1558. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/jist/issue/47916/482983>
- Yönetken A., Erol A., (2020). *Sintering and Characterization of SiC Reinforced Ni Powders in Microwave Furnace*, *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 12(1), 83-89



Missing Data Imputation for Solar Radiation by Deep Neural Network

Eyyup Ensar Başakın^{1*}, Mehmet Özger²

^{1*} İstanbul Technical University, Faculty of Civil, Department of Civil Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9045-5302), basakin@itu.edu.tr

² İstanbul Technical University, Faculty of Civil, Department of Civil Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9812-9918), ozgerme@itu.edu.tr

(First received 9 March 2022 and in final form 30 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1085022)

ATIF/REFERENCE: Başakın, E.E. & Özger, M. (2022). Missing Data Imputation for Solar Radiation by Deep Neural Network. *European Journal of Science and Technology*, (35), 548-555.

Abstract

The quality of observations is fundamental issue in natural sciences. Here, the accurate and complete data is required to accomplish satisfactory estimations. There are several factors impairing the quality of measurements, such as a broken or mis-calibrated device and error in reading the measurements. Thus, this study primarily aims the imputation of the missing values in measurement of solar radiation data. Deep Neural Network (DNN) method was used to handle the missing data, and benchmarked with the classical approaches, i.e., Mean Imputation (MI), which one of the most frequently adopted data imputation method in the pertinent literature, the Linear Interpolation (LI) and Spline Interpolation (SI). The overall results highlighted that the DNN method outperformed its counterparts in terms of missing value handling through providing a greater accuracy according to the various performance metrics compared to the classical methods. It is believed that the proposed approach could make valuable contribution to the body of knowledge as well as providing significant overview to the interested researchers by filling the important gap exists in the pertinent literature.

Keywords: Deep learning, Gap filling, Machine learning, Solar radiation.

Eksik Solar Radyasyon Verilerinin Derin Sinir Ağları ile Tamamlanması

Öz

Gözlemlerin kalitesi doğa bilimlerinde önemli bir konudur. Tatmin edici tahminleri gerçekleştirmek için doğru ve eksiksiz veriler gereklidir. Bozuk veya yanlış kalibre edilmiş bir cihaz ve ölçümlerin okunmasındaki hata gibi ölçümlerin kalitesini bozan çeşitli faktörler vardır. Bu çalışmada, güneş radyasyonu verilerinin ölçümünde kayıp değerlerin tamamlanması amaçlanmaktadır. Eksik verileri işlemek için Derin Sinir Ağı (DNN) yöntemi kullanılmış ve ilgili literatürde en sık benimsenen veri atama yöntemlerinden biri olan Ortalama Atama (MI) gibi klasik yaklaşımlarla, Doğrusal İnterpolasyon (LI) ve Spline İnterpolasyon ile kıyaslama yapılmıştır. Genel sonuçlar, DNN yönteminin, klasik yöntemlere kıyasla çeşitli performans ölçütlerine göre daha fazla doğruluk sağlayarak eksik veri tamamlama açısından benzerlerinden daha iyi performans gösterdiğini vurguladı. Önerilen yaklaşımın, ilgili literatürde var olan önemli boşluğu doldurarak ilgili araştırmacılara önemli bir genel bakış sağlamanın yanı sıra bilgi birikimine değerli katkılarda bulunabileceğine inanılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Derin Öğrenme, Eksik Veri Tamamlama, Makina öğrenmesi, Solar Radyasyon.

* Corresponding Author: basakin@itu.edu.tr

1. Introduction

Solar radiation values play a key role in the recent instances of hydrological drought. It is known that solar radiation is a critical factor in evaporation (Heck et al., 2020). All meteorological readings that are known to affect drought should be known to determine its extent and take measures. Any analysis or modeling requires such data to be complete and highly accurate. In developing countries, measurement of meteorological data may be subject to some disruptions (Hunziker et al., 2017). These disruptions may be associated with the instruments used, human error, and environmental factors. Measurement of solar radiation data is vulnerable to errors. Instruments should be calibrated and physically cleaned regularly. Otherwise, serious omissions and deviations may occur in the readings.

Some omissions in solar radiation data may be compensated for by classical methods. Such methods principally involve compensation using basic statistical indicators. Mean, mode or median values of a time series are used to compensate for the missing data in the series (Awawdeh et al., 2022; Schneider, 2001). Another classical method is the use of multiple linear regression (MLR) to restore the missing data. Missing data in a dataset may be recovered using independent variables of the same date. Such independent variables may be other meteorological parameters that are known to be associated with solar radiation (Başakın et al., 2021). The major drawback of the MLR method is that it is subject to many prerequisites including normal distribution, stability of variance, significance of coefficients, and normal distribution of errors (Başakın & Ekmekcioğlu, 2021). Another classical method is the interpolation method. Linear or spline interpolation of a time series data can be used to restore the missing data (Stisen & Tumbo, 2015). The stations measuring solar radiation close to the relevant area may also be used for this purpose. Geostatistical methods are used for spatial studies. The most common methods among them are the Krigging and the inverse distance weighting method (Nikroo et al., 2010).

Recent advancement of machine learning methods has enabled significant improvements in compensating for missing data. One of the key characteristics of machine learning in this regard is that it allows to work flexibly with nonlinear data and make highly accurate estimations. K-nearest neighbor (Ratolojanahary et al., 2019), support vector machine (Gill et al., 2007), decision tree (Hamzah et al., 2021), fuzzy logic (Saplioglu & Kucukerdem, 2018) and artificial neural networks (Coutinho et al., 2018) are the methods used in completing hydrological data. Among them the most frequently used and developed method is ANN. Positive developments in computer technologies have enabled to develop many ANN methods with greater flexibility. Greater amounts of data and increased numbers of variables have given rise to more complex ANNs that yield better results. Today, the most frequently used ANN architectures are deep neural network models. DNN marked a significant progress in ANN.

In this study, DNN was used to restore the missing data of total daily solar radiation. Meteorological variables were used to estimate the missing data. The meteorological variables used were temperature, wind speed, humidity and sunshine hours. Random gaps of different sizes were made in a definite full set. The data at hand were used to train the DNN model, and the gaps were estimated. The study also involved a comparative analysis using classical imputation methods. Then the outcomes were statistically analyzed to pick the most appropriate model.

2. Material and Methods

2.1. Study area and data

This study measures the missing solar radiation values of a station located in the Central Anatolia region of Turkey, where the climate is semi-arid. The station is located at latitude 38.37255, longitude 34.02537 and at an altitude of 980 meters. The studied area is a continental climate zone that is poor in water resources. The yearly average precipitation is 300 mm which is below the Turkey average. The level of ground water has also dropped remarkably in recent years (Demir et al., 2021). The agriculture mode of the area is dry grain farming. 1857 instances of data collected from 2016 to 2021 were used in the study. Descriptive statistical information on all meteorological data is available in Table 1. When table 1 is examined, it is observed that solar radiation values are close to the normal distribution, but other parameters are far from the normal distribution.

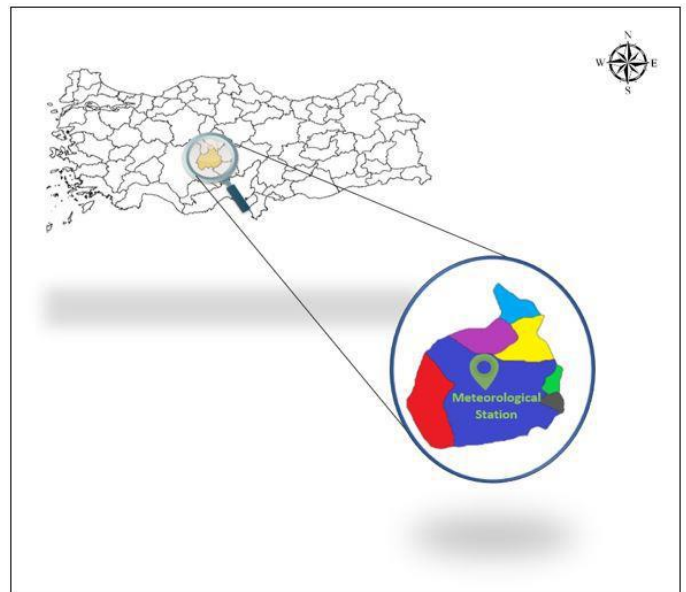


Figure 1. Study area

2.2. Classic imputation methods

2.2.1. Mean Imputation (MI)

Imputation of missing data using mean value can be considered the simplest imputation method. It operates on the principle of filling the gaps using the mean values of the entire data. The most significant disadvantage of this method is that the mean value affected by extreme values. Since variations between maximum and minimum values affect the mean value, undesirable estimations may occur (Osman et al., 2018)

2.2.2. Linear and Spline Interpolation (LI and SI)

Interpolation methods are usually implemented by generating curve(s) for the existing data points (x_i, f_i) . The functions used for this purpose are called interpolation functions (Figure 2). Mostly polynomials of different orders are used as interpolation functions. However, in some cases, more special functions such as logarithmic, exponential and hyperbolic functions, or for periodic data values, trigonometric functions can be used. It would be better to use finite difference-based interpolation methods if the data points are at equal intervals, or linear

interpolation, Lagrange interpolation, etc. if the data points are not at equal intervals. hyperbolic functions, or for periodic data values,

Table 1. Descriptive Statistics

Parameters	Unit	Maximum	Minimum	Mean	Median	St. Dev.	Skewness
Maximum Temperature	°C	38.7	-5.5	20.28	21.2	9.83	-0.32
Minimum Temperature	°C	24.8	-16.5	8.09	8.3	7.76	-0.23
Average Temperature	°C	31	-11.1	13.91	14.15	8.91	-0.21
Maximum Relative Humidity	%	96	24	71.12	73	15.95	-0.41
Minimum Relative Humidity	%	91	5	29.91	25	16.44	0.98
Average Relative Humidity	%	94.9	14.1	50.6	48.7	17.42	0.26
Sunshine Duration	Hr	14	0	7.31	7.8	4.1	-0.31
Wind Sped	m/s	4.9	0.4	1.75	1.6	0.69	1.04
Total Solar Radiation	W/m ² /day	532578	6000	282429	285600	144874	-0.07

trigonometric functions can be used. It would be better to use finite difference-based interpolation methods if the data points are at equal intervals, or linear interpolation, Lagrange interpolation, etc. if the data points are not at equal intervals.

It is possible to modify the attained equation to make them suitable for direct interpolation rather than solving a linear equation set to interpolate by running a polynomial through a group of points.

$$f(x) = a_0 + a_1x \tag{1}$$

Let the points (x_0, f_0) and (x_1, f_1) are the cartesian coordinates. Since the interpolation based on these two consecutive points satisfies the Eq. (1), Eq. (2) and Eq. (3) can be obtained as follows:

$$f_0 = a_0 + a_1x_0 \tag{2}$$

$$f_1 = a_0 + a_1x_1 \tag{3}$$

Here, the coefficients, i.e., a_0 and a_1 , can be expressed as follows:

$$a_0 = \frac{f_0x_1 - f_1x_0}{x_1 - x_0}; \quad a_1 = \frac{f_1 - f_0}{x_1 - x_0};$$

Thus, one can identifies the equation for a linear system as follows:

$$f(x) = \frac{f_0x_1 - f_1x_0}{x_1 - x_0} + \frac{f_1 - f_0}{x_1 - x_0}x \tag{4}$$

The final equation can be obtained through Eq. (5)

$$f(x) = L_0f_0 + L_1f_1 \tag{5}$$

$$L_0 = \frac{x - x_1}{x_0 - x_1}; \quad L_1 = \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}$$

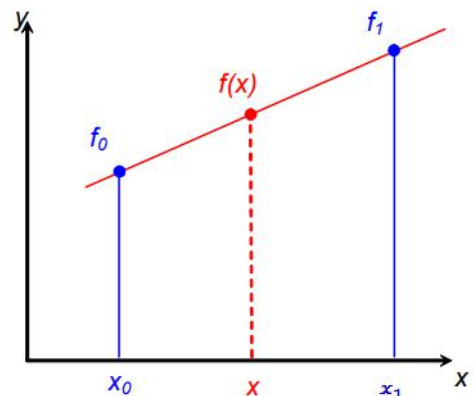


Figure 2. Graphical representation of Linear Interpolation

2.3. Deep Neural Network (DNN)

Deep learning is a field of machine learning that stands on the intersection of neural networks, artificial intelligence,

graphic modeling, optimization, pattern recognition and signal processing. Deep learning networks represent a revolutionary development in neural networks, and used to make more

multi-layer machine learning models (Figure 3). Layers in these models are made up of multiple stages of non-linear data transformations where properties of the data are represented in increasing and more abstract layers.

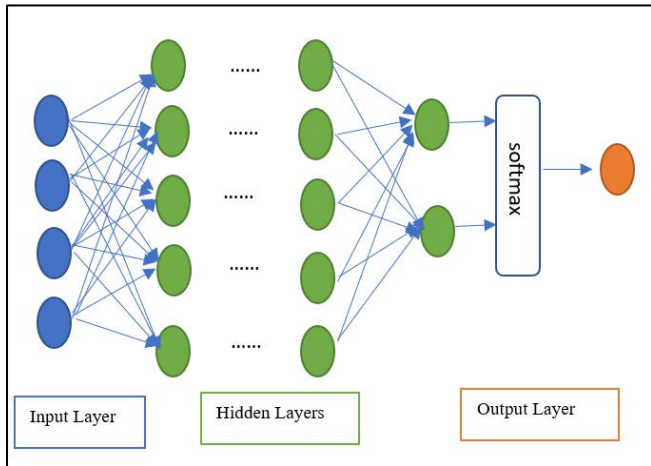


Figure 3. Architecture of DNN

powerful estimations (Lecun et al., 2015). Deep learning is about supervised or unsupervised learning from data using

2.4 Performance Criteria

In this study, the root mean square error (RMSE), mean absolute percentage error (MAPE) and Nash-Sutcliffe efficiency (NSE) (Nash & Sutcliffe, 1970) coefficient was used to evaluate the accuracy of the proposed models. The MSE value ranges from 0 to ∞ and the best value is 0. Zero indicates that the prediction process is performed without error. The NSE is a ratio of the mean square errors and the variance of the observed values. NSE is calculated by subtracting this ratio from 1. The resulting coefficient ranges from 1 to $-\infty$, while 1 represents the highest accuracy. The equations of RMSE and NSE are given as follows in Equation 6 and Equation 7, respectively:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (R_{pi} - R_{oi})^2} \tag{6}$$

$$NSE = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^n (R_{pi} - R_{oi})^2}{\sum_{i=1}^n (R_{oi} - \bar{R}_o)^2} \right] \tag{7}$$

$$MAPE = \frac{100\%}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{R_{oi} - R_{pi}}{R_{oi}} \right| \tag{8}$$

where, n represents number of observation and prediction, R_{pi} represents the ith solar radiation predicted value, R_{oi} denotes ith solar radiation observed value, \bar{R}_o denotes the average of observed solar radiation.

Table 2. Model Performance

Model	Gap Size					Gap Size					Gap Size				
	1%	5%	10%	20%	30%	1%	5%	10%	20%	30%	1%	5%	10%	20%	30%
	RMSE					NSE					MAPE				
DNN	69014	24431	60789	50048	69624	0.821	0.969	0.819	0.877	0.775	21	19	20	19	23
LI	52022	63405	60484	65583	66134	0.898	0.796	0.821	0.790	0.797	20	21	20	23	22
SI	50232	75797	72005	77660	82461	0.905	0.705	0.746	0.709	0.684	20	28	28	31	35
MI	159313	139794	142651	143862	146792	0.050	-7.1E-05	0.005	0.002	7.61E-05	97	59	87	90	100

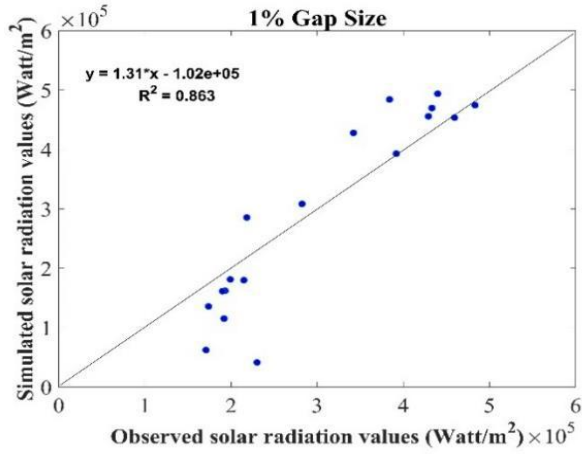
3. Results and Discussion

Three classic methods and a modern method were used to impute missing data in the study. A verified dataset was selected for using the methods. In the dataset, inputs were meteorological data, and outputs were daily total solar radiation data. Random gaps were created in the solar radiation dataset. Gaps were categorized in five different groups: 1%, 5%, 10%, 20%, and 30%. A fixed distinction was not made between the training and test datasets. Only for the DNN method, a distinction of 80-20% was made in the verification phase, then a test was run for the parts where there were missing data. Only solar radiation time series data were used for the imputation done by classical methods. One of the classic methods, mean imputation was calculated by taking the arithmetic average of the solar radiation time series values. This value was assigned

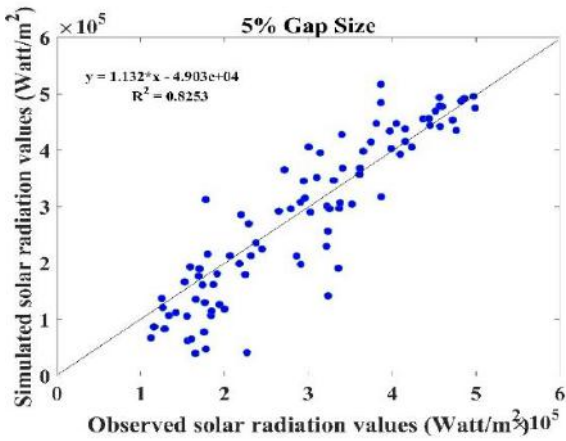
to all missing data to complete the simulation. The mean imputation method did not yield good results due to the nonlinear nature of the radiation data. When the root mean square error (RMSE) and Nash- Sutcliffe (NSE) values based on the magnitudes of the missing data, the mean imputation method performed poorly in all groups.

Linear and spline interpolation methods were selected for the completion using interpolation. They performed better than the DNN model in the estimations for the 1%, 10% and 30% gap rates. The SI method performed the best in the 1% gap rate with simulation RMSE of 50232. In the 10%-gap group, LI performed the best simulation with RMSE of 60585. Lastly, LI performed the best in the 10%-gap group with 66134 RMSE. It is thought that the main reason the aforementioned models performed better than the DNN model is the distribution of the gaps.

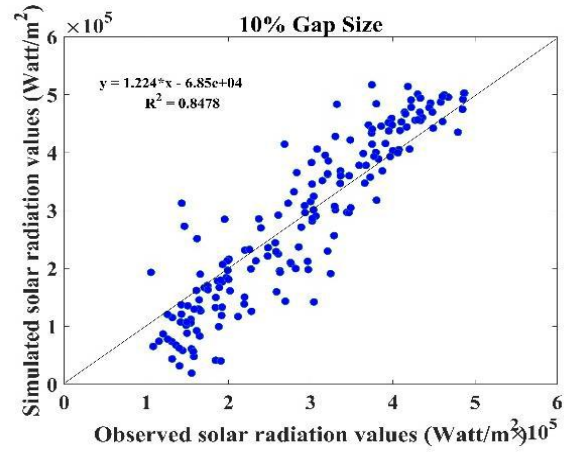
Five different models for five different gap groups using the DNN model. Three hidden layers, and 100, 50, and 30 hidden neurons were used in each of the hidden layers. The “ReLU” activation function was used as the activation function. A grid search algorithm was used to optimize the hyperparameters. DNN was the third best model in the 1% gap group after LI and SI with RMSE = 69624. For the 5% gap group, the most successful method was DNN with RMSE = 50048. It ranked second by a narrow margin in the 10% gap group, and outperformed the other estimation models by a considerable margin in the 20% gap group. In the last group, DNN made the second-best estimations again by a small margin for a gap rate of 30% (Table 2).



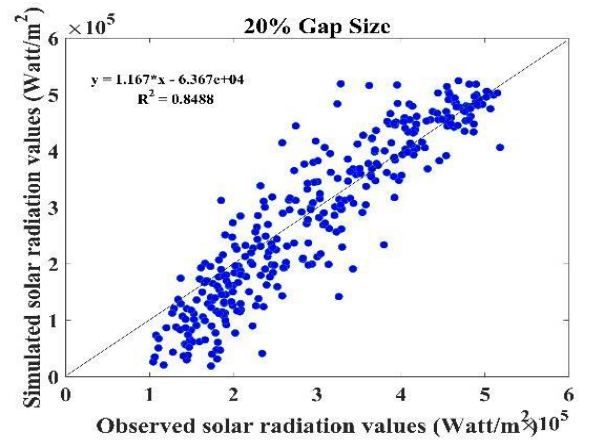
a)



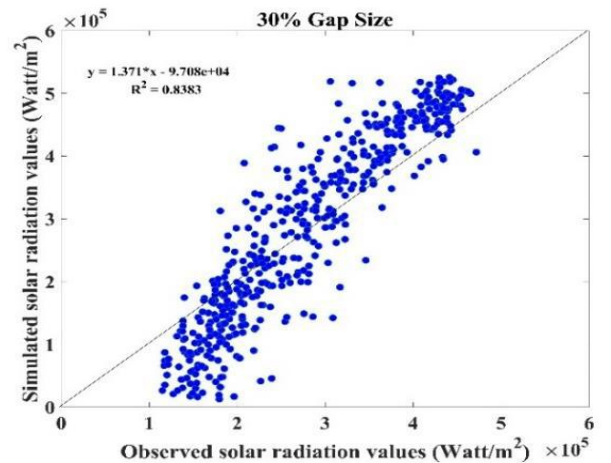
b)



c)



d)

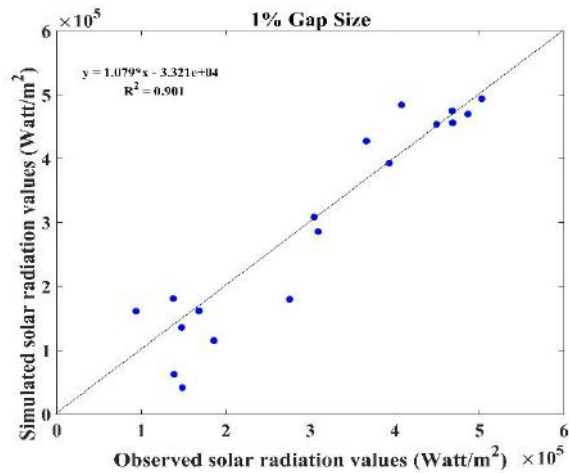


e)

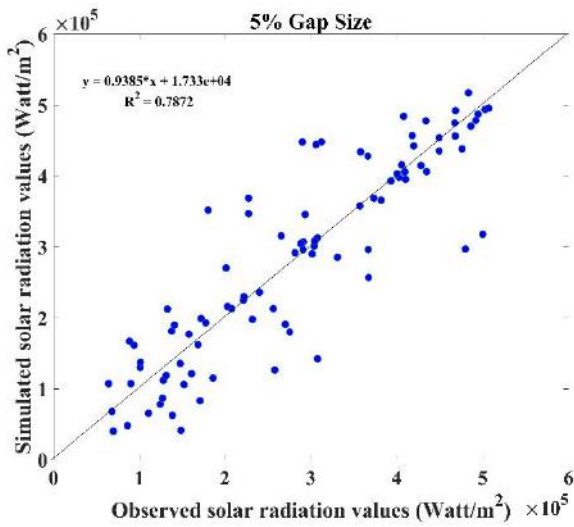
Figure 4. Scatter plot of DNN model different gap size a)1%, b)5%, c)10%, d)20%, e)30%

Figure 4, 5, and 6 show the scatter plots of the estimated and observed values. Figure 4 indicates that almost all DNN models scatter closely to the ideal estimation line. This implies that the model is not subject to any overfitting and the models do not have errors entailing and affecting each other. Only the number of hidden layers and hidden neurons may be considered

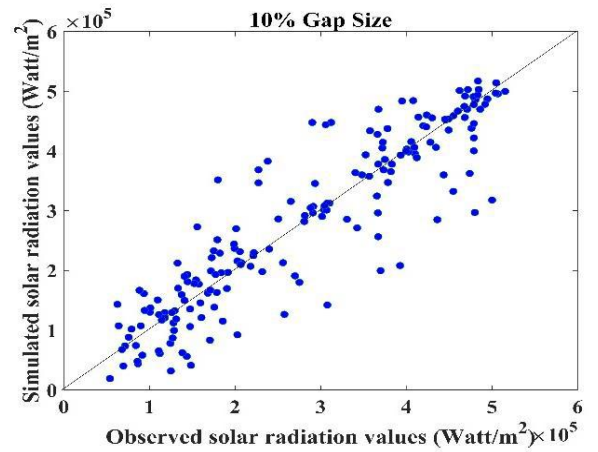
inadequate for the model devised for the gap rate of 30%. The model performed poorly in estimating small values. An examination of the figure 5 reveals distributions far from the ideal estimation line for any gap rate. Even if estimation errors show a normal distribution, it is fair to say that model variances have some excess. An examination of the observed and simulated values of the SI method reveals underestimation for all gap groups (Figure 6). The estimated values were mostly below the observed values. This implies that it is likely for a systematic series of errors to arise from the outcomes derived from this method.



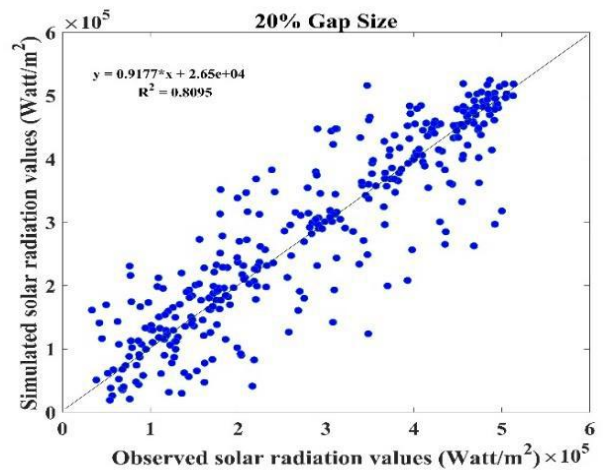
a)



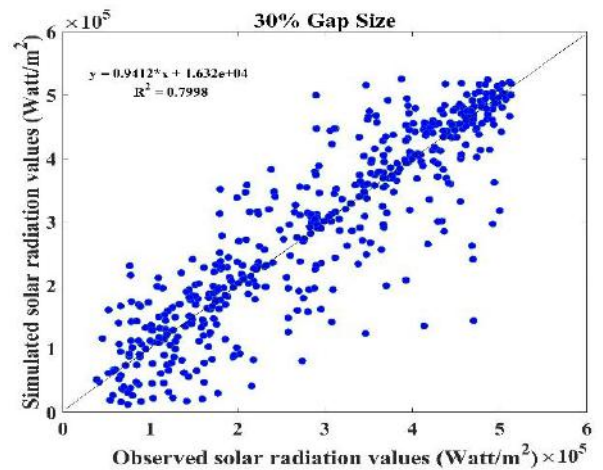
b)



c)



d)

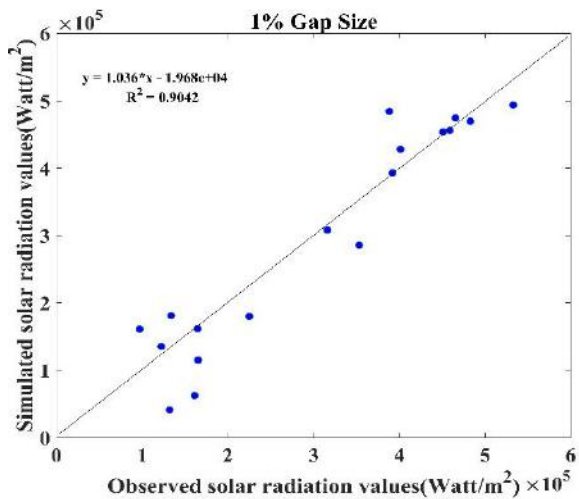


e)

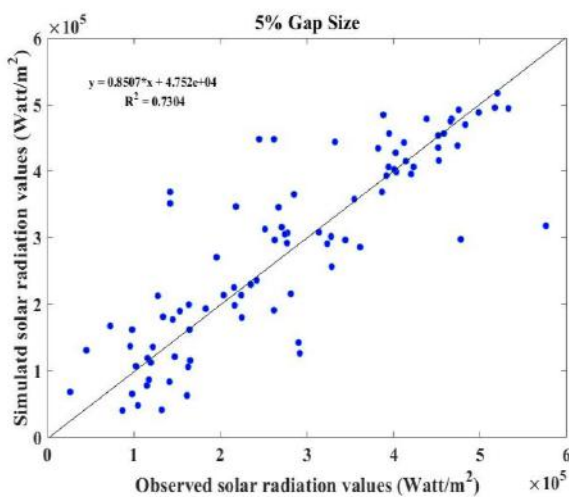
Figure 5. Scatter plot of Linear Interpolation model different gap size a)1%, b)5%, c)10%, d)20%, e)30%

4. Conclusions

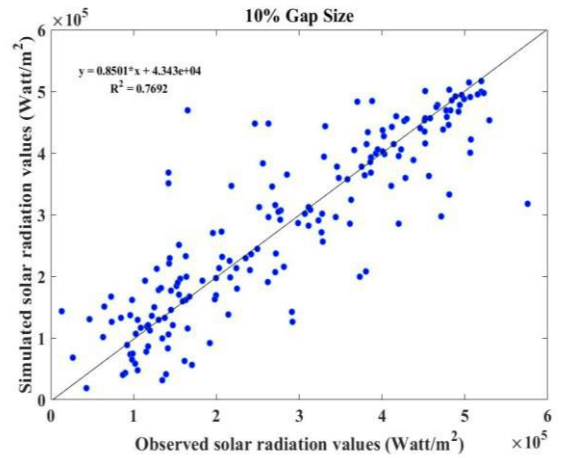
Data quality is essential in natural sciences. Data engineering favors quality over quantity of data. This study was about imputation of missing solar radiation data using several methods. Three of the methods were classical methods which involved estimation of missing data using solar radiation values only. In addition to the classical methods, the DNN method that has become popular in recent years was used. Inputs of the DNN method were the meteorological parameters that were known to affect the solar radiation data. Using meteorological data obtained from the same station on the same date, the solar radiation values were estimated to a statistically successful extent. The DNN method performed well in four models out of five generated for the gap rates, and was outperformed significantly by the classical methods in only one of the models. It was concluded from the study that distribution of missing data may affect the estimation outcomes. Considering the structure of the randomly generated gaps, classical methods may also yield good outcomes. In future studies, data sets with different gap distributions will be generated to investigate which model can yield better outcomes for each distribution type. The study highlighted that the DNN algorithm, which broke new grounds in natural sciences as well as computer science, is useful for imputation of missing data and superior to the classical methods in some respects.



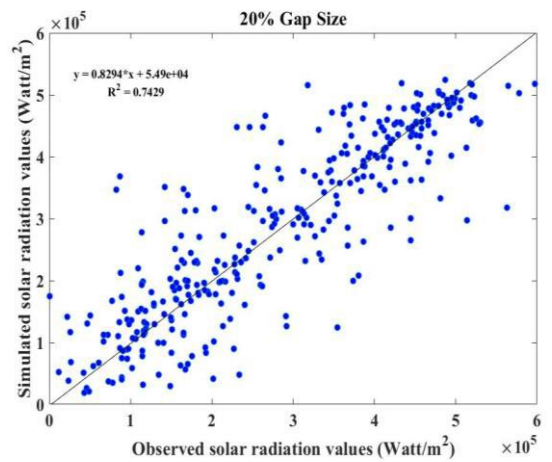
a)



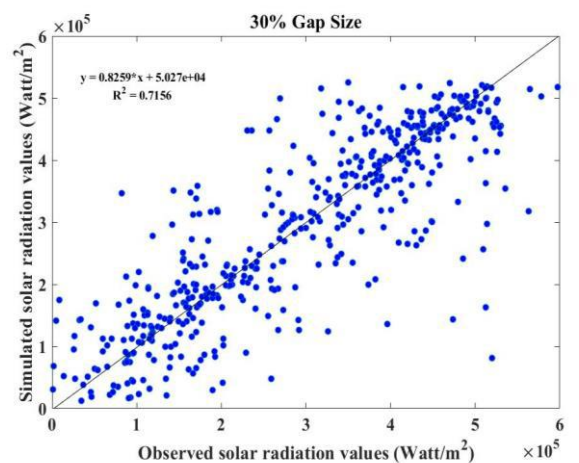
b)



c)



d)



e)

Figure 6. Scatter plot of Spline Interpolation model different gap size a)1%, b)5%, c)10%, d)20%, e)30%

5. Acknowledge

We would like to thank Meteorological General Institution for providing meteorological data. The authors would like to acknowledge that this paper is submitted in partial fulfillment of the requirements for PhD degree of Eyyup Ensar Başakın at Istanbul Technical University.

References

- Awawdeh, S., Faris, H., & Hiary, H. (2022). EvoImputer: An evolutionary approach for Missing Data Imputation and feature selection in the context of supervised learning. *Knowledge-Based Systems*, 236, 107734. <https://doi.org/10.1016/j.knosys.2021.107734>
- Başakın, E. E., & Ekmekcioğlu, Ö. (2021). Letter to the Editor “Estimation of global solar radiation data based on satellite-derived atmospheric parameters over the urban area of Mashhad, Iran.” *Environmental Science and Pollution Research*, 28(15), 19530–19532. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-13201-4>
- Başakın, E. E., Ekmekcioğlu, Ö., Özger, M., Altınbaş, N., & Şaylan, L. (2021). Estimation of measured evapotranspiration using data-driven methods with limited meteorological variables. *Italian Journal of Agrometeorology*, 2021(1), 63–80. <https://doi.org/10.36253/ijam-1055>
- Coutinho, E. R., da Silva, R. M., Madeira, J. G. F., Coutinho, P. R. de O. dos S., Boloy, R. A. M., & Delgado, A. R. S. (2018). Application of artificial neural networks (ANNs) in the gap filling of meteorological time series. *Revista Brasileira de Meteorologia*, 33(2), 317–328. <https://doi.org/10.1590/0102-7786332013>
- Demir, V., Uray, E., Orhan, O., Yavariabdi, A., & Kusetogullari, H. (2021). Trend Analysis of Ground-Water Levels and The Effect of Effective Soil Stress Change: The Case Study of Konya Closed Basin. *European Journal of Science and Technology*, 24, 515–522. <https://doi.org/10.31590/ejosat.916026>
- Gill, M. K., Asefa, T., Kaheil, Y., & McKee, M. (2007). Effect of missing data on performance of learning algorithms for hydrologic predictions: Implications to an imputation technique. *Water Resources Research*, 43(7), 1–12. <https://doi.org/10.1029/2006WR005298>
- Hamzah, F. B., Hamzah, F. M., Razali, S. F. M., & Samad, H. (2021). A comparison of multiple imputation methods for recovering missing data in hydrological studies. *Civil Engineering Journal (Iran)*, 7(9), 1608–1619. <https://doi.org/10.28991/cej-2021-03091747>
- Heck, K., Coltman, E., Schneider, J., & Helmig, R. (2020). Influence of Radiation on Evaporation Rates: A Numerical Analysis. *Water Resources Research*, 56(10). <https://doi.org/10.1029/2020WR027332>
- Hunziker, S., Gubler, S., Calle, J., Moreno, I., Andrade, M., Velarde, F., Ticona, L., Carrasco, G., Castellón, Y., Oria, C., Croci-Maspoli, M., Konzelmann, T., Rohrer, M., & Brönnimann, S. (2017). Identifying, attributing, and overcoming common data quality issues of manned station observations. *International Journal of Climatology*, 37(11), 4131–4145. <https://doi.org/10.1002/joc.5037>
- Lecun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- Nash, E., & Sutcliffe, V. (1970). River flow forecasting Through conceptual models PART I- A Discussion of principles. *Journal of Hydrology*, 10, 282–290.
- Nikroo, L., Kompani-Zare, M., Sepaskhah, A. R., & Fallah Shamsi, S. R. (2010). Groundwater depth and elevation interpolation by kriging methods in Mohr Basin of Fars province in Iran. *Environmental Monitoring and Assessment*, 166(1–4), 387–407. <https://doi.org/10.1007/s10661-009-1010-x>
- Osman, M. S., Abu-Mahfouz, A. M., & Page, P. R. (2018). A survey on data imputation techniques: Water distribution system as a use case. *IEEE Access*, 6, 63279–63291. <https://doi.org/10.1109/access.2018.2877269>
- Ratolojanahary, R., Houé Ngouna, R., Medjaher, K., Junca-Bourié, J., Dauriac, F., & Sebilo, M. (2019). Model selection to improve multiple imputation for handling high rate missingness in a water quality dataset. *Expert Systems with Applications*, 131, 299–307. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2019.04.049>
- Saplioglu, K., & Kucukerdem, T. S. (2018). Estimation of missing streamflow data using anfis models and determination of the number of datasets for anfis: The case of yeşilirmak river. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(3), 3583–3594. https://doi.org/10.15666/aecer/1603_35833594
- Schneider, T. (2001). Analysis of incomplete climate data: Estimation of Mean Values and covariance matrices and imputation of Missing values. *Journal of Climate*, 14(5), 853–871. [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2001\)014<0853:AOICDE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2001)014<0853:AOICDE>2.0.CO;2)
- Stisen, S., & Tumbo, M. (2015). Interpolation des données pluviométriques journalières pour la modélisation hydrologique dans des régions à données clairsemées en utilisant des informations issues de données satellitaires. *Hydrological Sciences Journal*, 60(11), 1911–1926. <https://doi.org/10.1080/02626667.2014.992789>



Voltage Sag Mitigation with DVR optimized in DFIG based Wind Energy System

Hale Bakır^{1*}

^{1*} Department of Electronics and Automation, Sivas Technical Sciences Vocational School, Sivas Cumhuriyet University, Sivas, Turkey
(ORCID: 0000-0001-5580-0505)

(First received 11 March 2022 and in final form 30 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1086344)

ATIF/REFERENCE: Bakır, H. (2022). Voltage Sag Mitigation with DVR optimized in DFIG based Wind Energy System. *European Journal of Science and Technology*, (35), 556-563.

Abstract

One of the most serious power quality problems in electrical networks is voltage drops. The DVR is known as the most common special power devices used in solving these power quality problems. In this study, optimization is made with WCA algorithm in DVR'S control circuit under wind energy system for fast and reliable detection of mains voltage disruptions, voltage drops and voltage spikes, Its performances were evaluated according to conventional PI controller. These control methods can instantly extract the amplitude and phase information of the mains voltage to detect voltage changes quickly and accurately and with the help of this information, The voltage that needs to be injected into the connection point can be obtained. In the simulation study, the tensions produced by DVR in DFIG based wind energy system and injected into the system were also presented using these two different control methods. The superiority of WCA-based PI controller is clearly seen in the results.

Keywords: Voltage sag mitigation, Water cycle algorithm, DFIG based wind system, Optimization

DFIG Tabanlı Rüzgar Enerjisi Sisteminde Optimize Edilmiş DVR ile Gerilim Düşüşlerini Azaltma

Öz

Elektrik şebekelerinde en ciddi güç kalitesi problemlerinden biri gerilim düşüşleridir. DVR, bu güç kalitesi problemlerinin çözümünde kullanılan yaygın özel güç cihazları olarak bilinmektedir. Bu çalışmada, şebeke gerilim kesintileri, gerilim düşmeleri ve gerilim yükselmelerinin hızlı ve güvenilir bir şekilde tespiti için rüzgar enerjisi sistemi altındaki DVR'nin kontrol devresinde WCA algoritması ile optimizasyon yapılmış, performansları geleneksel PI kontrolöre göre değerlendirilmiştir. Bu kontrol yöntemleri, şebeke geriliminin genlik ve faz bilgilerini anlık olarak çıkararak gerilim değişikliklerini hızlı ve doğru bir şekilde tespit edebilir ve bu bilgiler yardımıyla, bağlantı noktasına enjekte edilmesi gereken voltaj elde edilebilir. Simülasyon çalışmasında, DFIG tabanlı rüzgar enerjisi sisteminde DVR tarafından üretilen ve sisteme enjekte edilen gerilimler de bu iki farklı kontrol yöntemi kullanılarak sunulmuştur. WCA tabanlı PI denetleyicinin üstünlüğü sonuçlarda açıkça görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Gerilim düşüşlerini azaltma, Su döngüsü algoritması, DFIG tabanlı rüzgar sistemi, Optimizasyon

* Corresponding Author: halebakir@cumhuriyet.edu.tr

1. Introduction

Changes in the amplitude, frequency and waveform of the voltage and current that cause damage or malfunction of the equipment and end-user loads connected to the electrical power system are defined as electrical power quality problems. Voltage drop and voltage rise are the most common electrical power quality problems encountered in electricity distribution systems. Power electronics based compensation devices have been developed to solve voltage drop and voltage rise problems in electricity distribution systems and end user loads. These; Uninterruptible Power Supply, static transfer switch and Dynamic Voltage Restorer (DVR).

The most effective system developed for compensation of voltage drop and voltage rise is the DVR. In DVR, the voltage amplitude and phase information should be determined in the most accurate and fastest way in order to keep the voltage constant in cases where voltage drops and rises occur.

In (Patel, Goswami, & Singh, 2015), proposed technique, based on half-cycle averaging, can mitigate voltage sag at desired locations in distribution systems.

The proposed methodology is applied in a 4 bus system and a real Indian distribution system. In (Tarek, Abdel-Mon'em, Mahmoud, & Amr, 2010), with induction motors loads with inherit inertia, the proposed DVR would be of lower cost, simpler controller and faster response. In (Praveena, 2014), during the different fault conditions like voltage sag ,single line to ground ,double line to ground faults, PI controller and discrete PWM pulse generator are used for the control purpose.

In (Balasubramanian, 2016), it introduces the terminology and various issues related to 'power quality. This problem can be mitigated with voltage injection method using custom power device called 'Dynamic Voltage Restorer' (DVR). In (Sachin Y. S. , 2014), it is the study of Dynamic Voltage Restorer (DVR) which is the most efficient and effective device to protect sensitive equipment against voltage sags, In based PI with Fuzzy Logic Controller using MATLAB/SIMULINK software. In (Pandu & Nagappan, 2015), it is proposed three PI(method and also by Simple Particle Swarm Optimization based PI method and also by Simple Particle Swarm Optimization based PI controlled DVR.

In (Du et al., 2019) , an optimization compensation controlled DVR. An optimization compensation strategy is based on externality theory and the simulation on compensation strategy is tested on the MATLAB/Simulink. controller method and obtained results are compared with the Proportional-Integral (Gandoman et al.) controller tuned by Ziegler-Nichols strategy is based on externality theory and the simulation on compensation strategy is tested on the MATLAB/Simulink. (Khanh, 2019), it uses the IEEE 33-buses distribution feeder as the test system for voltage sag simulation and influential parameters. In (Arya, Maurya, & Naidu, 2018), The whale optimization Algorithm (WOA) provides the appropriate values of proportional integration (Gandoman et al.) for DVR and voltage sag mitigation and controller's gains within less time as compared to manual tuning of PI controller. In (Jamshidi, Ghahderijani, & Barakati, 2012), it is proposed the issue of application and analysis of a Dynamic Voltage

Restorer (DVR) to enhance the quality of power flows in a stand-alone micro-grid, including wind energy conversion systems. In (Amalorpavaraj, Kaliannan, Padmanaban, Subramaniam, & Ramachandaramurthy, 2017), for voltage sag mitigation capability, active and reactive power support, dc-link voltage balancing, combined control is verified through MATLAB/Simulink-based simulation results using a 1.5-MW grid connected doubly fed induction generator based wind turbine (DFIG-WT). In (Ann Jerin, Kaliannan, Subramaniam, & Thirumoorthy, 2016), wind farm field data of the voltage sag and swell events during fault conditions are re-created using MATLAB/Simulink and restored by employing the DVR. In (Gandoman et al., 2018), DVR is capable of providing fast voltage sag mitigation during faults and can maintain the nominal operating conditions for DFIG-WT.

The aim of this study is to analyze the different methods used in the simulation environment for the determination of the change in voltage sag mitigation using optimized DVR for DFIG-WT. It is the determination of the best method according to the performance criteria.

Adjustment of PI gain constants in the DVR is done automatically based on conventional and WCA to get a good response. A study of tuning and optimization of methods of DVR optimized using WCA in DFIG-WT for voltage stability has not been published in literature. WCA is one of the most preferred optimization techniques in error minimization, cost minimization problems.

2. Method

2.1. Wind energy system modeling

Double Feed Induction Generator (DFIG) based wind generators are among the most preferred. DFIG consists of stator windings and rotor windings arranged in a back-to-back voltage-based converter with fixed frequency and directly connected to a 3-phase grid. Converters transmit current at different frequencies to the rotor to adjust the mechanical and electrical frequency. Generator behavior is organized by power converters or controllers under normal operating or fault conditions. (Abad, 2011).

DFIG is consists of cascading voltage source converters based on connection to a fix frequency three-phase grid and bidirectional connection of windings to the rotor. Basically, on the rotor side, the rectifier controls the rotor current components while regulating the active-reactive powers. On the other hand, the inverter on the grid part keeps the DC bus voltage under control. (Bakir & Kulaksiz, 2019).

In the DFIG system, it has the advantage of being able to control the rotor current and active and reactive power (Abad, 2011). The control circuit in Fig. 1 includes two sequential converters, rotor-part control and upstream-part control. The upstream control circuit of the wind three-phase current component (I_a, I_b, I_c) of the wind, V_{bus} (grid voltage), Q (component of reactive power), is taken into account in the grid part control circuit. I_d & I_q and V_{bus} are regulated and controlled.

Space transforms vector are used to convert voltage components (V_d & V_q), current components (I_q & I_d) into three-phase signals. Phase Locked Loop (PLL) determines the angles

based on the voltage values, and then the study is performed by using it in space vector according to Park and Clarke transformation.

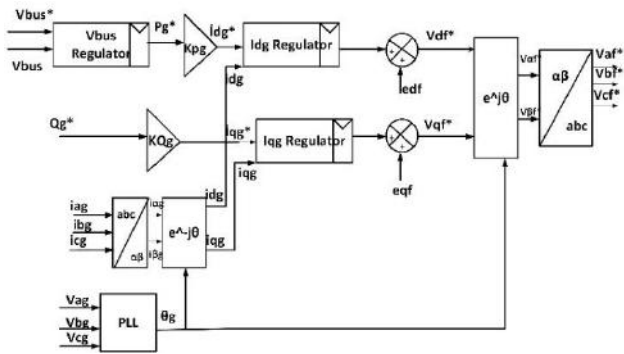


Fig. 1. Grid side control circuit

Control circuit is drawn in Simulink environment. The aerodynamic model is based on calculating rotor power by calculating a torque with airflow through the blades. Wind speed (V_w) can be thought of average speed over an sweeping area by the blades.

The wind turbine produced power equation is shown in Eq. (1).

$$P_w = \frac{1}{2} C_p \rho A V_w^3, \quad (1)$$

The aerodynamic torque's amount given in Nm is shown in Eq. (2).

$$T_t = \frac{1}{2} \rho R^3 V_w^2 C_t, \quad (2)$$

A wind turbine model was realized by adhering to these power-torque equations. Indirect speed control modeling is preferred for the maximum power point. Some parameters have been determined for the Double Feed Induction Machine and a DFIG model has been created. (Abad, 2011).

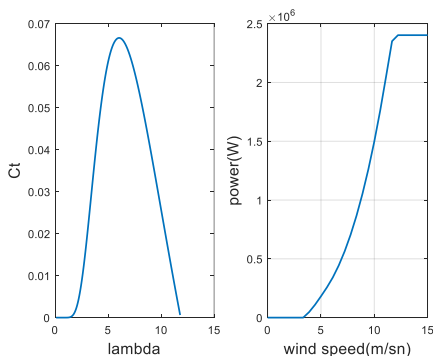


Fig. 2. (a) λ - C_t curve of wind turbine (b) Velocity- Power (v - P) curve for wind

3. Dynamic Voltage Restorer (DVR)

DVR, which is the most suitable system in terms of performance / cost for the solution of voltage drops, is shown in Fig. 3 (Balasubramanian, 2016).

Conventional DVR structure, as seen in the figure, the electrical power system is connected in series with a transformer between the mains and the load.

The power circuit of DVR is basically with voltage-induced inverter. Direct current (DC) consists of energy source. During the voltage drops in the power system, the voltage required to keep the load voltage of the DVR controller is determined and this voltage is created with the DA energy source and inverter. The voltage generated by the transformer is transferred to the electrical power system and the load voltage is kept constant. This prevents the load from being affected by voltage drops. In case of voltage fluctuations in electrical networks, power quality problems need to be compensated as quickly as possible.

In this study, WCA based DVR structure was developed under the Wind energy system to detect voltage variations, fast and accurate detection of problems It is presented an alternative method to detection methods available in the literature.

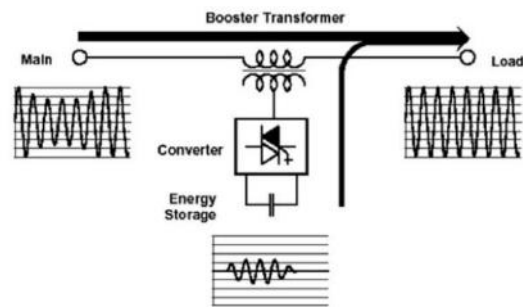


Fig. 3. Conventional DVR structure

Table 1. Parameter Values of DVR model

Parameter	Value
Capacity	1.5 MVA
Filter capacitance	1 μ F
Filter inductance	0.1 mH
Switching frequency	10 kHz
Series Transformer	1.5 MVA

The whole shape of the system drawn in Simulink in its environment is given in Figure 4. Rotor-part and grid-part control are aimed with the modeling of a wind turbine-based double-fed asynchronous generator.

By modeling a 1.5 MW DVR system, synchronization control with the PLL has been made to ensure that it works in harmony with the system.

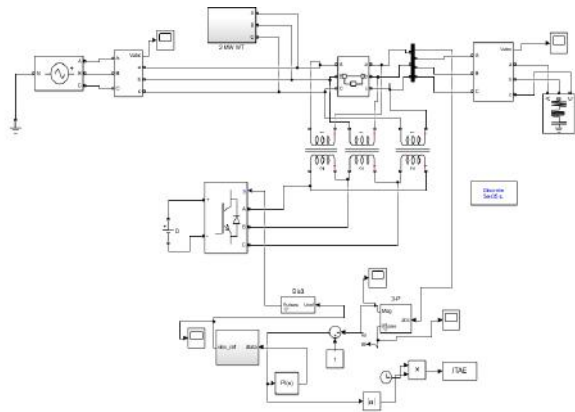


Fig. 4. DFIG based Wind Energy System including DVR

This study aimed to use the time domain criterion to find the optimal values of the PI coefficients in the control circuit of the DVR for voltage stability. According to control system, the gain constants are important, if it takes a troublesome value, it tries to disrupt the characteristics of the system and the system works unstable (Bakir & Kulaksiz, 2019). Optimal adjustment of controller parameters and proper selection of tuning constants have an important role in the proper performance of this control.

Because of this problem, it is important to set the gain constants optimally and choose them correctly. The most used performance criterion has been determined as Integral Absolute Time Error (ITAE). The Integral Absolute Error (IAE) and Integral Square Error have a disadvantage. While the minimization time is better, the transient response is worse. This disadvantage has caused more use of time dependent ITAE or Integral Time Square Error (ITSE) (Bakir & Kulaksiz, 2019). The objective function of the optimization was chosen as the ITAE performance criterion during the study.

4. WCA based method

Fig. 5 is a simplified scheme for a part of the water cycle.

While plants give water during photosynthesis, water in rivers and lakes evaporates. The evaporated water is carried to the atmosphere to form clouds that will condense in the cold atmosphere; this water is released back to the world in the form of rain and precipitation.

Step 1. Make the initial population; It is necessary to construct the values of the question variables as a series. In order to solve an optimization problem using population-based metaphorical methods. This series is called "raindrop" for a single solution in WCA. In optimization problem, a raindrop is a sequence of $1 \times N_{var}$

This sequence is defined as shown by

$$Raindrop = [x_1, x_2, \dots] = [K_p, K_i] \tag{3}$$

x_1 and x_2 is the parameters which is optimized same K_p and K_i of PI controller gain constants.

To begin the optimization algorithm, a candidate is generated that shows a matrix of raindrops in dimensions $N_{pop} \times N_{var}$. As a result; a randomly generated X matrix appears (line: population number; column: the number for design variables).

$$Raindrops\ population = \begin{bmatrix} Raindrop_1 \\ Raindrop_2 \\ \vdots \\ Raindrop_{N_{pop}} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1^1 & \dots & x_{N_{var}}^1 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_1^{N_{pop}} & \dots & x_{N_{var}}^{N_{pop}} \end{bmatrix} \tag{4}$$

The decision variable F_i can sort continuous and discrete problems as real numbers or a predefined set. The cost of a raindrop is found by calculating the cost function (F) As a first step, N_{pop} shows raindrops. Portions with the best individuals (minimum values) form N_{sr} seas and rivers.

$$F_i = Cost_i = f(x_1^i, x_2^i, \dots, x_{N_{var}}^i) \quad i = 1, 2, 3 \dots N_{pop} \tag{5}$$

where, N_{pop} indicates the number of raindrops in the first population, N_{var} indicates the number of design variables.

As a start, after N_{pop} lets raindrops form. The best individuals (minimum values) are selected as the N_{sr} seas and rivers portion.. The rain drop with the smallest value among these selected individuals is considered sea. The remainder of the population forms streams that either flow into rivers or directly flow into the sea (Eskandar, Sadollah, Bahreininejad, & Hamdi, 2012).

$$N_{sr} = \text{Number of Rivers} + 1 \tag{6}$$

$$N_{Raindrops} = N_{pop} - N_{sr} \tag{7}$$

It is given by Eq. (8) to transfer it to rivers and the sea, depending on the flow intensity of the raindrop.

$$NS_n = \text{round} \left\{ \left\lfloor \frac{Cost_n}{\sum_{i=1}^{N_{sr}} Cost_i} \right\rfloor x N_{Raindrops} \right\} \quad n = 1, 2 \dots N_{sr} \tag{8}$$

NS_n is the number of streams that will flow into certain rivers and sea.

Step 2. Stream flowing to the rivers or sea;

A stream in Eq. (9) is flows into the river along the connecting line along the river and the given random distance.

$$C > 1 \quad X \in (0, C \times d), \quad (9)$$

The value for C can be selected as 2. Present between stream and river distance is shown as d .

The value of X in the equation is a distributed random $0-C \times d$ corresponds to the number.

As a result, the new position stage for rivers and rivers can be given by

$$X_{Stream}^{i+1} = X_{Stream}^i + rand \times C \times (X_{River}^i - X_{Stream}^i) \quad (10)$$

$$X_{River}^{i+1} = X_{River}^i + rand \times C \times (X_{Sea}^i - X_{River}^i) \quad (11)$$

The rand number is a randomly distributed number between 0 and 1.

Step 3. Evaporation condition;

The following code shows river will flow into the sea

$$if |X_{Sea}^i - X_{River}^i| < d_{max} \quad i = 1, 2, \dots, N_{sr} - 1 \quad (12)$$

If the distance between the river and the sea is smaller than $\max d_{max}$ (d_{max} is a small number close to 0) indicates that you will reach the sea. In this case, the evaporation process is applied and after enough evaporation rain starts as seen in nature. A small value for d_{max} promotes near-sea search intensity, while a large value reduces near-sea search. Therefore, d_{max} control the intensity of the search near the sea (optimal solution). The value of d_{max} is adjustable decreases by (Sadollah, Eskandar, Lee, Yoo, & Kim, 2016)

$$d_{max}^{i+1} = d_{max}^i - \frac{d_{max}}{\max iteration} \quad (13)$$

Step 4. Sprinkling;

After the evaporation process, it continues with the sprinkling process.

During the sprinkling process, new raindrops form streams in different parts. Eq. (14) is used to create new locations of newly created streams.

$$X_{Stream}^{new} = lb + rand \times (ub - lb) \quad (14)$$

where, lb and ub are the lower bound and upper bound, respectively.

The parameters X are subjected to bound constraints such as

$$l_b \leq X \leq u_b \quad (15)$$

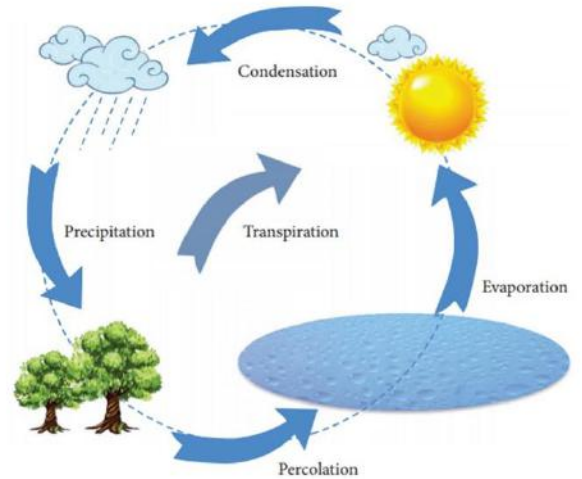


Fig. 5. Water cycle schemes

The formulation objective function is ITAE and optimization performance criterion is called 'F'. The formula is shown in Eq. 16 for ITAE function.

$$F_{ITAE} = \int_0^T |(error)| td(t) \quad (16)$$

T is usually chosen larger than the settling time at the steady-state value of the integral. Errors in the control circuit for the DVR are expressed by the objective function of Eq. 17.

$$OF(X) = w \int_0^T |e_{dc}| td(t) \quad (17)$$

X stands for $[Kp \ Ki]$ and w is the weight factor.

The control circuit of the whole system is shown in Fig. 6. The error value was calculated according to the ITAE formula in Simulink, and then the optimization was carried out according to the ITAE formula.

WCA codes were written considering the M-function code. A good optimization result was obtained by setting the correct restriction, multiplication, mutation and population size values.

The m-function file contains two variables and the optimization is done on two variables in the two-dimensional search space. Certain lower and upper limits are selected. Kp and Ki values are found.

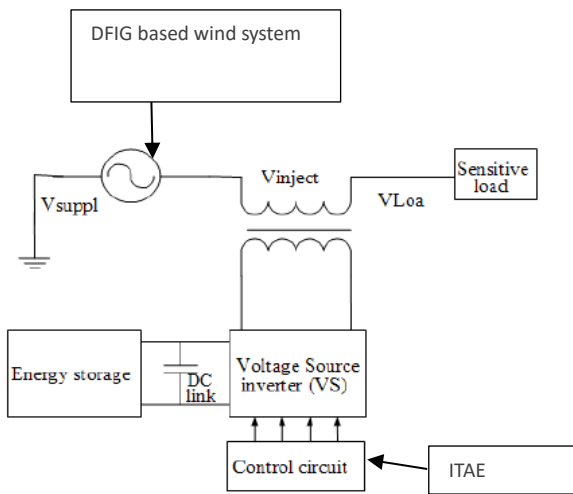


Fig 6. Structure of Whole System for ITAE

Table 2. Optimal parameters in DVR optimized for ITAE

ITAE	DC regulator	
	K_p	K_i
PI constant		
Convention al-PI controller	0.1	10
WCA-based PI controller	0.9572	0.0318
GA-based PI controller	0.8588	0.1021

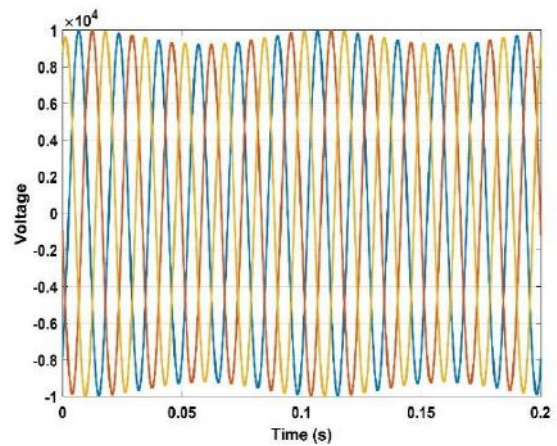
5. Simulation results

The addition of power plants to the grid causes some reductions and deviations in power quality in distribution networks. Renewable sources often cause power quality problems such as slow voltage sag and rapid voltage changes. Voltage fluctuation is one of the most important problems in wind energy systems. The aim is to minimize voltage sag and solve power quality issues with DVR control.

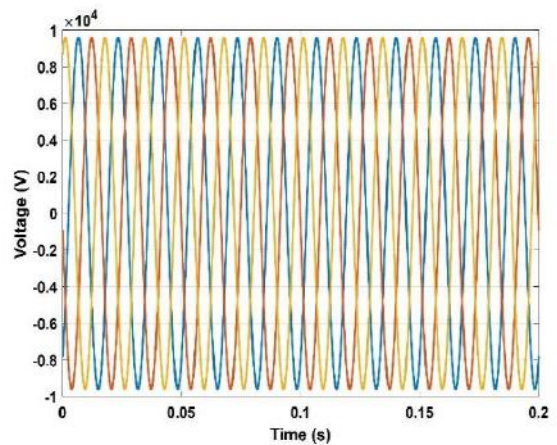
The system firstly operates without DVR incorporation. Fig. 7(a) shows that three-phase voltage profile is decrease and increase. A voltage fluctuation can be seen with the naked eye. When DVR is added in this system, Fig 7(b) shows that three-phase voltage profile is kept constant at 10 kV.

The results show that the correct setting and gain constants selection has an important place in controlling the performance studies of the systems. It is clearly seen in Figure 7(c) that the busbar end voltage value has increased to 1.05 p.u. It drops to 0.98 p.u in 0.025 seconds. It is ensured that the system keeps the voltage fixed at 1.0 p.u. in 0.075 seconds. When the whole result in Figure 7(c) is examined. The results of the two methods are compared in terms of fluctuation and the adjusting system parameters methods as voltage response.

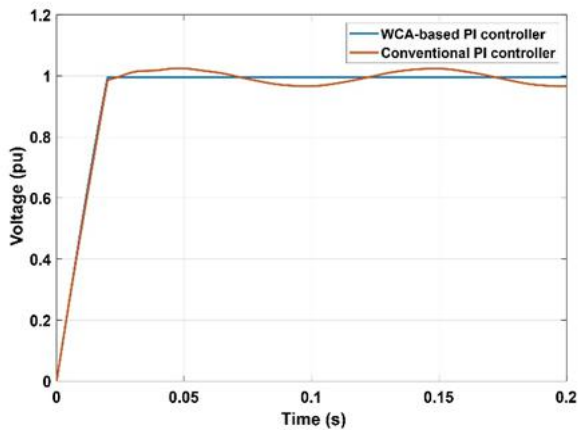
Optimal parameter values of optimization are given in Table 2.



(a)



(b)



(c)

Fig. 7. (a) Voltage profile at the load side without DVR, (b) Voltage profile at the load side with DVR (c) voltage profile at load side with conventional- PI controller, WCA optimal controller with DVR (p.u.)

6. Conclusions

A 2 MW wind energy asynchronous generator-based wind generation system and a 1.5 MW dynamic voltage recovery system were modeled and their effects on the grid were examined. It was observed that the DVR reduces the voltage fluctuation through optimal parameters. A wind power system is designed with the addition of DVR. When the output voltage profiles are examined, it is aimed to get good results. WCA-based PI controller is included in the system to examine the voltage profiles. Basically, the study has proven that voltage fluctuation in large transmission systems caused by the inclusion of renewable energy sources in the grid can be reduced and can be minimized and fluctuations

When the results are compared, it is seen that the DVR adjusted with WCA gives more effective results. Voltage fluctuation has been overcome by appropriate adjustment of the PI gain parameters. And a better dynamic response response has been achieved.

For future studies, the study can be enriched by using different optimization techniques and different FACTS devices.

References

Abad, G., López, J., Rodríguez, M.A., Marroyo, L., Iwanski, G., . (2011). *Dynamic Modeling of the Doubly Fed Induction Machine*. In M. E. El-Hawary (Ed.). doi:<https://doi.org/10.1002/9781118104965.ch4>

Amalorpavaraj, R. A. J., Kaliannan, P., Padmanaban, S., Subramaniam, U., & Ramachandramurthy, V. K. (2017). Improved Fault Ride Through Capability in DFIG Based Wind Turbines Using Dynamic Voltage Restorer With Combined Feed-Forward and Feed-Back Control. *IEEE Access*, 5, 20494-20503. doi:10.1109/ACCESS.2017.2750738

Ann Jerin, R., Kaliannan, P., Subramaniam, U., & Thirumoorthy, A. (2016). Power quality improvement of grid connected

wind farms through voltage restoration using dynamic voltage restorer. *International Journal of Renewable Energy Research*, 6, 53-60.

Arya, S. R., Maurya, R., & Naidu, T. A. (2018). Amplitude adaptive notch filter with optimized PI gains for mitigation of voltage based power quality problems. *CPSS Transactions on Power Electronics and Applications*, 3(4), 313-323. doi:10.24295/CPSSSTPEA.2018.00031

Bakir, H., & Kulaksiz, A. A. (2019). Modelling and voltage control of the solar-wind hybrid micro-grid with optimized STATCOM using GA and BFA. *Engineering Science and Technology, an International Journal*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jestch.2019.07.009>

Balasubramanian, G. (2016). *Design and Implementation of Dynamic Voltage Restorer for Voltage Sag Mitigation*.

Eskandar, H., Sadollah, A., Bahreininejad, A., & Hamdi, M. (2012). Water cycle algorithm – A novel metaheuristic optimization method for solving constrained engineering optimization problems. *Computers & Structures*, 110-111, 151-166. doi:<https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2012.07.010>

Gandoman, F. H., Ahmadi, A., Sharaf, A. M., Siano, P., Pou, J., Hredzak, B., & Agelidis, V. G. (2018). Review of FACTS technologies and applications for power quality in smart grids with renewable energy systems. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, 502-514. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.09.062>

Jamshidi, A., Ghahderijani, M. M., & Barakati, S. M. (2012, 18-25 May 2012). *Power quality improvement in stand-alone microgrid including fixed-speed wind farm: Role of dynamic voltage restorer*. Paper presented at the 2012 11th International Conference on Environment and Electrical Engineering.

Khanh, B. Q. (2019, 29-31 March 2019). *On Optimally Positioning a Multiple of Dynamic Voltage Restorers in Distribution System for Global Voltage Sag Mitigation*. Paper presented at the 2019 IEEE Asia Power and Energy Engineering Conference (APEEC).

Pandu, S. B., & Nagappan, K. (2015). A Novel Multiobjective Control of DVR to Enhance Power Quality of Sensitive Load. *ScientificWorldJournal*, 2015, 385109. doi:10.1155/2015/385109

Patel, D., Goswami, A. K., & Singh, S. K. (2015). Voltage sag mitigation in an Indian distribution system using dynamic voltage restorer. *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 71, 231-241. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ijepes.2015.03.001>

Praveena, A., Jayashree, M., . (2014). Mitigation of Voltage SAG using Dynamic Voltage Restorer. *International Journal of Engineering and Advanced Technology (IJEAT)*, 3(4).

Sachin Y. S. , M., T., . (2014). Modeling and simulation of dynamic voltage restorer for voltage sag mitigation in distribution system. *International Journal of Recent Research and Review*, 7(4).

Sadollah, A., Eskandar, H., Lee, H. M., Yoo, D. G., & Kim, J. H. (2016). Water cycle algorithm: A detailed standard code. *SoftwareX*, 5, 37-43. doi:<https://doi.org/10.1016/j.softx.2016.03.001>

Tarek, I. E.-S., Abdel-Mon'em, M., Mahmoud, A. E.-G., & Amr, Y. A.-G. (2010). A Dynamic Voltage Restorer for Voltage Sag Mitigation in a Refinery with Induction Motors Loads. *American Journal of Engineering and Applied Sciences*, 3(1). doi:10.3844/ajeassp.2010.144.151



Covid-19 Pandemi Sürecinde Türkiye’de Hastanelerde Alınan Önlemlerin ve Uygulamaların İncelenmesi ve Değerlendirilmesi*

Dilan Karakuş¹, Edip Avşar^{2†}

¹ Bitlis Eren Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bitlis, Türkiye. (ORCID: 0000-0002-4934-9364), dilankarakus2172@gmail.com

^{2*} Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Meslek Yüksekokulu, Çevre Koruma Teknolojileri, Bilecik, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6249-4753), edip.avsar@bilecik.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 11 Mart 2022 ve Kabul Tarihi 20 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1086478)

ATIF/REFERENCE: Karakuş, D., Avşar, E. (2022). Covid-19 Pandemi Sürecinde Ülkemizde Hastanelerde Alınan Önlemlerin ve Uygulamalarının İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 564-572.

Öz

Korona virüsün Çin’in Wuhan kentinin hayvan pazarında 31 Aralık 2019 tarihinde ortaya çıktığı düşünülmektedir. Dünya Sağlık Örgütü Çin ülke ofisinin yaptığı açıklamada, nedeni belli olmayan pnömoni vakalarının ortaya çıktığı ve daha önce insanlarda görülmeyen yeni bir korona virüs tespit edildiği belirtilmiştir. Hastalık ilk zamanlarda 2019 ncov olarak ifade edilirken ilerleyen zamanlarda Covid-19 olarak adlandırılmıştır. Çin de ortaya çıktıktan yaklaşık 3 ay sonra bütün dünyaya yayılmıştır. 12 Mart 2020 tarihinde Dünya Sağlık Örgütü tarafından Covid-19 salgını olarak ilan edilmiştir. Bu salgın; ruhsal, sosyal ve fiziksel açıdan dünyada risk oluşturmaya devam etmektedir. Dünya Sağlık Örgütü’nün pandemi ilan ettiği 12 Mart 2020’den bu çalışmanın tamamlandığı tarihe kadar 170 milyon 217 bin 299 Covid-19 vakası tespit edilmiş ve bunların 3 milyon 539 bin 727’si hayatını kaybetmiştir. Türkiye’de 11 Mart 2020 tarihinde ilk Covid-19 vakası tespit edilmiştir. O tarihten 29 Mayıs 2021’e kadar geçen süreçte 53 milyon 478 bin 278 vaka tespit edilirken bunların 47 bin 134’ü hayatını kaybetmiştir. Bu çalışmanın amacı ülkemizdeki bir Bölge Devlet Hastanesinde korona virüs önlemlerine ne kadar uyulup uyulmadığının araştırılmasıdır. Bu doğrultuda Sağlık Bakanlığının hastanelerde çalışma rehberi baz alınarak araştırmalar yapılmıştır. Ayrıca Bölge Devlet Hastanesinde alınan korona virüs önlemlerinin güçlü ve zayıf yönlerini ortaya koymak için Çin’de bir hastane ile karşılaştırma yapılmıştır. Sonuç olarak afet öncesinde zarar azaltma yönünden sağlık çalışanlarının yeterli eğitimi alması ve gerekli hazırlığın yapılması gerektiği tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Afet, Sağlık Hizmetleri, Korona Virüs, Pandemi, Epidemi.

Examination and Evaluation of The Measures and Implementations Taken In Turkish Hospitals During The Covid-19 Pandemic Process

Abstract

The corona virus is thought to have emerged in the animal market of Wuhan, China on December 31, 2019. In the statement of the World Health Organization China country office, it was stated that cases of pneumonia of unknown cause have emerged and a new corona virus has been detected that has not been seen in humans before. While this disease was initially expressed as 2019 ncov, it was later named Covid-19. It has spread all over the world about 3 months after its emergence in China. The World Health Organization declared this epidemic as a Covid-19 epidemic on March 12, 2020. This epidemic; continues to pose a risk in the world in terms of mental, social and physical aspects. From March 12, 2020, when the World Health Organization declared a pandemic, until the completion of this study, 170,217,299 cases of Covid-19 were detected and 3,539,727 of them died. The first Covid-19 case was detected in Turkey on March 11, 2020, and in the period from that date to May 29, 2021, 53,478,278 cases were detected, while 47,134 of them died. The aim of this study is to investigate whether one Regional State Hospital complies with the corona virus measures. In this direction, studies were conducted based on the Ministry of Health's study guide in hospitals. In addition, a comparison was made with a hospital in China to reveal the strengths and weaknesses of the corona virus measures taken at Regional State Hospital. As a result, it has been determined that health workers should receive adequate training and necessary preparations should be made in terms of harm reduction before the disaster.

Keywords: Disaster, Health Services, Coronavirus, Pandemic, Epidemia.

* Bu çalışma Dilan KARAKUŞ tarafından Bitlis Eren Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Acil Durum ve Afet Yönetimi Ana Bilim Dalı’nda tamamlanan “Covid-19 pandemi sürecinde Batman Bölge Devlet Hastanesi’nde alınan önlemlerin ve uygulamaların incelenmesi” isimli tezden türetilmiştir.

† Sorumlu Yazar: edip.avsar@bilecik.edu.tr

1. Giriş

Bir ülkede veya bir bölgede her sene belli sayıda insanın bulaşıcı hastalıklara yakalanmasına endemi denir. Yıllar boyunca bu seyirde devam ederken ortaya çıkan ani artışlara ise epidemi denir. Pandemi ise salgının bir ülkenin sınırlarını aşmış diğer kıtalara ve ülkelere yayılması durumudur (Setav, 2021). Dünyamız Aralık 2019'dan bu yana Çin'den tüm dünyaya yayılan Covid-19 salgınına yaşamaktadır (Kahraman, 2020). Salgın; sosyal hayatın ve ekonominin durmasına neden olmakla birlikte en çok etkilediği alanlardan biri de sağlık kuruluşlarıdır. Covid-19'a yakalanma riskinin en yüksek olduğu yerler sağlık kuruluşlarıdır (Tuncay ve ark., 2020). Bu nedenle çalışma kapsamında örnek olarak seçilen bir sağlık kuruluşunda Sağlık Bakanlığı tarafından belirlenen korona virüs önlemlerine ne ölçüde uyulduğu incelenmiştir. Önlemlerin daha etkin ve verimli şekilde uygulanabilmesi için yapılabilecekler belirlenmiştir. Ülkemizdeki durum Çin örneği ile karşılaştırılmıştır.

1.1. Covid-19 ve Toplumsal Etkileri

Bir RNA virüsü olan korona virüs insan ve çeşitli hayvanlarda hastalık bulaştırabilme özelliğine sahiptir. İnsanlarda solunum yolu hastalıklarından soğuk algınlığı, zatürre gibi pek çok hastalığı neden olmaktadır. Korona virüsler her sene sonbahar ve kış aylarında vakaların %35'inde öksürük, boğaz ağrısı, halsizlik, yorgunluk ve burun akıntısı gibi soğuk algınlığı hastalık belirtilerine yol açarlar. Korona virüs enfeksiyonlarında inkübasyon süresi 3-5 gündür. Bu tip enfeksiyonlarda hastalık, 4-6 gün içerisinde kendini sınırladığı için hastalar hızlıca iyileşme gösterir (Şeker ve ark., 2020). 7 Ocak 2020 de insana geçtiği belirlenen Covid-19, Mers-CoV ve Sars-CoV gibi korona virüs ailesinden olup zarflı RNA virüsüdür. İnsandan insana bulaşan hastalık karantina uygulanmasına rağmen kısa sürede Çin dışına çıkarak Afrika, Amerika ve Asya kıtasına da yayılmıştır. Hasta ve ölüm sayıları hızla artmaya başlamıştır (Dikmen ve Bahçeci, 2020).

Toplumlarda ve bireylerde psiko-sosyal problemlere sebep olan pandemi süreçleri her zaman büyük bir sosyal sorun olmuştur. İnsanlar salgınlarda enfekte olma, ölüm korkusu, panik, endişe, çaresizlik gibi sorunlarla karşı karşıya kalabilmektedir (Hall ve Chapman, 2008). Covid-19 pandemisi de kişilerde depresyon, kaygı, ölüm korkusu ve damgalanmanın yanı sıra uygulanan izolasyon sonucunda yalnızlık gibi sorunlara sebebiyet verebilmektedir (Qui ve ark., 2020; Beck, 1992; Furedi, 2014; Taylor, 2019). Covid-19 pandemisinde aile içi şiddet ve tartışma oranları yükselmiştir (Üsküdar Üniversitesi, 2021). Korona virüs pandemi sürecinde nerdeyse bütün sektörlerin faaliyetleri olumsuz etkilenmiştir. (Mark ve McPake, 2020). Bütün dünyada işsizlik sorununa ve ciddi ekonomik kayıplara sebep olmuştur. ABD'de artan işsizlik %10,4 seviyelerine dayanmıştır (Lanset, 2020; Didem, 2020). Salgınla beraber birçok iş kolu evden çalışma veya kısa çalışma modeline geçmiştir (Kara, 2020).

1.2. Dünyada ve Türkiye'de Pandemi Yönetimine Bakış

Pandeminin etkilerinin azaltılması iyi bir pandemi yönetimine bağlıdır. Bu kapsamda ülkeler ve organizasyonlar pandeminin etkisini hafifletmek için çeşitli önlemler almaktadır. Dünya Sağlık Örgütüne (DSÖ) göre, enfeksiyon kontrol ve önlemede eğitim

almış bir ekip veya bir enfeksiyon önleme ve kontrol noktası oluşturulmalı ve ulusal bazda desteklenmelidir. DSÖ'ye göre sağlık hizmetleri verilirken uygulanacak enfeksiyon önleme ve kontrol işlemleri; triyajın sağlanması ve şüpheli hastaların izole edilmesi, bütün hastalar için standart enfeksiyon kontrol ve önleme işlemlerinin uygulanması, gerekli idari kontrollerin sağlanması, çevre ve mühendislik açısından gerekli kontrollerinin sağlanması şeklindedir (WHO, 2021).

İngiltere'de, bulaş riskini azaltmak için standart enfeksiyon kontrol önlemleri tüm olgularda aynı şekilde uygulanmaktadır. Önlemlerin hangilerinin uygulanacağını belirlenmesinde ise risk değerlendirmesi kullanılmaktadır. Riskler bireylerin etkileşim düzeyine, kan veya diğer vücut sıvılarına maruz kalma düzeyine göre belirlenir. Bu nedenle standart enfeksiyon kontrol önlemleri tüm bakım ortamlarında ve tüm personel tarafından uygulanmaktadır. Standart enfeksiyon kontrol önlemleri: triyaj, el hijyeni, solunum hijyeni, kişisel koruyucu ekipman kullanımı, çevre güvenliği, ekipman güvenliği, sağlıkta kullanılan çamaşırların temizliği, vücut sıvılarına temasın güvenli yönetimi, atık yönetimi, iş sağlığı güvenliği, sosyal mesafenin korunması şeklindedir. İngiltere için Covid-19 olguları değerlendirilirken düşük, orta ve yüksek riskli olarak ayırım yapılmıştır (Birleşik Krallık Sağlık Güvenlik Ajansı, 2020). ABD İş Güvenliği ve Sağlık İdaresi (OSHA) tarafından sağlık çalışanlarının maruziyet riski dört grupta ele alınmıştır. Bunlar düşük riskli, orta riskli, yüksek riskli ve çok yüksek riskli gruplardan oluşmaktadır. OSHA'ya göre sağlık personelleri virüsten korunmak adına standart enfeksiyon önleme ve kontrol uygulamalarına uymak zorundadır (OSHA, 2021). Standart önlemler; mühendislik kontrolleri, idari kontroller, iş güvenliği, kişisel koruyucu ekipman kullanımı, temizlik ve dezenfeksiyondan oluşmaktadır. Mühendislik kontrolleri kapsamında triyaj alanları, uygun havalandırmaya sahip enfeksiyon izolasyon odaları ve negatif basınçlı tekli hasta odaları mevcuttur (OSHA, 2021).

DSÖ'nün Covid-19'u pandemi olarak ilan etmesinin ardından birçok ülke gibi Hindistan'da enfeksiyon kontrol uygulamalarına başlanmıştır. Temaslı takibi, vaka izlemi, erken tespit ve gözetim gibi uygulamalarla Covid-19 enfeksiyonunun yayılımı önlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda salgın yönetiminin vazgeçilmez öğeleri; izolasyon, karantina ve çevre kontrolü olarak belirtilmektedir (Hindistan, 2020). Kliniklerde çalışan sağlık personelleri her zaman cerrahi maske ve eldiven kullanmalı, izolasyon alanlarında çalışanlar ise kişisel koruyucu ekipman ve N95 maske kullanmalıdır. Çevresel dezenfeksiyon işlemi günde iki kez olacak şekilde yapılmalıdır (Hindistan Sağlık Bakanlığı, 2020).

Türkiye'de Covid 19 salgınında sağlık kuruluşlarının çalışmalarını düzenlemek için Sağlık Bakanlığı tarafından bir rehber yayınlanmıştır. Sağlık kuruluşlarının pandemiye yöneldiği bu süreçte diğer sağlık hizmetlerine de ihtiyaç oldukça fazladır. Bundan dolayı Covid-19 olan ve olmayan hastalara aynı kuruluşlarda aynı sistemle hizmet vermek kaçınılmazdır (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2021). Bu sürecin başında sadece koruyucu önlemleri içeren tavsiyeler yayınlanırken ek sağlık hizmetlerine duyulan ihtiyaç sonucu pandemi ve rutin hizmetlerin bir arada

yürütülmesi için öneriler geliştirilmiştir (Özer ve Özcan, 2020). Salgının hafifletme sürecinde dikkat edilmesi gerekenler; Covid-19 pandemi önlemlerinin ve sağlık hizmetinin devam etmesi, pandemi sürecinde hastalar için hastanelerin güvenli halde tutulması, sağlık personelinin güvenliğinin sağlanması, tüm hastaların erişebileceği bir sağlık sisteminin olması ve personelin bulaş riski açısından kademeli çalıştırılması şeklindedir. Bulaş riskini en aza indirmek için tüm hasta ve refakatçilerin kişisel korunma önlemleri alınmalıdır. Sağlık kuruluşlarındaki tüm birimler ve çalışanlar görevlerini yapmak için hazırlıklı olmalıdır. Covid-19 sürecinde eğitimler verilmeli ve güncel olmasına dikkat edilmelidir (T.C. Sağlık Bakanlığı, 2020).

Salgın durumlarında acil servislerde enfekte hastaları ayırt edebilmek için triyajın önemi büyüktür (Kunt ve Karaca, 2020). Normalde her acil serviste işleyen bir triyaj sistemi vardır. Bu sistem herhangi bir afet durumunda normalden daha farklı olmaktadır. Bu farklılıklar arasında kıt kaynakların kullanımının etkin olması önemlidir. Bu kıt kaynakların nasıl kullanılacağı triyaj ile belirlenir (Solnica ve ark., 2020). Herhangi bir afet durumunda öncelikli durumlar belirlenmeli ve tedavi olanakları buna göre ayarlanmalıdır (Challen ve ark., 2007). Acil serviste yüksek ve düşük riskli vakalar için bölümler oluşturulmalıdır. Pozitif olabileceği düşünülen vakalar anamnez alındıktan sonra Covid için ayrılmış polikliniklere yönlendirilebilir (Cao ve ark., 2020). Eğer bu ana girişlerde triyaj alanı yoksa hastanenin dışında çadır vb. bir alan oluşturulabilir ve personel de dâhil olmak üzere hastaneye giriş yapan herkes bu alandan geçirilir (Peros ve ark., 2020). Acil servis içerisinde tüm sosyal mesafe kurallarına uyulmalıdır (Sayburn, 2020).

1.3. Covid-19 Salgınında Hastaneler ve Sağlık Çalışanlarının Durumu

Pandemi sürecinde Türkiye'deki hastanelerde doktorların uyguladığı klinik değerlendirme ve tomografi gibi tanı kriterleri sonucu hastaların kötüleşme ve yoğun bakıma düşme oranı azalmıştır. Bunun yanında bakanlık tarafından gönderilen güncel kılavuzlar ve meslek odalarının bilgilendirmeleri sonucu hekimler süreci yakından takip edebilmiştir (Öztürk ve Karcıoğlu, 2020). Hastanelerin biyolojik afet, salgın gibi durumlara hazır olup olmadığını değerlendirmek ve hastane kapasitesini belirlemek bamacıyla hastane afet planları oluşturulmalıdır. Plan doğrultusunda hastanedeki eksiklikler belirlenirken, güçlü ve zayıf yönler tanınmakta ve belirlenen eksiklikler giderilebilmektedir. Böylelikle afete hazırlık açısından değerlendirilen sağlık kuruluşları dayanıklılık açısından da güçlendirilmektedir (Aminizadeh ve ark., 2019). Yüksek riskle karşı karşıya kalan sağlık çalışanları nöbet devir teslimlerinde korona virüs belirti ve bulguları açısından değerlendirilmelidir (Sahu ve ark., 2020). Salgın sürecinde sağlıkçılara aile desteği ve psikolojik destek verilmesiyle beraber yeme, içme ve dinlenmelerinin sağlanması da oldukça önemlidir. Çünkü virüsle kahramanca savaşan sağlık çalışanları bütün dünya için büyük

önem arz etmektedir (Lancet, 2020). Yapılan araştırmalarda Çin ve Tayvan'da 2003'te ortaya çıkan SARS salgınında, bazı sağlık çalışanlarının ölmesi sonucu diğer personelde kaygı düzeyinin arttığı ve çalışma isteğinin azaldığı saptanmıştır. Aynı zamanda toplumsal baskı ve ayırım da sağlık çalışanlarında kaygı düzeyinin artmasına sebep olmaktadır (Yang ve ark., 2020). Böylelikle pandemi süreçlerinde sağlık personellerine ihtiyaç arttıkça kaygı seviyelerinin yükseldiği ve çalışma isteklerinin azaldığı görülmüştür (Wong ve ark., 2010).

Covid-19 salgın sürecinde sağlık personellerin ayrıntılı olarak incelenmesi önemlidir. Ancak bu konuda yapılmış yayın ve çalışmalar oldukça azdır (Pala ve Metintaş, 2020). Bu salgın sürecinde sağlık sisteminin aksaklıklara uğramadan işleyebiliyor olması tamamen sağlık çalışanlarının gösterdiği performansa bağlıdır (Imai ve ark., 2009). Pandemi sürecinde sağlık çalışanlarının mesleki sorumlulukları; hastalığı başkalarına bulaştırmamak, hastalara sağlık hizmeti vermeye devam etmek, eldeki kıt imkânları etik bir şekilde kullanmak ve sosyal izolasyona ayak uydurmak şeklindedir (Selgelid, 2009). Bu amaçla maske, mesafe, temizlik kurallarına uyulmalıdır. Ayrıca izolasyon ve karantina için hazırlıklı olunmalıdır (Erdoğan ve Hocoğlu, 2020). Sağlık çalışanları salgınları işlerinin bir parçası olarak görmekte ve enfekte olma tehlikesine rağmen özverili olarak çalışmaya devam etmektedirler (Huber ve Wynia, 2004). Etik kurallara uyulmalıdır (Abuhanoğlu ve ark., 2013). Halk sağlığı uygulamalarında izolasyon etkili bir yöntemdir ve bulaş riskini en aza indirir (Ahmed ve ark., 2018). Yapılan çalışmalarda korona virüslü hastalara hizmet veren sağlık personellerinin anksiyete, öfke, saldırganlık, tükenmişlik sendromu, öznel iyi oluşun düşük olması gibi psikolojik sorunlara daha yatkın oldukları görülmüştür (Stuijzand ve ark., 2020).

2. Materyal ve Metot

Çalışmada, ülkemizde mevcut bir bölge devlet hastanesinde pandemi sürecinde korona virüsle mücadelede gerekli önlemlerinin alınıp alınmadığı nitel araştırma yöntemlerinden gözlem yöntemi kullanılarak belirlenmeye çalışılmıştır. Bu kapsamda hastanede verilen hizmet, alınan önlemler, çalışanların durumu ve pandemi kurallarına uyup uymadıkları yerinde gözlemlenmiştir. Gözlem çalışması için Bitlis Eren Üniversitesi Etik Kurulundan ve Sağlık Bakanlığından gerekli izinler alınmıştır.

Hastanenin fiziksel durumuyla ilgili yapılan bu çalışmalar fotoğraflarla desteklenmiştir. Bunun yanı sıra bazı durumlarda sağlık personeli ile görüşmeler yapılmıştır. Ayrıca literatür araştırması yapılarak Dünya çapında farklı ülkeler ve kuruluşlar tarafından alınan önlemler irdelenmiştir. Çin'deki bir hastane ile gözlem yapılan hastane korona virüs önlemleri açısından karşılaştırılmıştır. Böylelikle ülkemizde yapılan uygulamaların güçlü ve zayıf yönlerinin ortaya konması hedeflenmiştir. Çalışmada incelenen hastane 400 yataklı olup kadın doğum hastalıkları dışında bütün birimlerde hizmet vermektedir. Covid-19 pandemi sürecinde pandemi hastanesi olarak ilan edilmiştir.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. İncelenen Bölge Devlet Hastanesinde Alınan Covid-19 Tedbirleri

Eğitim: Covid-19 pandemisinin başlamasıyla birlikte personel hiçbir hizmet içi eğitim almaya fırsat kalmadan Covid-19 hastalarına hizmet vermeye başlamıştır. Ancak ileriki süreçlerde sistemin biraz daha oturmasıyla beraber online eğitimler başlamıştır. Buna istinaden uzaktan sağlık eğitim sistemi (USES) kurulmuş ve sisteme eğitim videoları yüklenerek personelin izlemesi istenmiştir.

Genel Önlemler: Covid-19 salgınının başlamasıyla beraber hastane pandemi hastanesi olarak ilan edilmiştir. Hastanede Covid-19 kurulu oluşturulmuştur. Kurul enfeksiyon hastalıkları ve göğüs hastalıkları uzmanları tarafından yönetilmektedir. Hastane afet planı yeniden düzenlenmiş, eldeki mevcut servis ve yoğun bakımlar Covid-19 hastaları için dönüştürülmüştür. Sağlık personeli ve hastaların bilgi alabileceği bir sosyal iletişim ağı mevcut değildir. Hastanenin acil tarafında hastaneye giriş yapacak herkesin kontrol altına alınacağı bir çadır devreye alınmıştır (Şekil 1.). Pandemi başlarında artan sağlık hizmeti talebi karşılanamamıştır. Bunun en önemli sebebi bütün birimlerin Covid-19 hastalarına odaklanmış olmasıdır. Ayrıca randevu sistemi çok geç tarihlere randevu vermektedir. Korona virüs hastaları için açılan servis ve poliklinikler talebi karşılar niteliktedir. Covid-19 dışında hizmet veren birimler hastanın aciliyetine göre hizmet vermektedir. Sağlık personeli ile yapılan görüşmelerde personelin kademeli çalıştırılmadığı, fazla mesai yaptığı bilgisine ulaşılmıştır. Hastane içerisindeki ortak kullanım alanlarında sosyal mesafe kurallarına uyulmaya çalışılmaktadır. Fakat hasta ve yakınlarının bu kurallara pek uymadığı görülmektedir.



(a) iç görünüm



(b) dış görünüm

Şekil 1. Acile başvuran Covid-19 hastalarının ayakta tedavisinin yapıldığı çadır (Figure 1. The tent where outpatient treatment of Covid-19 patients admitted to the emergency room)

Ortak Kullanım Alanları: Hastaneye bütün girişler tek bir noktadan yapılmaktadır. Böylelikle girişler kontrol altına alınmıştır. Hastaların bazıları yanında bir refakatçi bulundururken bazıları ise yalnızdır. Hastane içerisindeki herkes maske takmaktadır. Acil servis dışındaki bütün hizmetler randevu ile gerçekleştirilmektedir. Bu süreçte kronik hastalıkları bulunan hastalara evde bakım birimi hizmet vermektedir. Randevusuz gelen hastalara ise bakılmamış ve acil durumlar dışında bu

hastalar acil servise yönlendirilmemiştir. Salgının başında stok azlığı nedeniyle el dezenfektanı ve antiseptikler yetersizken sorunun çözülmesiyle hastane içerisinde bu malzemeler ulaşılabilir hale gelmiştir.

Sosyal Mesafe: Hastane içerisinde sosyal mesafe kurallarına uymak adına yerlerde işaretlemeler yapıldığı görülmüştür. Oturma alanlarında bir koltuk boş kalacak şekilde işaretleme yapılmıştır. Asansör ve merdivenlerde uyarı ve sosyal mesafe için gerekli işaretlemeler yapılmıştır.

Havalandırma: Havalandırma sistemlerinin kontrol ve bakımlarının uygun aralıklarla yapılmadığı tespit edilmiştir. Hastanede hem klima hem de merkezi havalandırma sistemleri kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra pencerelerin sık sık açılmasıyla doğal havalandırma yapılmaktadır.

Temizlik, Atıklar ve Dezenfeksiyon: Yüzeyler 1/10 oranında sulandırılmış çamaşır suyu ile silinmektedir. Ancak sık dokunulan yerler (asansör düğmeleri, kapı kolları vb.) aynı hassasiyetle temizlenmemektedir. Ayrıca ortak kullanım alanlarındaki tuvaletlerin kötü durumda olduğu görülmektedir. Bu tuvaletlerde kişisel temizlik ürünleri (kâğıt havlu, sıvı sabun) bulunmazken, etkin temizlik yapılmamaktadır. Tıbbi atıklara özen gösterilmekte tıbbi atıklarla ilgili mevzuata uygun şekilde poşetlere konularak bertarafı yollanmaktadır.

Sağlık Çalışanları ve Diğer Personelin Sağlık Kontrolü: Yapılan araştırmalarda sağlık personelinin Covid-19 bulguları yönünden günlük olarak değerlendirmeye alınmadığı görülmüştür. Ayrıca ailesiyle temas eden şüpheli durumdaki sağlıkçılar testi pozitif çıkana kadar çalıştırılmamıştır. Sağlık personeline senelik izin ve seyahatlerde kısıtlamalar getirilmiştir.

Poliklinikler: Salgının başlarında hastaneye başvuran herkes giriş noktasında Covid-19 bulguları yönünden değerlendirilmiş, şüpheli görülen kişiler Covid-19 polikliniklerine yönlendirilmiştir. Ancak ileriki zamanlarda bu uygulamaya devam edilmemiştir. Test veren şüpheliler test sonucunu genellikle evlerinde beklerken, kötü durumda olanlar ise izole alanlarda bekletilmemiştir. Hastalığın pik yaptığı dönemlerde şüpheli vakalar zaman zaman acil servis önündeki banklarda bekletilmiştir. Pencere olan polikliniklerde pencereler açık vaziyette tutulmuştur. Ancak penceresi olmayan polikliniklerde bu durum gerçekleştirilememiştir. Hastalar ve poliklinik çalışanları arasında sosyal mesafe kurallarına uyulmaya çalışılmaktadır. Poliklinik çalışanlarının maskeye ek olarak siperlik taktığı görülmüştür. Bütün hastalar randevu sistemi ile tedavi edilmektedir. Hasta yakınları sağlık çalışanları tarafından muayene esnasında odaya alınmak istenmemesine rağmen yine de içeriye girmeye çalışmaktadır. Poliklinik önünde bekleyen hasta ve yakınlarının sosyal mesafe kurallarına asla uymadıkları gözlemlenmiştir (Şekil 2). Hastalar için kullanılan malzemeler bazı polikliniklerde tek kullanımlıktır. KBB gibi polikliniklerde ise kullanılan malzemeler dezenfekte edildikten sonra yeniden kullanılmaktadır.

Klinik ve Yoğun Bakımlar: Hastane pandemi hastanesi olarak ilan edildikten sonra Covid-19 servisleri ve yoğun bakımları oluşturulmuştur. Bu bağlamda hastanedeki birkaç servis ve yoğun bakım Covid-19 hastaları için yeniden düzenlenmiştir. Başka

hastalıklar sebebiyle diğer servislerde yatan hastalar Covid-19 bulguları yönünden günlük olarak sorgulanmamaktadır. Bu hastalara yatış yapılırken tek seferlik PCR testi uygulanmaktadır.

Normal hastalar iki kişilik odalarda tutulurken, şüpheli hastalar tek kişilik odalarda izole edilmektedir. Ancak hasta odalarında ve koridorlarda el dezenfektanı ve antiseptikler bulunmamaktadır. Bu süreçte temizliğe yeteri kadar özen gösterilmediği ve hasta odalarının sık temizlenmediği bilgisine ulaşılmıştır. Hasta odalarında kişisel temizlik ürünleri bulunmaktadır. Bu durum temizlik personelinin etkin şekilde çalıştırılmadığını göstermektedir. Hastalar için ortak kullanılan malzemeler (sedye, tekerlekli sandalye) her hastadan sonra temizlenmemektedir. Hastalığın pik yaptığı dönemde hastanede seyyar yoğun bakım ünitesi açılmıştır. Bir süre ventilatör sıkıntısı yaşanmış ancak ileriki dönemlerde sorun çözülmüştür. Pik döneminde yaşanan yer sıkıntısından dolayı bütün yoğun bakımlar Covid-19 yoğun bakımına dönüştürülürken, sağlık personelinin yetersizliği nedeniyle personel sıkıntısı yaşanmıştır.

Yemekhane: Yemekhanede bir metre sosyal mesafe kuralına uyulmamıştır. (Şekil 3). Masalar genellikle birbirine yakın konumlanmıştır. Ekmek açıkta bulunmaktadır (Şekil 4). Personelin isteğine bağlı olarak yemek paket şeklinde alınabilmekte ya da yemekhanede yemek yenilebilmektedir.

Toplantı Salonu: Toplantı salonu pandemi süresince eğitim vermek amaçlı kullanılmıştır. Bu aşamada sosyal mesafe kurallarına uyulduğu ve bir koltuk boş kalacak şekilde oturma düzeninin oluşturulduğu belirlenmiştir.

Ameliyathane: Covid-19 hastaları için ameliyathanede ayrı bir girişi olan koridordaki iki oda ayrılmıştır (Şekil 5). Pozitif hastalar bu odalarda opere edilmektedir. Ameliyata ilk önce anestezi teknisyeni girerek entübasyon işlemini yapmakta, ardından operasyon başlamaktadır. Operasyon boyunca hasta maske takmaktadır. Operasyon esnasında ameliyatı yapan personel dışında odaya kimse girmemektedir (Şekil 6). Dışarıdan malzeme gerektiğinde kapının önünde bulunan bir kişi bu malzemeyi getirmektedir. İçerden hiç kimse dışarı çıkmamaktadır. Ameliyat esnasında gerekli olmayan malzeme içerde bulunmamaktadır. Kullanılan malzemeler genellikle tek kullanımlıktır. Hastanede negatif basınçlı oda bulunmadığı için bu kurala uyulmamıştır. Ancak ameliyat sonrası dezenfektan ve spreylerle oda temizlenmiştir. Ameliyathanede acil haller dışında operasyon yapılmamaktadır. Ameliyata giren personel kayıt altına alınmamış ancak personel kademeli çalıştırılmıştır.

Acil Servis: Acil servis dışında ayrı bir triyaj alanı oluşturularak hastaneye giriş yapan herkesin bu noktadan geçmesi sağlanmıştır. Salgının başlarında sağlık personeline kişisel koruyucu ekipman verilmemektedir. Ancak ileriki dönemlerde tedarik sorunu çözümlenerek koruyucu ekipmana erişim sağlanmıştır. Acil serviste sosyal mesafe kurallarına uyulmama durumunun hasta ve refakatçi kaynaklı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 7-8-9). Acil servis içerisinde Covid-19 pozitif hastalar için izolasyon odaları ayarlanmıştır. Bu odaların bir tanesi acil laboratuvarının karşısında, bir tanesi de müşahede alanında açılmıştır. Fakat bu uygulama sürdürülebilir olamamıştır. Acil serviste yapılan ağır (öncelikli) ve normal hasta ayırımı oksijen saturasyonuna göre yapılmaktadır. Korona virüs nedeniyle en fazla oksijen desteğine

ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle hastalara oksijen ihtiyacına göre öncelik verilmektedir. 2020'nin Temmuz ve Ağustos aylarında yaşanan yoğunluk nedeniyle hastalar için sedye bile bulunmakta zorlanılmıştır. Acil Tıp Uzmanları tarafından bu dönemde günlük 6 hastaya kadar vefat durumlarının gözlemlendiği bilgisine ulaşılmıştır. Bu durum hastalığın pik yaptığı dönemde acil servisin yetersiz kaldığını ve iyi yönetilemediğini göstermektedir. Pik dönemde imkânlar çok kısıtlı kalmıştır. Bu durum bazen hasta elemesi yapılması durumunu ortaya çıkartmıştır. Hastane yönetiminin bu durumu zamanında ön görüp gerekli tedbirleri alması ve gerekirse ek bir acil servis oluşturması gerekmektedir.

3.2. Çin'de Bir Hastanede Alınan Korona Virüs Önlemleri

Örnek alınan hastanede Covid-19 enfeksiyon riski açısından değerlendirme yapılarak riskleri azaltmak adına gerekli önlemler alınmıştır. Bu doğrultuda "Covid-19 salgını sırasında hastane enfeksiyonu için risk kontrolü" yapılmıştır. Toplam kalite yönetimi perspektifinde beş kategoride düzenlemeye gidilmiştir. Bu kategoriler; insan, ekipman, malzeme, yöntem ve çevredir. Çin'deki hastanelerde salgın önleme ve kontrol sistemleri yaygın olarak geliştirilmemektedir. Bu nedenle korona virüs gibi büyük salgınlarda ayrıntılı plan ve kılavuzlardan yoksun kalınmaktadır (Yang ve ark., 2020). Öncelikli önlem olarak üst makamlar tarafından verilen talimatlar yerine getirilmiştir. Merkez için uygun ve kullanılabilir bir enfeksiyon kontrol sistemi oluşturulmuştur. Üst yönetim tarafından belirlenen enfeksiyon kontrol sistemlerinin etkinliği birinci basamak kuruluşlarda düşük olmuş ve etkili bir şekilde uygulanmamıştır (Yang ve ark., 2020). Başka bir önlem olarak her bölüm için ayrı bir enfeksiyon kontrol şefi seçilmiştir. Seçilen şeflere yoğun bir şekilde Covid-19 eğitimi verilmiştir. Şefler hastane bölümlerini enfeksiyon açısından denetlemek ve Covid-19 hakkında bilgilendirme yapmakla görevlendirilmiştir. Ancak hastanede enfeksiyonu kontrol etme ve önlemede personel yönetimi yeteri kadar yapılamamıştır (Yang ve ark., 2020). Diğer alanlarda uzman olan sağlık personelleri Covid-19 konusunda yeterli donanıma sahip olmadığından dolayı zorluklar yaşanmıştır. Salgın anında yeterli eğitim ve bilgi donanımı sağlanamamıştır. Önlem olarak hastanede çalışan uzmanlar ve enfeksiyon komisyonu görevlileri diğer personele eğitim vermek amacıyla görevlendirilmiştir. Verilen eğitimlerin etkinliğini ölçmek amacıyla testler uygulanmıştır (Yang ve ark., 2020).

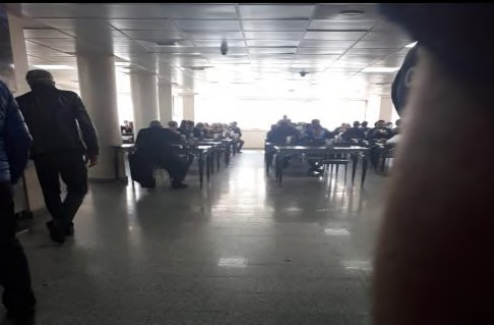
İdare personeli, lojistik birim, güvenlik ve kantin personeli, temizlik personeli ve düşük eğitilmiş sağlık personeli salgınla mücadelede oldukça zayıftır. Önlem olarak yaygın bir şekilde görsel içerikli eğitimler verilmeye başlanmıştır. Denetimlere devam edilmiştir. Bunun yanı sıra psikolojik destek ve danışmanlık sağlanmıştır. Hastanede görev yapan personellerin mesai saatleri dışında davranışlarını kontrol etmek zor olmuştur. Önlem olarak personelin elinden geldiğince özel araçlarla yolculuk yapması önerilmiştir. Eğer özel araç yoksa yürümesi veya bisiklete binmesi uygun görülmüştür. Enfeksiyon önleme ve kontrol bilincini oluşturmak için personelle sorumluluk sözleşmesi imzalanmıştır (Yang ve ark., 2020). Hastanede yatmakta olan hastalar için dış kaynaklı enfeksiyon riskleri mevcuttur.



Şekil 2. Poliklinik önünde sosyal mesafe kuralına uygun olmayan oturma düzeni (Figure 2. Sitting arrangement that does not comply with the social distance rule in front of the polyclinic)



Şekil 3. Yemekhane önünde sosyal mesafe kurallarına uyulmadığını gösteren bir kare (Figure 3. A square showing that social distancing rules are not followed in front of the cafeteria.)



Şekil 4. Masalarda toplu halde yemek yenmesi (Figure 4. Eating together at the tables.)



Şekil 5. Covid-19 hastalarının opere edilmesi için kurallara uygun bir şekilde ayarlanmış ameliyat odası (Figure 5. The operating room set in accordance with the rules for the operation of Covid-19 patients)



Şekil 6. Covid-19 hastalarının operasyonuna giren sağlık personelleri (Figure 6. Health personnel entering the operation of Covid-19 patients)



Şekil 7. Acil servis kayıt biriminde sıra bekleyen kişiler (Figure 7. Persons waiting in line at the emergency service registration unit)



Şekil 8. Acil servis önündeki yoğunluk (Figure 8. Density in front of the emergency room)



Şekil 9. Sosyal mesafesiz acil girişi (Figure 9. Emergency entrance without social distance)

Diğer yandan hastaların bazı ek tedaviler nedeniyle hastane dışına çıkması da risk oluşturmaktadır. Bu hususlarda alınan önlemler; telefon, video ve internet tabanlı danışma gibi teknolojik yolların kullanımıyla hasta odalarındaki yoğunluğun azaltılmasıdır. Dış muayene ve tedavi gerektiren durumlarda maske kullanımı zorunlu hale getirilmiş ve rotalar önceden belirlenerek hastalar farklı zamanlarda dışarı çıkartılmıştır. Denetim bölümü etkin dezenfeksiyon işlemlerine başlamıştır (Yang ve ark., 2020). Kişisel koruyucu ekipman ve dezenfektanlar sınırlı kalmıştır. Hava dezenfektan ekipmanı ve terminal sterilizatörlere ihtiyaç olmuştur. Bu sorunu çözmek için ihtiyaç duyulan tüm malzeme ve ekipmanların depolama yerleri ve kullanım istatistikleri günlük olarak denetlenmiştir. Malzeme ve ekipmana erişim onayı, acil durumlarda yeterli tedarikin sağlanabilmesi için kısıtlanmıştır (Yang ve ark., 2020).

Hastanenin fiziki şartları nedeniyle çevresel riskler mevcuttur. Bina düzeni ve odaların durumu enfeksiyon önleme ve kontrol uygulamaları için uygun değildir. Odalarda kontaminasyon

4. Sonuç

Ülkemizde pandemi sürecinde hastanelerde alınan önlemler ve uygulamaları incelemek amacıyla yapılan bu çalışmada şu sonuçlara ulaşılmıştır;

- Pandemi sürecinde sağlık çalışanlarına verilen online eğitimlerde gecikmeler yaşanmış ve yeterince etkili olmamıştır. Sağlık personeli ve hastaların bilgi alabileceği bir sosyal iletişim ağı kurulmamıştır.
- Salgının başında artan sağlık hizmeti talebi karşılanamamıştır.
- Ortak kullanım alanlarına bakıldığında, hastane girişleri kontrol altına alınmış ve girişler tek bir noktadan sağlanmıştır. Ancak uygulamada devamlılık sağlanamamıştır. Salgının başında antiseptik ve el dezenfektanları stok azlığı nedeniyle yetersiz kalmıştır.
- Sosyal mesafeyi korumak adına hastane içerisinde işaretlemeler yapılmış ancak hasta ve yakınları bu kurallara uymamıştır.
- Havalandırma sistemlerinin kontrol ve bakımları uygun aralıklarla yapılmamıştır. Pencere sık sık açılarak havalandırma sağlanmıştır ancak bodrum katında bulunan bazı polikliniklerde pencere bulunmadığından bu husus buralarda uygulanamamıştır. Sık dokunulan asansör düğmeleri ve kapı kolları için dezenfeksiyon işlemi uygulanmamıştır. Ortak kullanım alanlarında bulunan tuvaletler fiziki olarak çok kötü durumda olup etkin temizlik yapılmamıştır.
- Sağlık çalışanları ve diğer personelin sağlık kontrolü ve Covid-19 bulguları yönünden günlük takibi yapılmamıştır. Temaslı olduğu halde test sonucu pozitif çıkana kadar çalışmaya devam etmişlerdir. Salgının başında sağlık personeli kişisel koruyucu ekipmana erişim sağlayamamıştır. Sağlık personeline psikolojik ve fiziksel destek sağlanmamış olup, fazla mesai yaptırılarak çalıştırılmıştır.

alanları kesin olarak ayrılmamıştır. Bu durum enfeksiyon riskini arttırmaktadır. Bu hususları düzenlemek için; hastanede oda düzeni değiştirilmiştir. Normal hastalar, ateşli hastalar ve sağlık personeli için üç alan oluşturulmuştur. Ateşi olmayan hastalar veya hastaneye giriş yapan hastalar 14 günlük karantina sürecinden sonra normal odaya alınmıştır. Covid-19 temaslı olmayan ancak ateşi olan hastalar karantinada bireysel olarak tutularak vücut ısısı en az üç gün normal seyrettikten sonra odaya kabul edilmiştir (Yang ve ark., 2020). Hastanenin çevre yönetiminde aksaklıklar mevcuttur. Hasta odalarındaki yoğunluk nedeniyle yeterli havalandırmanın sağlanamaması enfeksiyon riski oluşturmaktadır. Yemek için ayrı odalar yoktur. Öncelikle çözüme yönelik olarak havalandırma sağlamak için pencereler açık tutulmuş ve hava dezenfeksiyonu sağlanmıştır. Ayrıca, yeni korona virüsün hava geçişini önlemek için geleneksel Çin tıbbi ile hava fümigasyonu kullanılmıştır. Ateşi olan hastalar için tek kişilik izolasyon odaları kurulmuştur (Yang ve ark., 2020).

- Polikliniklere bakıldığında çalışanlar tarafından sosyal mesafe kurallarına uyulmaya çalışılmıştır. Ancak poliklinik önündeki yığılmalar buna pek fırsat vermemiştir.
- Hasta odaları yeterli düzeyde temizlenmemiştir. Hastalar için ortak kullanılan sedye ve tekerlekli sandalyeler her hastadan sonra dezenfekte edilmemektedir.
- Yemekhanede sağlık personelinin sosyal mesafe kurallarına uymadığı ve herkesin bir arada durduğu belirlenmiştir. Ayrıca açık büfe servis mevcuttur.
- Ameliyathanede belirlenen kurallara uygun olarak Covid-19 hastaları için iki tane oda ayarlanmıştır. Ameliyat öncesi, sonrası ve esnasında kurallara uyulduğu tespit edilmiştir. Ameliyathanede negatif basınçlı oda bulunmamaktadır. Bunun yerine oda içerisindeki hava spreylemlerle temizlenmeye çalışılmıştır.
- Acil serviste hastalığın pik yaptığı dönemlerde sedye bulunmakta zorlanılmıştır. Covid pozitif hastalar için ayrılan izolasyon odaları ileriki süreçlerde kaldırılmıştır. Acil servisin yükü fazlasıyla artmış olup, Covid-19 olan ve olmayan tüm hastalar karışık halde durmuştur. Oksijen desteğine yoğun şekilde ihtiyaç duyulduğu için kıt imkânlar nedeniyle bazı zamanlarda yeterli kullanım sağlanamamıştır. Acil servis pandemi sürecinde yetersiz kalmış ve iyi yönetilememiştir.

Bu çalışma ışığında öneriler şu şekildedir;

- Sağlık personeli hiçbir eğitim almadan virüs ile karşı karşıya kalmıştır. Pandemi başlamadan önce Çin'de böyle bir virüsün ortaya çıktığı bilinmektedir. Bu kapsamda hazırlıklı olmak adına personele yüz yüze eğitim verilmiş olması gereklidir. Ayrıca online eğitimlerin yanı sıra her birim için enfeksiyon hemşireleri belirlenerek bu hemşireler yoğun bir eğitimden geçirildikten sonra sağlık personeline eğitim verilmesi sağlanmalıdır.

- Hastaneye olan girişlerin tek bir noktadan sağlanması devamlılık arz etmemiştir. Ancak unutulmamalıdır ki salgın devam etmektedir. Bu uygulamanın yeniden başlatılması elzemdir. Sağlık alanında mağduriyet yaşanmaması adına geç tarihlere verilen randevuların önüne geçmek için gece poliklinikleri uygulamasına geçilebilir.
- Sosyal mesafeyi korumak adına sandalyelerde işaretleme yapmak yerine bariyer çekilerek sandalye kapatılmalıdır. Hastane içerisinde sık sık anonslar yapılarak hasta ve yakınları maske ve mesafe için uyarılmalıdır. Güvenlik personeli hastane içerisinde dolaşım halinde olarak hasta ve yakınlarını uyarmalıdır.
- Bodrum katında bulunan poliklinikler pencere bulunan alanlara taşınmalı ya da poliklinik havasını temizlemek adına oda içerisinde spreyleyler kullanılmalıdır. Klimalar kesinlikle kullanılmamalı ve havalandırma sistemlerinin bakımları sağlanmalıdır.
- Ortak kullanım alanlarında bulunan tuvaletlerin fiziki durumu düzeltilmeli ve kişisel temizlik ürünleri temin edilmelidir.
- Sağlık çalışanlarının artan iş yükünü hafifletmek adına dışardan taşeron sağlık personeli alımı yapılmalı ve bu personelin maddi külfeti hastanenin döner sermayesinden karşılanmalıdır. Ayrıca kurum psikologları tarafından sağlık personeline düzenli aralıklarla psikolojik destek verilmeli, terapiler uygulanmalıdır.
- Poliklinik, klinik ve yoğun bakımlardaki temizlik işlemlerini denetlemek adına şefler belirlenmelidir. Şefler temizlik personellerinden gruplar oluşturarak etkin temizliğin yapılmasını ve kontrolünü sağlamalıdır.
- Acil servisteki yığılmayı azaltmak adına çadırdan ek bir acil servis oluşturulabilir. Bu acil servise personel ve ekipman desteği sağlanabilir. Ayrıca semptom gösteren ve göstermeyen olguların ayrılması için acil servislerde izole edilmiş bekleme alanları oluşturulmalıdır.

Kaynakça

- Abuhanoğlu H, Teke A, Demir C, Çelen Ö, Karadağ M, Cankul H, 2013. Tabiplerin Tıbbi İşlemler Sırasında Maliyet-Etkililik İle İlgili Tutum Ve Davranışlarına İlişkin Bir Değerlendirme. Gulhane Medical Journal, 55 (4): 288-296.
- Ahmed F, Zviedrite N, Uzicanin A, 2018. Effectiveness of Work Place Social Distancing Measures in Reducing İnfluenza Transmission: A Systematic Review. BMC Public Health, 18 (1): 518.
- Aminzadeh M, Farrokhi M, Ebadi A, Masoumi GR, Kolivand P, Khankeh HR, 2019. Hospital Management Preparednesstools in Biological Events: A Scoping Review. J Educ Health Promot, 8: 234.
- Beck U, 1992. Risk Society: Towards a Newmodernity. Sage Publications. London.
- Birleşik Krallık Sağlık Güvenlik Ajansı, 2020. [https://www.gov.uk/government/publications/covid-19-](https://www.gov.uk/government/publications/covid-19-guidance-for-stepdown-of-infection-control-precautions-within-hospitals-and-discharging-covid-19-patients-from-hospital-to-home-settings/guidance-for-stepdown-of-infection-control-precautions-and-discharging-covid-19-patients)

- [guidance-for-stepdown-of-infection-control-precautions-within-hospitals-and-discharging-covid-19-patients-from-hospital-to-home-settings/guidance-for-stepdown-of-infection-control-precautions-and-discharging-covid-19-patients](https://www.gov.uk/government/publications/covid-19-guidance-for-stepdown-of-infection-control-precautions-within-hospitals-and-discharging-covid-19-patients-from-hospital-to-home-settings/guidance-for-stepdown-of-infection-control-precautions-and-discharging-covid-19-patients) (Erişim Tarihi: 12.07.2021).
- Challen K, Bentley A, Bright J, 2007. Clinical Review: Mass Casualty Triage Pandemic İnfluenza and Critical Care. Crit Care, 11 (2): 212.
- Cao Y, Li Q, Chen J, 2020. Hospital Emergency Management Plan During the COVID-19 Epidemic. Acad Emerg Med, 27 (4): 309-311.
- Didem K, 2020. Türkiye’de İşgücü Piyasasının Boyutları Ve Covid-19 Döneminin İşgücü Piyasasına Etkileri. Sosyal Çalışma Dergisi, 4 (1): 69-83.
- Dikmen S, Bahçeci F, 2020. Covid-19 Pandemisi Sürecinde Yükseköğretim Kurumlarının Uzaktan Eğitime Yönelik Stratejileri: Fırat Üniversitesi Örneği. Turkish Journal of Educational Studies, 7 (2): 78-98.
- Erdoğan A, Hocoğlu Ç, 2020. Enfeksiyon Hastalıklarının Ve Pandeminin Psikiyatrik Yönü: Bir Gözden Geçirme. Klinik Psikiyatri Dergisi, 23 (1): 72-80.
- Furedi F, 2014. Korku Kültürü: Risk Almanın Riskleri. Ayrıntı Yayınları. İstanbul.
- Hall RCW, Chapman MJ, 2008. The 1995 Kikwit Ebola Outbreak: Lessons Hospitals and Physicians can Apply to Futureviral Epidemics. General Hospital Psychiatry, 30: 446-452.
- Hindistan Sağlık Bakanlığı, 2020. <https://ncdc.gov.in/WriteReadData/1892s/42417646181584529159.pdf> (Erişim Tarihi: 15.07.2021).
- Huber SJ, Wynia MK, 2004. When Pestilenceprevail Physicianresponsibilities in Epidemics. American Journal of Bioethics, 4 (1): 5-11.
- Imai T, Takahashi K, Todoroki M, Kunishima H, Hoshuyama T, Ide R, 2009. Perception in Relationto a Potential İnfluenza Pandemic a Mong Health Careworkers in Japan: İmplications for Preparedness. Journal of Occupational Health, 50 (1): 13-23.
- Kahraman ME, 2020. Covid-19 Salgınının Uygulamalı Derslere Etkisi Ve Bu Derslerin Uzaktan Eğitimle Yürütülmesi: Temel Tasarım Dersi Örneği. Medeniyet Sanat Dergisi, 6 (1): 44-56.
- Kara E, 2020. Covid-19 Pandemisi: İşgücü Üzerindeki Etkileri Ve İstihdam Tedbirleri. Avrasya Sosyal Ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi, 7 (5): 269-282.
- Kunt MM, Karaca MA, 2020. Anatolian Journal of Emergency Medicine, 3 (3): 96-98.
- Lancet T, 2020. Covid-19: Protecting Health Careworkers. Lancet (London, England), 395 (10228): 922.
- Mark M, McPeake M, 2020. Labour Market İmplications of COVID-19. Ulster University, İrland, s: 1-32.
- OSHA, 2021. <https://www.osha.gov/coronavirus/control-prevention/healthcare-workers> (Erişim Tarihi: 10.07.2021).
- Özer ZY, Özcan S, 2020. Birinci Basamak Sağlık Hizmetlerinde COVID-19 Enfeksiyonu: Korunma ve Kontrol Önerileri. Arşiv Kaynak Tarama Dergisi, 29: 67-72.
- Öztürk O, Karcioğlu Ö, 2020. Türk Tabipler Birliği, COVID-19 Pandemisi Altıncı Ay Değerlendirme Raporu, İstanbul, s: 131.
- Pala Ç, Metintas S, 2020. Covid-19 Pandemisinde Sağlık Çalışanları. Estüdam Halk Sağlığı Dergisi, 5: 156-168.
- Peros G, Gronki F, Molitor N, 2020. Organizing a COVID-19 Triage Unit: A Swiss Perspective. Emerg Microbes Infect, 9 (1): 1506-1513.

- Qui J, Shen B, Zhao M, Wang Z, Xie B, Xu Y, 2020. A Nation Wide Survey of Psychological Distress Among Chinese People in the COVID-19 Epidemic: Implications and Policy Recommendations. *General Psychiatry*, 33: 1-3.
- Sahu A, Amrithanand V, Mathew R, Aggarwal P, Nayer J, Bhoi S, 2020. Covid-19 in Health Careworkers—A Systematic Review and Meta-analysis. *The American Journal of Emergency Medicine*, 38: 1727-1731.
- Sayburn A, 2020. Covid-19: PHE Upgrades PPE Advice for All Patient Contacts With Risk of Infection. *BMJ*, 369: 1391.
- Siegel MJ, 2009. Pandethics. *Public Health*, 123 (3): 255-259.
- Setav, 2021. <https://www.setav.org/5-soru-koronavirus-covid-19-salgininin-egitim-ve-ogretmenlere-etkisi/> (Erişim Tarihi: 30.03.2021).
- Solnica A, Barski L, Jotkowitz A, 2020. Allocation of Scarce Resources During the COVID-19 Pandemic: A Jewish Ethical Perspective. *J Med Ethics*, 46 (7): 444-446.
- Stuijzand S, Deforges C, Sandoz V, Sajin CT, Jaques C, Elmers J, Horsch A, 2020. Psychological Impact of an Epidemic/pandemic on the Mental Health of Healthcare Professionals: A Rapid Review. *BMC Public Health*, 20 (1): 1230.
- Şeker M, Özer A, Tosun Z, Korkut C, Doğrul M, 2020. Türkiye Bilimler Akademisi; Covid-19 Pandemi Değerlendirme Raporu, Ankara, s: 1-164.
- Taylor S, 2019. *The Psychology of Pandemics: Preparing for the Next Global Outbreak of Infectious Disease*. Cambridge Scholars Publishing. Newcastle Upon Tyne.
- T.C. Sağlık Bakanlığı, 2020. <https://covid19.saglik.gov.tr/Eklenti/40282/0/covid19-saglikkurumlarindacalismarehberiveenfeksiyonkontrolonlemieripdf.pdf> (Erişim Tarihi: 28.02.2021).
- Tuncay F, Koyuncu E, Özel Ş, 2020. Pandemilerde Sağlık Çalışanlarının Psikososyal Sağlığını Etkileyen Koruyucu ve Risk Faktörlerine İlişkin Bir Derleme: *Ankara Medical Journal*, (2):488-501.
- Üsküdar Üniversitesi, 2021. <https://uskudar.edu.tr/tr/icerik/5233/pandemi-ile-birlikte-ailede-siddet-olaylari-yanasmaya-basladi> (Erişim Tarihi: 30.03.2021).
- WHO, 2021. [qh-covid-19-Infection-control-guidelines.pdf](https://www.who.int/publications/i/item/9789240011053) (Erişim Tarihi: 12.07.2021).
- Wong EL, Wong SY, Kung K, Cheung AW, Gao TT, Griffiths S, 2010. Will the Community Nurse Continue of Union During H1N1 Influenza Pandemic: A Cross-Sectional Study of Hong Kong Community Nurses? *BMC Health Services Research*, 10 (1): 107.
- Yang M, Wang H, Li Z, Zhang Q, Liu X, He M, Gao S, 2020. Prevention and Control of COVID-19 Infection in a Chinese Mental Health Center. *Frontiers in Medicine*, 7: 356.



Geleneksel Olarak Aile İşletmelerinde Üretilen Kandırif Peynirinin Yapılışı ile Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi*

Cihat Özdemir^{1*}, Mehmet Murat Karaoğlu², Fatih Öz², Salih Özdemir², Abdolhadi Tajer²

^{1*} Atatürk Üniversitesi, Oltu Meslek Yüksekokulu, Erzurum, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-9259-5360), cozdemir@atauni.edu.tr

² Atatürk Üniversitesi, Ziraat fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9919-8824; 0000-0002-5300-7519; 0000-0002-8576-3327; 0000-0002-8495-5263), mmurat@atauni.edu.tr, fatihoz@atauni.edu.tr, ozdemirs@atauni.edu.tr, abdolhadi_tajer@yahoo.com

(İlk Geliş Tarihi 22 Mart 2022 ve Kabul Tarihi 30 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1091243)

ATIF/REFERENCE: Özdemir, C., Karaoğlu, M. M., Öz, F., Özdemir, S. & Tajer, A. (2022). Geleneksel Olarak Aile İşletmelerinde Üretilen Kandırif Peynirinin Yapılışı ile Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 573-578.

Öz

Kandırif peyniri üretim açısından Civil, Kaşar ve Hellim peynirlerine benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada, Erzurum ili Olur ilçesinin bazı köylerinde geleneksel olarak üretilen ve aile içinde tüketilen Kandırif peynirinin yapılışı yerinde incelenmiş ve Kekikli köyünden 20 adet Kandırif peynir örneği alınarak bazı fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Fiziksel ve kimyasal analizler sonucunda Kandırif peynir örneklerinin ortalama kuru madde oranı %72,22, yağ oranı %31,24, kuru maddede yağ oranı %42,15, protein oranı %35,14, suda eriyen protein oranı %3,83, olgunlaşma derecesi %10,81, kül oranı %3,43, tuz oranı %2,67 ve kuru maddede tuz oranı %3,70 olarak tespit edilmiştir. Kandırif peyniri örneklerinin ortalama asitliği 37,80 SH ve pH derecesi 5,47 olarak belirlenmiştir. Kandırif peynir örneklerinin L* renk değeri 60,47 ile 80,76 arasında değişmiş ortalama 73,84 olarak tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlardan, Kandırif peynirinin oldukça yüksek kuru madde, yağ ve protein içeriğinden dolayı besin değeri yüksek bir peynir olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, tuz oranının düşük olması da sağlıklı beslenme açısından önem arz etmektedir. İncelenen örneklerin olgunlaşma derecesi verileri dikkate alındığında Kandırif peynirinin taze peynir sınıfına girdiğini söylemek mümkündür.

Anahtar Kelimeler: Kandırif peyniri, Bileşim, Fiziksel özellikler, Kimyasal özellikler, Renk

Making and Determination of Some Physical and Chemical Properties of Kandırif Cheese Traditionally Produced in Family Businesses

Abstract

The production of Kandırif cheese is a type of cheese that is similar to the production of Civil, Kashar and Halloumi cheese. In this research, the production of Kandırif cheese, which is locally produced in some villages of Erzurum province Olur district and consumed within the family. The samples of 20 Kandırif cheese were taken from Kekikli village and subjected to some physical and chemical analyzes. As a result of physical and chemical analysis, the average dry matter rate of Kandırif cheese samples is 72.22%, fat content was 31.24%, fat content in dry matter was 42.15%, protein rate was 35.14%, water-soluble protein rate was 3.83%, degree of ripening was 10.81%, ash rate was 3.43%, salt rate 2.67% and salt rate in dry matter was 3.70%. The average acidity of Kandırif cheese samples was 37.80 SH and pH was 5.47. The L* color value of Kandırif cheese samples ranged from 60.47 to 80.76, and average value was 73.84. From these results, it was determined that Kandırif cheese has a very high dry matter, fat and protein ratio and therefore has a high nutritional value. On the other hand, the low salt content shows that it is safe both in terms of compliance with standards and health. It has been determined that the ripening degree of these cheese samples is low and it is classified as fresh cheese.

Keywords: Kandırif cheese, Composition, Physical properties, Chemical properties, Color

*Bu araştırma, Atatürk Üniversitesi BAP(FBA-2021-9382) tarafından desteklenmiştir.

* Sorumlu Yazar: cozdemir@atauni.edu.tr

1. Giriş

Peynir, genel olarak, sütün pıhtılaştırılması, pıhtıdan peyniraltı suyunun ayrılması, daha sonra da pıhtının değişik şekillerde işlenmesiyle elde edilmektedir. Peynir yapımında esas olarak, inek, koyun, keçi ve manda sütü kullanılmaktadır. Bunların yanında, peynir yapımında, krema, peyniraltı suyu, yayıkaltı, rekombine ve rekonstitüe sütler veya bunların kendi aralarındaki karışımları da kullanılabilir. Peynir dünyada en fazla tüketilen ve ticareti yapılan bir gıdadır. Türkiye de peynir çeşitliliği bakımından oldukça zengin olup ülkemizde 150'den fazla peynir çeşidi bulunmaktadır. Bunlardan çoğu yerel ihtiyacı karşılayacak miktarda iken, bazıları ülke çapında yaygınlaşmıştır(Kamber ve Terzi, 2008). Ulusal Süt Konseyi raporuna göre 2019 yılında ülkemiz genelinde toplam 22.960.379 ton çiğ süt ve 756.646 ton peynir üretilmiştir (Anonim, 2021).

Erzurum ili Olur ilçesi kırsalında yöresel olarak üretilen bir peynir çeşidi olan Kandirif peynirinde standart bir üretim tekniği bulunmamaktadır. Geleneksel olarak üretilen bu peynir çeşidinde, sütün asitlendirilmesi, mayalama, pıhtı eldesi ve tuzlama gibi üretim aşamalarındaki şartlar üreticiler arasında değişkenlik arz etmektedir. Kontrollü şartlarda standart bir üretim tekniği uygulanmadığı için farklı üreticilerin elde ettiği Kandirif peynirinin fiziksel ve kimyasal özellikleri değişiklik arz edebilmektedir.

Üretim tekniği bakımından, Kandirif peyniri Erzurum Civil, Kaşar ve Hellim peynirine benzerlik göstermektedir. Civil peynir ekşitilmiş yağsız süttten yapılırken Kandirif peyniri ekşitilmiş yağlı süttten yapılmaktadır. Ülkemizde pıhtısı ısıtılmış işlem gören peynirler arasında pasta fileta tipi bir peynir olan kaşar peynirinin pıhtısına 75 °C'de 2 dakikalık bir yaş veya kuru haşlama işlemi uygulanmaktadır. Pıhtı haşlama safhası yönünden Kandirif peyniri Kaşar peynirine benzemektedir. Bilhassa Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyetinde üretilen Hellim (Hellomi) peynirinin yapımında ise üretilen peynir kalıpları 80 °C'nin üzerindeki sıcak peynir altı suyu içinde 10 dakika haşlandıktan sonra piyasaya arz edilmekte, tüketici tarafından tavada yağsız kızartma yapılarak tüketilmektedir. Kandirif peynirinin yapımında hem pıhtı haşlama ve hem de peynir kızartma işlemi uygulanmaktadır. Kaşar ve Hellim peynirleri gibi Kandirif peynirinde de pıhtıya haşlama işlemi uygulanmaktadır. Bununla birlikte, tüketim aşamasında Hellim peyniri tavada kızartılırken, Kandirif peyniri ise genellikle odun ateşinde kızartılmakta ve bu aşamada tütsüleme işlemi de gerçekleştirilmektedir. Üretim tekniğindeki bu farklılıkların Kandirif peynirinin kendine has fiziksel, kimyasal ve duyuşsal özelliklerinin oluşmasında etkili olduğu düşünülmektedir.

Kandirif peyniri üzerinde herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Bu nedenle Kandirif peynirinin yapılışı Civil peynire, kızartıldıktan sonra tüketimi ise Hellim peynirine benzediğinden dolayı analiz sonuçları Hellim ve Civil peyniri ile karşılaştırılacaktır. İncili vd. (2019) yaptıkları çalışmada, Elazığ ilinde satılan 30 Hellim peyniri örneklerinde ortalama olarak kuru madde, kül, tuz, kuru maddede yağ, protein, pH ve asitlik değerlerini sırasıyla %48,77 , %4,84 , %6,84 , %41,58 , %30,33 , 6,58 ve % 0,15 olarak tespit etmişlerdir. Gün ve Şimşek (2011) Türkiye'de ve Kıbrıs'ta üretilen Hellim peynirlerinin özelliklerinin karşılaştırılması için Türkiye piyasasından aldığı 11 adet, Kuzey

Kıbrıs Türk Cumhuriyeti piyasasından aldığı 8 Hellim peynirleri üzerine araştırma yapmışlardır. Bu araştırma sonucunda Kıbrıs'ta ve Türkiye'de üretilen peynir örneklerinin laktik asit, yağ, kuru madde gibi özellikleri arasında farklılıklar tespit etmişlerdir. Piyasadan temin edilen 20 adet Bayburt Civil peynir örneğinde; pH, asitlik, kuru madde, yağ, protein, kül, tuz oranları sırasıyla; 5,36 - 6,07; %0,21-1,25; %41,92-57,85; %0,5-26,0; 20,9-35,54; %3,48-16,0 ve %1,51-15,43 aralığında belirlenmiştir. Örneklerin toplam azot, suda çözünen azot, triklorasetik asitte çözünen azot değerleri, olgunlaşma dereceleri ve lipoliz oranları sırasıyla; %3,28-5,57; %0,19-3,33; %0,02-0,69; %4,38-71,2ve 1,93-1,33 ADV (Asitlik Derecesi Değeri) aralığında bulunmuştur (Arslaner ve Salık,2020).

Türk standartlarında (TS12513)(Anonim, 2018) taze Hellim peynirinde kuru maddede yağ oranı en az %43, olgun peynirde %40, su oranı taze peynirde en fazla %46 olgun peynirde %37, pH değeri en fazla 6,6 , kuru maddede tuz oranı ise taze peynirde %3-5 ve olgun peynirde %6-10 arasında olma hükmü yer almaktadır. TS 12513 "Hellim Peyniri" (Anonim, 2018) standardına göre Hellim peynirinde su içeriğinin en çok %50, kuru maddede tuz oranının en çok %12 ve laktik asit cinsinden titrasyon asitliğinin ise en çok %3,5 olması istenmiştir. Yağ içeriği açısından ise, Hellim peyniri iki tipe ayrılmış ve en az %40 kuru maddede yağ içeren peynir tam yağlı, en az %30 içeren ise yarım yağlı Hellim peyniri olarak adlandırılmıştır.

Bu çalışmada Erzurum ilinin Olur ilçesi Kekikli köyünde aile işletmelerinde Kandirif peynirinin yapılışı tarafımızca takip edilmiştir. Ayrıca Kekikli köyündeki aile işletmelerinden 20 adet Kandirif peynir örneği toplanarak bazı fiziksel ve kimyasal analizlere tabi tutulmuştur. Bu peynir örneklerinin bileşimi ve olgunlaşma düzeyleri belirlenmiş ve böylece bu peynirin yağlılık ve olgunlaşma düzeyine göre hangi sınıfa girdiği tespit edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

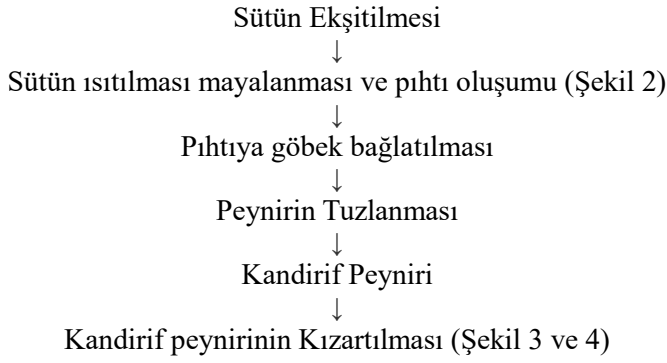
Erzurum'un Olur ilçesi Kekikli köyündeki farklı üreticilerden toplam 20 adet Kandirif peyniri toplanmış ve araştırma materyali olarak kullanılmıştır. Buzdolabı şartlarında (4±2°C) laboratuvara getirilen örnekler bazı fiziksel ve kimyasal analizlere tabii tutulmuştur.

2.2. Metot

2.2.1. Geleneksel Yöntemle Kandirif peyniri üretimi

Kandirif peynirinin yapımında bir miktar süt alınarak oda sıcaklığında 1 gün bekletilir ve aynı miktarda yeni sağılmış taze sütle karıştırılır. Süt ısıtılırken yaklaşık 30°C'de bir miktar sıvı şirden mayası ile mayalanır. Isıtma ve karıştırma devam ederken yaklaşık 55°C-65°C arasında süt pıhtılaşır ve hamur kıvamına gelir. Hamur haline gelen pıhtı dışarıya alınarak belli büyüklükte parçalara ayrılır ve elle göbek bağlatılarak fazla suyu uzaklaştırılır. Bu peynir kalıpları tuzlanarak birkaç gün bekletilir.

Tüketilmesi esnasında odun ateşinde veya tavada kızartılır(Şekil 3.4). Kandirif peynirinin yapım safhaları Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Kandirif peynirinin yapım safhaları



Şekil 2. Kandirif peyniri yapılacak ekşi sütün ısıtılması ve pıhtı oluşumu



Şekil 3. Tavada kızartılarak tüketime hazırlanmış kandirif peyniri



Şekil 4. Odun alevinde kızartılan Kandirif peyniri

2.2.2. Peynir örneklerinde yapılan fiziksel ve kimyasal analizler

2.2.2.1. pH Değeri

pH Değeri Birleşik elektrotlu pH-metre kullanılarak belirlenmiştir (Hannon vd. 2003).

2.2.2.2. Titrasyon asitliği

Titrasyon asitliği % laktik asit cinsinden tespit edilmiştir (Metin, 2013).

2.2.2.3. Kuru madde analizi

Önceden temizlenmiş, kurutulmuş ve darası alınmış kuru madde kaplarına hassas bir şekilde yaklaşık olarak 5'er gram örnek tartılmış ve $100 \pm 5^\circ\text{C}$ 'deki etüvde 3 saat süreyle kurutulduktan sonra tartım yapılmıştır. Örnekler sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutma işlemine devam edilmiştir. Kurutmadan önceki ağırlık ve kurutmadan sonraki ağırlık farkından % kuru madde miktarı hesaplanmıştır (Kurt vd., 2007).

2.2.2.3. Yağ oranı

Kandirif peyniri örneklerindeki yağ oranı Gerber metoduyla Van Qulik bütirometresi kullanılarak belirlenmiştir (Kurt vd., 2007).

2.2.2.4. Kül miktarı

Örneklerin kül miktarlarını belirlemek için; 550°C 'de sabit tartıma getirilip darası alınmış olan porselen krozelere 0.001 g duyarlıkta 1-2 g numune tartılmıştır. Kuruyan örnekler daha sonra 550°C ' de siyah rezidü kalmayana kadar yakma işlemine tabi tutulmuştur. İşlem sonunda krozeler desikatörde soğutulmuş ve % kül oranı belirlenmiştir (Kurt vd., 2007).

2.2.2.5 .Tuz miktarı

Tuz analizi Tuz analizi Mohr yöntemine göre yapılmıştır (Kurt vd., 2007).

2.2.2.6. Protein oranı

Protein tayini Kjeldahl yöntemi ile yapılmıştır. Belirlenen azot miktarı 6.38 faktörü ile çarpılarak peynir örneklerinde % protein miktarı tespit edilmiştir (Kurt vd., 2007).

2.2.2.7. Suda çözünen protein(SÇP) oranı

Suda çözünen protein miktarı 5 g Kandirif peyniri örneğinin sıcak suda ezilip çıkan süzütünün protein tayinine tabi tutulmasıyla tespit edilmiştir (Kurt vd., 2007).

2.2.2.8. Olgunlaşma derecesi(OD)

Suda çözünen proteinin toplam proteine oranından olgunlaşma derecesi hesaplanmıştır(Kurt vd., 2007).

2.2.2.9. Peynirlerde Renk Analizi

Renk yoğunlukları L*, a* ve b* değeri olarak Minolta Colorimetre (CR-200 Minolta Colorimeter, Osaka, Japan) Kolorimetre cihazı kullanılarak tespit edilmiştir. Örneklerin L (parlaklık), a (yeşillik/kırmızılık), ve b (mavilik/sarıklık) değerleri belirlenmiştir (Voss, 1992).

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Kandirif Peynir Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Kandirif Peynir Örneklerinin Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Kandirif peynir örneklerinin kuru madde, yağ, kuru maddede yağ, protein, suda eriyen protein ve olgunlaşma derecesi değerleri

ÖRNEK NO	Kuru Madde (%)	Yağ (%)	KM'de yağ (%)	Protein (%)	Suda Eriyen Protein (%)	Olgunlaşma Derecesi (%)
1	71,55	30,50	42,62	35,11	3,87	11,02
2	72,26	31,50	43,59	36,31	3,80	10,47
3	72,07	32,50	45,10	35,70	4,06	11,37
4	71,79	29,70	41,37	34,90	3,70	10,60
5	71,83	31,50	43,85	33,96	4,01	11,81
6	72,02	29,80	41,38	32,96	4,07	12,35
7	71,80	31,40	43,73	34,58	4,29	12,41
8	73,36	34,20	46,61	34,76	3,82	10,99
9	72,80	30,50	41,90	34,58	3,74	10,82
10	72,16	33,60	46,56	34,71	4,18	12,04
11	73,58	33,40	45,39	35,74	3,48	9,74
12	71,29	30,70	43,06	34,69	3,41	9,83
13	72,17	31,90	44,20	36,26	3,80	10,48
14	72,45	33,50	46,24	35,32	3,91	11,07
15	72,61	32,30	44,48	36,74	3,80	10,34
16	73,36	33,60	45,80	35,66	3,47	9,73
17	71,25	33,10	46,46	34,69	3,65	10,52
18	73,40	32,30	44,01	34,93	3,61	10,33
19	71,89	32,00	44,51	35,80	3,92	10,95
20	71,60	31,60	44,13	35,36	4,10	9,29
En Düşük	71,25	29,70	41,38	32,96	3,41	9,29
En Yüksek	73,58	34,20	46,61	36,77	4,18	12,41
Ortalama	72,22	31,24	42,15	35,14	3,83	10,81

Tablo 2. Kandirif peynir örneklerinin tuz, kuru maddede tuz, asitlik, pH ve kül değerleri

ÖRNEK NO	Tuz (%)	KM'de Tuz (%)	Asitlik (SH)	pH	Kül (%)
1	2,95	4,12	35,41	5,92	3,65
2	2,13	2,95	39,52	5,47	3,16
3	2,79	3,87	39,71	5,38	3,71
4	2,88	4,01	38,70	5,25	3,87
5	2,86	3,98	40,19	5,62	3,64
6	2,95	4,10	39,20	5,59	3,50
7	2,81	3,91	40,03	5,33	3,34
8	2,18	2,97	38,47	5,30	3,21
9	2,54	3,52	39,78	5,70	3,20

10	2,31	3,20	34,67	5,54	3,62
11	2,93	3,98	37,08	5,63	3,57
12	2,56	3,59	38,77	5,41	3,41
13	2,76	3,82	35,66	5,54	3,19
14	2,68	3,70	33,49	5,21	3,26
15	2,94	4,05	38,75	5,46	3,50
16	2,83	3,86	37,99	5,30	3,68
17	2,66	3,73	33,94	5,61	3,52
18	2,56	3,49	34,54	5,76	3,46
19	2,47	3,44	38,76	5,33	3,07
20	2,69	3,76	41,33	5,09	3,12
En Düşük	2,13	2,97	33,49	5,09	3,12
En Yüksek	2,95	4,05	41,33	5,76	3,87
Ortalama	2,67	3,70	37,80	5,47	3,43

Kandırif peynir örneklerinin kuru madde oranı % 71,25 ile % 73,58 arasında değişmiş ortalama % 72,22 olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular Hellim peyniri örneklerinin kuru madde ortalamasından(İncilivd. 2019) oldukça yüksektir. Hellim peynirine ait olan standarda göre (Anonim, 2018) kuru madde miktarı taze Hellim peynirinde en az %54 olgunlaştırılmış Hellim peynirlerinde ise en az %63 olmalıdır. Tüm Kandırif peyniri örneklerinin kuru madde oranı Hellim peynirinin standarttaki değerden oldukça yüksek bulunmuştur. Kandırif peynirinin yağ oranı %29,70 ile %34,20 arasında ve kuru madde de yağ oranını ise % 41,38 ile %46,61 arasında değişmiştir. Kandırif peyniri örneklerinin tümü Hellim peyniri standardı dikkate alındığında (Anonim, 2018) tam yağlı peynir sınıfına girmektedir. İncili vd. (2019) Hellim peynirleri örneklerinde kuru maddede yağ miktarını en az %33,34, en çok%49,06 ve ortalama olarak ise %41,58±5,36 değerinde bulmuşlardır. İncili vd.(2019) tarafından Hellim peyniri örneklerinde bulunan kuru madde de yağ oranı bu araştırma sonuçları ile paraleldir. Kandırif peyniri örneklerinin protein oranı %32,96 ile %36,77 arasında, suda çözünen protein oranı %3,41 ile %4,18 arasında ve olgunlaşma derecesi de %9,29 ile %12,41 arasında değişmiştir. İncili vd. (2019) Hellim peynir örneklerinde protein miktarını en az %22,86, en çok %39,11 ve ortalama olarak ise %30,33±7,38 düzeyinde olduğunu bulmuşlardır. Bu çalışmada analiz edilen Kandırif peyniri örneklerinin protein oranı İncili vd.(2019)'nın belirlediği protein oranı sınırları içinde yer almaktadır. Bu peynir örneklerinin olgunlaşma derecesinin düşük olduğu ve taze peynir sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Kandırif peynirinin kül oranı %3,12 ve %3,87 arasında, tuz oranı %2,13 ile % 2,95 arasında ve kuru madde de tuz oranı ise %2,97 ile%4,05 arasında değişmiştir. Analiz edilen Hellim peynirlerinde kuru madde de tuz miktarı en az %4,00, en çok %12,13 ve ortalama %6,84 olarak tespit edilmiştir (İncili vd. 2019). İncili vd. (2019)'nın belirlediği kuru madde de tuz oranı bu araştırma sonuçlarından oldukça yüksektir. Hellim peyniri standardına göre kuru maddede tuz miktarı taze Hellim peynirinde en çok %5 olgunlaştırılmış Hellim peynirinde ise en çok % 10 olmalıdır(Anonim, 2018) . Buna göre analiz tüm Kandırif peynir örneklerinin standartlara uygunluk gösterdiği sonucuna varılmıştır. Kandırif peyniri örneklerinin asitlik derecesi 33,49 SH ile 41,33 SH arasında ve pH'sı ise 5,09 ile 5,76 arasında değişmiştir. İncili vd. (2019) Hellim peyniri örneklerinin pH değerini 6,16 ile 6,95 arasında belirlemişlerdir.

İncili vd.(2019) 'nin Hellim peynirinde buldukları pH değeri Kandırif peyniri örneklerinden oldukça yüksek bulunmuştur. Bu durum Kandırif peynirinin ekşitilmiş süttten, Hellim peynirinin ise taze süttten yapılmış olmasından kaynaklanmaktadır. Arslaner ve Salık (2020) Bayburt yöresinden topladıkları Civil peynir örneklerinde pH değerini 5,36 ile 6,07 arasında bulmuşlardır. Bu bulgu, Kandırif peynirinin pH değerleri ile paralellik arz etmektedir.

3.2. Kandırif peynir örneklerinin renk analiz sonuçları

Kandırif peynir örneklerinin renk analiz sonuçları Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Kandırif Peynir Örneklerinin Renk Analiz Sonuçları

Peynir Örnekleri	L*	a*	b*
1	73,09	-1,26	25,06
2	76,21	-3,86	36,98
3	65,79	-2,71	23,87
4	72,81	-3,09	31,09
5	76,69	-2,53	25,32
6	78,43	- 3,58	29,43
7	75,65	-1,60	29,17
8	74,42	-4,02	34,10
9	76,90	-3,28	28,50
10	75,29	-4,35	30,57
11	74,25	-3,97	31,49
12	78,98	-0,80	12,19
13	64,95	-1,29	18,47
14	74,64	-3,16	29,82
15	60,47	-3,94	19,67
16	73,27	-3,02	27,72
17	71,81	-3,42	30,84
18	77,56	- 2,14	25,10
19	80,76	-3,43	30,57
20	74,91	-2,03	32,73
Ortalama	73,84	-2,87	27,63

L* renk değeri örneklerdeki beyazlık ve parlaklığı ölçmektedir. Kandırif peynir örneklerinin L renk değeri 60,47 ile 80,76 arasında değişmiş ortalama 73,84 olarak tespit edilmiştir. Buna karşılık Erbay vd. (2010) Hellim peyniri örneklerinin dış yüzeyinde L renk değerini 88,2 ile 92,6 arasında bizim bulgularımızdan önemli düzeyde yüksek olarak bulmuşlardır.

Geleneksel olarak Hellim peyniri koyun sütü veya koyun-keçi sütlerinin karışımından üretilmekle birlikte, son yıllarda inek sütünden üretimi de gittikçe yaygınlaşmaktadır. Koyun ve/veya keçi sütünden üretilen Hellim peynirinin rengi beyaz iken, inek sütünden üretilenlerin renginin sarımtırak olduğu bilinmektedir (Papademas ve Robinson, 1998). Erbay vd. (2010) tarafından analiz edilen Hellim peyniri örneklerinde L* değerinin 90'ın üzerinde olması bu Hellim peyniri örneklerinin koyun ve keçi sütlerinden yapılma olasılığını yükseltmektedir. Bu çalışmada analiz edilen Kandirif peynirlerinin inek sütü ile yapıldığı üreticiler tarafından ifade edilmiştir. Hellim peynirinin karakteristik özellikleri 90 °C'de gerçekleştirilen haşlama işlemi sırasında ortaya çıkmaktadır. Papademas ve Robinson (1998) haşlama aşamasının peynirin rengi açısından önemli olduğunu vurgulamış ve yeterince haşlanmamış peynirlerin merkezinde düzensiz renk oluşumlarının gözlemlendiğini vurgulamıştır. Standart bir Kandirif peynir renginin oluşabilmesi için de standart bir pıhtı haşlama sıcaklığı uygulanmalıdır. a* renk değeri de örneklerin yeşil ve kırmızı renk düzeyi hakkında bilgi vermektedir. Kandirif peynir örneklerinin a* renk değeri -0,80 ile -4,35 arasında değişmiştir. Erbay vd. (2010) Hellim peyniri örneklerinin dış yüzeyinde a* renk değerini -0,90 ile 3,51 arasında bulmuşlardır. Bu bulgu bu araştırmada kullanılan Kandirif peyniri örneklerinin a renk değeri ile paralellik arz etmektedir. b* renk değeri peynir örneklerinin mavilik sarılık rengi hakkında bilgi vermektedir. Kandirif peynir örneklerinin b* renk değerleri 12,19 ile 34,10 arasında değişmiş ve ortalama 27,63 olarak belirlenmiştir. Erbay vd. (2010) Hellim peyniri örneklerinin dış yüzeyinde b* renk değerini 16,6 ile 22,5 arasında bulmuşlardır. Toplam 20 Kandirif peynir örneğinde de gözle kontrolde sarı rengin hakim olduğu ve bu durumun b* renk değerinin yüksek olmasına neden olduğu düşünülmektedir. Bu durum Kandirif peynir örneklerinin inek sütünden yapılmış olmasından ve uygulanan haşlama işleminden kaynaklanmış olabilir.

4. Sonuç

Kandirif peynirinin kuru madde, yağ ve protein oranının yüksek olması nedeniyle besin değerinin de yüksek olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca, tuz oranının da standartların altında olması insan sağlığı açısından ideal bir peynir olduğunu göstermektedir. Kandirif peynir örneklerinin olgunlaşma derecesinin düşük olduğu ve taze peynir sınıfına girdiği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, Kandirif peynirinin yapım şartlarının standardize edilerek fabrika şartlarında yapılabileceği düşünülmektedir. Kızartılarak tüketilen bu peynir üzerinde yeni çalışmaların yapılması, peynir teknolojisi açısından faydalı olacaktır.

5. Teşekkür

Bu araştırma, Atatürk Üniversitesi BAP (FBA-2021-9382) tarafından desteklenmiştir. Atatürk üniversitesi Rektörlüğü BAB koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynakça

Anonim, 2018. Türk Standartları Enstitüsü (TSE), 2018: Türk Standartları Enstitüsü, Hellim Peyniri, TS: 12513, Ankara.

e-ISSN: 2148-2683

- Anonim, 2021. Ulusal Süt Konseyi: Dünya ve Türkiye'de Süt Sektör İstatistikleri, 2019 Süt Raporu.
- Arslaner, A., Salık, M. A. 2020. Bayburt Civil Peynirinin Bazı Kimyasal, Biyokimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri ile Mineral ve Ağır Metal İçerikleri .Gıda 45(3), 433-447.
- Erbay, Z., Koca, N., Üçüncü, M. 2010. Hellim Peynirinin Bileşimi ile Renk ve Dokusal Özellikleri Arasındaki İlişkiler. Gıda 35 (5), 347-353.
- Gün, İ., Şimşek, B. 2011. Türkiye'de ve Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde Üretilen Hellim Peynirlerinin Bazı Özelliklerinin Karşılaştırılması HR.Ü.Z.F. Dergisi, 15(1), 43-53.
- Hannon, J. K., Wilkinson, M. G., Delahunty, C. M., Wallace, C. M., Morrissey, P.A., Beresford, T. P. 2003. Use of Autolytic Starter Systems to Accelerate the Ripening of Cheddar Cheese. International Dairy Journal 13 (11), 313-323.
- İncili, G. K., Selçuk, A. L. A. N., Mutlu, M., Aydemir, M. E., Öksüztepe, G. 2019. Elazığ'da Satılan Hellim Peynirlerinin Mikrobiyolojik ve Kimyasal Kalitesi. Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi 8(2), 139-146.
- Kamber, U., Terzi, G. 2008. The traditional cheeses of Turkey: Southeast Anatolia region. Food Reviews International, 24(1), 62-73.
- Kurt, A., Çakmakçı, S., Çağlar A., 2007. Süt ve Mamülleri Muayene ve Analiz Metotları Rehberi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yay. No. 18, 238 s., Erzurum.
- Papademas, P., Robinson, R. K. 1998. Halloumi cheese: the product and its characteristics. Int J Dairy Technol. 51(3), 98-103.
- Voss, D. H., 1992. Relating Colorimeter Measurement of Plant Color to the Royal Horticultural Society Colour Chart. Hortscience, 27(12), 1256-1260.



Örnek Bir Yapıda Kazık Mesafe Değişiminin Kazık Tasarımına Etkisinin İncelenmesi

Ali Ateş^{1*}, Şeref Toplu²

^{1*} Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bolu, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-6297-8571), aliates@ibu.edu.tr

² Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Düzce, Türkiye (ORCID: 0000-0002-3832-0582), sereftoplu81@gmail.com

(İlk Geliş Tarihi 24 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 30 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1092686)

ATIF/REFERENCE: Ateş, A., Toplu, Ş. (2022). Örnek Bir Yapıda Kazık Mesafe Değişiminin Kazık Tasarımına Etkisinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 579-594.

Öz

Şehirlerin genişlemesinden dolayı zemin taşıma gücü zayıf olan bölgelerde yapılaşma gereksinimi ortaya çıkmıştır. Zemin taşıma gücünün düşük olduğu zeminlerde, kazıklı radye temel sistemi olarak ön plana çıkmaktadır. Kazıklı radye temel sisteminin en önemli görevi, yapıya etkiyen yükleri daha sağlam zeminlere ulaştırmaktır. Analizleri yapılan yapı, Bodrum+6 kat konut tipi yapı olacak şekilde tasarlanmıştır. Yapının statik hesaplamaları 2019 yılında yürürlüğe giren Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)'e göre lisanslı ideCAD Statik (Ver. 10.92) programı ile yapılmıştır. Kazık çapları 120 cm sabit tutularak, 2,5 m aralıklı kazık sisteminde radye temel kalınlığı 65 cm, kazık boyu 19 m, kazık adedi 120 ve 3,5 m aralıklı kazık sisteminde radye temel kalınlığı 60 cm, kazık boyu 25 m, kazık adedi 66 olarak analizler yapılmıştır. Fore kazıklı temellerde, kazık çapları sabit tutularak, kazık mesafesi değiştirildiğinde kazıkların boyunda farklılıklar olduğu anlaşılmıştır. Yapılan analizlerde, mesafe değişiminin artışına bağlı olarak ya kazık çapını ya da kazık boyunun artırılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır. Diğer bir seçenek ise kazık mesafe değişiminin artışına bağlı olarak hem kazık çapı hem de kazık boyunun birlikte artırılması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Deprem, Kazık mesafesi, Kazıklı radye temel.

Review The Impact Of Pile Distance Change On Pile Design In An Example Structure

Abstract

Due to the expansion of cities, the need for construction has arisen in areas with poor soil carrying power. It stands out as a pile raft foundation system on soils with low soil bearing capacity. The most important task of the pile raft foundation system is to deliver the loads that influence the structure to more strong soil. Basement + 6 floors, which are analyzed, are designed to be residential type structures. Static calculations of the building were made using the licensed ideCAD Static (Ver. 10.92) program in accordance with the Turkish Building Earthquake Regulation which entered into force in 2019. By keeping the pile diameters constant at 120 cm, in the 2,5 m spaced pile system, the foundation thickness of the raft is 65 cm, the length of the pile is 19 m, number 120, in the 3,5 m spaced pile system, the foundation thickness of the raft is 60 cm, the length of the pile is 25 m, number 66 analyses have been made. On pile raft foundations, it is understood that there are differences in the length of the piles when the pile distance is changed by keeping the pile diameters constant. In the analyses, it was concluded that either the pile diameter or the pile length should be increased depending on the increase in distance change. Another option is to increase both the pile diameter and the pile length together depending on the increase in pile distance change.

Keywords: Earthquake, Pile distance, Pile raft foundation.

* Sorumlu Yazar: sereftoplu81@gmail.com

1. Giriş

Türkiye’de geçmişten günümüze meydana gelen depremlerde yaşanan can ve mal kaybından dolayı yeni tedbirler alınması ihtiyacı doğurmuştur. Artan nüfus, şehir merkezlerinin genişlemesi ve düşük taşıma gücüne sahip zeminlerde yapılaşma ortaya çıkarmıştır. Bu gereksinimlere cevap verebilmek için yeni teknolojik gelişmeler meydana gelmiştir. Teknolojik gelişmelerin ortaya çıkardığı kazıklı radye temel, düşük taşıma gücüne sahip ve yüksek katlı yapılar inşa etmek için yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Düzce ili ve civarı Kuzey Anadolu Fay Zonu etkisi altındadır. Tarihi belgeler ve aletsel ölçümler sonucunda Düzce ili ve civarı aktif bir bölge olduğu bilinmektedir. Birden fazla yıkıcı depremlerin olduğu görülmüştür ve KAFZ üzerinde bulunduğu Anadolu Plakasının batıya doğru hareketinden dolayı Düzce ili aktif bir bölgedir (Ateş, 2021).

Kazıklı radye temelli yapılar, tasarlanması ve uygulanmasında uzman çalışanlar ve kullanılan makine-ekipman fazlalığı nedeniyle gelişime açık ve uygulanabilirliği kolay hale gelmiştir. Fore kazıklı temeller, deprem esnasında yapının farklı oturmalarını en aza indirir ve yükü temellerle birlikte paylaşırlar. Kazıklı radye temel ile tasarlanan yapılar, zemin özelliklerinin düşük olduğu bölgelerde yapıya etkileyen yükleri daha sağlam ve mukavemeti yüksek zeminlere aktarır.

Kazıklı temeller, kaç adet kazığa sahip olması gerektiği, temel kalınlığı, kazık çap – boy tasarımının dikkatli şekilde hesaplanması gerekmektedir. Zemin taşıma gücünün düşük olduğu durumlarda proje tasarımı esnasında hesaplamalar yapılmadan önce konusunda uzman kişilerden teknik destek alınmalıdır.

Çalışmada, kazıklı radye temel hesaplamaları üzerinde durulmuştur. Kazıklı radye temel hesaplamaları sonucunda, kazıkların mesafeleri 2,5 metre ve 3,5 metre olacak şekilde değiştirilerek, kazıkların çap, boy ve radye temele etkisi incelenmiştir. Kazıklar arası mesafe değişiminin kazıkların çap ve boylarında etkisi olduğu görülmüştür. Kazık mesafesi arttıkça, sabit çaptaki kazıkların boylarında artış olması gerektiği anlaşılmıştır. Bu sebeple yapıların farklı oturmalarını engelleyen ve temel yükünü azaltan kazık radye temeli sistemi, yaygın olarak kullanılır hale gelmiştir.

Temeller, yüzeysel temel ve derin temel olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Çalışmada incelenen kazıklı temel, derin temel grubuna girmektedir (Uzuner, 2016).

Çalışmada, Düzce ili, Merkez ilçesinde bulunan parselde, Bodrum + 6 kat olacak şekilde toplam 7 katlı konut yapısı tasarlanmıştır. Yapının uygulanacağı parselin, zemin taşıma gücü değerlerinin çevre parsellere göre düşük olmasından dolayı yapının temeli kazıklı radye temel sistemi olarak tasarlanmıştır. Tasarımı yapılan yapının, Türkiye Bina Deprem Yönetmeliği (TBDY-2018)’e göre kazıklı temellerin deprem hesabı için dinamik yapı-kazık-zemin etkileşimi çerçevesinde verilen ortak sistem yaklaşımı ve altsistem yaklaşımlarından, ortak sistem metodu kullanılmıştır. Hesaplamalar yapılırken güncellenmiş lisanslı ideCAD Statik (Ver. 10.92) programından faydalanılmıştır.

Yalçın (2010) çalışmasında, kazıklı radyejeneral temellere düşey ve yatay yükler altındaki durumunu inceleyerek kazıklı temel ve radye temelin aynı yükleri ayrı ayrı uygulayacak

incelemiştir. Radye temel, kazıklı radye temel ve radye temelin yük dağılımını yüksek katlı yapı temellerine uygulayarak üç farklı temel sisteminde incelenmiştir. Bu farklı temellerin oturma, yanal ötelenme ve plaklara etkileyen momentleri araştırmıştır. Elde edilen veriler sonucunda kazıklı radye temel olarak tasarlanan yapıda, maksimum oturma değerleri yaklaşık %40, farklı oturma değerlerinin %35 oranında azaldığı, yanal ötelenmeler ise, kazıklı radye temel olarak tasarlanması durumunda %25 oranında azaldığı ve kazıklı radye temel sisteminde ise açıklıkta meydana gelen eğilme momentleri yaklaşık %50 oranında azaldığı sonucuna varmıştır.

Vu vd. (2014) çalışmasında, kazık adedini, kazık boyunu, kazık çapını ve kazık düzeninin değişimi ile kazıklı radye temellerin davranışını PLAXIS 3D programı ile araştırmıştır. Parametreleri farklı olan kazıklı radye temel sistemlerine nümerik analizler uygulayarak sonuçlar elde etmiştir. Elde edilen veriler sonucunda uygulanan parametrelerin değişimi ile kazıklı radye temel sisteminin davranışını büyük oranda etkilediği sonucuna varmıştır.

Altay ve Kayadelen (2017) çalışmasında, kazıkların farklı çap ve boylarını ANSYS programında analizleri incelemiştir. Kazıklar 40 cm, 80 cm ve 100 cm çaplarında; boyları 10 m, 15 m ve 20 m olacak şekilde tekil kazık tasarımı yapmıştır. Tasarım verileri sonucunda aynı boylara sahip farklı çaptaki kazıklarda moment değerinin artmasıyla maksimum yanal deplasmanları ve maksimum kayma gerilmesinin arttığı sonucuna varmıştır.

Yeğit ve Zorluer (2019) yaptıkları çalışmada, farklı çap, derinlik ve adetteki kazık gruplarının, aynı yapı yükleri ve aynı zemin içindeki davranışlarını SAP2000 ve Plaxis 3D Foundation programları ile analizleri yapmıştır. Elde edilen veriler sonucunda kazık adedinin artması durumunda kazık grubunun verimliliğinin düştüğü gözlenmiştir. Kazık çapının büyük seçilmesi durumunda ise kazıklar arası mesafenin azalmasından dolayı kazık grubunun verimliliğinin azaldığı görülmüştür.

2. Materyal ve Metot

2.1. Yapı Özellikleri

Düzce ili, Merkez ilçesi zemin etüt raporu hazırlanan bir parselin zemin değerleri alınarak Bodrum + 6 kat olacak şekilde toplamda 7 katlı bir konut yapısının temelinin kazıklı radye temel sistemi olarak tasarlanmıştır.

Yapının uygulanacağı alanın zemini genelleştirilmiş taşıma gücü (q_k ; karakteristik dayanım) ve emniyetli taşıma gücü (q_t ; tasarım dayanımı) (25 mm’lik oturmaya karşılık) gelen veriler elde edilmiştir. Temel kazısı tabii zemin kotundan itibaren bodrumlu temel tipi radye temel için önerilen; karakteristik dayanım (q_k)= 3,09 kg/cm², tasarım dayanımı (q_t)=2,20 kg/cm² olarak değerlendirilmiştir. İnceleme alanında yatak katsayısı K_{s1} =945 ton/m³ (445-1445) aralığında, K_{s2} =1235 ton/m³ (735-1735) olduğu bulunmuştur (Yılmaz, 2020).

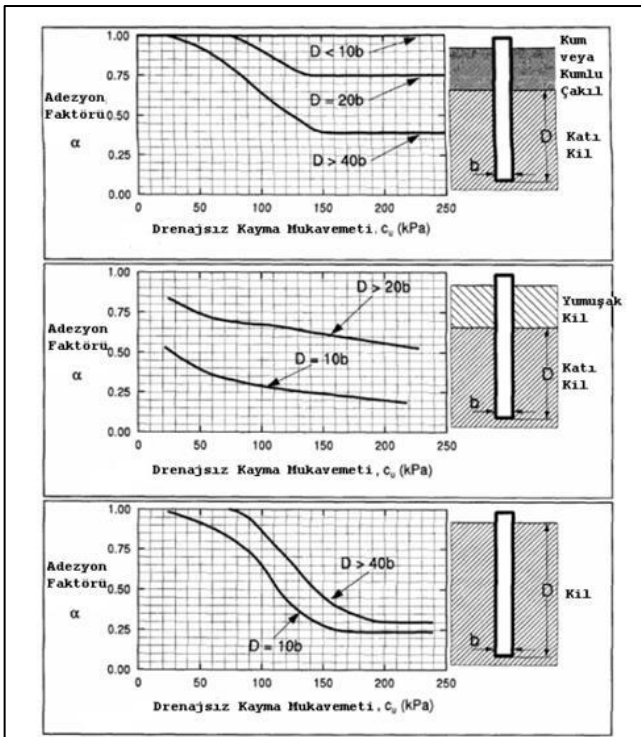
Yapının uygulanacağı parselde zemin değerleri ve yapı özellikleri TBDY-2018’e göre, deprem düzeyi DD-2, zemin sınıfı ZD, tasarım spektrumları S_{DS} = 1.341, bina kullanım sınıfı BKS=3, deprem tasarım sınıfı DTS=1, kat kotları H_N = 16.50 m, bina yükseklik sınıfı BYS=6, performans hedefi NPH=KH, DTY=DGT, taşıyıcı sistemi betonarme, döşeme tipi kirişli veya kaset döşeme, diyafram tipi yarı rijit diyafram, süneklik düzeyi yüksek, R katsayısı (X) R=7, D=2.5, R katsayısı – (Y) R=7,

D=2.5 olacak şekilde lisanslı ideCAD Statik (Ver. 10.92) programına veri girişi yapılarak yapının statik hesabı yapılmıştır.

Laboratuvardan elde edilen PI değerleri ve araziden sondaj çalışmasında elde edilen SPT değerleri kullanılarak C_u (drenajsız kayma direnci) değerleri elde edilmiş ve aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur (TBDY-2018).

2.2. İncelenen Alanın Zemin Profili

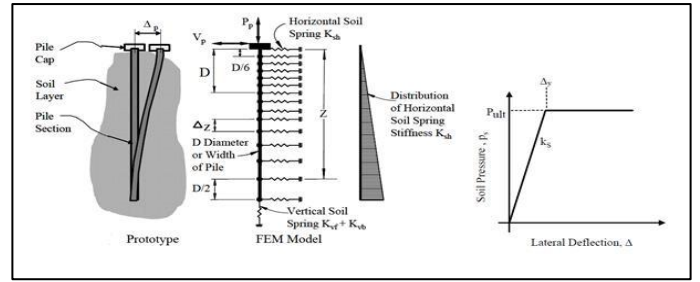
Zemin etüt raporunda verilen parametrelere göre, zemin 3 tabaka olarak incelenmiştir. 1.tabaka SPT aralıkları 8-24 m (13,5 m) arasında değişen, CL, CH, SC ve SM olan ince elemanlı malzemeden, sismik hızları (V_s) ortalama 170 m/s hızı sahiptir. 2.tabaka SPT aralıkları 25-78 m (31,5 m) arasında değişen, SM, SC ince elemanlı pekişmiş malzemeden, sismik hızları (V_s) ortalama 340 m/s hızı sahiptir. 3.tabaka SPT değeri SOR (38 m) (TBDY 2018), GC tipi iri taneli sık ve çok iyi pekişmiş, sismik hızları (V_s) değerleri ise 340 m/s den büyüktür.



Şekil 1. Adezyon faktörü için TOMLINSON (1980) tasarım eğrileri (Buğday, 2008) (Figure 1. TOMLINSON (1980) design curves for adhesion factor)

Zemin Cinsi	K_s (kN/m ³)
Gevşek kum	4800-16000
Orta sıklıkta kum	9600-80000
Sıkı kum	64000-128000
Killi orta sıklıkta kum	32000-80000
Siltli orta sıklıkta kum	24000-48000
Killi zeminler :	
$q_a \leq 200$ kPa	12000-24000
$200 < q_a \leq 800$ kPa	24000-48000
$q_a > 800$ kPa	>48000

Şekil 2. Çeşitli zeminler için yatak katsayısı değerleri (Bowles, 1996) (Figure 2. Bearing coefficient values for various soils)

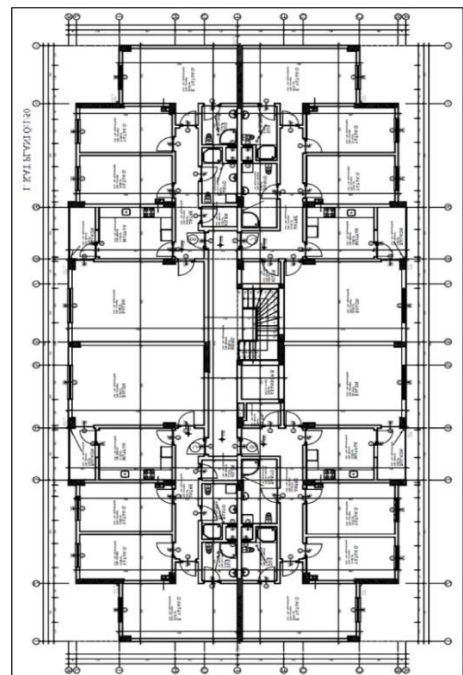


Şekil 3. Tek kazıkların sonlu eleman modeli (Figure 3. Finite element model of single piles)

$$K_{vb} = k_s * \frac{D}{2} * L * \left(\frac{D}{D}\right) \quad (1)$$

Yatak katsayısı K_s , düşey yay faktörü $k_v = K_{vb}$, kazık çapı D , nominal kazık çapı D^* (1,8 m alınabilir), kazık uzunluğu L , adhezyon faktörü (0,45 veya 0,5 arasında alınabilir), drenajsız kayma direnci c_u olarak ifade edilmiştir. Şekil 1, Şekil 2, Şekil 3 ve Eşitlik 1 kullanılarak üç tabaka için ayrı ayrı hesaplanarak aşağıdaki değerler elde edilmiştir.

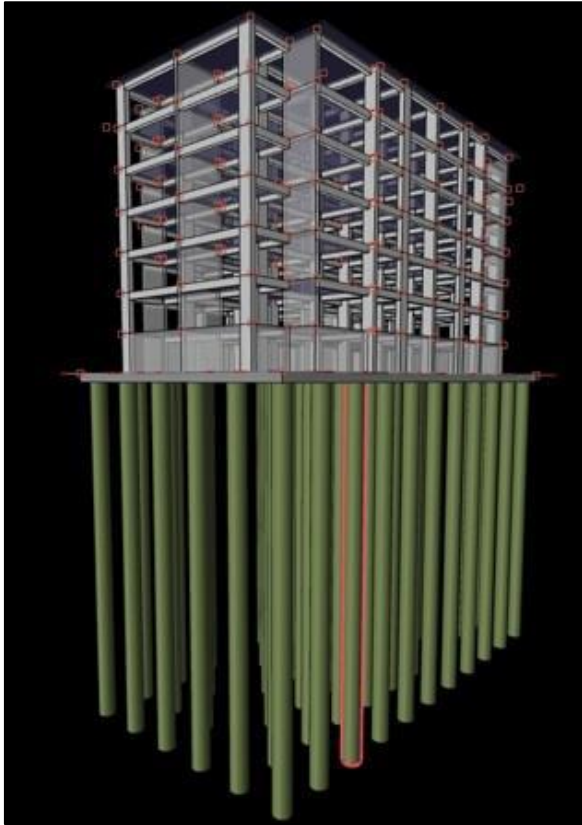
Tabaka 1 için $C_{u1} = 7.24$ t/m², tabaka 2 için $C_{u2} = 10.81$ t/m², tabaka 3 için $C_{u3} = 16.11$ t/m² olarak elde edilmiştir. İdeCAD Statik programı veri girişi için hesaplanan değerler yukarıdaki şekil, tablo ve formüller yardımıyla değerler bulunarak analizi yapılmıştır. Tabaka 1 için zemin katman yüksekliği 12.1 m, yatak katsayısı 2439 tf/m², düşey yay faktörü (K_s) 7567 tf/m³, adhezyon faktörü (α) 0.50, drenajsız kayma direnci (c_u) 7,24 tf/m²; Tabaka 2 için zemin katman yüksekliği 5.1 m, yatak katsayısı 5690 tf/m², düşey yay faktörü (K_s) 8061 tf/m³, adhezyon faktörü (α) 0.47, drenajsız kayma direnci (c_u) 10,81 tf/m²; Tabaka 3 için zemin katman yüksekliği 20.8 m, yatak katsayısı 6865 tf/m², düşey yay faktörü (K_s) 39664 tf/m³, adhezyon faktörü (α) 0.45, drenajsız kayma direnci (c_u) 16,11 tf/m² olarak elde edilmiştir. Tasarımı yapılan binanın mimari projesi Şekil 4'te, 3 boyutlu bina görünüşü Şekil 5'te ve 3 boyutlu kazık modellemesi Şekil 6'da belirtilmiştir.



Şekil 4. Mimari proje (Figure 4. Architectural Project)



Şekil 5. 3 boyutlu görünüş (Figure 5. 3D look)



Şekil 6. 3 boyutlu kazık modellemesi (Figure 6. 3D pile modeling)

2.3. Kazıklar

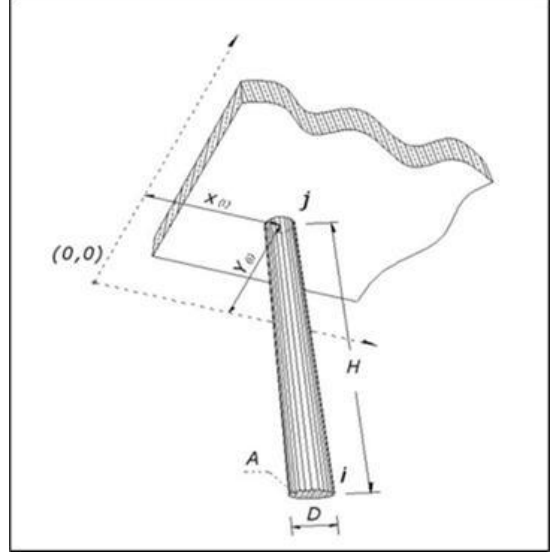
Kazılar birçok açıdan sınıflandırılabilir. Çalışmada incelenen taşıma gücü açısından ise; uç kazıkları ve sürtünme kazıkları olarak başlıca iki sınıfta incelenebilir.

Uç kazığı, zemin taşıma gücünün az olduğu bölümden aşağı inerek derindeki taşıma gücü açısından daha iyi olan tabakaya ulaşarak yükü iletir. Uç kazıklarında kazık ucu zemin taşıma gücü sağlam olan katmana bir miktar girer ve bu şekilde sağlam tabakanın bozulmuş kısmı geçilmiş olur. Kazığın girme miktarı ilgili kurallara göre değerlendirilir (Uzuner, 2016).

Sürtünme kazığı ise yük taşıma gücünü, yan yüzeylerdeki sürtünme gerilmelerinden ve uç alanlarındaki basınçlardan alır.

Kazıklar yapım açısından; ahşap kazıklar, betonarme kazıklar, çelik kazıklar ve karma (kompozit) kazıklar olarak sınıflandırılabilir. Betonarme kazıklar ise içerisinde hazır (prefabrik) kazıklar ve yerinde oluşturulan kazıklar (sondaj, fore, delme) olarak ikiye ayrılır (Uzuner, 2016).

2.4. Kazık Bilgileri ve Atalet Momenti Hesaplanması

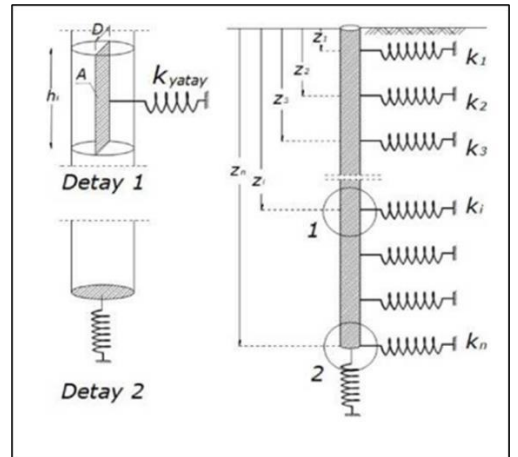


Şekil 7. Atalet momenti hesabı (Figure 7. Moment of inertia calculation)

$$I_x = I_y = \pi r^4 / 4 \quad (2)$$

Şekil 7'de gösterilen kazık çapı D, kazık boyu H, kazığın yatay koordinatı $X_{(i)}$, kazığın düşey koordinatı $Y_{(i)}$, kazığın alt ucundaki düğüm nokta numarası i, kazığın üst ucundaki düğüm nokta numarası j, kazığın enkesit alanı A, kazığın atalet momentleri I_x, I_y olarak ifade edilmiştir. Her aralık mesafeli kazık sistemi için Eşitlik 2'de belirtilen formül kullanılarak kazık bilgileri ve atalet momentleri elde edilmiştir.

2.5. Kazık Modelleme Esasları

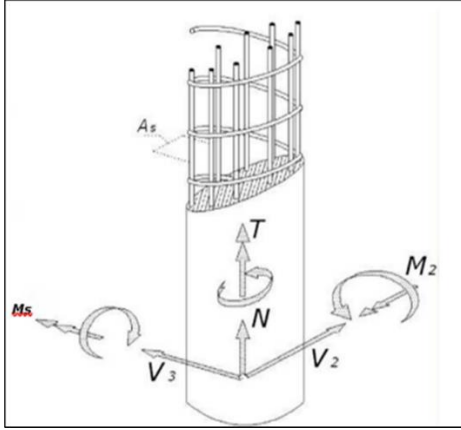


Şekil 8. Kazık modelleme esasları (Figure 8. Pile modeling principles)

$$k_{yatay} = Dh_i * K * Z_{(i)} \quad (3)$$

Şekil 8’de gösterilen kazığın i’inci düğüm noktasına tanımlı yatay sabiti k_i , zemin yataklanma katsayısı K , yatay yay sabitleri arası mesafe $h_{(i)}$, yay sabitlerinin kazık üst seviyesinden itibaren derinliği $Z_{(i)}$ olarak ifade edilmiştir. Her aralık mesafeli kazık sistemi için Eşitlik 3’te belirtilen formül kullanılarak kazık modelleme esasları hesaplanmıştır.

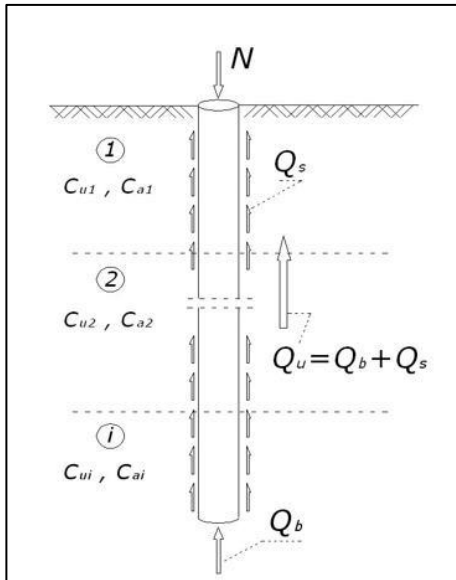
2.6. Kazık Uç Tesirleri Hesaplanması



Şekil 9. Kazık uç tesirleri (Figure 9. Pile tip effect)

Şekil 9’da gösterilen kazık serbest yüksekliğinin uç kısmında hesaplanan eksenel kuvvet N , kazık serbest yüksekliğinin uç kısmında hesaplanan kesme kuvveti V_2 , V_3 , kazık serbest yüksekliğinin uç kısmında hesaplanan burulma momenti T , kazık serbest yüksekliğinin uç kısmında hesaplanan eğilme momenti M_2 , M_3 , kazık eksenel kuvveti N_d , 2 ve 3 yönü tasarım eğilme momentleri M_{d2} , M_{d3} , taşıma gücü katsayısı N_c olarak ifade edilmiştir.

2.7. Kazık Taşıma Gücü Hesaplanması



Şekil 10. Kazık taşıma gücü hesaplanması (Figure 10. Calculation of pile carrying power)

$$Q_u = Q_b + Q_s \quad , \quad Q_a = Q_u / F_{güv} \quad (4)$$

$$Q_b = C_u * N_c * A_c \quad , \quad Q_s = C_a * A_s \quad (5)$$

Şekil 10’da gösterilen zeminin ilgili katmanında drenajsız kayma direnci C_u , kazığın enkesit alanı A_c , kazığın uç taşıma gücü kapasitesi Q_b , kazık ve zemin arasındaki adhezyon değeri C_a , gömülü kazık boyunun yanal kesit alanı A_s , kazığın çevre sürtünmesi taşıma gücü kapasitesi Q_s , kazığın nihai taşıma gücü Q_u , kazığın izin verilen emniyetli taşıma gücü kapasitesi Q_a , kazığa gelen eksenel kuvvet N , güvenlik katsayısı ise $F_{güv}$, taşıma gücü katsayısı N_c olarak isimlendirilmiştir. Her aralık mesafeli kazık sistemi için Eşitlik 4 ve Eşitlik 5’te belirtilen formüller kullanılarak kazık taşıma gücü hesaplamaları yapılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Kazık Bilgileri

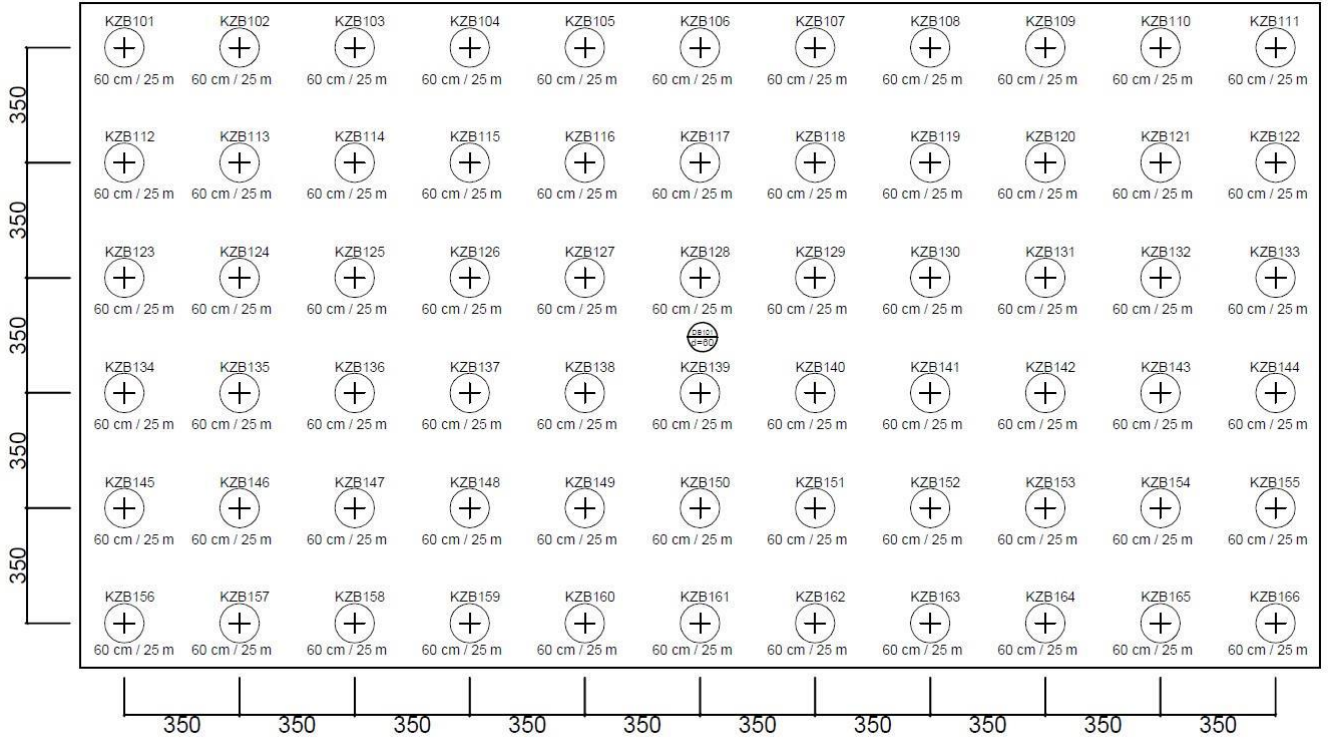
2,5 m mesafeli kazıklı temel sisteminde radye kalınlığı 65 cm, 3,5 m mesafeli kazıklı temel sisteminde radye kalınlığı 60 cm olacak şekilde analizleri yapılmıştır. Analizler aynı zemin değerleri ve aynı yapı verileri altında TBDY-2018’e göre lisanslı ideCAD Statik (Ver. 10.92) programında analizleri yapılmıştır.

Tablo 1’de 3,5 m mesafeli kazık bilgileri verilmiştir. Verilen bilgilere göre kazıkların radye temel kalınlığı 60 cm, çapı 120 cm, boyu 25 m ve kazık adedi 66 olarak elde edilmiştir. 2,5 m mesafeli kazıkların radye temel kalınlığı 65 cm, çapı 120 cm, boyu 19 m ve kazık adedi 120 olacak şekilde elde edilmiştir.

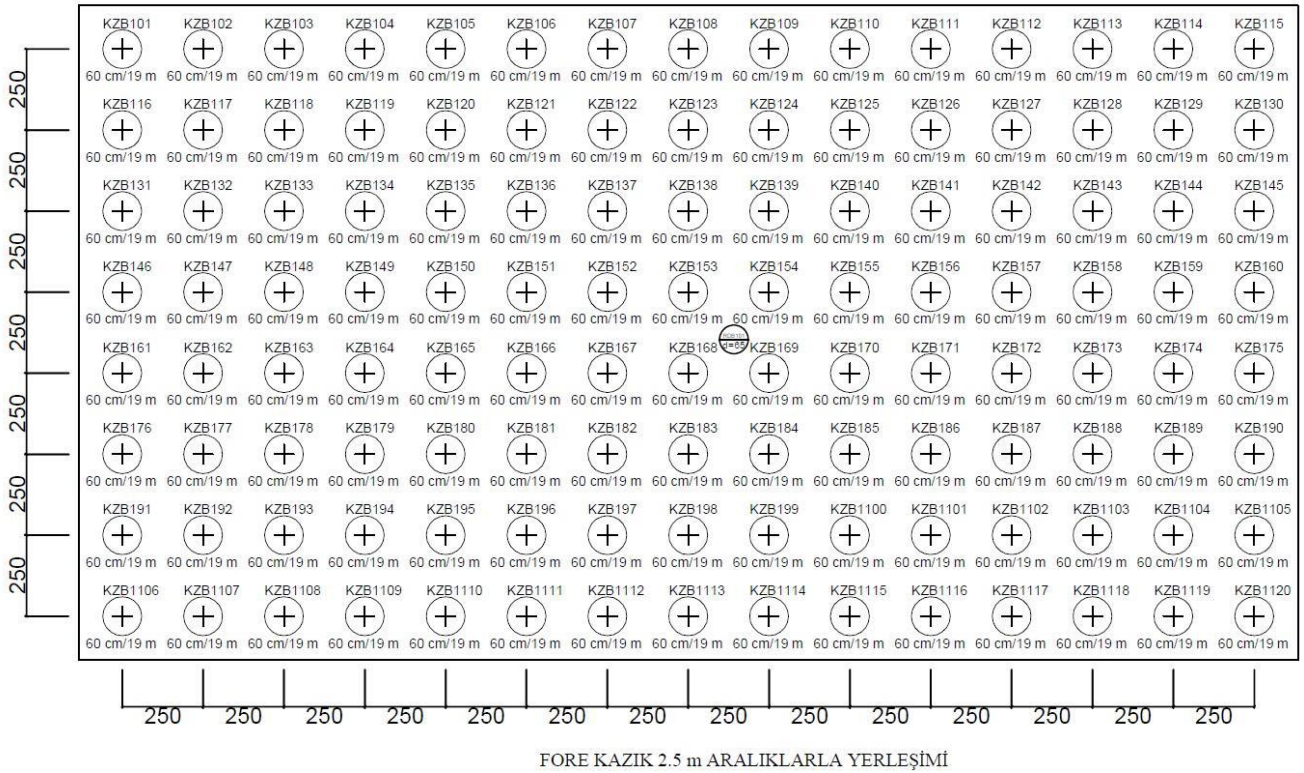
Tablo 1. 3,5 m aralıklı kazık bilgileri (Table 1. 3,5 m distance pile information)

Yapı Ağırlığı	4272.60 tf	
Yapı Oturma Alanı	700.80 m ²	
Kazık sayısı	66	
Radye Temel Yatak Katsayısı	0 tf/m ³	
Yük Aktarım Şekline Göre Kazık Çeşidi	Sürtünme Kazığı	
Zemin Yatay Katsayıları	Yeni Z. Katmanı (12,1 m)	2439.00 tf/m ³
	Yeni Z. Katmanı (5,1 m)	5690.00 tf/m ³
	Yeni Z. Katmanı (20,8 m)	6865.00 tf/m ³

Şekil 11’de 3,5 m mesafeli kazık yerleşim planı, Şekil 12’de ise 2,5 m mesafeli kazık yerleşim planı verilmiştir. Planlardaki mesafe ölçüleri cm cinsindedir.



Şekil 11. 3,5 m mesafeli kazık yerleşimi (Figure 11. 3.5 distance pile placement)



Şekil 12. 2,5 m mesafeli kazık yerleşimi (Figure 12. 2.5 distance pile placement)

3.2. Kazık Atalet Momentlerinin Hesaplanması

Tablo 2 ve Tablo 3 değerleri, Bölüm 2.4'te, Eşitlik 2'de belirtilen formül kullanılarak hesaplanmış ve tablo haline getirilmiştir.

Tablo 2. 3,5 m mesafeli kazık atalet momenti hesaplanması (Table 2. Calculation of 3.5 m distance pile inertia moment)

Kazık	Çap (D) [cm]	Yükseklik (H) [m]	X [m]	Y [m]	A [m ²]	I [cm ⁴]	i	j
1. BODRUM								
KZB101	120	25.00	-0.25	17.55	1.13	10178760.20	2490	2540
KZB102	120	25.00	3.25	17.55	1.13	10178760.20	2796	2846
KZB103	120	25.00	6.75	17.55	1.13	10178760.20	3102	3152
KZB104	120	25.00	10.25	17.55	1.13	10178760.20	3408	3458
KZB105	120	25.00	13.75	17.55	1.13	10178760.20	3714	3764
KZB106	120	25.00	17.25	17.55	1.13	10178760.20	4020	4070
KZB107	120	25.00	20.75	17.55	1.13	10178760.20	4326	4376
KZB108	120	25.00	24.25	17.55	1.13	10178760.20	4632	4682
KZB109	120	25.00	27.75	17.55	1.13	10178760.20	4938	4988
KZB110	120	25.00	31.25	17.55	1.13	10178760.20	5244	5294
KZB111	120	25.00	34.75	17.55	1.13	10178760.20	5550	5600
KZB112	120	25.00	-0.25	14.05	1.13	10178760.20	2541	2591
KZB113	120	25.00	3.25	14.05	1.13	10178760.20	2847	2897
KZB114	120	25.00	6.75	14.05	1.13	10178760.20	3153	3203
KZB115	120	25.00	10.25	14.05	1.13	10178760.20	3459	3509
KZB116	120	25.00	13.75	14.05	1.13	10178760.20	3765	3815
KZB117	120	25.00	17.25	14.05	1.13	10178760.20	4071	4121
KZB118	120	25.00	20.75	14.05	1.13	10178760.20	4377	4427
KZB119	120	25.00	24.25	14.05	1.13	10178760.20	4683	4733
KZB120	120	25.00	27.75	14.05	1.13	10178760.20	4989	5039
KZB121	120	25.00	31.25	14.05	1.13	10178760.20	5295	5345
KZB122	120	25.00	34.75	14.05	1.13	10178760.20	5601	5651
KZB123	120	25.00	-0.25	10.55	1.13	10178760.20	2592	2642
KZB124	120	25.00	3.25	10.55	1.13	10178760.20	2898	2948
KZB125	120	25.00	6.75	10.55	1.13	10178760.20	3204	3254
KZB126	120	25.00	10.25	10.55	1.13	10178760.20	3510	3560
KZB127	120	25.00	13.75	10.55	1.13	10178760.20	3816	3866
KZB128	120	25.00	17.25	10.55	1.13	10178760.20	4122	4172
KZB129	120	25.00	20.75	10.55	1.13	10178760.20	4428	4478
KZB130	120	25.00	24.25	10.55	1.13	10178760.20	4734	4784
KZB131	120	25.00	27.75	10.55	1.13	10178760.20	5040	5090
KZB132	120	25.00	31.25	10.55	1.13	10178760.20	5346	5396
KZB133	120	25.00	34.75	10.55	1.13	10178760.20	5652	5702
KZB134	120	25.00	-0.25	7.05	1.13	10178760.20	2643	2693
KZB135	120	25.00	3.25	7.05	1.13	10178760.20	2949	2999
KZB136	120	25.00	6.75	7.05	1.13	10178760.20	3255	3305
KZB137	120	25.00	10.25	7.05	1.13	10178760.20	3561	3611
KZB138	120	25.00	13.75	7.05	1.13	10178760.20	3867	3917
KZB139	120	25.00	17.25	7.05	1.13	10178760.20	4173	4223
KZB140	120	25.00	20.75	7.05	1.13	10178760.20	4479	4529
KZB141	120	25.00	24.25	7.05	1.13	10178760.20	4785	4835
KZB142	120	25.00	27.75	7.05	1.13	10178760.20	5091	5141
KZB143	120	25.00	31.25	7.05	1.13	10178760.20	5397	5447
KZB144	120	25.00	34.75	7.05	1.13	10178760.20	5703	5753
KZB145	120	25.00	-0.25	3.55	1.13	10178760.20	2694	2744

Tablo 3. 3,5 m mesafeli kazık atalet momenti hesaplanması devamı (Table 3. Calculation of 3.5 m distance pile inertia moment cont.)

Kazık	Çap (D) [cm]	Yükseklik (H) [m]	X [m]	Y [m]	A [m ²]	I [cm ⁴]	i	j
1. BODRUM (Devam ...)								
KZB146	120	25.00	3.25	3.55	1.13	10178760.20	3000	3050
KZB147	120	25.00	6.75	3.55	1.13	10178760.20	3306	3356
KZB148	120	25.00	10.25	3.55	1.13	10178760.20	3612	3662
KZB149	120	25.00	13.75	3.55	1.13	10178760.20	3918	3968
KZB150	120	25.00	17.25	3.55	1.13	10178760.20	4224	4274
KZB151	120	25.00	20.75	3.55	1.13	10178760.20	4530	4580
KZB152	120	25.00	24.25	3.55	1.13	10178760.20	4836	4886
KZB153	120	25.00	27.75	3.55	1.13	10178760.20	5142	5192
KZB154	120	25.00	31.25	3.55	1.13	10178760.20	5448	5498
KZB155	120	25.00	34.75	3.55	1.13	10178760.20	5754	5804
KZB156	120	25.00	-0.25	0.05	1.13	10178760.20	2745	2795
KZB157	120	25.00	3.25	0.05	1.13	10178760.20	3051	3101
KZB158	120	25.00	6.75	0.05	1.13	10178760.20	3357	3407
KZB159	120	25.00	10.25	0.05	1.13	10178760.20	3663	3713
KZB160	120	25.00	13.75	0.05	1.13	10178760.20	3969	4019
KZB161	120	25.00	17.25	0.05	1.13	10178760.20	4275	4325
KZB162	120	25.00	20.75	0.05	1.13	10178760.20	4581	4631
KZB163	120	25.00	24.25	0.05	1.13	10178760.20	4887	4937
KZB164	120	25.00	27.75	0.05	1.13	10178760.20	5193	5243
KZB165	120	25.00	31.25	0.05	1.13	10178760.20	5499	5549
KZB166	120	25.00	34.75	0.05	1.13	10178760.20	5805	5855

3.3. Kazık Uç Tesirleri

Tablo 4 değerleri, Bölüm 2.6’da bulunan Şekil 9’da belirtilen değerler kullanılarak hesaplanmış ve tablo haline getirilmiştir.

Tablo 4. 3,5 m mesafeli kazık uç tesirleri (Table 4. 3.5 distance pile tip effects)

Kazık Bilgileri	Yükleme		Kazık Uç Tesirleri					
	Yön	Açıklık	N [tf]	V2 [tf]	V3 [tf]	T [tfm]	M2 [tfm]	M3 [tfm]
1. BODRUM								
KZB101 As : 23.79 cm ² (0.9G'+Ey+0.3 Ex-0.3Ez) 60Ø14 Vd : 36.41 tf (G'+Q'+Ey+0.3 Ex+0.3Ez) Ø10/12	Ex	±5%	22.40	18.40	7.75	0	13.69	22.57
	Ex'	4.5.10.4	22.29	15.91	4.43	0	11.05	18.82
	Ey	±5%	29.18	4.78	28.11	0	38.48	6.80
	Ey'	4.5.10.4	29.41	3.20	20.24	0	27.46	8.19
	ExB	±5%	7.20	5.50	1.67	0	3.82	10.14
	ExB'	4.5.10.4	7.50	4.96	0.64	0	2.37	8.99
	EyB	±5%	10.12	1.05	7.94	0	15.75	2.41
	EyB'	4.5.10.4	8.94	0.52	5.57	0	10.89	1.72
	G	Sabit yük	-24.78	-2.45	3.87	0	-14.46	9.00
	Q	Hareketli yük	-3.09	-0.35	0.51	0	-1.88	1.26
	G'	Sabit yük-Çtl.	-23.99	-2.37	3.81	0	-14.22	8.80
	Q'	Hareketli yük-Çtl.	-2.87	-0.33	0.48	0	-1.76	1.21
	Ez(G)	Düşey deprem	-21.45	-2.12	3.40	0	-12.71	7.87

3.4. Kazık Taşıma Gücü Hesaplamaları

Tablo 5, Tablo 6, Tablo 7, Tablo 8 ve Tablo 9 değerleri, Bölüm 2.7’de bulunan Eşitlik 4 ve Eşitlik 5’de belirtilen formül kullanılarak hesaplanmış ve tablolar haline getirilmiştir.

Tablo 5. 3,5 m mesafeli kazık taşıma gücü hesaplamaları (Table 5. Calculations of 3.5 m distance pile carrying power)

Kazık	Katmanlar	Sürtünme Direnci			Toplam Direnci Qu [tf]	Emniyetli Direnci Qa [tf]	Normal Kuvvet N [tf]	Kontrol N < Qa
		Ca [tf/m ²]	As [m ²]	Qs [tf]				
KZB101	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	69.39	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB102	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	158.58	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB103	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	142.67	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB104	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	158.55	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB105	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	168.12	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB106	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	192.32	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB107	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	166.20	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB108	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	157.75	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB109	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	142.56	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB110	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	159.97	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB111	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	69.61	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB112	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	166.22	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB113	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	158.17	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB114	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	117.14	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				

Tablo 6. 3,5 m mesafeli kazık taşıma gücü hesaplamaları devamı (Table 6. Calculations of 3.5 m distance pile carrying power cont.)

Kazık	Katmanlar	Sürtünme Direnci			Toplam Direnci	Emniyetli Direnci	Normal Kuvvet	Kontrol
		Ca [tf/m ²]	As [m ²]	Qs [tf]					Qu [tf]	Qa [tf]	N [tf]	N < Qa
KZB115	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	153.38	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB116	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	142.03	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB117	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	168.82	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB118	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	138.80	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB119	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	151.86	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB120	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	115.59	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB121	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	158.38	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB122	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	166.13	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB123	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	183.44	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB124	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	181.66	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB125	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	124.90	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB126	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	183.08	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB127	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	168.67	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB128	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	205.32	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				

Tablo 7. 3,5 m mesafeli kazık taşıma gücü hesaplamaları devamı (Table 7. Calculations of 3.5 m distance pile carrying power cont.)

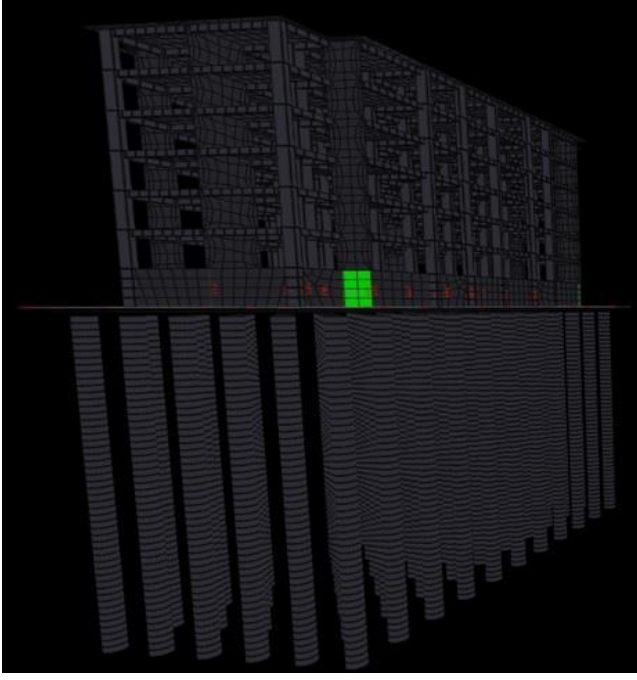
Kazık	Katmanlar	Sürtünme Direnci			Toplam Direnci Qu [tf]	Emniyetli Direnci Qa [tf]	Normal Kuvvet N [tf]	Kontrol N < Qa
		Ca [tf/m ²]	As [m ²]	Qs [tf]				
KZB129	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	157.09	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB130	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	186.03	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB131	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	123.51	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB132	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	181.81	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB133	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	183.51	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB134	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	181.28	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB135	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	178.00	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB136	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	122.99	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB137	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	178.92	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB138	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	161.52	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB139	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	182.76	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB140	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	151.18	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB141	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	181.25	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB142	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	121.90	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				

Tablo 8. 3,5 m mesafeli kazık taşıma gücü hesaplamaları devamı (Table 8. Calculations of 3.5 m distance pile carrying power cont.)

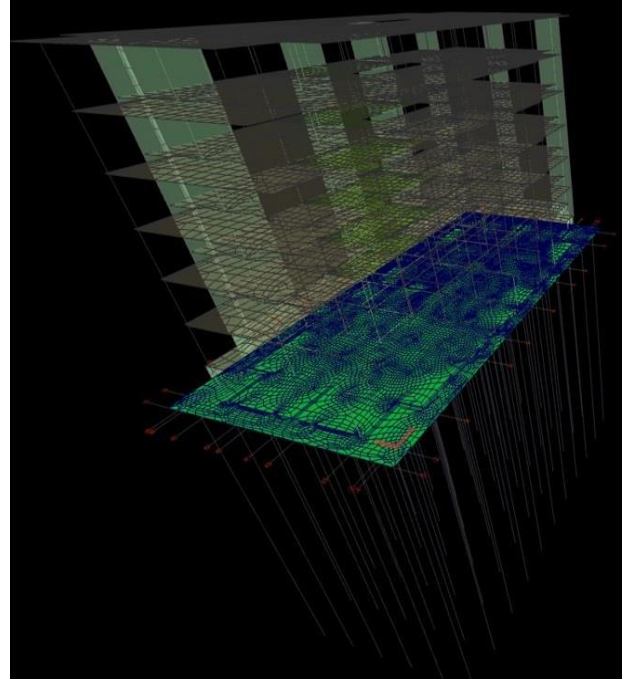
Kazık	Katmanlar	Sürtünme Direnci			Toplam Direnci Qu [tf]	Emniyetli Direnci Qa [tf]	Normal Kuvvet N [tf]	Kontrol N < Qa
		Ca [tf/m ²]	As [m ²]	Qs [tf]				
KZB143	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	178.11	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB144	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	181.27	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB145	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	166.33	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB146	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	157.04	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB147	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	117.34	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB148	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	154.51	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB149	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	137.94	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB150	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	139.54	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB151	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	135.20	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB152	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	154.87	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB153	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	117.32	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB154	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	157.12	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				

Tablo 9. 3,5 m mesafeli kazık taşıma gücü hesaplamaları devamı (Table 8. Calculations of 3.5 m distance pile carrying power cont.)

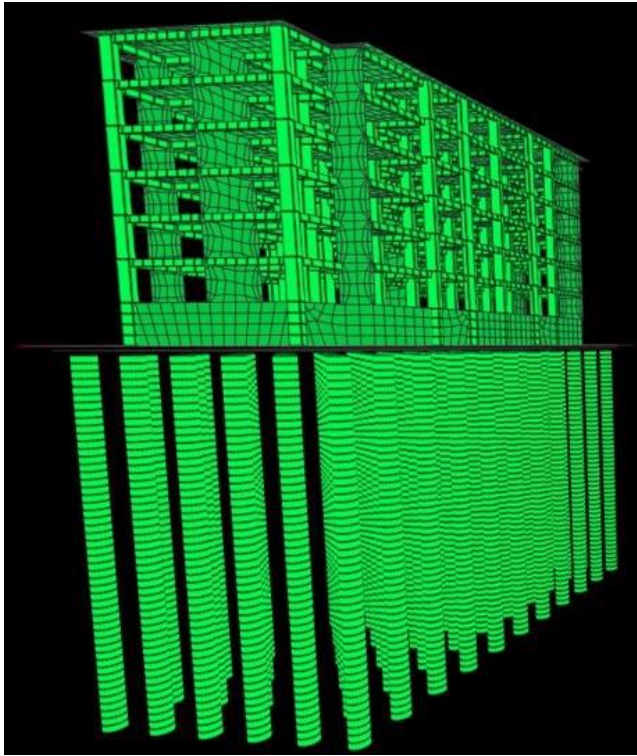
Kazık	Katmanlar	Sürtünme Direnci			Toplam Direnci	Emniyetli Direnci	Normal Kuvvet	Kontrol
		Ca [tf/m ²]	As [m ²]	Qs [tf]					Qu [tf]	Qa [tf]	N [tf]	N < Qa
KZB155	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	166.22	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB156	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	70.04	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB157	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	162.48	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB158	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	142.35	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB159	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	154.34	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB160	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	145.05	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB161	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	145.07	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB162	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	143.20	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB163	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	153.42	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB164	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	142.26	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB165	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	162.82	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				
KZB166	Yeni Zemin Katman	3.62	34.69	125.57	515.68	206.27	70.23	✓
	Yeni Zemin Katman	5.08	19.23	97.68				
	Yeni Zemin Katman	7.25	40.34	292.43				



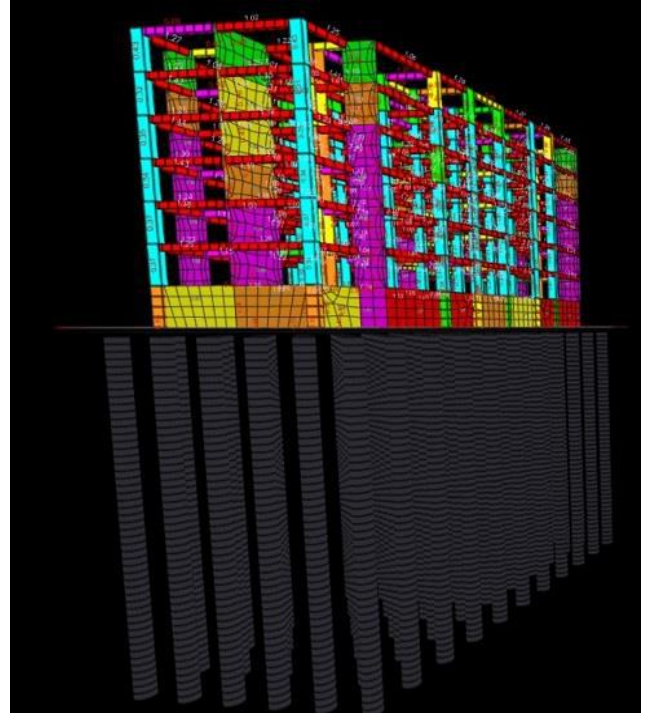
Şekil 13. Zımbalama kontrolü (Figure 13. Staple control)



Şekil 15. Temel taban basıncı kontrolü (Figure 15. Foundation base pressure control)



Şekil 14. Tüm yetersizlikler (Figure 14. All inadequacies)

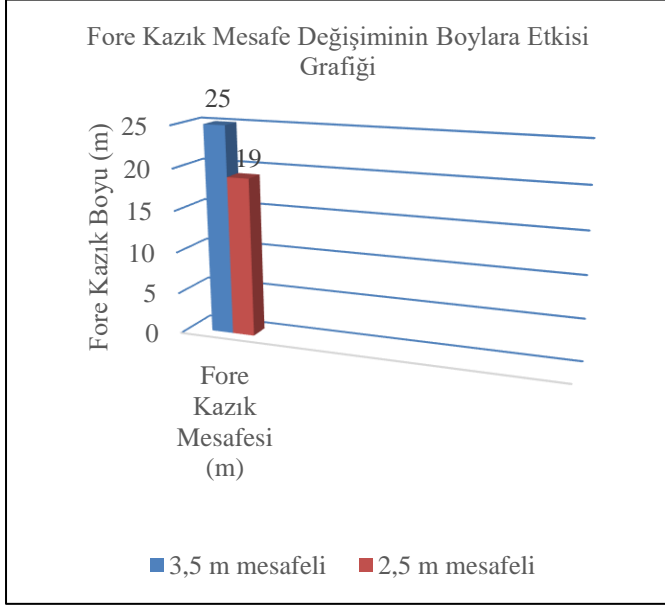


Şekil 16. Betonarme kapasite oranı (Figure 16. Reinforced concrete capacity ratio)

Çalışmada incelenen yapının sonuç verileri için zımbalama kontrolü Şekil 13'te, tüm yetersizlikler kontrolü Şekil 14'te, temel taban basıncı kontrolü Şekil 15'te, betonarme kapasite oranı ise Şekil 16'da verilmiştir.

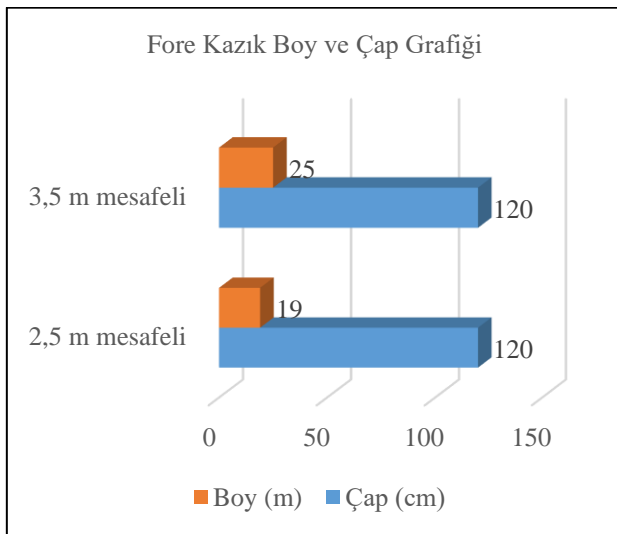
3.5. Verilerin Yorumlanması

Çalışmada, arsanın zemin özelliklerine göre zemin taşıma gücünün düşük olması sebebiyle yapının temeli, kazıklı radye temel sistemi olarak incelenmiştir. İncelenen yapının parselinde Bodrum+6 kat olacak şekilde bir yapı tasarlanıp, zemin taşıma gücünün düşük olması sebebiyle kazıklı radye temel sistemi ile çözümlenmiştir.



Şekil 17. Fore kazık mesafe değişiminin boylara etkisi grafiği (Figure 17. Graphic of the effect of bored pile distance change on heights)

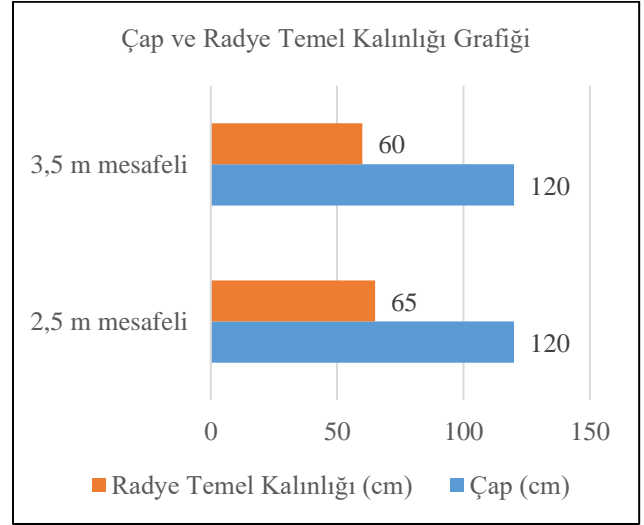
Fore kazık radye temel çözümünde kazık aralıklarının farklı mesafelere göre değiştirilerek 2,5 metre ve 3,5 metre mesafeye sahip kazıklar incelenmiştir. 2,5 metre ve 3,5 metre kazık mesafe değişiminin boylara etkisi Şekil 17’de belirtilmiştir. Mesafe değişiminin boylara etkisi olduğu sonucu elde edilmiştir. Kazık aralığı arttıkça kazık boylarında artış olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 18. Fore kazık boy ve çap grafiği (Figure 18. Graphic of bored pile height and diameter)

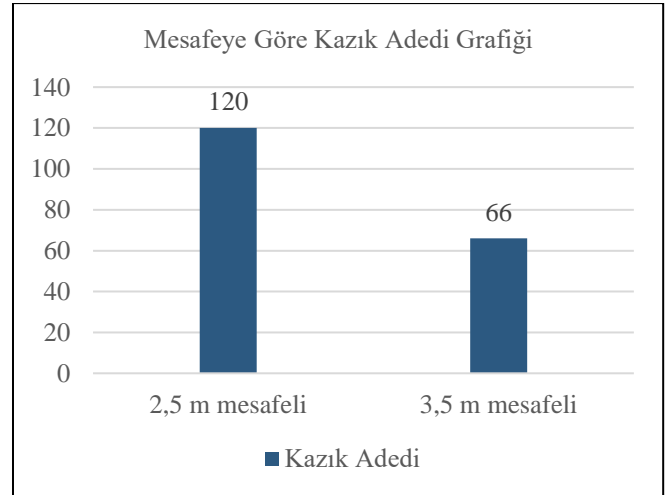
2,5 metre ve 3,5 metre kazık mesafe değişiminin kazık boy ve çaplarına etkisi Şekil 18’de belirtilmiştir. Mesafe değişiminin, kazık

boyunda değişikliklere sebep olduğu yapılan analizler sonucu anlaşılmıştır. Elde edilen veriler ile kazık aralığı arttıkça kazık boylarında artış olduğu görülmüştür. Kazık çapları sabit tutularak; 2,5 metre mesafeli kazık sistemi 120 cm çapında 19 metre boya ihtiyaç duyarken, 3,5 metre mesafeli kazık sistemi 120 cm çapta 25 metre boya gereksinim olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 19. Çap ve radye temel kalınlığı grafiği (Figure 19. Graphic of diameter and base slab foundation thickness)

2,5 metre ve 3,5 metre kazık mesafe değişiminin sabit çaptaki radye temel kalınlığına etkisi Şekil 19’da belirtilmiştir. 3,5 m mesafeli kazık sisteminde radye temel kalınlığı 60 cm elde edilirken 2,5 m mesafeli kazık sisteminde radye temel kalınlığı 65 cm olarak elde edilmiştir. Farklı kazık boyunda yapılan analizlerde kazık boyunun değişmesi radye temel kalınlığına önemli bir şekilde etkisi olmadığı anlaşılmıştır.



Şekil 20. Mesafeye göre kazık adedi grafiği (Figure 20. Graphic of number of piles by distance)

2,5 metre ve 3,5 metre aralıklı kazık mesafe değişiminin kazık adedine etkisi Şekil 20’de belirtilmiştir. Mesafe değişiminin yapıda kullanılacak fore kazık adedine etkisi olduğu sonucu elde edilmiştir. Kazık aralık mesafesi azaldıkça yapıda kullanılacak fore kazık adedinin arttığı anlaşılmıştır. Bu sebeple 2,5 metre aralıklı kazık sistemi 120 adet fore kazığa ihtiyaç duyarken, 3,5 metre aralıklı kazık sistemi 66 adet kazığa ihtiyaç duymaktadır.

4. Sonuç

Çalışmada, Düzce ili, Merkez ilçesinde bulunan bir parselin zemin etüt değerleri incelenerek Bodrum+6 katlı bir yapı tasarlanarak analizi yapılmıştır. Yapının uygulanacağı parselin zemin taşıma gücü değerlerinin diğer bölgelere göre düşük olması sebebiyle yapının temel sistemini kazıklı radye temel olarak tasarlanmıştır. Tasarlanan yapının kazık mesafeleri ve radye temel kalınlığı değiştirilerek kazık çap ve boy değişimleri araştırılmıştır.

2,5 metre ve 3,5 metre aralıklı kazık sistemlerinde 120 cm kazık çapı sabit olacak şekilde analizler yapılmıştır. 120 cm kazık çapı kullanılarak 2,5 metre aralıklı kazık sisteminde radye temel kalınlığı 65 cm, kazık boyu 19 metre ve kazık adedi 120, 3,5 metre aralıklı kazık sisteminde radye temel kalınlığı 60 cm, kazık boyu 25 metre ve kazık adedi 66 olarak sonuçları elde edilmiştir.

Yapının uygulanacağı zemin değerlerine göre kazıklı radye temel sistemini lisanslı ideCAD Statik (Ver. 10.92) programı ile TBDY-2018'e göre yapı-kazık-zemin etkileşimini ortak sistem yaklaşımı ile analizi yapılmıştır. Kazıklı radye temellerde, kazık aralık mesafesi değiştirildiğinde kazık boyunda değişimler olduğu görülmüştür. Kazık çapları sabit tutularak ve kazık aralık mesafesi artırılarak yapılan analizde kazık boylarının arttığı tespit edilmiştir. Elde edilen analizler ile mesafe değişiminin artışına bağlı olarak ya kazık çapını ya da kazık boyunun artırılması gerektiği bilgisine varılmıştır. Diğer bir yöntem ise kazık mesafe değişiminin artışına bağlı olarak aynı anda kazık çap ve boyunun artırılması gerektiği bilgisine de ulaşılmıştır.

5. Kaynakça

- Altay, G., Kayadelen C. (2017). Momente maruz kazıkların nümerik olarak incelenmesi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 32(4), 127-134. doi: <https://doi.org/10.21605/cukurovaummfd.383199>
- Ateş, A. (2021). Antik Konuralp Kentinde Tarihsel Dönem Depremlerinin Antik Yapılara Etkisinin ve İzlerinin Araştırılması. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, (25), 582-593. doi: <https://doi.org/10.31590/ejosat.938673>
- Buğday, Y. (2008). Kazıklarda negatif çevre sürtünmesi hakkında bir inceleme. (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.
- Bowles, J. E. (1996). Foundation analysis and design (5th Ed.) New York: McGraw-Hill.
- ideYAPI A.Ş. (1988). ideCAD Statik (Sürüm 10.92), Bilgisayar Programı, İstanbul. Erişim adresi: <https://www.idecad.com.tr/>
- Türkiye bina deprem yönetmeliği. (18 Mart 2018). T.C. Resmi Gazete (Sayı: 30364 (Mükerrer)) Erişim adresi: <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/03/20180318M1.pdf>
- Uzuner, B. (2016). Temel Mühendisliğine Giriş (6. Baskı). Trabzon: Derya Kitabevi.
- Vu, A., Pam, D. C., Nyugen T., & He, Y. (2014). 3d Finite element analysis on behaviour of piled raft foundations. 4th International Conference On Civil Engineering, Architecture And Building Materials China, 580-583.
- Yalçın, A. (2010). Kazıklı Radyejenel Temellerin Düşey ve Yatay Yükler Altında Davranışının Sonlu Elemanlar Yöntemi İle İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye.

Yeğit, M. & Zorluer, İ. (2019). Aynı zemin koşullarında farklı kazık gruplarının performansı. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 19 (2), 410-418.

Yılmaz, H. Zemin ve temel etüt raporu, yayınlanmamış rapor.



Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Personel Seçimi: Bir Freight Forwarder Şirketinde Uygulama

Güldem Elmas^{1*}

^{1*} İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Mühendislik Fakültesi, Deniz Ulaştırma İşletme Mühendisliği, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-2585-9650), gelmas@iuc.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 24 Şubat 2022 ve Kabul Tarihi 30 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1092978)

ATIF/REFERENCE: Elmas, G. (2022). Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Personel Seçimi: Bir Freight Forwarder Şirketinde Uygulama. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 595-602.

Öz

Denizyolu taşımacılığının her geçen yıl hacminin artması nitelikli insan kaynakları talebinde artmasına neden olmuştur. Sürdürülebilir rekabet üstünlüğüne sahip olmak için uzun vadeli stratejik insan kaynakları yönetimi politikalarının hayata geçirilmesi gerekmektedir. Personel seçimi problemi birbiri ile zıt düşen çok sayıda alternatif ve kriterin bir arada bulunduğu karar verme problemidir. Bu tarz problemlerde bulanıklık ortaya çıkabilmektedir. Bulanık TOPSIS yöntemi bu çalışmada personel seçim problemi için kullanılmıştır. Çalışma için geliştirilen metod freight forwarder şirketinin denizyolu departmanında uygulanmıştır. Denizyolu departmanı satış temsilcisi için beş aday, seçilen dokuz kriter beş yönetici tarafından değerlendirilmiştir. Geliştirilen personel seçim metodu ile en uygun aday belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık TOPSIS, Personel seçimi, Freight forwarder, Denizyolu taşımacılığı

Personnel Selection with Fuzzy TOPSIS Method: An Application in Freight Forwarder Company

Abstract

The increase in the volume of maritime transport every year has led to an increase in the demand for qualified human resources. In order to have a sustainable competitive advantage, long-term strategic human resources management policies must be implemented. Personnel selection problem is a decision-making problem in which there are many alternatives and criteria that contradict each other. Blurring can occur in such problems. The fuzzy TOPSIS method was used for the personnel selection problem in this study. The method developed for the study was applied in the maritime department of the forwarder company. Five candidates for the maritime department sales representative, nine criteria selected, were evaluated by five managers. With the developed personnel selection method, the most suitable candidate was determined.

Keywords: Personnel Selection, Fuzzy TOPSIS, Freight Forwarder, Maritime Transportation

* Sorumlu Yazar: gelmas@iuc.edu.tr

1. Giriş

İşletmelerde işe alınacak personelin sahip oldukları beceri ve yeteneklerin işe alınacakları pozisyon açısından uygun olup olmadıklarının en doğru şekilde tespit edilmesi insan kaynakları yönetiminin ele aldığı en önemli konulardan biridir. Şirket içine alınan yanlış personelin neden olacağı olumsuz durumlar şirketlerin ana faaliyetlerine odaklanamamalarına neden olmaktadır. Bu durum yaptıkları işte ekonomik, psikolojik ve sosyal açılardan zarar görmelerine, uyumsuzluktan kaynaklanan sorun verimliliğin düşmesine, çatışmaya, işgünü kaybına varacak sonuçlara ulaşmaktadır. Yeniden personel alınması giderlerin artmasına neden olmaktadır. Doğru personelin seçilmesinin işletme açısından çok büyük faydaları vardır. İşletme amaçlarına ulaşacak, insan kaynakları departmanı başarılı olacak, seçilen aday başarılı olacaktır.

İşletmelerin personel alım aşamasında uyguladıkları metodlar ve uydulamadaki sıralamaları işletmelerin faaliyet alanlarına ve personel alınacak işin özelliklerine göre farklılıklar göstermektedir. Her işletmenin yapmış olduğu faaliyete göre belirlemiş olduğu kriterler ve bu kriterlerin birbirleri arasındaki önem dereceleri farklılık göstermektedir. Bir işletme için belirlenen kriter diğer işletme için önemsiz olabilmektedir. Personel alım sürecinde belirlenen kriterler her şirket için faaliyet alanına bağlı olarak farklı olduğu gibi, aynı şirketin farklı departmanlarında da farklılık gösterebilmektedir. Karar vericiler karışık olan bu kriterleri aynı anda değerlendirmek ile yüz yüze gelebilirler.

Küreselleşen dünyada uluslararası ticaretin kapsamının bu denli büyük olmasının en önemli nedeni deniz yolu taşımacılığıdır. Dünya ticaretinin %80'den fazlası deniz taşımacılığı ile yapılmaktadır (Yasa, Ergin, Ergin ve Alkan, 2016). Deniz yolu taşımacılığı sağlamış olduğu maliyet avantajı sayesinde tedarik zincirinin maliyetlerini ciddi oranda düşürmektedir. Bu nedenle son otuz yılda deniz yolu taşımacılığı neredeyse 4 kat büyüyerek 2020 yılında 11 milyar tonu geçmiştir (Ergin ve Ergin, 2021). Hızla büyümekte olan dünya deniz ticaret filosu, bu gereksinimine paralel olarak insan kaynakları talebide gün geçtikçe artmaktadır. Dünya denizlerinde çalışan ticaret gemilerinin tüm operasyon süreçlerinin hızlı, minimum maliyetle, hasarsız, uluslararası sözleşmelere uygun bir şekilde yürütmeleri uluslararası ticaretin sektöre uğramadan devam edebilmesi açısından çok büyük önem arz etmektedir. İşte tüm bu sürecin aktörlerinden biri olan freight forwarder çalışanlarının sahip oldukları beceriler, yetenekler şirketlere rekabet avantajı sağlamaktadır. Freight Forwarder şirketleri uluslararası platformlarda rakipleri ile ancak seçmiş oldukları etkin personel yani insan kaynağı ile rekabet edebileceklerdir.

Literatürde, Bulanık ortamda personel seçim problemi ile ilgili yapılan çalışmalar yer almaktadır. Başkaya ve Öztürk (2011), sahip oldukları satış mağazaları için farklı nitelikte özelliklere sahip satış elemanı seçimi probleminde Bulanık TOPSIS yöntemini kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda Bulanık TOPSIS yönteminin satış elemanı seçiminde etkin bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Kelemenis ve Askouris (2010), Bulanık TOPSIS yöntemini bilişim uzmanı seçimi probleminde geliştirerek nitelikli insan kaynağı seçiminde de bu yöntemin kullanılabilirliğini

belirtmişlerdir. Dağdeviren (2007), terfi edecek üç aday arasından hangisinin şirket için en uygun olacağını belirlemek için Bulanık AHP yöntemi geliştirmiştir. Alabacak (2020), Jandarma Genel Komutanlığına yüksek lisans yapmak için başvuran adaylar arasında seçim yapabilmek için AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanarak model oluşturmuş, elde edilen sonuç ile gerçekleşen sonuç karşılaştırılmıştır. Sang, Liu ve Qin (2015), Bulanık TOPSIS yöntemini sistem analizi mühendisi seçim probleminde kullanmışlardır. Aday seçim kriterlerini iletişim becerileri, iş tecrübesi, kendine güven, kişilik özellikleri, duygusal denge olarak belirlemişlerdir. Efe ve Kurt (2018), liman işletmesinde insan kaynakları uzmanı seçimi için model önerisinde bulunmuşlardır. Adaylar için seçim kriterlerini kendine güven ve planlama organizasyon yeteneği olarak belirlemişlerdir. Dadangeh (2014), çok kriterli bulanık mantık ile geliştirdikleri model ile proje yöneticisi seçimi gerçekleştirmişlerdir. Kusumawardana ve Agintiara (2015), Bulanık AHP-TOPSIS yöntemini insan kaynakları seçimi probleminde kullanmışlardır. Bu yöntemin, çalışanlarını şirketteki farklı rollere atamak da dahil olmak üzere sağlam bir insan kaynakları yönetimi sürecine sahip olan Endonezya'daki önde gelen bir telekomünikasyon şirketinde yönetici seçim süreci durumuna uygulanmasının sonuçlarını rapor etmişlerdir. Engin Karakış (2019), özel okullarda öğretmen seçimi için belirlenen kriterlerin önem ağırlıkları Bulanık AHP ile, adayların sıralama ve seçimini Bulanık TOPSIS yöntemi ile yapmıştır. Aleyna Değirmenci (2016), bankada uygun aday seçimi problemini Bulanık TOPSIS yöntemi ile çözmüşlerdir. Behzadian, Otahgsara, Yazdani, ve Ignatius, (2012) öncelikle bilişim sektöründe satış temsilcisi olarak çalışacak personelin seçiminde belirleyici olacak olan kriterleri anket vasıtasıyla AHP yöntemiyle analiz etmişler ve bu kriterlere göre geliştirilen TOPSIS yöntemi ile 10 adayı değerlendirmişlerdir.

Kabak ve Kazançoğlu (2012) askeri okulda öğretmen adayları seçimi problemi için Bulanık AHP yöntemi ile model geliştirmişlerdir. Arzu Ilgaz (2018) lojistik sektörde çalışacak operasyon elemanının seçilmesi için TOPSIS yöntemi kullanmıştır. Göktaş (2009), uluslararası deniz taşımacılığı alanında faaliyet gösteren iki firma için personel seçimini yaparken geliştirmiş oldukları aşamaları değerlendirmiştir. Ergin (2021), Bulanık mantık problemlerini etkin bir şekilde çözmek için daha uygun bir yöntemdir ve bu da insanlara karar vermede belirsizlikle baş etme yeteneği vermektedir. Ergin ve Eker (2019) Bulanık TOPSIS yöntemi ile liman seçimi yapmıştır.

Yukarıda bahsi geçen tüm çalışmalarda her işletmenin faaliyet alanına özgü özellikleri birbirlerinden farklı dolayısıyla personel olarak işleme seçecekleri adaylarda olmasını bekledikleri kriterlerinde birbirinden farklı olduğu gözlemlenmiştir. Geliştirilen yöntemler ile bu farklı kriterlerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi sağlanmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada belirsiz bir ortamda karar vericilerin daha kolay görüşlerini ifade etmeleri için bulanık mantık kavramı ele alınmış, freight forwarder şirketinin deniz yolu departmanına seçilecek olan personel adayının seçim ve sıralaması Bulanık TOPSIS yöntemi ile yapılmıştır. Freight Forwarder şirketinde deniz yolu departmanı satış temsilcisi için beş personel aday, beş yönetici tarafından belirlenen dokuz kriter çerçevesinde değerlendirildiği

bir model önerilmiştir. En uygun adayın belirlenmesi için Bulanık TOPSIS methodu kullanılmıştır.

2.1. Bulanık TOPSIS

TOPSIS yöntemi ideal çözüme yaklaşma ilkesi üzerine kurulan, pozitif ve negatif ideal çözüm uzaklık hesaplamaları sayesinde her hangi bir karar verme probleminde en iyi alternatifin belirlenmesini ya da seçilmesini sağlar. (Chen, 2000). Bazı ÇKKV problemlerinde karar vericilerin tutumları veya kararları tam olarak net değildir ve belirsizlik içerebilmektedir. Belirsizliklerin olduğu kısıtlılıkların ise net olmadığı ortamlara bulanık ortam denilir. Belirsizliklerin ölçülmesinde araçlar sunması amacıyla Zade (1965) tarafından “Bulanık Kümeler Teorisi” geliştirilmiştir. Bu teori bazı dilsel kategorik ifadeleri örneğin; iyi, kötü, orta, düşük vb. kullanarak verileri derecelendirip; insan düşünce, karar ve algılarından kaynaklanan dilsel belirsizliği matematiksel olarak modelize etmektedir. TOPSIS yöntemi çok kriterli karar problemlerinin çözümünde kullanılmaktadır. Alternatifler arasında değerlendirme yapılırken sözel değişkenler başka bir ifade ile dilsel değişkenler, günlük hayatımızda sıkça kullandığımız sözcüklerdir. Niceliksel olarak net bir şekilde betimlenemeyen sözel değişkenler, bulanık olan dağınık sistemlerin açıklanması amacı ile kullanılmaktadır. Personel seçiminde istenen kriterleri sayısal veriler yerine sözel bir şekilde açıklamak daha iyi olmaktadır. Karar verme problemlerinde karar vericilerin subjektif yargılarından sıyrılıp karar verebilmeleri için Chen (2000) tarafından bulanık küme teorisi TOPSIS yönetimine entegre edilmiştir. Bulanık TOPSIS, temelinde bulanık küme teorisi olan ve çok sayıda kriter, alternatif ve karar vericinin yer aldığı problemlerin çözümünde ortak karar imkanı sağlayan, dilsel değişkenler kullanılarak yapılan değerlendirmelere üyelik fonksiyonu atayıp sayısal hale getirerek analiz imkanı sunan ÇKKV yöntemidir. Kriterlerin önem ağırlıklarının birbirinden farklı olmasına imkan sağlaması en belirgin özelliğidir (Chen, 2000). Bulanık mantık problemlerini etkin bir şekilde çözmek için uygun bir yöntemdir ve bu da insanlara karar vermede belirsizlikle baş etme yeteneği vermektedir. Ergin (2021), Ergin ve Eker (2019). Sonuç olarak, bulanık TOPSIS yöntemi sıralama ve seçim yapmak için geliştirilen kullanışlı bir yöntemdir. Bu çalışmada, üçgen bulanık sayılar tercih edilmiştir ve alternatiflerin değerlendirilmesi Tablo 1’deki verilere göre yapılmıştır. Üçgen bulanık sayıların kullanılmasının nedeni karar vericilerin yargılarını sezgisel olarak kullanabilmelerini sağlaması ve hesaplamasının kolay olmasıdır (Dağdeviren, 2008).

Tablo 1. Her bir kriterin önem ağırlığı için dilsel değişkenler (Table 1. Linguistic variables for the importance weight of each criterion)(Chen, 2000)

Sözel Değişken	Üçgen Bulanık Sayı
Çok Düşük (ÇD)	(0,0,0.1)
Düşük (D)	(0,0.1,0.3)
Biraz Düşük (BD)	(0.1,0.3,0.5)
Orta(O)	(0.3,0.5,0.7)
Biraz Yüksek (BY)	(0.5,0.7,0.9)
Yüksek (Y)	(0.7,0.9,1.0)
Çok Yüksek (ÇY)	(0.9,1.0,1.0)

Tablo 2. Derecelendirmeler için dilsel değişkenler (Table 2. Linguistic variables for ratings (Chen, 2000)

Sözel Değişken	Üçgen Bulanık Sayı
Çok Kötü (ÇK)	(0,0,1)
Kötü (K)	(0,1,3)
Orta Kötü Arası (OK)	(1,3,5)
Orta (O)	(3,5,7)
Orta İyi Arası (OI)	(5,7,9)
İyi (İ)	(7,9,10)
Çok İyi (Çİ)	(9,10,10)

1. Adım: $\tilde{a}_{ij}^K = i. \tilde{n}_j^K = j.$ Karar ekibi içerisinde K sayıda kişi olduğu durumlarda kriter önem dereceleri ve her bir kritere göre alternatif değer hesaplamaları Eşitlik 1 ve Eşitlik 2’ de gösterildiği gibi yapılmaktadır.

$$\tilde{a}_{ij} = \frac{1}{K} [\tilde{a}_{ij}^1 + \tilde{a}_{ij}^2 + \dots + \tilde{a}_{ij}^K] \quad (1)$$

$$\tilde{n}_j = \frac{1}{K} [\tilde{n}_j^1 + \tilde{n}_j^2 + \dots + \tilde{n}_j^K] \quad (2)$$

\tilde{a}_{ij}^K , alternatiflerin değerlendirmelerini ve \tilde{n}_j^K ise kriterlere verilen önem ağırlıklarını göstermektedir.

2. Adım: Bir önceki adımda tüm kriterleri tek bir değere dönüştürdükten sonra karar probleminin matrisi oluşturulur. Bu matris \tilde{O} matrisi üçgen bulanık sayılardan oluşan bulanık karar matrisidir.

$$\sigma = \begin{matrix} & K_1 & K_2 & \dots & K_p \\ \begin{matrix} A_1 \\ A_2 \\ \dots \\ A_m \end{matrix} & \begin{bmatrix} \tilde{a}_{11} & \tilde{a}_{12} & \dots & \tilde{a}_{1p} \\ \tilde{a}_{21} & \tilde{a}_{22} & \dots & \tilde{a}_{2p} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \tilde{a}_{m1} & \tilde{a}_{m2} & \dots & \tilde{a}_{mp} \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (3)$$

$$\tilde{N} = [\tilde{n}_1, \tilde{n}_2, \dots, \tilde{n}_p] \quad (4)$$

$\tilde{a}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{n}_j = (a_{j1}, b_{j2}, c_{j3})$ üçgen bulanık sayılar olup, \tilde{O} bulanık karar matrisini, \tilde{N} ise bulanık ağırlıklar matrisini gösterir.

3. Adım: Bulanıklaştırılmış karar matrisine, Eşitlik 6 ve Eşitlik 7 ifadelerinden ilgili olan eşitlik uygulanarak normalleştirilmiş bulanık karar matrisi \tilde{U} oluşturulur.

$$\tilde{U} = [\tilde{u}_{ij}]_{m \times n} \quad (5)$$

$$\tilde{u}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}, \frac{b_{ij}}{c_j^*}, \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), j \in F, c_j^* = \max_i c_{ij}. \quad (6)$$

veya

$$\tilde{u}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), j \in M, a_i^- = \min_i a_{ij} \quad (7)$$

Denklemden hesaplanır. F fayda kriterleri kümesini ve M maliyet kriterlerini temsil eder. Karar kriteri fayda kriteri ise, her sütündeki elemanların üçüncü bileşenlerine göre maksimum degree bölünmesi ile normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilir. Maliyet kriteri durumunda, her sütündeki ilk elemanın minimum değeri dikkate alınır.

4. Adım: Karar kriterlerinin tamamının ağırlıkları dikkate alınarak ağırlıklı normalize hale getirilmiş bulanık karar matrisi aşağıdaki gibi hesaplanır;

$$\tilde{I} = [\tilde{r}_{ij}]_{m \times n} \quad i = 1, 2, \dots, m, j = 1, 2, \dots, n \quad (8)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \tilde{u}_{ij} \times \tilde{n}_j \quad (9)$$

5. Adım: Bulanık pozitif ideal çözüm A^* ve negatif ideal çözüm A^- Eşitlik 10 ve Eşitlik 11 ile belirlenir.

$$A^* = (\tilde{r}_1^*, \tilde{r}_2^*, \dots, \tilde{r}_n^*) \quad (10)$$

$$A^- = (\tilde{r}_1^-, \tilde{r}_2^-, \dots, \tilde{r}_n^-) \quad (11)$$

Burada, $\tilde{r}_j^* = (1, 1, 1)$ ve

$\tilde{r}_j^- = (0, 0, 0)$ olarak kabul edilir.

6. Adım: Her bir alternatifin bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıkları Eşitlik 12 ve Eşitlik 13 ile tek tek hesaplanır.

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{r}_{ij}, \tilde{r}_j^*), \quad i=1, 2, 3, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n \quad (12)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{r}_{ij}, \tilde{r}_j^-), \quad i=1, 2, 3, \dots, m; \quad j=1, 2, \dots, n \quad (13)$$

Bulanık iki sayı arasındaki uzaklık Eşitlik 14'te verilen Vertex metodu kullanılarak hesaplanır.

$$d(\tilde{a}, \tilde{b}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(a_1 - b_1)^2 + (a_2 - b_2)^2 + (a_3 - b_3)^2]} \quad (14)$$

7. Adım: Her bir alternatif için yakınlık katsayısı olan CC_i hesaplamasında Eşitlik 15 Kullanılır.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^* + d_i^-} \quad i=1, 2, 3, \dots, m \quad (15)$$

8. Adım: Son olarak yakınlık katsayısı değerlerine göre tüm alternatifler sıralanır. Alternatiflerden CC_i değeri en yüksek olan A^* en yakın A^- ise en uzak mesafede olandır ve dolayısıyla en iyi alternatiftir.

$CC_n > CC_m > CC_k > \dots > CC_x$ şeklinde sıralama yapılır.

3. Personel Seçimi

Çalışmada seçilen firma, İstanbul'da bulunan yoğunlukla denizyolu taşımacılığı yapan bir freight forwarder şirkettir. Müşteri memnuniyetini her zaman ön planda tutan bir firmadır. Uluslararası platformlarda rekabet edebilmesi için personel seçimi stratejik olarak çok önemlidir. Bu problemle ilgili birçok çelişkili kriter bulunmaktadır. Freight forwarder şirketinde çalışacak personelin planlama ve organizasyon becerisi yüksek olmalı, müşteri ve tedarikçilerle iletişim halinde olmalı, kişiler arası iletişim becerisi, problem çözme yetisine sahip olmalı, izin verilen zaman aralığında, müşterinin ticari gereksinimlerini analiz edip, yaygın olan ulaştırma sistemlerinin yanı sıra intermodal taşımacılık servislerinin verilmesi konusunda, taşıma yönetimi ve taşıyıcı seçimini yapabileme özelliğine sahip olmalı, maliyet planlaması ile taşıma sözleşmesi ve kapsamını belirlemeli, sigortalama, depolama, elleçleme, ambalajlama, barkod ve etiketleme ile ilgili taşıma belgelerini hazırlamalı, ihracat, navlun ve gümrükleme işlerini takip etmeli, tüm ihracat/ithalat yüklemelerinin operasyonel süreçlerini takip etmeli, müşterileri süreç boyunca bilgilendirmeli, olası problemlerin kaynaklarına inip gerekli önlemleri alabilmeli, stratejik ve yenilikçi düşünce becerileri gelişmiş olmalıdır. Bu nedenle personel seçim probleminin için Bulanık TOPSIS yöntemi firmaya önerilmiştir. Yöneticiler ile yaptığımız görüşmeler sonucunda denizyolu departmanı satış temsilcisi seçiminde kullanılan kriterler İyi derecede İngilizce bilgisi, Analitik Düşünme Yeteneği, Planlama ve Organizasyon Becerisi, Prezantabl Olma, Adayın Mezun Olduğu Üniversite, Etkili İletişim Becerisi, Bilişim teknolojilerini etkin kullanma, Pozitif Bakış Açısı, Geçmiş Tecrübe olarak belirlenmiştir. Belirlenen 9 kriter ile 5 aday Bulanık TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmiş ve firma için olabilecek en iyi aday seçimi yapılmıştır. Alternatif adaylar $A_i = (A_1, A_2, A_3)$ ve bu alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan karar kriterleri $K_i = (K_1, K_2, K_3, K_4, K_5)$ olarak temsil edilmiştir.

1. Adım: Freight Forwarder şirketine iş başvurusunda bulunan adayların değerlendirmesini yapmak için 5 yönetici seçilmiştir. Karar verici olan bu yöneticiler Tablo 3'deki 9 kriterlere göre kriterlerin ağırlıkları öneminin değerlendirilmesi Tablo 4'te verilmiştir.

Tablo 3. Değerlendirme kriterleri (Table 3. Evaluation criteria)

Kriter Numarası	Kriterlerin Açıklaması
K1	İyi derecede İngilizce bilgisi
K2	Analitik düşünme yeteneği
K3	Planlama ve org. becerisi
K4	Prezantabl Olma
K5	Adayın Mezun olduğu üniversite
K6	Etkili İletişim Becerisi
K7	Bilişim tek. Etkin kullanma
K8	Pozitif Bakış Açısı
K9	Geçmiş Tecrübe

Tablo 4. Karar vericiler tarafından kriterlerin öneminin değerlendirilmesi (Table 4. Evaluation of the importance of criteria by decision makers)

	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
K1	ÇY (0.9,1.0,1.0)	Y (0.7,0.9,1.0)	BY(0.5,0.7,0.9)	Y(0.7,0.9,1.0)	ÇY(0.9,1.0,1.0)
K2	O (0.3,0.5,0.7)	ÇY(0.9,1.0,1.0)	BY(0.5,0.7,0.9)	O(0.3,0.5,0.7)	Y(0.7,0.9,1.0)
K3	ÇY (0.9,1.0,1.0)	Y(0.7,0.9,1.0)	BY(0.5,0.7,0.9)	BY(0.5,0.7,0.9)	Y(0.7,0.9,1.0)
K4	BY(0.5,0.7,0.9)	Y(0.7,0.9,1.0)	O(0.3,0.5,0.7)	ÇY(0.9,1.0,1.0)	BY(0.5,0.7,0.9)
K5	Y(0.7,0.9,1.0)	O(0.3,0.5,0.7)	ÇY(0.9,1.0,1.0)	Y(0.7,0.9,1.0)	ÇY(0.9,1.0,1.0)
K6	Y(0.7,0.9,1.0)	O(0.3,0.5,0.7)	ÇY(0.9,1.0,1.0)	O(0.3,0.5,0.7)	BY(0.5,0.7,0.9)
K7	O(0.3,0.5,0.7)	BY(0.5,0.7,0.9)	O(0.3,0.5,0.7)	O(0.3,0.5,0.7)	Y(0.7,0.9,1.0)
K8	BY(0.5,0.7,0.9)	BY(0.5,0.7,0.9)	Y(0.7,0.9,1.0)	ÇY(0.9,1.0,1.0)	Y(0.7,0.9,1.0)
K9	ÇY(0.9,1.0,1.0)	ÇY(0.9,1.0,1.0)	Y(0.7,0.9,1.0)	BY(0.5,0.7,0.9)	BY(0.5,0.7,0.9)

2.Adım: Karar vericiler her kriter için adayları tek tek değerlendirmiş, sözel olarak değişkenler ortaya çıkmıştır. Tablo 5'te sözel değişkenlerle yapılan derecelendirmelerin bulanık denkliği gösterilmiş ve Tablo 6'da bulanık karar matrisi ve bulanık aday ağırlıkları hesaplanmıştır.

Tablo 5. Adayların değerlendirildikten sonra elde edilen bulanık sonuçlar (Table 5. The fuzzy results obtained after the evaluation of the candidates)

Değerlendiren yöneticiler						
Kriterler	Adaylar	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5
K1	A1	Oİ(5,7,9)	Oİ(5,7,9)	Oİ(5,7,9)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)
	A2	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)	Oİ(5,7,9)
	A3	Çİ(9,10,10)	Çİ(9,10,10)	Çİ(9,10,10)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)
	A4	İ(7,9,10)	OK(1,3,5)	O(3,5,7)	O(3,5,7)	Çİ(9,10,10)
	A5	İ(7,9,10)	Oİ(5,7,9)	Çİ(9,10,10)	Çİ(9,10,10)	İ(7,9,10)
K2	A1	Çİ(9,10,10)	Çİ(9,10,10)	Çİ(9,10,10)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)
	A2	Oİ(5,7,9)	OK(1,3,5)	İ(7,9,10)	K(0,1,3)	İ(7,9,10)
	A3	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)	OK(1,3,5)	K(0,1,3)	İ(7,9,10)
	A4	Çİ(9,10,10)	Çİ(9,10,10)	Çİ(9,10,10)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)
	A5	Çİ(9,10,10)	OK(1,3,5)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)
K3	A1	Çİ(9,10,10)	Çİ(9,10,10)	Çİ(9,10,10)	Oİ(5,7,9)	İ(7,9,10)
	A2	OK(1,3,5,9)	K(0,1,3)	O(3,5,7)	ÇK(0,0,1)	ÇK(0,0,1)
	A3	İ(7,9,10)	K(0,1,3)	Çİ(9,9,10)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)
	A4	O(3,5,7)	Çİ(9,9,10)	İ(7,9,10)	K(0,1,3)	Çİ(9,10,10)
	A5	Çİ(9,10,10)	İ(7,9,10)	O(3,5,7)	K(0,1,3,,9)	O(3,5,7)
K4	A1	K(0,1,3)	O(3,5,7)	Oİ(5,7,9)	OK(1,3,5)	O(3,5,7)
	A2	OK(1,3,5)	OK(1,3,5)	Çİ(9,9,10)	O(3,5,7)	İ(7,9,10)
	A3	Oİ(5,7,9)	Oİ(5,7,9)	ÇK(0,0,1)	Çİ(9,9,10)	İ(7,9,10)
	A4	İ(7,9,10)	Çİ(9,9,10)	K(0,1,3)	ÇK(0,0,1)	İ(7,9,10)
	A5	K(0,1,3)	Çİ(9,9,10)	O(3,5,7)	İ(7,9,10)	Çİ(9,9,10)
K5	A1	Çİ(9,10,10)	Çİ(9,10,10)	ÇK(0,0,1)	Oİ(5,7,9)	İ(7,9,10)
	A2	Çİ(9,9,10)	O(3,5,7)	Çİ(9,9,10)	O(3,5,7)	İ(7,9,10)
	A3	Oİ(5,7,9,)	Oİ(5,7,9)	İ(7,9,10)	Çİ(9,9,10)	İ(7,9,10)
	A4	İ(7,9,10)	Çİ(9,9,10)	İ(7,9,10)	Oİ(5,7,9,)	O(3,5,7)
	A5	K(0,1,3)	İ(7,9,10)	Oİ(5,7,9)	Oİ(5,7,9)	Oİ(5,7,9)

K6	A1	Oİ(5,7,9)	Çİ(9,10,10)	K(0,1,3)	İ(7,9,10)	OK(1,3,5)
	A2	O(3,5,7)	İ(7,9,10)	O(3,5,7)	ÇK(0,0,1)	İ(7,9,10)
	A3	İ(7,9,10)	Çİ(9,10,10)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)	Oİ(5,7,9)
	A4	K(0,1,3)	Oİ(5,7,9)	K(0,1,3)	Çİ(9,9,10)	O(3,5,7)
	A5	İ(7,9,10)	Çİ(9,9,10)	Oİ(5,7,9)	Oİ(5,7,9)	İ(7,9,10)
K7	A1	Oİ(5,7,9)	OK(1,3,5)	Çİ(9,9,10)	İ(7,9,10)	O(3,5,7)
	A2	O(3,5,7)	İ(7,9,10)	O(3,5,7)	İ(7,9,10)	Oİ(5,7,9)
	A3	İ(7,9,10)	Çİ(9,9,10)	Oİ(5,7,9)	K(0,1,3)	İ(7,9,10)
	A4	Çİ(9,9,10)	K(0,1,3)	K(0,1,3)	Oİ(5,7,9)	Çİ(9,10,10)
	A5	Çİ(9,9,10)	İ(7,9,10)	Çİ(9,9,10)	İ(7,9,10)	O(3,5,7)
K8	A1	Çİ(9,9,10)	OK(1,3,5)	İ(7,9,10)	Çİ(9,9,10)	Oİ(5,7,9)
	A2	Çİ(9,9,10)	Oİ(5,7,9)	Çİ(9,9,10)	İ(7,9,10)	O(3,5,7)
	A3	İ(7,9,10)	O(3,5,7)	İ(7,9,10)	O(3,5,7)	ÇK(0,0,1)
	A4	İ(7,9,10)	O(3,5,7)	Oİ(5,7,9)	OK(1,3,5)	Çİ(9,9,10)
	A5	Oİ(5,7,9)	İ(7,9,10)	O(3,5,7)	Çİ(9,9,10)	İ(7,9,10)
K9	A1	İ(7,9,10)	K(0,1,3)	ÇK(0,0,1)	O(3,5,7)	O(3,5,7)
	A2	Çİ(9,9,10)	Çİ(9,9,10)	O(3,5,7)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)
	A3	Oİ(5,7,9)	İ(7,9,10)	Oİ(5,7,9)	Çİ(9,9,10)	İ(7,9,10)
	A4	O(3,5,7)	K(0,1,3)	İ(7,9,10)	ÇK(0,0,1)	İ(7,9,10)
	A5	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)	İ(7,9,10)	Oİ(5,7,9)

Tablo 6. Bulanık karar matrisi ve adayların bulanık ağırlıkları (Table 6.Fuzzy decision matrix and fuzzy weights of candidates)

	A1	A2	A3	A4	A5	Ağırlıklar
K1	(5.8, 7.8, 9.4)	(6.6, 8.6, 9.8)	(8.2, 9.6, 10)	(4.6, 6.4, 7.8)	(7.4, 9, 9.8)	(0.74, 0.9, 0.98)
K2	(8.2, 9.6, 10)	(4, 5.8, 7.4)	(4.4, 6.2, 7.6)	(8.2, 9.6, 10)	(6.2, 8, 5)	(0.54, 0.72, 0.86)
K3	(7.8, 9.2, 9.8)	(0.8, 1.8, 3.4)	(6, 7.4, 8.6)	(5.6, 6.8, 8)	(4.4, 6, 7.4)	(0.66, 0.84, 0.96)
K4	(2.4, 4.2, 6.2)	(4.2, 5.8, 7.4)	(5.2, 6.4, 7.8)	(4.6, 5.6, 6.8)	(5.6, 6.6, 8)	(0.58, 0.76, 0.9)
K5	(6, 7.2, 8)	(6.2, 7.4, 8.8)	(6.6, 8.2, 9.6)	(6.2, 7.8, 9.2)	(4.4, 6.2, 8)	(0.7, 0.86, 0.94)
K6	(4.4, 6, 7.4)	(4, 5.4, 7)	(7, 8.8, 9.8)	(3.4, 4.6, 6.4)	(6.6, 8.2, 9.6)	(0.54, 0.72, 0.86)
K7	(4, 6.6, 8.2)	(4, 7, 8.6)	(5.6, 7, 8.4)	(4.6, 5.6, 7)	(7, 8.2, 9.4)	(0.42, 0.62, 0.8)
K8	(6.2, 7.4, 8.8)	(6.6, 7.8, 9.2)	(4, 5.6, 7)	(5, 6.6, 8.2)	(6.2, 7.8, 9.2)	(0.66, 0.84, 0.96)
K9	(2.6, 4, 5.6)	(7, 8.2, 9.4)	(6.6, 8.2, 9.6)	(3.4, 4.8, 6.2)	(6.6, 8.6, 9.8)	(0.7, 0.86, 0.76)

3.Adım: Tablo 7’de kriter sütunları için maks değerleri verilmiştir. Tablo 8’de, bulanık karar matrisinin her bir kriter sütunundaki bulanık sayıların doğrudan o sütundaki en büyük üst yaklaşıma bölünmesiyle normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuştur. Tablo 9’de ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulmuştur.

Tablo 7. Kriter sütunları için maks değerleri(Table 7 Max values for criteria columns)

Kriterler	Maks
K1	10
K2	10
K3	9,8
K4	7,8
K5	9,6
K6	9,8
K7	9,4
K8	9,2
K9	9,8

Tablo 8. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi (Table 8 Normalized fuzzy decision matrix)

	A1	A2	A3	A4	A5
K1	(0.58, 0.78, 0.94)	(0.66, 0.86, 0.98)	(0.82, 0.96, 1)	(0.46, 0.64, 0.78)	(0.74, 0.9, 0.98)
K2	(0.82, 0.96, 1)	(0.4, 0.58, 0.74)	(0.44, 0.62, 0.76)	(0.82, 0.96, 1)	(0.62, 0.8, 0.5)
K3	(0.78, 0.92, 0.98)	(0.08, 0.18, 0.34)	(0.6, 0.74, 0.86)	(0.56, 0.68, 0.8)	(0.44, 0.6, 0.74)
K4	(0.24, 0.42, 0.62)	(0.42, 0.58, 0.74)	(0.52, 0.64, 0.78)	(0.46, 0.56, 0.68)	(0.56, 0.66, 0.8)
K5	(0.6, 0.72, 0.8)	(0.62, 0.74, 0.88)	(0.66, 0.82, 0.96)	(0.62, 0.78, 0.92)	(0.44, 0.62, 0.8)
K6	(0.44, 0.6, 0.74)	(0.4, 0.54, 0.7)	(0.7, 0.88, 0.98)	(0.34, 0.46, 0.64)	(0.66, 0.82, 0.96)
K7	(0.4, 0.66, 0.82)	(0.4, 0.7, 0.86)	(0.56, 0.7, 0.84)	(0.46, 0.56, 0.7)	(0.7, 0.82, 0.94)
K8	(0.62, 0.74, 0.88)	(0.66, 0.78, 0.92)	(0.4, 0.56, 0.7)	(0.5, 0.66, 0.82)	(0.62, 0.78, 0.92)
K9	(0.26, 0.4, 0.56)	(0.7, 0.82, 0.94)	(0.66, 0.82, 0.96)	(0.34, 0.48, 0.62)	(0.66, 0.86, 0.98)

Tablo 9. Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi (Table 9 Weighted normalized fuzzy decision matrix)

	A1	A2	A3	A4	A5
K1	(0.43, 0.7, 0.92)	(0.48, 0.77, 0.96)	(0.60, 0.86, 0.98)	(0.34, 0.57, 0.76)	(0.54, 0.81, 0.96)
K2	(0.44, 0.69, 0.86)	(0.21, 0.41, 0.63)	(0.23, 0.44, 0.65)	(0.44, 0.69, 0.86)	(0.33, 0.57, 0.4)
K3	(0.51, 0.77, 0.94)	(0.05, 0.15, 0.32)	(0.39, 0.62, 0.82)	(0.36, 0.57, 0.76)	(0.29, 0.50, 0.71)
K4	(0.13, 0.31, 0.55)	(0.24, 0.44, 0.66)	(0.30, 0.48, 0.70)	(0.26, 0.42, 0.61)	(0.32, 0.50, 0.72)
K5	(0.42, 0.61, 0.75)	(0.43, 0.63, 0.82)	(0.46, 0.70, 0.90)	(0.43, 0.67, 0.86)	(0.30, 0.53, 0.75)
K6	(0.23, 0.43, 0.63)	(0.21, 0.38, 0.60)	(0.37, 0.63, 0.84)	(0.18, 0.33, 0.55)	(0.35, 0.59, 0.82)
K7	(0.16, 0.40, 0.65)	(0.16, 0.43, 0.68)	(0.23, 0.43, 0.67)	(0.19, 0.34, 0.56)	(0.29, 0.50, 0.75)
K8	(0.40, 0.62, 0.84)	(0.43, 0.65, 0.88)	(0.26, 0.47, 0.67)	(0.33, 0.55, 0.78)	(0.40, 0.65, 0.88)
K9	(0.18, 0.34, 0.42)	(0.49, 0.70, 0.71)	(0.46, 0.70, 0.72)	(0.23, 0.41, 0.47)	(0.46, 0.73, 0.74)

4.Adım: Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümler için her bir alternatifin uzaklık ve yakınlık katsayıları hesaplanmıştır. Tablo 10'da yakınlık katsayısına göre sıralanarak pozisyona en uygun aday belirlenir.

Tablo 10. Sonuç tablosu (Table 10 Result table)

Adaylar	d_i^+	d_i^-	C_i	Sıralama
A1	4,515	5,021	0,526	3
A2	4,761	4,762	0,500	5
A3	4,114	5,414	0,609	1
A4	4,712	4,725	0,510	4
A5	4,172	5,347	0,561	2

Adaylar arasında yakınlık katsayısı sıralamasına göre en yüksek değer ile "A3" pozisyon için en uygun aday olarak belirlenmiştir.

4. Sonuç

İşletmeler için işleri yerine getirecek personelin doğru seçimi insan kaynakları yönetiminin en mühim amaçlarından birini oluşturmaktadır. Bilhassa kalifiye personel bulma işletmeler açısından en önemli hedeftir.

Denizcilik sektöründe oluşan rekabet ortamında meydana gelen gelişmeler freight forwarder şirketlerinin nitelikli personele olan ihtiyacını daha da artırmıştır. Freight forwarder şirketlerindeki insan kaynakları departmanları personel seçerken kurumların hedeflerini, misyon ve vizyonunu iyi anlayıp bu doğrultuda hareket etmeleri gerekmektedir. Kurumun belirlediği amaçlar doğrultusunda, personel seçim kriterleri belirlenmeli ve adayların

bu kriterleri ne derece karşıladığı etkin bir seçim yöntemiyle tespit edilmelidir.

Çalışmada seçilen firma, İstanbul'da bulunan yoğunlukla denizyolu taşımacılığı yapan bir freight forwarder şirkettir. Müşteri memnuniyetini her zaman ön planda tutan bir firmadır. Uluslararası platformlarda rekabet edebilmesi için personel seçimi stratejik olarak çok önemlidir. Bu problemle ilgili birçok çelişkili kriter bulunmaktadır. Bu nedenle personel seçim problemi için Bulanık TOPSIS yöntemi firmaya önerilmiştir.

Bu çalışmada freight forwarder şirketinde denizyolu satış temsilcisi pozisyonu seçim probleminin çözümü için ÇKKV metodlarından biri olan Bulanık TOPSIS metodu geliştirilmiş,

pozisyon için en uygun aday belirlenmiştir. Denizyolu departmanı satış temsilcisi için beş aday, seçilen dokuz kriter beş yönetici tarafından değerlendirilmiştir.

Bu çalışmada freight forwarder şirketi için hangi adayın en doğru aday olduğu iyi derecede İngilizce bilgisi, analitik düşünme yeteneği, planlama ve organizasyon becerisi, presentabl olma, adayın mezun olduğu üniversite, etkili iletişim becerisi, bilişim teknolojilerini etkin kullanma, pozitif bakış açısı, geçmiş tecrübe kriterleri göz önüne alınarak değerlendirilmiştir. Karar vericiler ile karar kriterlerinin önem ağırlıkları dilsel değişkenlerle ifade edilmiştir. Bulanık Topsis yöntemi kullanılarak yakınlık katsayısına göre adayların sıralaması yüksekte düşüğe doğru sıralanmıştır. Buna göre en yüksek (0,609) ile A3 kodlu aday, en düşük (0,500) ile A2 kodlu aday belirlenmiştir. Yakınlık katsayısı en yüksek olduğundan freight forwarder şirketinde deniz yolu satış temsilcisi pozisyonuna en uygun personelin A3 kodlu aday olduğu, diğer adayların denizyolu satış temsilciliği pozisyonu için uygun olmadıkları bildirilmiştir.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde freight forwarder şirketlerinde denizyolu departmanı satış temsilcisi pozisyonu için personel alımına yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle önerilen yöntemin literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada freight forwarder şirketinde çalışan yöneticilerin görüşleri alınarak personel seçimi kriterleri belirlenmiştir. Uzman kişilerin görüşlerine dayanarak personel seçim kriterlerinin belirlenmesi da literatüre önemli bir katkı olarak değerlendirilmektedir.

Kaynakça

Alabacak, T., (2020), Personel Sistemine esas AHP ve TOPSIS tabanlı model önerisi: Jandarma Genel Komutanlığı uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü

Arikan Kargı, V. S. (2016). Bir Tekstil Firmasında Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Tedarikçi Seçimi. Yönetim ve Ekonomi Dergisi , 23 (3) , 789-803 .

Behzadian, M., Otaghsara, S.K., Yazdani, M. and Ignatius, J. (2012) A State-of the-Art Survey of TOPSIS Applications. Expert Systems with Applications 2012, 39, 13051-13069.

Chen, C. T. (2000). Extensions of the TOPSIS for Group Decision-Making under Fuzzy Environment. Fuzzy Sets and Systems, 114, 1-9.

Dağdeviren, M., (2007), Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Personel Seçimi ve Bir Uygulama, Gaz Üniv.Müh.Fak.Der, 2007, 22 (4), 791- 799.

Değirmenci, A., Ayvaz.B., (2016), Bulanık Ortamda Topsis Yöntemi ile Personel Seçimi: Katılım Bankacılığı Sektöründe Bir Uygulama, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi 2016, 15(30), 77-93.

Dodangeh, J., Sorooshian, S., & Afshari, A.R., (2014), Linguistic Extension for Group Multicriteria Project Manager Selection Journal of Applied Mathematics 2014.

Ecer, F. (2006). Bulanık Ortamlarda Grup Kararı Vermeye Yardımcı Bir Yöntem: Fuzzy Topsis ve Bir Uygulama . Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi , 7 (2) , 77-96 .

Efe, B., & Kurt, M., (2018), Bir Liman İşletmesinde Personel Seçimi Uygulaması, Karaelmas 2018, 8(2), 417-427

Ergin, A., Eker, I. (2019), Application of Fuzzy Topsis Model for Container Port Selection Considering Environmental Factors. International Journal of Maritime Engineering, 161(3), 293-302.

Ergin, A., (2021), A Fuzzy AHP Approach to Evaluating Differences Between Ocean Container Carriers and Their Customers. International Journal of Shipping and Transport Logistics, 13(3-4), 402-421.

Ergin, A., Ergin, MF. (2021). The Role of Antifouling Coating in the Marine Industry. In Kalkanı, M. & Günday, A. (Eds.) Research & Reviews in Engineering. (pp.53-75), İstanbul: Gece Kitaplığı

Gibney, R., & Shang, J. (2007). Decision making in academia: A case of the dean selection process. Mathematical and Computer Modelling, 46(7-8), 1030-1040.

Göktaş, S., (2009), İşe alım süreci ve bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü.

İlgaz, A.,(2018), Lojistik Sektöründe Personel Seçim Kriterlerinin AHP ve Topsis yöntemleri ile değerlendirilmesi 2018, Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi 2018, 1 (32), 586-605.

Kabak, M., Kazançoğlu, Y., (2012), Bulanık Analitik Hiyerarşi Yöntemiyle Öğretmen Seçimi ve bir uygulama 2012, Afyon Kocatepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 2012, 14(1), 95-111.

Karakış, E., (2021), Bulanık AHP ve Bulanık Topsis ile bütünleşik karar destek modeli önerisi: Özel okullarda öğretmen seçimi 2021, Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi 2021, (53), 112-137.

Kelemenis, A., & Askounis, D., (2010) , A new TOPSIS- Based Multicriteria Approach Personnel Selection, Expert Systems with Applications, 37:4999-5008.

Kusumawardani, P.R., Agintiara, M., (2015), Application of Fuzzy AHP-TOPSIS Method for Decision Making in Human Resource Manager Selection Process, Procedia Computer Science 2015, (72), 638-646.

Öztürk, B., & Başkaya, Z., (2011), Bulanık Topsis Algoritmasında Üçgen Bulanık Sayılar ile Satış Elemanlarının Değerlendirilmesi, Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi 2011,9 (16) :11-21

Sang, X., Liu, X., & Qin (2015), An Analytical solution to fuzzy Topsis and its application in personnel selection for knowledge- intensive enterprise, Applied soft computing, 2015, 190-204

Sarıkaya Kadir, (2019). "Araştırma Üretkenliğine Dayalı Olarak Bulanık Topsis Yöntemi ile Akademik Personel Seçimi", Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi (Gbad), 8(3), 167-179.

Wang, Y.-M. and Elhag, T.M. (2006) Fuzzy TOPSIS Method Based on Alpha Level Sets with an Application to Bridge Risk Assessment. Expert Systems with Applications, 31, 309-319.

Yasa, H., Ergin, MF., Ergin, A., Alkan, G. (2016). Importance of Inert Gases for Chemical Transportation. The Second Global Conference on Innovation in Marine Technology and the Future of Maritime Transportation, Bodrum, Muğla, Turkey

Zade, L. A. (1965). Fuzzy Sets, Information and Control 8, 338-353.



ZnO-Kitosan Kompoziti ile Ağır Metal Giderimi

Gamze Topal Canbaz^{1*}, Ünsal Açıkkel², Yeşim Sağ Açıkkel³

^{1*} Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7615-7627), gtopal@cumhuriyet.edu.tr

² Sivas Cumhuriyet Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Sivas, Türkiye, (ORCID: 0000-0003-4969-8502), uacikel@cumhuriyet.edu.tr

³ Hacettepe Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye (ORCID: 0000-0000-0000-0000), yesims@hacettepe.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 28 Mart 2022 ve Kabul Tarihi 30 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1094734)

ATIF/REFERENCE: Topal Canbaz, G., Açıkkel, Ü., Sağ Açıkkel, Y. (2022). ZnO-Kitosan Kompoziti ile Ağır Metal Giderimi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 603-609.

Öz

Çalışmada *Allium cepa* (*A. cepa*) kabukları kullanılarak yeşil sentez ile ZnO partikülleri sentezlendi ve kitosan (Ch) ile oluşturulan ZnO- Ch kompozitin Nikel (II) (Ni (II)) giderim potansiyeli incelendi. Sentezlenen ZnO-Ch kompozitin taramalı elektron mikroskopisi (SEM), Fourier transform infrared (FTIR) ve X-ışını difraksiyonu (XRD) ile karakterizasyonu gerçekleştirildi. Çalışmada ZnO-Ch kompoziti ile kesikli sistemde Ni (II) adsorpsiyonu için pH (2,0-6,0), sıcaklık (25-55 °C), adsorban miktarı (0,25-1,0 g/L), temas süresi (15-1440 dk) ve başlangıç kirletici derişimi (20-300 mg/L) incelenerek optimum giderim koşulları incelenmiştir. Elde edilen optimum koşullar pH 5,0, sıcaklık 25 0C, adsorban miktarı 0,5 g/L, temas süresi 300 dakika (dk) olarak belirlenmiştir. Ni (II) gideriminde kompozitin maksimum adsorpsiyon kapasitesi Langmuir izoterm modeline göre 222,22 mg/g olarak hesaplandı. Yapılan sıcaklık çalışmalarında artan sıcaklık ile adsorpsiyon kapasitesinin düşmesi sistemin ekzotermik olduğunu gösterdi.

Anahtar Kelimeler: ZnO, kitosan, Ni(II), adsorpsiyon

Heavy Metal Removal with ZnO-Chitosan Composite

Abstract

In the study, ZnO particles were synthesized by green synthesis using *Allium cepa* (*A. cepa*) shells and the Nickel (II) (Ni (II)) removal potential of the ZnO-Ch composite formed with chitosan (Ch) was investigated. Characterization of the synthesized ZnO-Ch composite was performed by scanning electron microscopy (SEM), Fourier transform infrared (FTIR) and X-ray diffraction (XRD). In the study, pH (2,0-6,0), temperature (25-55 °C), amount of adsorbent (0,25-1,0 g/L), contact time for Ni (II) adsorption in batch system with ZnO-Ch composite. (15-1440 min) and initial pollutant concentration (20-300 mg/L) were examined and optimum removal conditions were investigated. The optimum conditions obtained were determined as pH 5,0, temperature 25 °C, amount of adsorbent 0,5 g/L, contact time 300 minutes (min). The maximum adsorption capacity of the composite in Ni (II) removal was calculated as 222,22 mg/g according to the Langmuir isotherm model. In temperature studies, the decrease in adsorption capacity with increasing temperature showed that the system was exothermic.

Keywords: ZnO, Chitosan, Ni (II), adsorption

* Sorumlu Yazar: gtopal@cumhuriyet.edu.tr

1. Giriş

Cd, Cr, Cu, Pb ve Ni gibi ağır metaller sanayi, maden ve inşaat gibi endüstriyel faaliyet alanlarının atık sularında bulunabilirler. Ağır metallerin toksik yapıda olması ve biyolojik olarak bozunamaması nedeni ile çevreye salınması durumunda toprak ve su kirliliğine neden olmaktadır. Bu kirlilik çevre ve canlı sağlığı için oldukça büyük sorun haline gelmektedir. Atık sulardan bu metalleri uzaklaştırmak için yeni yöntemler ve malzemeler araştırılmaktadır (Deliyanni vd., 2004; Liu vd., 2011.)

Ağır metal giderim yöntemleri arasında iyon değişimi, çöktürme, koagülasyon-flokülasyon, elektrokimyasal yöntemler ve adsorpsiyon bulunmaktadır (Liu ve Zhou, 2010). Adsorpsiyonun kolay uygulanabilir olması diğer yöntemlere göre daha çok tercih edilmesini sağlar (Nguyen vd., 2013). Literatürde birçok çalışma, toksik metallerin daha ucuz ve ekonomik adsorbanlarla uzaklaştırılmasını tartışmıştır. Yapılan çalışmalar, nanoteknolojinin nanopartiküller kullanılarak toksik ağır metal iyonları için atıksu arıtımında uygulanmasının çok ilgi gördüğünü göstermektedir. Nano ölçekli sıfır değerli demir (Fe^0), Fe_2O_3 , Fe_3O_4 , TiO_2 , SiO_2 ve Al_2O_3 gibi nanomalzemeler, toksik metal iyonlarının adsorpsiyonu için en çok kullanılanlardandır. Bunların arasında, çinko oksit (ZnO), endüstriyel uygulamalar için kullanılan en önemli çok fonksiyonlu oksit malzemelerden biridir. Ayrıca, nano yapılı ZnO'nun ağır metalleri verimli bir şekilde uzaklaştırabileceği bildirilmiştir. Bununla birlikte, son zamanlarda, birlikte mükemmel sinerjistik etkiler veren polimerler ile metal ve metal oksit nanoparçacıkları ağır metallerin uzaklaştırılması için hibrit malzemeler olarak geliştirilmektedir. Bu polimerler arasından kitosan (Ch) düşük maliyetli yenilenebilir doğal bir polimerdir ve mükemmel hidrofiliğe, biyouyumluluğa, biyolojik olarak bozunabilirliğe, toksik olmayan ve toksik metalleri ve organik bileşikleri adsorbe etmek için aktiftir. Kitosan yapısında amino ve hidroksil gruplarının bulunması, ona birçok aktif bölgede çalışan metal iyonlarını adsorbe etme yeteneği verir (Saad vd., 2018; Çınar vd., 2017).

Bu çalışmada yeşil sentez yöntemi ile sentezlenen ZnO partikülleri ve kitosan ile nano boyutta kompozit yapı oluşturulmuş ve Ni(II) iyonlarının sulu ortamdan giderimi araştırılmıştır. ZnO partiküllerinin sentezinde ise *Allium cepa* (soğan) kabukları kullanılarak atık organik malzemeden yararlanılmıştır. Çalışmada hem atık malzeme değerlendirilmesi hem de atık sulardan Ni (II) iyon giderimi gerçekleştirilerek sentezlenen kompozit yapının giderim potansiyeline sahip olduğu belirlenmiştir.

2. Materyal ve Metot

2.1. ZnO partikül ve ZnO-Ch nanokompozit sentezi

ZnO partiküllerinin sentezinde kullanılacak olan *A. cepa* kabukları su ile yıkanıp sabit tartıma gelene kadar kurutulmuşlardır. 1 gr kabuk 100 ml su ile ekstrakte edilmiş ve elde edilen ekstrakt ZnO partiküllerinin sentezinde indirgeyici olarak kullanılmıştır. ZnO partiküllerinin sentezi için başlangıç metali olarak 0,2 M $Zn(CH_3COO)_2 \cdot 2H_2O$ (ZnAc) kullanılmıştır. Ekstrakt: ZnAc oranı 1:5 olarak ayarlanmış ve 2 saat tepkime sonunda oluşan ZnO partikülleri 15 dakika 10.000 rpm' de santrifüjlenerek ayrılmış ve etüvde 50°C' de kurutulmuştur.

İyonik jelleşme tekniği ile nano boyutta kitosan sentezlenmiştir. Belirtilen yöntemde tripolifosfat (TPP) çapraz bağlayıcı olarak kullanılmıştır. % 0,25 TPP çözeltisi içerisine %1 asetik asit içerisinde çözünen Ch, Ch: TPP oranı 2:1 olacak şekilde damla damla eklenmiş ve 1 saat boyunca manyetik karıştırıcıda karıştırılmıştır. Sentezlenen Ch nanopartiküller santrifüjlenerek ayrılmış ve vakum etüvünde kurutulmuşlardır (Erdem vd.,2021).

Kompozit yapının sentezi için 1:1 oranında Ch nanopartiküller ve ZnO manyetik karıştırıcıda 24 saat süre ile karıştırılmış ve süre sonunda elde edilen kompozit santrifüjlenerek kurutulmuş ve adsorpsiyon deneylerinde kullanılmıştır.

2.1.1. ZnO- Ch karakterizasyonu

Sentezlenen ZnO-Ch karakterizasyonunda yapının boyut ve morfolojisi SEM (TESCAN MIRA3 XMU) ve yapıda bulunan olası fonksiyonel gruplar FTIR analizi ATR yöntemi (Bruker Mode: Tensor II) ile belirlenmiştir. Sentezlenen kompozitin kristal yapısı ise XRD (RIGAKU-MINIFLEX 600) analizi ile belirlenmiştir.

2.1.2. Adsorpsiyon Deneyleri

ZnO-Ch kompoziti ile Ni(II) giderimi kesikli sistemde gerçekleştirilmiştir. $NiSO_4 \cdot 6H_2O$ ile stok çözelti hazırlanmış ve deneylerde kullanılacak derişimler stok çözülden seyreltilerek hazırlanmıştır. Deney sisteminde çözelti pH'sı, başlangıç kirletici derişimi, temas süresi, adsorban miktarı ve sıcaklık parametreleri incelenmiş ve en iyi giderim koşulları belirlenmiştir. Çözelti pH ayarlamaları derişik ve seyreltik NaOH ve HCl ile yapılmıştır. Sistemden alınan örneklerde adsorplanmadan kalan Ni (II) derişimi nikel (II) iyonlarının sodyum dietil ditiyokarbamat la yaptığı sarı-kahverengi renkli kompleks yardımıyla spektrofotometrik olarak 460 nm'de spektrofotometrede (UV-2600, Shimadzu) absorpsiyon okunarak tayin edilmiştir (Snell ve Snell)

ZnO-Ch kompoziti ile Ni (II) iyon adsorpsiyonunda % adsorpsiyon ve q_e (mg/g) aşağıda verilen eşitlikler ile hesaplanmıştır;

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{m} \quad [1]$$

$$\% \text{ Adsorpsiyon} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \quad [2]$$

Burada C_o başlangıç derişimi (mg/L), C_e dengede adsorplanmadan kalan madde derişimi (mg/L), V çözelti hacmi (L) ve m adsorban kütlesi (g).

2.1.3. Adsorpsiyon Sisteminin Matematiksel Tanımlanması

Adsorpsiyon sistemini tanımlamak için deneysel olarak elde edilen veriler Langmuir, Freundlich ve Temkin izoterm modellerine uygulanarak her izotermin parametreleri belirlendi (Alabbad, 2021).

Langmuir izoterm modelinde adsorpsiyonun tek tabadada gerçekleştiği ve yüzeyin homojen olduğu kabul edilir. Langmuir izotermi Eşitlik 3 ile tanımlanır;

$$q_e = \frac{Q_o b C_e}{1 + b C_e} \quad [3]$$

Langmuir izoterminde verilen sabitler; q_e birim adsorban üzerine adsorplanan kirletici madde miktarı (mg/g), C_e sıvıda adsorplanmadan kirletici derişimi (mg/L), Q_o adsorbanın adsorptivitesine baęlı olan sabit (mg/g), b adsorpsiyon enerjisine baęlı olan sabit (L/mg) olarak tanımlanır.

Freundlich izoterm modeli Eşitlik 4 ile tanımlanır;

$$q_e = k_f C_e^{1/n} \quad [4]$$

k_f adsorpsiyon sabiti, n adsorpsiyon derecesi, q_e birim adsorban üzerine adsorplanan madde miktarı (mg/g), C_e sıvıda adsorplanmadan kirletici derişimi (mg/L) olarak tanımlanır.

Temkin izoterm modeli ise yüzeyin kirletici ile kaplanması sonucunda katmandaki tüm moleküllerin adsorpsiyon ısısının doğrusal olarak azaldığını varsayar ve aşağıda verilen Eşitlik 5 ile tanımlanmıştır;

$$q_e = \frac{RT}{b_T} \ln(AC_e) \quad [5]$$

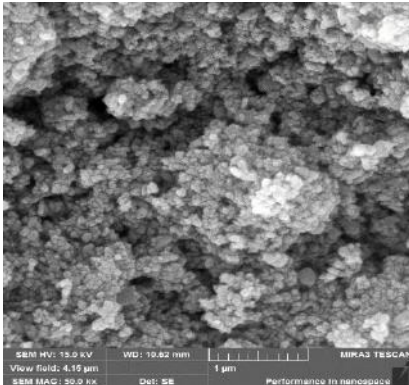
A , Temkin izotermi bağlanma sabiti, b_T Temkin izoterm sabiti, R ideal gaz sabiti (8.314 J/mol K), T mutlak sıcaklık (298 K) olarak tanımlanır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. ZnO-Ch kompozitinin karakterizasyonu

3.1.1. SEM Analiz Sonuçları

ZnO partikülleri ve Ch ile sentezlenen ZnO-Ch kompozit yapının SEM görüntüsü Şekil 1’de verilmiştir. 50 kX büyütme ile çekilen görüntüde ZnO-Ch yapısının küresel ve gözenekli olduğu gözlenmiştir.

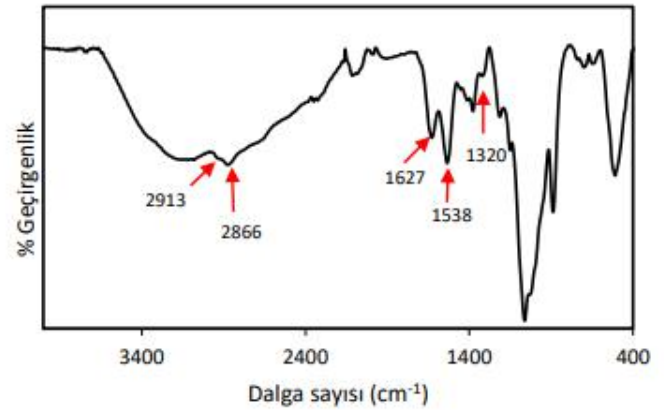


Şekil 1. ZnO-Ch kompoziti SEM görüntüsü
Figure 1. SEM image of ZnO-Ch composite

3.1.2. FTIR analiz Sonuçları

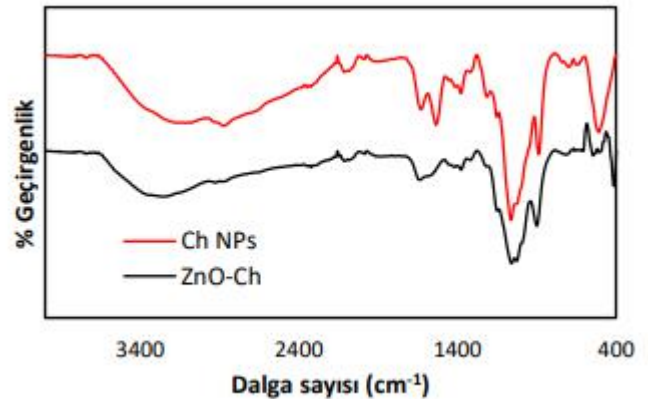
A. cepa ekstraktı ile sentezlenen ZnO partiküllerinin Ch ile oluşturduğu kompozit yapının FT-IR spektrumu incelenmiştir. ZnO-Ch kompozit yapısının araştırılmasında Ch’ nin FT-IR spektrumundan faydalanılmıştır.

Şekil 2’de Ch FT-IR analiz sonucu verilmiştir. Spektrumunda 2913 cm^{-1} ve 2866 cm^{-1} ’de bulunan pikler sırası ile C-H simetrik ve asimetrik gerilmesine gösterir ve bunlar polisakkaritler için karakteristik piklerdir. Ch’nin yapısında bulunan N-asetil grubu varlığı; 1627 cm^{-1} ’ gözlenen amid I kaynaklı C=O gerilmesi ve 1320 cm^{-1} ’de gözlenen amid III kaynaklı N-H gerilmesinden oluşan pikler ile doğrulanmıştır. 1538 cm^{-1} ’de gözlenen pik NH_2 grubundan kaynaklanan N-H bağının varlığını kanıtlar. (Queiroz vd., 2015).



Şekil 2. Ch FT-IR spektrumu
Figure 2. Ch FT-IR spectrum

Şekil 3’de verilen ZnO-Ch kompozitine ait FT-IR spektrumunda polisakkaritleri tanımlayan 2913 cm^{-1} ve 2866 cm^{-1} ’de bulunan pikler C-H saf Ch’ nin FT-IR spektrmunda da bulunmaktadır ve bu da ZnO partiküllerinin Ch ile kompozit bir yapı oluşturduğunu kanıtlamaktadır.



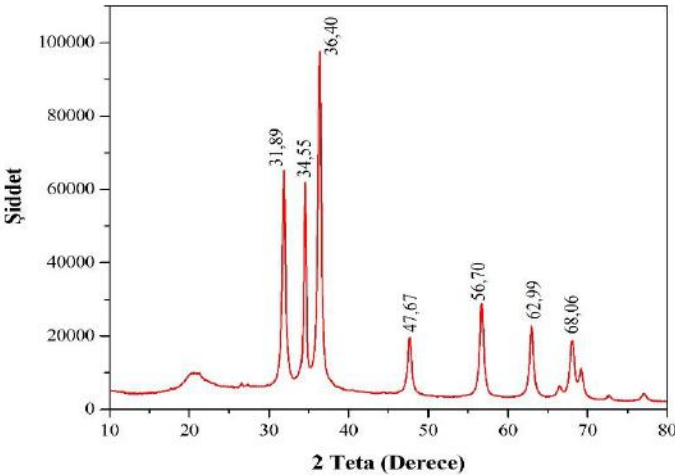
Şekil 3. ZnO-Ch kompoziti ve Ch FT-IR spektrumu
Figure 3. ZnO-Ch composite and Ch FT-IR spectrum

3.1.3. XRD Analiz Sonuçları

Şekil 4' de ZnO-Ch kompozitine ait XRD desenleri bulunmaktadır. ZnO-Ch kompozitinde 21,25° (2θ)' de gözlenen pik Ch' ın karakteristik pikidir. ZnO-Ch kompozitinin XRD analiz sonucunda Ch'ın karakteristik piki bulunmaktadır.

ZnO-Ch kompozitinin XRD deseninde hem ZnO partiküllerinin hem de Ch' ın karakteristik pikleri görülmektedir. Elde edilen XRD deseninden ZnO partiküllerinin kristal yapısı Ch ile kompozit oluşturduktan sonra da yapısını koruduğunu göstermektedir. Ayrıca ZnO-Ch kompoziti yapısında bulunan ve Ch'na karşılık gelen pikin bulunması ZnO-Ch kompozit sentezinin başarılı olduğunu göstermektedir (Dananjaya vd., 2018; Qiu vd., 2019).

ZnO nanopartiküllerin difraksiyon pikleri sırasıyla (010), (002), (011) (012), (110), (013) ve (112) yansıma düzlemleri ile ilişkilendirilen 2θ: 31,89°, 34,55°, 36,40°, 47,67°, 56,70°, 62,99° ve 68,06° deki pikleri de örneğimizin XRD difraktogramında belirgin bir şekilde görülebilmektedir. Bu sonuç ayrıca ZnO'nun verilen standart XRD modeli (JCPDS 36-1451) ile uyumludur. Ayrıca, ZnO-Ch XRD deseni ZnO dışında herhangi bir XRD piki içermediğinden sentezlenen nano tozun safsızlıklardan arınmış olduğunu da doğrulamakta ve yüksek saflıkta elde edildiğini göstermektedir (Shamhari vd., 2018; Yedurkar vd., 2016; Nesakumar vd., 2012



Şekil 4. ZnO-Ch kompoziti XRD desenleri
Figure 4. ZnO-Ch composite XRD patterns

XRD analizi, ZnO-Ch partiküllerinin ortalama kristalit tane büyüklüğünün hesaplanmasında kullanılmıştır (Boran vd., 2019). Ortalama ZnO-Ch partiküllerinin ortalama kristalit boyutu, (010), (002), (011) (012), (110), (013) ve (112) yansıma düzlemlerinin pik (2θ) yarı yüksekliğindeki tam genişlikleri Debye-Scherrer denkleminde hesaplandı:

$$d_{XRD} = \frac{0,89\lambda}{\beta \cos\theta}$$

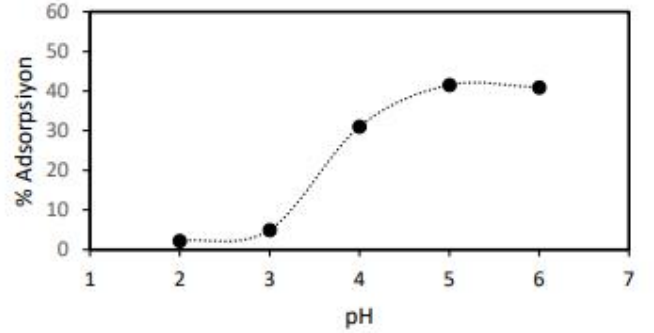
Burada 0.89 K faktörü Scherrer sabiti, β pik yarı yükseklik tam genişlikleri, λ X-ray dalga boyu (1.541871 Å) ve θ Bragg

açısıdır (Shamhari vd., 2018; Boran,2021). XRD verilerinden Debye-Scherrer denklemi ile ZnO-Ch partiküllerinin ortalama kristalit tane büyüklüğü 18,62 nm olarak belirlenmiştir.

3.2. Ni (II) Giderim çalışmaları

3.2.1. pH etkisi

Başlangıç pH değerinin ZnO-Ch kompoziti ile Ni (II) giderim etkisini incelemek için, 24 saat temas süresinde, 100 mg/L başlangıç derişiminde ve oda sıcaklığında (23°C) deneyler yapılmıştır. pH çalışmaları pH 0-6,0 aralığında incelenmiştir. ZnO-Ch kompozitinin Ni (II) % adsorpsiyon sonucu Şekil 5' de verilmiştir.



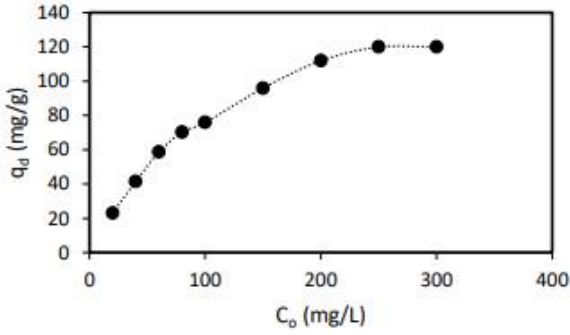
Şekil 5. Ni (II) Adsorpsiyonuna pH etkisi
Figure 5. Effect of pH on Ni(II) adsorption

% Adsorpsiyon grafiğinde ZnO-Ch kompozit yapısının Ni(II) gideriminin pH 2,0 ve pH 3,0 değerlerinde çok düşük olduğu görülmektedir. ZnO-Ch kompozitinin pH 5,0' da % 41 giderim sağladığı bulunmuştur. Ni (II) giderimi ile ilgili literatürde bulunan çalışmalarda pH değerinin 6,0' ın üzerine çıkması ile metal iyonlarının kimyasa çökmeye uğradığı açıklanmıştır. Gürel vd., (2010) yaptığı çalışmada Ni(II) giderimi için çalışma aralığı 1,0-5,0 olarak seçilmiş ve optimum pH değeri 5,0 olarak belirlenmiştir. Barati vd., (2013) yaptığı çalışmada ise poly(methacrilamid-akrilik asit)/montmorillonit nano kompoziti ile Ni (II) ve Cu(II) giderimini incelemişlerdir. Çözelti ortamının pH'ı 2,1'den 6,8'e yükseldiğinde adsorpsiyon kapasitesi 2,3'ten 14,5 mg g⁻¹'e yükselmiş, ancak pH'ın 6,8'den 11,5'e daha fazla artması her iki metal iyonunun adsorpsiyon kapasitesini düşürmüştür.

3.2.2. Başlangıç Kirlenici Derişimi Etkisi

Başlangıç kirlenici derişimi, metal iyonunun sulu ve yığın fazlar arasındaki tüm kütle transfer direncinin üstesinden gelmesi için önemli bir itici güç sağlar. Bu nedenle, başlangıç nikel iyon derişiminin değışimi, tüm adsorpsiyon çalışmalarında araştırılması gereken önemli bir faktördür (Gürel, 2017).

Ni (II) iyonları başlangıç derişiminin adsorpsiyon sistemine etkisini incelemek amacı ile kirlenici derişim aralığı 20-300 mg/L olarak seçilmiştir. Ortam sıcaklığı 23 °C ve pH 5,0' da deneyler yürütülmüştür. Sonuçlar Şekil 6' da adsorpsiyon kapasitesi olarak verilmiştir.

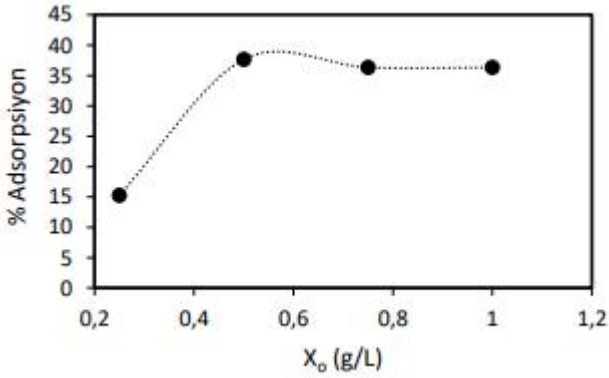


Şekil 6. Ni (II) Adsorpsiyonuna başlangıç kirletici derişimi etkisi
Figure 6. Effect of initial pollutant concentration on Ni(II) adsorption

ZnO-Ch kompozitinin adsorpsiyon kapasitesi 100 mg/L kirletici derişiminde 76 mg/g olarak belirlenmiştir. Başlangıç kirletici derişiminin 300 mg/L' ye çıktığında ise ZnO-Ch kompozitin adsorpsiyon kapasitesi 120 mg/g olarak belirlenmiştir. Kirletici derişiminin artması ile itici gücün artmasını sağlar ve adsorplanan kirletici derişimi artır.

3.2.3. Adsorban Miktarı Etkisi

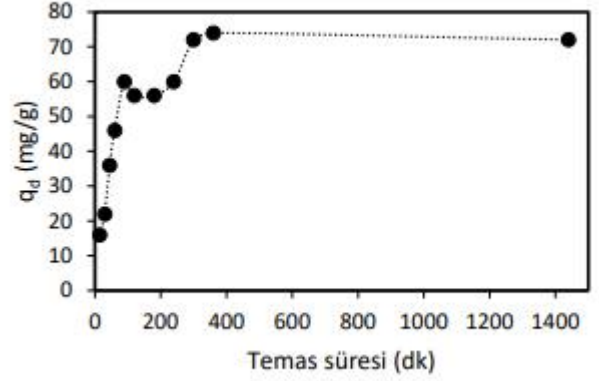
Ni (II) giderimine ZnO-Ch kompozit miktarının etkisini (X₀: 0,25-1,0 g/L) incelemek amacı ile yapılan çalışmada adsorban miktarı 0,25-1,0 g/L aralığında incelenmiştir (Şekil 7). % adsorpsiyon grafiğinde en iyi % adsorpsiyon miktarı 0,5 g/L adsorban miktarında % 37 olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. Ni (II) Adsorpsiyonuna adsorban miktarı etkisi
Figure 7. Effect of adsorbent amount on Ni(II) Adsorption

3.2.4. Temas süresi etkisi

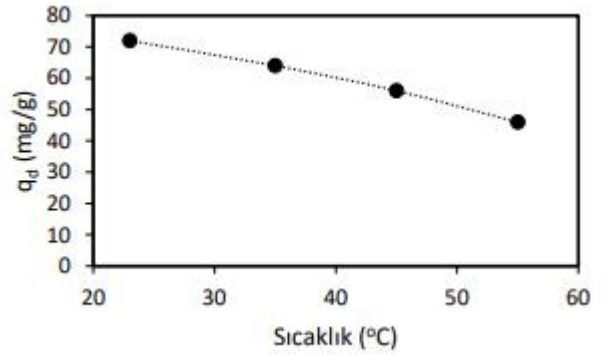
Ni(II) iyonlarının ZnO-Ch kompozit ile giderilmesinde temas süresi etkisi 15-1440 dk aralığında incelenmiştir. Şekil 8' de temas süresinin adsorpsiyon kapasitesine üzerine etkisi verilmiştir. Temas süresinin artması ile adsorpsiyon kapasitesinin arttığı görülmektedir. 15 dakikada 16 mg/g giderim sağlanırken temas süresinin artması ile 300 dk 72 mg/g giderim sağlanmıştır. Denge süresi 300 dk olarak belirlenmiştir. 300 dk' dan sonra giderim veriminde önemli bir değişiklik olmamıştır.



Şekil 8. Ni (II) Adsorpsiyonuna temas süresi etkisi
Figure 8. Contact time effect on Ni(II) adsorption

3.2.5. Sıcaklık etkisi

Ni (II) iyonlarının ZnO-Ch kompoziti ile gideriminde sıcaklığın etkisi 25-55 °C aralığında incelenmiştir. pH 5,0 ve 100 mg/L Ni(II) derişiminde 300 dk temas süresinde deney gerçekleştirilmiş ve elde edilen sonuç Şekil 9' da verilmiştir.



Şekil 9. Ni (II) Adsorpsiyonuna temas süresi etkisi
Figure 9. Contact time effect on Ni(II) Adsorption

ZnO-Ch kompoziti ile yapılan Ni (II) adsorpsiyonunda sıcaklığın artması ile adsorpsiyon kapasitesinin düştüğü gözlenmiştir. Ortam sıcaklığının 25 °C' den 55 °C' ye çıkması ile Ni(II) giderimi 72 mg/g' dan 46 mg/g' a düşmüştür.

3.3. Langmuir, Freundlich ve Temkin izoterm modelleri

ZnO-Ch kompoziti ile Ni (II) adsorpsiyonu 23°C sıcaklıkta, pH 5,0' da ve farklı Ni (II) derişimlerinde yapılan deneyler sonucu elde edilen Langmuir, Freundlich ve Temkin izoterm sonuçları Tablo 1' de verilmiştir. Langmuir izotermine bulunan Q_{max} değeri, 222,2 mg/g olarak bulunmuştur.

Tablo 1. ZnO-Ch kompoziti ile Ni (II) gideriminde izoterm sabitleri

Table 1. Isotherm constants for Ni(II) removal with ZnO-Ch composite

Langmuir izotermi			Freundlich izotermi			Temkin izotermi		
Q _{max} (mg/g)	b (L/mg)	R ²	k _F (L/g)	1/n	R ²	A _t (L/g)	b _t	R ²
222,2	0,0012	0,98	2,53	0,48	0,86	0,307	67,75	0,95

3.4. Literatür ile karşılaştırma

ZnO-Ch kompoziti ile Ni (II) giderim çalışmaları ile elde edilen sonuçların literatür ile karşılaştırılması Tablo 1’ de verilmiştir. Sentezlenen kompozitin Ni (II) gideriminde kullanılabilir bir potansiyele sahip olduğu görülmüştür. Sentezlenen kompozit laboratuvar ortamında Ni (II) giderimi için iyi sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 2. Literatürde bulunan adsorbentler ile karşılaştırma

Table 2. Comparison with adsorbents found in the literature

Adsorbent	Q (mg/g)	Referans
Bentonite/GO	402,45	Chang vd., 2020
Pvp/ SiO ₂	46,08	Betiha vd., 2020
Doğal klinoptilolit	3,8	Rajic vd., 2010
Kitosan	2,4	Huang vd., 1996
Fe ₃ O ₄ @TiO ₂ -CN	75,5	Barkat vd., 2014
MWCNTs	6,09	Abdal-Ghani vd., 2015
ZnO- Ch kompozit	222,22	Bu çalışma

4. Sonuç

Çalışmada öncelikle atık organik malzeme ile yeşil sentez yöntemi kullanılarak ZnO partikülleri sentezlendi. Sentezde kullanılan yöntem atık kullanımını kapsadığından ve sentez aşamasında fazla kimyasal madde kullanılmaması ile son zamanlarda ilgi çeken ve önem kazanan “Yeşil sentez” olarak adlandırılmaktadır. Ch iyonik jelleşme yöntemi ile nanopartikül haline getirildikten sonra ZnO partikülleri ile kompozit oluşturuldu. Sentezlenen ZnO-Ch kompoziti Ni (II) iyon gideriminde kullanıldı. Kesikli sistemde yapılan deneylerde optimum parametreler pH 5,0, adsorban miktarı 0,5 g/L, temas süresi 300 dk ve sıcaklık 23 °C olarak belirlendi. ZnO-Ch kompozitinin maksimum adsorpsiyon kapasitesi 222,2 mg/g olarak hesaplandı. Sıcaklık çalışmaları ile adsorpsiyon kapasitesinin artan sıcaklık ile düşmesi sistemin ekzotermik olduğunu gösterdi. Atık maddelerden sentezlenen ZnO partikülleri ve Ch ile oluşturulan ZnO-Ch kompozit yapının sulu ortamdan Ni (II) iyon giderim potansiyeline sahip olduğu belirlendi. Çalışmada laboratuvar koşullarında başarılı sonuçlar elde edilmiştir.

5. Teşekkür

Bu çalışma, Sivas Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (CÜBAP) tarafından M-669 proje numarası ile desteklenmiştir.

Kaynakça

- Abdel-Ghani, N. T., El-Chaghaby, G. A., & Helal, F. S. (2015). Individual and competitive adsorption of phenol and nickel onto multiwalled carbon nanotubes. *Journal of advanced research*, 6(3), 405-415.
- Alabbad, E. A. (2021). Efficacy assessment of natural zeolite containing wastewater on the adsorption behaviour of Direct Yellow 50 from; equilibrium, kinetics and thermodynamic studies. *Arabian Journal of Chemistry*, 14(4), 103041.
- Barati, A., Asgari, M., Miri, T., & Eskandari, Z. (2013). Removal and recovery of copper and nickel ions from aqueous solution by poly (methacrylamide-co-acrylic acid)/montmorillonite nanocomposites. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(9), 6242-6255.
- Barkat, M., Chegrouche, S., Mellah, A., Bensmain, B., Nibou, D., & Boufatit, M. (2014). Application of algerian bentonite in the removal of cadmium (II) and chromium (VI) from aqueous solutions. *Journal of Surface Engineered Materials and Advanced Technology*, 2014.
- Betiha, M. A., Moustafa, Y. M., Mansour, A. S., Rafik, E., & El-Shahat, M. F. (2020). Nontoxic polyvinylpyrrolidone-propylmethacrylate-silica nanocomposite for efficient adsorption of lead, copper, and nickel cations from contaminated wastewater. *Journal of Molecular Liquids*, 314, 113656.
- Boran, F. (2021). Encapsulation of CuO nanoparticles inside the channels of the multi-walled carbon nanotubes functionalized with thermal stress. *Diamond and Related Materials*, 114, 108306.
- Boran, F., TAŞKIRAN, İ., & Çetinkaya, S. (2019). Poli (sodyum 4-stiren sülfonat) Kaplı SnO₂ Nanoparçacıklarının Sentezi, Karakterizasyonu ve Gaz Algılama Özelliklerinin İncelenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 412-422.
- Chang, Y. S., Au, P. I., Mubarak, N. M., Khalid, M., Jagadish, P., Walvekar, R., & Abdullah, E. C. (2020). Adsorption of Cu (II) and Ni (II) ions from wastewater onto bentonite and bentonite/GO composite. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(26), 33270-33296.
- Çınar, S., Kaynar, Ü. H., Aydemir, T., Kaynar, S. C., & Ayvacıklı, M. (2017). An efficient removal of RB5 from aqueous solution by adsorption onto nano-ZnO/Chitosan composite beads. *International journal of biological macromolecules*, 96, 459-465.
- Erdem, S., Öztekin, M., & Açıkel, Y. S. (2021). Investigation of tetracycline removal from aqueous solutions using halloysite/chitosan nanocomposites and halloysite nanotubes/alginate hydrogel beads. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 16, 100576.
- Dananjaya, S. H. S., Kumar, R. S., Yang, M., Nikapitiya, C., Lee, J., & De Zoysa, M. (2018). Synthesis, characterization of ZnO-chitosan nanocomposites and evaluation of its antifungal activity against pathogenic *Candida albicans*. *International journal of biological macromolecules*, 108, 1281-1288.

- Deliyanni, E. A., Lazaridis, N. K., Peleka, E. N., & Matis, K. A. (2004). Metals removal from aqueous solution by iron-based bonding agents. *Environmental Science and Pollution Research*, 11(1), 18-21.
- Gürel, L. (2010). senturk I, Bahadir T, Buyukgungor H (2010) Treatment of Nickel Plating Industrial Wastewater by Fungus Immobilized onto Rice Bran. *J Microbial Biochem Technol*, 2, 034-037.
- Gürel, L. (2017). Applications of the biosorption process for nickel removal from aqueous solutions—A review. *Chemical Engineering Communications*, 204(6), 711-722.
- Huang, C., Chung, Y. C., & Liou, M. R. (1996). Adsorption of Cu (II) and Ni (II) by pelletized biopolymer. *Journal of Hazardous Materials*, 45(2-3), 265-277.
- Liu, D., Sun, D., & Li, Y. (2010). Removal of Cu (II) and Cd (II) from aqueous solutions by polyaniline on sawdust. *Separation Science and Technology*, 46(2), 321-329.
- Liu, Z. R., & Zhou, S. Q. (2010). Adsorption of copper and nickel on Na-bentonite. *Process safety and environmental protection*, 88(1), 62-66.
- Nesakumar, N., Rayappan, J. B. B., Jeyaprakas, B. G., & Krishnan, U. M. (2012). Influence of pH on structural morphology of ZnO nanoparticle. *Journal of Applied Sciences*, 12(16), 1758-1761.
- Nguyen, N. V., Jeong, J., & Lee, J. C. (2013). Removal of chromium (VI) from the leachate of electronic scrap using non-ionic Amberlite XAD-7HP resin. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*, 88(6), 1014-1022.
- Qiu, B., Xu, X. F., Deng, R. H., Xia, G. Q., Shang, X. F., & Zhou, P. H. (2019). Construction of chitosan/ZnO nanocomposite film by in situ precipitation. *International journal of biological macromolecules*, 122, 82-87.
- Queiroz, M. F., Teodosio Melo, K. R., Sabry, D. A., Sasaki, G. L., & Rocha, H. A. O. (2014). Does the use of chitosan contribute to oxalate kidney stone formation?. *Marine drugs*, 13(1), 141-158.
- Rajic, N., Stojakovic, D., Jovanovic, M., Logar, N. Z., Mazaj, M., & Kaucic, V. (2010). Removal of nickel (II) ions from aqueous solutions using the natural clinoptilolite and preparation of nano-NiO on the exhausted clinoptilolite. *Applied Surface Science*, 257(5), 1524-1532.
- Shamhari, N. M., Wee, B. S., Chin, S. F., & Kok, K. Y. (2018). Synthesis and characterization of zinc oxide nanoparticles with small particle size distribution. *Acta Chimica Slovenica*, 65(3), 578-585.
- Snell, F. D., & Snell, C. T. (1959). *Colorimetric Methods of Analysis: Including Photometric Methods by Forster Dee Snell*. van Nostrand.
- Yedurkar, S., Maurya, C., & Mahanwar, P. (2016). Biosynthesis of zinc oxide nanoparticles using ixora coccinea leaf extract—a green approach. *Open Journal of Synthesis Theory and Applications*, 5(1), 1-14.



Resnet based Deep Gated Recurrent Unit for Image Captioning on Smartphone

Betül Uslu^{1*}, Özkan Çaylı¹, Volkan Kılıç¹, Aytuğ Onan²

¹ İzmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering, Department of Electrical and Electronics, İzmir, Turkey, (ORCID: 0000-0003-1868-9670, 0000-0002-3389-3867, 0000-0002-3164-1981), betuluslu5u5@gmail.com, ozkan.cayli@ikcu.edu.tr, volkan.kilic@ikcu.edu.tr

² İzmir Katip Celebi University, Faculty of Engineering, Department of Computer, İzmir, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9434-5880), aytug.onan@ikcu.edu.tr

(First received 21 February 2022 and in final form 30 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1107035)

ATIF/REFERENCE: Uslu, B., Çaylı, Ö., Kılıç, V., & Onan, A. (2022). Resnet based Deep Gated Recurrent Unit for Image Captioning on Smartphone. *European Journal of Science and Technology*, (35), 610-615.

Abstract

Image captioning aims at generating grammatically and semantically acceptable natural language sentences for visual contents. Gated recurrent units (GRU) based approaches have recently attracted much attention due to their performance in caption generation. Challenges with GRU are to deal with vanishing gradient problems and modulation of the most relevant information flow in deep networks. In this paper, we propose a resnet-based deep GRU approach to overcome the vanishing gradient problem with residual connections while the most relevant information is ensured to flow using multiple layers of GRU. Residual connections are employed between consecutive layers of deep GRU, which improves the gradient flow from lower to upper layers. Experimental investigations on the publicly available MSCOCO dataset prove that the proposed approach achieves comparable performance with some state-of-the-art approaches. Moreover, the approach is embedded into our custom-designed Android application, *CaptionEye*, which offers the ability to generate captions without an internet connection under a voice user interface.

Keywords: Gated Recurrent Unit, Residual Connection, Image Captioning, Android Application.

Resnet Tabanlı Derin Geçitli Tekrarlayan Birim ile Akıllı Telefonda Görüntü Altyazılama

Öz

Görüntü altyazılama, görsel içerikler için dilbilgisel ve anlamsal olarak uygun doğal dil cümleleri oluşturmayı amaçlamaktadır. Geçitli tekrarlayan birim (GRU) tabanlı yaklaşımlar, son zamanlarda altyazı oluşturmadaki performanslarından dolayı büyük ilgi görmektedir. Kaybolan gradyan problemi ve derin ağlardaki ilgili bilgi akışının modülasyonunu sağlanması GRU'daki başlıca zorluklardır. Bu çalışmada, ilgili bilgilerin çoklu GRU katmanları kullanılarak aktarılmasını sağlamak, ve kaybolan gradyan sorununun üstesinden gelmek için resnet tabanlı bir derin GRU yaklaşımı önerilmektedir. Derin GRU'nun ardışık katmanları arasında artık bağlantılar kullanılmasıyla alt katmanlardan üst katmanlara doğru gradyan akışının iyileştirilmesi sağlanmıştır. Yaygın olarak kullanılan MSCOCO veri seti üzerindeki deneysel araştırmalar, önerilen yaklaşımın son yaklaşımlarla karşılaştırılabilir performans sağladığını göstermiştir. Ayrıca bu yaklaşım, internet bağlantısı olmaksızın altyazı oluşturma olanağı sunan ve sesle kontrol edilebilen bir arayüzü olan kendi tasarladığımız Android uygulamamıza *CaptionEye* gömülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Kapılı Tekrarlayan Birim, Artık Bağlantı, Görüntü Altyazılama, Android Uygulama.

1. Introduction

Image captioning focuses on expressing images with linguistically and semantically proper sentences (Fetiler, Çaylı, Moral, Kılıç, & Aytuğ, 2021; Keskin, Çaylı, Moral, Kılıç, & Aytuğ, 2021), which has found applications in visual question answering (Anderson et al., 2018), image indexing (Chang, 1995), and virtual assistants (Aydın, Çaylı, Kılıç, & Aytuğ Onan, 2022; Baran, Moral, & Kılıç, 2021; Çaylı, Makav, Kılıç, & Onan, 2020; Keskin, Moral, Kılıç, & Onan, 2021; Makav & Kılıç, 2019b).

Recent studies mainly benefit from retrieval-based, template-based, and neural encoder-decoder frameworks for image captioning. The retrieval-based framework creates a candidate caption set from reference captions in the dataset similar to the input image. A caption that describes the most semantic information of the input image is selected from the candidate set (Yang et al., 2020). The dependency of the candidate set on the reference captions results in meaningless captions for images different from those in the training set.

The template-based framework predicts tags utilizing subjects, objects, and verbs from the image and then employs predefined language templates to generate a caption. However, the utilization of the framework causes no diversity in the generated captions due to the limited number of templates (Yu, Li, Yu, Huang, & technology, 2019). The neural encoder-decoder framework, which conventionally consists of a convolutional neural network (CNN) and recurrent neural network (RNN), overcomes the issues in retrieval-based and template-based frameworks (Makav & Kılıç, 2019a; Mao et al., 2014) because it conveys visual information of images as a latent vector for effective caption generation. In general, many researchers exploit CNN architectures pre-trained on largescale image classification datasets such as Inception-v3 (Szegedy, Vanhoucke, Ioffe, Shlens, & Wojna, 2016), Xception (Chollet, 2017), and NASNet (Qin & Wang, 2019) in the encoder because training from scratch is computationally expensive and time-consuming.

The latent vector is fed to the RNN-based decoder utilizing injection techniques for caption generation. There are four injection techniques for image captioning: init-inject, pre-inject, par-inject, and merge (Tanti, Gatt, & Camilleri, 2018). For the init-inject, the latent vector which contains the image features is fed to the initial state of the RNN (Devlin et al., 2015; Liu, Zhu, Ye, Guadarrama, & Murphy, 2017). The pre-inject employs the latent vector as input to the RNN priorly to the words (Nina & Rodriguez, 2015; Rennie, Marcheret, Mroueh, Ross, & Goel, 2017; Vinyals, Toshev, Bengio, & Erhan, 2015). In the par-inject, the latent vector is concatenated with a word embedding layer output and fed to the RNN as input (Donahue et al., 2015; Yao, Pan, Li, Qiu, & Mei, 2017). The merge adds the latent vector to linguistic features coming from the RNN before the

output layer of the decoder (Baran et al., 2021), (Mao et al., 2014), (Mao et al., 2015). RNN is specifically developed to deal with long sequence data. However, as the sequence gets longer, vanilla RNN encounters issues of vanishing and exploding gradients (Bengio, Simard, & Frasconi, 1994; Q. Wang, Bu, & He, 2020). Therefore, gated RNNs such as Long-short-term memory (LSTM) (Hochreiter & Schmidhuber, 1997) and GRU (Chung, Gulcehre, Cho, & Bengio, 2014) have been developed to overcome these issues. LSTM provides high performance in language modeling studies, such as machine translation and captioning, with input, output, and forget gates. GRU combines the forget and input gates into a single update gate, making the GRU utilize fewer parameters than the LSTM. Therefore, GRU-based networks prominently converge on large-scale datasets faster than LSTM-based (Kılıç, 2021; B. Wang, Kong, Guan, & Xiong, 2019). Stacking RNN layers improves the network to capture more relevant features, leading to a meaningful caption (Rahman, Srikumar, & Smith, 2018; Sagheer & Kotb, 2019). Despite the promising results with multiple RNN layers, retaining the gradient flow becomes challenging due to increased number of layers.

In this study, we propose a resnet-based deep gated recurrent unit approach under the neural encoder-decoder framework for image captioning. The approach employs residual connections between subsequent layers on the decoder side to maintain gradient flow. Inception-v3 CNN architecture pre-trained on the ImageNet dataset is utilized on the encoder side. We used the MSCOCO Captions dataset (Lin et al., 2014) for experiments and evaluated the efficacy with performance metrics such as CIDEr, SPICE, METEOR, ROUGE-L, and BLEU-n (1, 2, 3, 4).

The rest of the paper is organized as follows: Section 2 presents the proposed image captioning approach with theoretical foundations and our custom-designed Android application *CaptionEye*, which generates a caption without an internet connection. Section 3 introduces the setup of the dataset, performance metrics, and results. Closing remarks are given in Section 4.

2. Methodology

In this section, the proposed image captioning approach under the encoder-decoder framework is first introduced. Then, we present the Android application *CaptionEye* running the proposed approach without an internet connection.

2.1. The Proposed Approach

We utilize the Inception-v3 CNN architecture to extract the features for a given image in the encoder, and then an RNN based decoder generates a caption in the proposed approach.

The Inception-v3 architecture consists of convolution, pooling, and linear layers and has an input size of 3-by-299-by-299. Furthermore, the output of the global average pooling layer is taken as the image feature, which has a size of 2048.

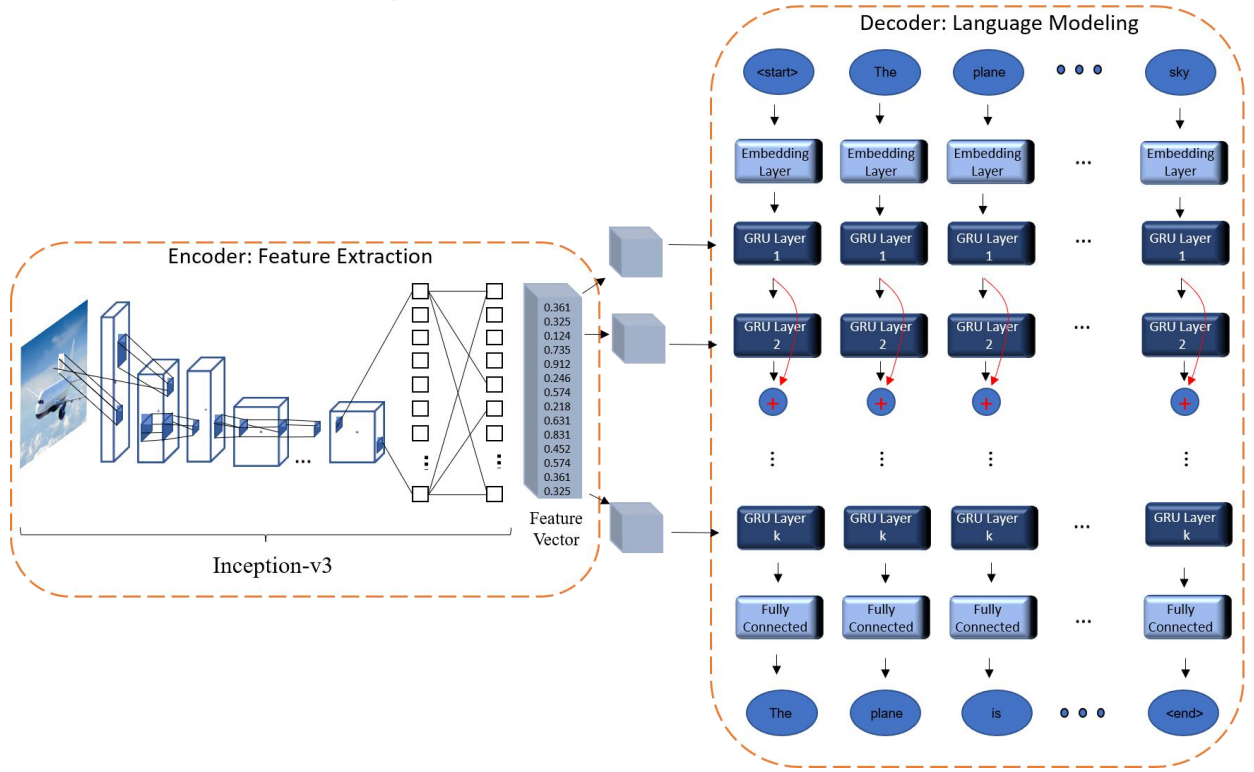


Figure 1. The Proposed Image Captioning Approach

Then, the feature is passed into the decoder as the latent vector. On the other hand, the decoder consists of embedding, multi-layer GRU, and linear layers. The embedding layer aims to represent the words as meaningful vectors, which finds effective use in language modeling. A GRU is a gated RNN with reset r_t , update z_t , and new u_t gates. The GRU updates the hidden state as shown in Equation 1.

$$\begin{aligned}
 r_t &= \sigma(W_r x_t + W_r h_{t-1}) \\
 z_t &= \sigma(W_z x_t + W_z h_{t-1}) \\
 h_t &= (1 - z_t)h_{t-1} + z_t u_t \\
 u_t &= \tanh(W_u x_t + W_u (r_t h_{t-1}))
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

where x_t is the input, and h_t is the hidden state at time t . Similarly, W_r , W_z , and W_u are the weights for the reset, update, and new gates, respectively. Furthermore, \tanh and sigmoid are the activation functions denoted as \tanh , and σ , respectively.

$$\begin{aligned}
 x_t^l, h_t^l &= GRU_l(x_t^{l-1}, h_{t-1}^{l-1}) \\
 x_t^{l+1}, h_t^{l+1} &= GRU_{l+1}(x_t^l + x_t^{l-1}, h_{t-1}^{l+1})
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

where superscript l represents the order of the GRU layer. Deep GRU consists of multiple GRU layers stacked on top of each other. Residual connections are employed between the layers as shown in Equation (2).

The linear layer consists of weight and bias and outputs a probability distribution over words. $\mathbf{Y} = y_1, y_2, y_3, \dots, y_n$ where y_n corresponds to the n -th word which represents a ground-

truth sentence. Similarly, $\hat{\mathbf{Y}}$ is the sequential prediction of the approach. The cross entropy loss, a combination of softmax activation function and negative log-likelihood loss (NLL), is utilized in training. Therefore, the loss is calculated as $loss = NLL(softmax(Y), softmax(\hat{Y}))$. In addition, the stochastic gradient descent algorithm is utilized for training.

2.2. Android-based Application

The developed Android application called *CaptionEye* offers to generate captions on smartphones without an internet connection, leading to an improved response time. First, the approach is quantized to accelerate the inference time. Then the approach is converted to a script to infer in the application. *CaptionEye* can take images using the camera or gallery. In addition, it supports various languages with speech command recognition. Screenshots of the *CaptionEye* are given in Figure 2.

3. Experimental Evaluations

This section presents performance evaluations of the proposed approach using the MSCOCO Captions dataset.

3.1. Dataset and Performance Metrics

Here, we evaluate the proposed approach on the MSCOCO Captions as it a large-scale dataset that contains 118287 training and 5000 validation images, and each has at least five corresponding reference captions. We choose six to fifteen word captions in the training set to ensure consistency in the generated caption lengths.

Decoder Design	# of Decoder Layer	CIDEr	BLEU-4	BLEU-3	BLEU-2	BLEU-1	ROUGE-L	METEOR	SPICE
Multi-layer GRU with residual connections	3-Layer	0.692	0.210	0.310	0.455	0.648	0.471	0.213	0.144
	4-Layer	0.672	0.209	0.308	0.454	0.648	0.471	0.210	0.140
	5-Layer	0.680	0.208	0.309	0.455	0.651	0.470	0.209	0.142
	6-Layer	0.679	0.210	0.310	0.454	0.647	0.471	0.210	0.140
	7-Layer	0.680	0.210	0.309	0.454	0.646	0.469	0.210	0.139
	8-Layer	0.722	0.223	0.325	0.471	0.661	0.481	0.215	0.146
	9-Layer	0.718	0.216	0.316	0.463	0.656	0.475	0.214	0.145
10-Layer	0.723	0.221	0.325	0.472	0.665	0.479	0.213	0.146	
Multi-layer GRU without residual connections	3-Layer	0.677	0.211	0.311	0.453	0.645	0.471	0.210	0.139
	4-Layer	0.676	0.208	0.306	0.450	0.644	0.470	0.211	0.140
	5-Layer	0.716	0.224	0.326	0.471	0.660	0.480	0.215	0.145
	6-Layer	0.674	0.211	0.311	0.458	0.652	0.470	0.209	0.138
	7-Layer	0.673	0.211	0.314	0.462	0.657	0.475	0.208	0.140
	8-Layer	0.705	0.228	0.332	0.479	0.669	0.483	0.213	0.143
	9-Layer	0.681	0.213	0.315	0.460	0.650	0.474	0.210	0.140
10-Layer	0.702	0.222	0.323	0.468	0.659	0.480	0.213	0.142	

Table 1. Experimental evaluations on residual connection

BLEU-n (n = 1, 2, 3, 4), ROUGE-L, SPICE, METEOR, and CIDEr performance metrics are employed to check the accuracy of the proposed approach. BLEU-n measures the n-gram overlap between generated and reference captions developed initially for machine translation. Similarly, METEOR is developed for machine translation and utilizes the harmonic average of unigram matches between precision and recalls. ROUGE-L is a text summary performance metric that measures the longest common subsequence between a generated caption and references. SPICE is a semantic performance metric that first parses each reference sentence and then evaluates the objects, attributes, and relationships in the generated captions, rather than directly comparing a generated caption with a set of reference sentences for syntactic compatibility. CIDEr evaluates the consensus between a caption and references, exploiting sentence similarity to capture grammatical accuracy and saliency concepts. We choose the CIDEr to compare the main findings as it is the default metric in the MSCOCO Captions dataset evaluations.

Model	BLEU-1	BLEU-2	BLEU-3	BLEU-4	ROUGE-L	SPICE	METEOR	CIDEr
(Chen et al., 2018)	0.505	0.308	0.191	0.121	-	-	-	0.600
(You, Jin, & Luo, 2018)	0.511	0.322	0.207	0.136	0.390	-	0.170	0.655
Proposed Approach	0.655	0.472	0.325	0.221	0.479	0.146	0.213	0.723

Table 2. Comparison with state-of-the-art

3.2. Result and Discussion

We evaluate the effect of the residual connected deep GRU with performance metrics and qualitative analysis on the validation set of the dataset. The deep GRU is utilized from three to ten layers with and without residual connections in the experiments.

In Table 1, we present the scores of the proposed approach across multiple performance metrics where "with residual connections" achieves the highest CIDEr score in the 10-layer. However, the approach "without residual connections" reaches

its finest in the 5-layer. This discrepancy in the scores could be attributed to the benefits of residual connections.

In Table 2, we report a comparison of the proposed residual connected multi-layer GRU with encoder-decoder approaches. Our proposed approach outperforms (Chen et al., 2018) and (You et al., 2018) in terms of all performance metrics.

Compared with the "without residual connections", the "with residual connections" achieves more accurate caption generation. For the first image of Table 3, the proposed approach generates the caption "a city street with a lot of people walking around it" which is a meaningful description. On the other hand, the caption generated by the "without residual connections" refers to "a large clock tower" which is defective information for the image. Furthermore, "with residual connections" expresses the image as "a kite is flying in the sky" where the phrase "a kite" in the caption causes misinformation because there are two kites in the image. However, "without residual connections" causes wrong knowledge with the phrase "a person standing in a field" by recognizing unfound objects. The results verify that the proposed approach emerges more semantical objects and attributes in the captions.

Figure 2 presents screenshots of *CaptionEye*. The home page of the application as shown in Figure 2 (a). The microphone icon on the main screen leads the user to the speech command recognition, as shown in Figure 2 (b). The gallery icon on the main screen allows the user to access the phone gallery shown in Figure 2 (c), while Figure 2 (d) shows the caption generated by the application. The speaker icon on the main screen narrates the generated caption. The three dots icon on the right of the main screen opens the settings window in Figure 2 (e): language selection, application background selection, voice speed, and pitch adjustments. Figure 2 (f) shows the language selection screen. Twenty-one different language options are offered in the application. Figure 2 (g) shows the image capturing screen, which opens with the camera icon on the main page. Figure 2 (h) shows the generated caption with the selected language option.



<p>Reference Captions:</p> <p>(1) A chinese street with a mcdonalds in the back drop.</p> <p>(2) People and buses on a city street under cloudy skies.</p> <p>(3) A large open area with concrete floor and a mcdonalds in the background with chinese writing on the building.</p> <p>(4) An asian city square, with people, buses, and a mcdonald's.</p> <p>(5) A red bus driving down a busy city street surrounded by tall buildings.</p>	<p>(1) Two kites, one with a smily face fly high in the sunny sky.</p> <p>(2) Two kites flying directly overhead against a clear blue sky.</p> <p>(3) Many kites can be seen in the air through umbrellas.</p> <p>(4) Two kites flying in the sky over an open and closed umbrella.</p> <p>(5) A few kites flying in the blue sky.</p>
<p>Generated Captions:</p> <p>Residual connections: a city street with a lot of people walking around it.</p> <p>Without residual connections: a crowded city street with a large clock tower.</p>	<p>Residual connections: a kite is flying in the sky.</p> <p>Without residual connections: a person standing in a field flying a colorful kite.</p>

Table 3. Samples with generated and reference captions

4. Conclusion

In this paper, a residual-connected multi-layer GRU under the encoder-decoder framework for image captioning, has been proposed. The proposed approach includes an Inception-v3 as an encoder for feature extraction of the image and a residual connected GRU-based decoder to generate the corresponding caption. Residual connections carry the features in the multi-layer GRU from lower to upper layers inducing a more valid gradient flow. We evaluated the approach on the MSCOCO Captions dataset, which demonstrated that residual connections performance improved significantly and achieved state-of-the-art performance. Additionally, we developed an Android application named *CaptionEye* utilizes the proposed approach with a user-friendly interface that has great potential for the visually impaired in daily activities.

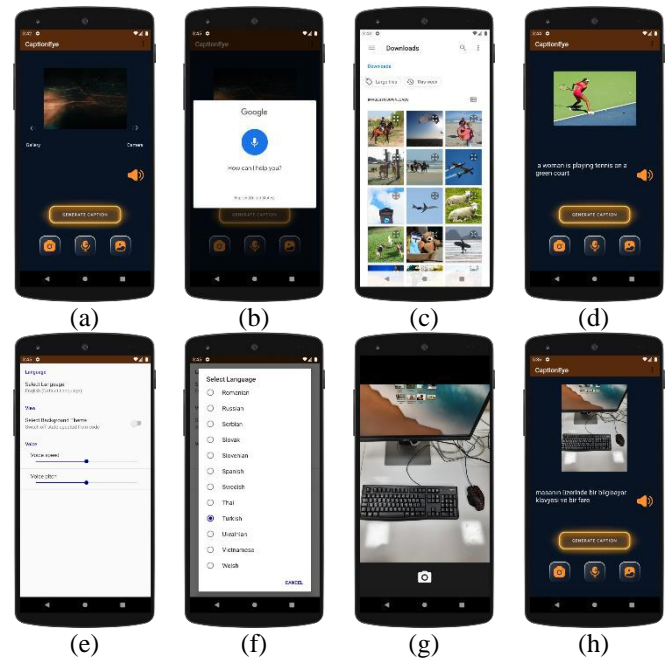


Figure 2. In (a) home screen, in (b) voice command screen, in (c) gallery, in (d) main screen with English caption, in (e) settings screen, in (f) language options, in (g) camera, in (h) main screen with image captions in the selected language are shown.

5. Acknowledge

This research was supported by the Scientific and Technological Research Council of Turkey (TUBITAK)-British Council (The Newton-Katip Celebi Fund Institutional Links, Turkey-UK project: 120N995) and TUBITAK 2209-B Industry Oriented Research Project Support Programme for Undergraduate Students with project no: 1139B412100443.

References

Anderson, P., He, X., Buehler, C., Teney, D., Johnson, M., Gould, S., & Zhang, L. (2018). *Bottom-up and top-down attention for image captioning and visual question answering*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition.

Aydın, S., Çaylı, Ö., Kılıç, V., & Aytuğ Onan. (2022). Sequence-to-sequence video captioning with residual connected gated recurrent units. *European Journal of Science and Technology*(35), 380–386.

Baran, M., Moral, Ö. T., & Kılıç, V. (2021). Akıllı Telefonlar için Birleştirme Modeli Tabanlı Görüntü Altyazılama. *European Journal of Science and Technology*(26), 191-196.

Bengio, Y., Simard, P., & Frasconi, P. J. I. t. o. n. n. (1994). Learning long-term dependencies with gradient descent is difficult. *5*(2), 157-166.

Chang, S.-F. (1995). *Compressed-domain techniques for image/video indexing and manipulation*. Paper presented at the Proceedings., International Conference on Image Processing.

Chen, T., Zhang, Z., You, Q., Fang, C., Wang, Z., Jin, H., & Luo, J. (2018). ``Factual''or``Emotional'': Stylized Image

- Captioning with Adaptive Learning and Attention*. Paper presented at the Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV).
- Chollet, F. (2017). *Xception: Deep learning with depthwise separable convolutions*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition.
- Chung, J., Gulcehre, C., Cho, K., & Bengio, Y. J. a. p. a. (2014). Empirical evaluation of gated recurrent neural networks on sequence modeling.
- Çaylı, Ö., Makav, B., Kılıç, V., & Onan, A. (2020). *Mobile Application Based Automatic Caption Generation for Visually Impaired*. Paper presented at the International Conference on Intelligent and Fuzzy Systems.
- Devlin, J., Cheng, H., Fang, H., Gupta, S., Deng, L., He, X., . . . Mitchell, M. J. a. p. a. (2015). Language models for image captioning: The quirks and what works.
- Donahue, J., Anne Hendricks, L., Guadarrama, S., Rohrbach, M., Venugopalan, S., Saenko, K., & Darrell, T. (2015). *Long-term recurrent convolutional networks for visual recognition and description*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition.
- Fetiler, B., Çaylı, Ö., Moral, Ö. T., Kılıç, V., & Aytuğ, O. (2021). Video Captioning Based on Multi-layer Gated Recurrent Unit for Smartphones. *European Journal of Science and Technology*(32), 221-226.
- Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. J. N. c. (1997). Long short-term memory. *9*(8), 1735-1780.
- Keskin, R., Çaylı, Ö., Moral, Ö. T., Kılıç, V., & Aytuğ, O. (2021). A Benchmark for Feature-injection Architectures in Image Captioning. *European Journal of Science and Technology*(31), 461-468.
- Keskin, R., Moral, Ö. T., Kılıç, V., & Onan, A. (2021). *Multi-GRU Based Automated Image Captioning for Smartphones*. Paper presented at the 2021 29th Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU).
- Kılıç, V. (2021). Deep Gated Recurrent Unit for Smartphone-Based Image Captioning. *Sakarya University Journal of Computer Information Sciences*, *4*(2), 181-191.
- Lin, T.-Y., Maire, M., Belongie, S., Hays, J., Perona, P., Ramanan, D., . . . Zitnick, C. L. (2014). *Microsoft coco: Common objects in context*. Paper presented at the European conference on computer vision.
- Liu, S., Zhu, Z., Ye, N., Guadarrama, S., & Murphy, K. (2017). *Improved image captioning via policy gradient optimization of spider*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE international conference on computer vision.
- Makav, B., & Kılıç, V. (2019a). *A new image captioning approach for visually impaired people*. Paper presented at the 2019 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO).
- Makav, B., & Kılıç, V. (2019b). *Smartphone-based image captioning for visually and hearing impaired*. Paper presented at the 2019 11th International Conference on Electrical and Electronics Engineering (ELECO).
- Mao, J., Wei, X., Yang, Y., Wang, J., Huang, Z., & Yuille, A. L. (2015). *Learning like a child: Fast novel visual concept learning from sentence descriptions of images*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE international conference on computer vision.
- Mao, J., Xu, W., Yang, Y., Wang, J., Huang, Z., & Yuille, A. J. a. p. a. (2014). Deep captioning with multimodal recurrent neural networks (m-rnn).
- Nina, O., & Rodriguez, A. (2015). *Simplified LSTM unit and search space probability exploration for image description*. Paper presented at the 2015 10th International Conference on Information, Communications and Signal Processing (ICICS).
- Qin, X., & Wang, Z. J. a. p. a. (2019). Nasnet: A neuron attention stage-by-stage net for single image deraining.
- Rahman, A., Srikumar, V., & Smith, A. D. J. A. e. (2018). Predicting electricity consumption for commercial and residential buildings using deep recurrent neural networks. *212*, 372-385.
- Rennie, S. J., Marcheret, E., Mroueh, Y., Ross, J., & Goel, V. (2017). *Self-critical sequence training for image captioning*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition.
- Sagheer, A., & Kotb, M. J. N. (2019). Time series forecasting of petroleum production using deep LSTM recurrent networks. *323*, 203-213.
- Szegedy, C., Vanhoucke, V., Ioffe, S., Shlens, J., & Wojna, Z. (2016). *Rethinking the inception architecture for computer vision*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition.
- Tanti, M., Gatt, A., & Camilleri, K. P. J. N. L. E. (2018). Where to put the image in an image caption generator. *24*(3), 467-489.
- Vinyals, O., Toshev, A., Bengio, S., & Erhan, D. (2015). *Show and tell: A neural image caption generator*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition.
- Wang, B., Kong, W., Guan, H., & Xiong, N. N. J. I. A. (2019). Air quality forecasting based on gated recurrent long short term memory model in Internet of Things. *7*, 69524-69534.
- Wang, Q., Bu, S., & He, Z. J. I. T. o. I. I. (2020). Achieving predictive and proactive maintenance for high-speed railway power equipment with LSTM-RNN. *16*(10), 6509-6517.
- Wu, Y., Schuster, M., Chen, Z., Le, Q. V., Norouzi, M., Macherey, W., . . . Macherey, K. J. a. p. a. (2016). Google's neural machine translation system: Bridging the gap between human and machine translation.
- Yang, M., Liu, J., Shen, Y., Zhao, Z., Chen, X., Wu, Q., & Li, C. J. I. T. o. I. P. (2020). An ensemble of generation-and retrieval-based image captioning with dual generator generative adversarial network. *29*, 9627-9640.
- Yao, T., Pan, Y., Li, Y., Qiu, Z., & Mei, T. (2017). *Boosting image captioning with attributes*. Paper presented at the Proceedings of the IEEE international conference on computer vision.
- You, Q., Jin, H., & Luo, J. J. a. p. a. (2018). Image captioning at will: A versatile scheme for effectively injecting sentiments into image descriptions.
- Yu, J., Li, J., Yu, Z., Huang, Q. J. I. t. o. c., & technology, s. f. v. (2019). Multimodal transformer with multi-view visual representation for image captioning. *30*(12), 4467-4480.



Evaluation of Flight Permissions of Unmanned Aerial Vehicles in Turkey

Tamer Savas^{1*}

^{1*} Eskisehir Osmangazi University, Department of Motor Vehicles and Transportation Technologies, Eskisehir, Turkey, ORCID: 0000-0003-2136-2003, tsavas@ogu.edu.tr

(First received 6 Aralık 2021 and in final form 31 Mart 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1033304)

ATIF/REFERENCE: Savas, T. (2022). Evaluation of Flight Permissions of Unmanned Aerial Vehicles in Turkey. *European Journal of Science and Technology*, (35), 616-624.

Abstract

The fields of application and types of Unmanned Aerial Vehicles (UAV) have expanded more and more. As a result of this expansion, countries' applicable legislation, as well as generally accepted rules, are changing. Otherwise, uncontrolled UAV use is very prone to damage to other aircraft, structures, or people. Therefore, this research comprises a qualitative review as well as a comparative analysis of professionals who have worked with UAV piloting and operations for years, as well as the industry and other institutions involved. In addition, the Turkish UAV industry and applications were probed. In Turkey, the number of UAV pilots and registered UAVs is increasing at a rate of 55 percent each year. The clear and evolving nature of the regulations, as well as the training institutes' use of a large and qualified workforce, encourage individuals to pursue UAV training. UAVs, on the other hand, are likely to be developed to meet insurance and flight permission requirements.

Keywords: UAV, Legislation, Flight Permission, UAV Training

Türkiye'deki İnsansız Hava Araçlarının Uçuş İzinlerinin Değerlendirilmesi

Öz

İnsansız Hava Araçlarının (İHA) kullanım alanları ve kullanım çeşidi her geçen gün artmaktadır. Bu artış beraberinde her ülkenin ilgili mevzuatları geliştirmesine ve genel kabul görmüş kurallar getirmesine neden olmaktadır. Aksi halde kontrolsüz İHA kullanımının diğer hava araçlarına, yapılaraya veya insanlara zarar verme olasılığını artıracaktır. Bu nedenle çalışmada Türkiye'de uzun yıllardır İHA pilotluğu ve işletmeciliği yapan kişilerle sektörün, diğer kurumlarla olan karşılaştırmalı analizi ile niteliksel değerlendirmesi yapılmıştır. Ayrıca Türkiye'deki İHA sektörü ve İHA uygulamaları anlatılmıştır. Türkiye'deki İHA pilot sayısı ile kayıtlı İHA sayısı her yıl yaklaşık % 55 artış gözlenmektedir. Mevzuatın açık ve sürekli gelişiyor olması, eğitim kurumlarının fazla ve yetkin kişilerden oluşması insanların İHA eğitimi almalarını teşvik ettiği görülmüştür. Diğer taraftan İHA'ların sigortalama ve uçuş izin konularında gelişmesi beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: İHA, Mevzuat, Uçuş İzni, İHA Eğitimi

* Corresponding Author: tsavas@ogu.edu.tr

1. Introduction

Unmanned Aerial Vehicles (UAV) that do not have a pilot onboard and are controlled and guided by a ground control station are characterized as future systems (Kurt and Un, 2015). They were originally designed for military purposes (Keane and Carr, 2013), and they are now widely used for civilian applications (Ateş, 2021; Fidan and Ulvi, 2021). The following are the most often used military domains of use (SSM, 2015):

- Reconnaissance / Surveillance support
- Defence
- Target Simulation
- Electronic War
- Special / Specific Missions

As in the case of military applications, civilian use is specifically developed for image capture and processing such images in accordance with the intended purpose [SSM,2015; Doğan and Yıldız, 2019]. Civilian applications include mapping [Turner et al., 2016; Deliry and Avdan, 2021; Fraser et al., 2016; Gonçalves and Henriques, 2015; Zıba and Yılmaz, 2019), firefighting [Akhloufi et al., 2021; Eugenio et al., 2020; Ghamry et al., 2017], precision agriculture (Ahmad et al., 2020; Candiago et al., 2015; Akkamaş and Çalışkan, 2020; Ceylan and Uysal, 2019), cargo transportation (Faust et al., 2017; Beloev, 2016), and location and intervention in emergency cases (search and rescue operations, seismic research, and so on) (Akhloufi et al., 2021; Moumgiakmas et al., 2021; Stöcker et al., 2017; Pajares, 2015; Zimroz et al., 2021; Wang et al., 2022; Saif et al., 2021). It is projected that in 2035, there would be 2,500 urban air mobility vehicles, 16.667 freight delivery drones, 58 inspection drones, and 44 hobby drones in the skies of Paris at any particular time, despite the contemporaneous presence of 156 commercial airplanes (ICAO, 2021).

With the application of UAVs in several civilian fields of applications in various industries, the UAV market is anticipated to expand significantly. According to a 2020 UAV industry research, the UAV sector, which had a 20-billion-dollar output in 2020, is expected to grow at a rate of 15% per year from 2021 to 2027 (Global Market Insight Inc., 2021). UAVs, which are used in a variety of industries for a multitude of civilian applications, significantly boost the global manufacturing supply.

As a result, it is expected that UAV technology will grow in popularity and propagate in the future. With technological developments and sensor downsizing, the capabilities of easily accessible systems such as the UAV's body, autopilot, and ground control stations have significantly expanded. Such a low-cost technology has become much more effective in practical applications, opening up new potential in scientific and commercial industries.

Finally, UAV traffic has been increasing in the sky, necessitating a focus on improving the security considerations for UAV flight operations and efficient use of the airspace (Savas et al., 2021). Risks and hazards that may affect not only the users of any specific airspace but also the people on the ground and the properties, should be reduced or eliminated during UAV flight operations (ICAO, 2021).

Aviation safety is a system comprised of rules and regulations. Accidents and incidents in the past paved the way for the establishment of norms and standardization. Each nation is

sovereign and is responsible for standardized structuring, legislation, and regulation (Beté at al., 2021). Therefore, explicit legislation is required for all nations in order to plan and operate UAV flights.

Various institutions and organizations, both military and civilian, are currently conducting researches to develop regulations for the safe and efficient flight operations of UAVs (DeGarmo, 2004). The International Civil Aviation Organization (ICAO) regards UAVs as an important vision for the sustainable development of global civil aviation. ICAO highlights existing safety standards and environmental impacts during air traffic management (ATM) integration for this purpose (Abeyratne, 2014). In 2017, the European Union Aviation Safety Agency (EASA) issued its first comprehensive regulation, focusing on air traffic management and navigation services for UAVs (EASA, 2021). The Federal Aviation Administration (FAA) made substantial progress in developing technical and regulatory standards, policy guidelines, and operational procedures for efficient UAV flight operations (FAA, 2020).

UAV flight operations in Turkey are evolving in line with global developments. This paper presents a comparative analysis of the operational concepts and regulations for the smooth, efficient, and most importantly, safe UAV flight operations in our country.

The procedures to be followed for acquiring civilian UAV flying permits, on the other hand, are examined in a thorough manner that differs from the literature. The study includes a comparative analysis of people who have been involved in UAV piloting activities and operations in Turkey for a long time, as well as the industry and other organizations involved, along with a qualitative assessment. Furthermore, the UAV industry and UAV applications are addressed.

The following is how the article structure has been organized: The second section of the research examines the local UAV legislation. The methodology is covered in Section III of the study, while the discussions and opinions are presented in the last chapter.

2. Regulatory Structures of UAVs

In the contents of the International Civil Aviation Convention (DOC 7300) executed in Chicago on December 07, 1944, any aircraft operating in the absence of a pilot within the air vehicle is defined as an "Aircraft without a pilot." Today, such air vehicles are referred to as "unmanned" rather than "without a pilot" (ICAO, 2017). An unmanned air vehicle is one that is operated without the involvement of a pilot. Therefore, all of the air vehicles in use today can be remotely controlled by the pilot (ICAO, 2015).

The ATM's principal function is to perform flights safely and efficiently (ICAO, 2016). Currently, it is unavoidable that the capacity of the airspace will be reduced as a result of the inclusion of UAV flights. This instance necessitates several constraints to ensure safe and transparent travel. When implemented to reduce traffic congestion and manage traffic flow, the constraints are procedurally acceptable (Pérez-Batlle at al., 2015).

The aviation authorities established a cooperative approach for the safe and efficient flight of unmanned aerial vehicles (UAVs) and took significant steps to develop legislative

guidelines in order to reduce the costs incurred by the industry and the state (Savas, 2019).

The operational requirements of unmanned aerial vehicles are governed by the provisions outlined in the International Civil Aviation Organization's (ICAO) DOC 7300/9 (2006). According to Article 8 of the Document, "each contracting State undertakes to ensure that the flight of such aircraft without a pilot in regions open to civil aircraft shall be so controlled as to obviate danger to civil aircraft". Where minimum safety standards are necessary, each state should amend its laws and regulations in accordance with the ICAO annexes (ICAO, 2015; ICAO, 2006).

Although the regulations for UAV flight operations are defined for reserved air spaces (ICAO, 2015), the interest exhibited in various applications of UAV (both military and civilian) use led to their integration into non-reserved air spaces (Ferreira et al., 2018).

The integration of UAV systems is envisioned by ICAO as a significant vision for the sustainable development of global civil aviation. A Panel Committee, RPAS, was established in 2014 to ensure UAV system harmonization and global collaboration (ICAO, 2015). According to ICAO, UAV flying activities should neither reduce present aviation safety levels nor should they skew manned aviation safety or efficiency (ICAO, 2017).

ICAO has defined a time frame for addressing the issues such as airworthiness, certification, human performance, licensing and

training, see and avoid systems, air traffic management, environment, wake turbulence, frequency spectrum, command and control, and communication from 2012 through 2030 within the scope of the Aviation System Block Upgrades (ASBU) and makes every effort to resolve issues related to the integration of UAVs into civil airspace step by step (Radu, 2021). "Integration" refers to the future when UAVs will be able to fly in airspace without the need for specific arrangements (SESAR, 2021).

In 2016 and 2017, EASA issued its legislative proposals for unmanned aerial vehicles in European airspace (EASA, 2016; EASA, 2017a; EASA, 2017b). According to the legislation, three categories (open, specific, and certified) have been added to the unmanned civil aviation regulations. The categories cover the risks posed by various UAV operations to people and property on the ground.

As with the previously stated toy UAVs flying over unpopulated regions within the range of Visual Line of Sight (VLOS), operations with low risks are classified as "open." The "certified" category includes operations that involve high risks equivalent to manned aerial vehicles, such as UAVs or unmanned transports. The UAV certification and remote pilot license provide safety in the certified category.

The operations involving the two samples fall under the purview of the "specific" category (Table 1).

Table 1. UAV Operational Categories

	Open	Specific	Certified
Level of Risk	Low	Medium	High
Authorization Needed	None	Approval based on specific operational risk	Authorization from NAA / EASA

UAV pilots must hold a remote pilot aircraft certification issued by the FAA in USA. The UAV pilot, as with all of Part 107, has not completed his training within 24 months, these qualifications are the privileges of approval. It can go two ways (FAA,2020):

- The candidate must pass a knowledge test from the FAA.
- If the candidate has the Part 61 pilot program (other than the student pilot), he/she must complete the flight once in the last 24 months and the knowledge fields specified in Part 107 " Small Unmanned Aircraft System Training" may be enlarged.

In the USA, a candidate who wishes to become a UAV pilot must be at least 16. Besides the relevant standards - it must meet the health standards that should be taken into account for UAV pilot training. No one may operate an UAV in prohibited or restricted areas unless they have obtained permission from the relevant local aviation authority (FAA, 2021).

The local aviation authority, Directorate General of Civil Aviation (DGCA), has revised versions of the UAV rules and Instructions for Unmanned Aerial Vehicles to guarantee that UAVs operate efficiently, seamlessly, and safely in Turkey (SHT-IHA). The instructions were revised for the fourth time in 2020 to define the procedures and principles for air traffic services and

UAV operations, including the importation, sale, registration, and recording of UAVs to be operated in Turkish airspace, as well as the qualifications of the professionals who will operate such systems (DGCA, 2021a).

According to the UAV legislation, the UAVs that can be operated for civilian purposes on Turkish territory are classified into four groups based on their maximum take-off weight:

- UAV 0: 500 gr (included) <MTOW <4kg ,
- UAV 1: 4 kg (included) <MTOW <25kg ,
- UAV 2: 25 kg (included) <MTOW <150kg,
- UAV 3: 150 kg (included) <MTOW < more

In Turkey, UAVs weighing 500 grams or more are documented. If any UAV intends to fly in Turkish airspace, regardless of its weight, it must obtain a commercial flight permit, which DGCA will issue up to 5 days before the flight. The UAV industry in Turkey is introduced in the next chapter, followed by the permission processes required under UAV law.

2.1. Regulatory Structures of UAVs in Turkey

In 2016, Turkey passed its first UAV legislation. As a consequence of the events and problems faced in 2016, there have been four revisions up until today. With the introduction of the

first legislation in 2016, UAVs weighing 500 kg or more must be registered on the UAV registration system. UAVs may be used in Turkish airspace for two purposes: sports/amateur (recreational) and commercial (included also research and development use) usage (Figure 1).

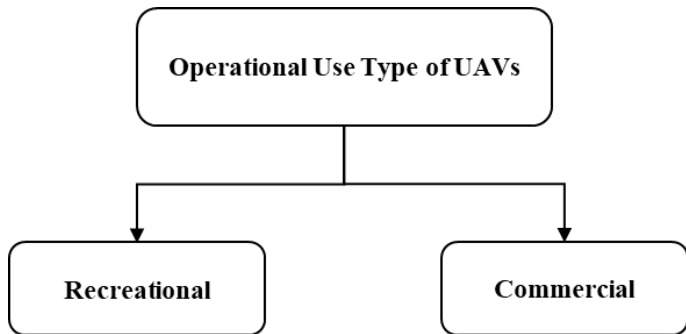


Figure 1. Operational Use Type of UAVs

Furthermore, those who wish to pilot in Turkish airspace must also be certified by recognized training institutions. Such

institutions might include both universities and private institutions (Figure 2).

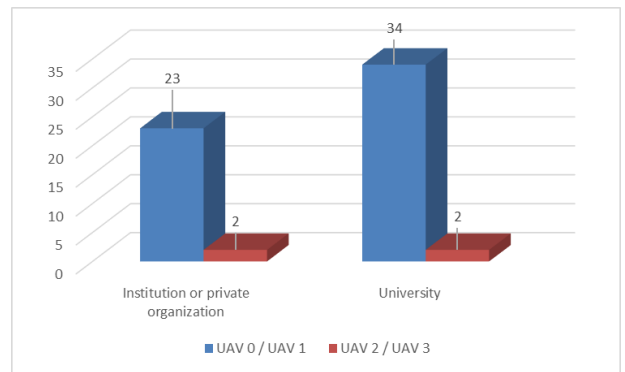


Figure 2. UAV Flight Training Organizations in Turkey

The authorized training institutions and organizations are given above. Such training varies according to the UAV categories. While UAV 0 and UAV are the certified training, UAV 2 and UAV 3 are undergraduate programs. The table below lists the various types of training courses and hours (Table 2).

Table 2. Training Hours of UAV Pilot Training

Hours	UAV 0	UAV 1	UAV 2	UAV 3
Theoretical Training	13	26	85	140
Practical Training	1	2	3	4
UAV Flight Training	2	4	36	54
Total Training	16	32	124	198

For non-commercial operations, a sports amateur function has been included for those who will be operating UAV flights. They hold the sports/amateur certificate as a result of an online exam after enrolling in the UAV registration system.

The DGCA issues data for the UAV registration system at specific intervals. The number of UAV pilots and registered UAVs in Turkey from 2016 to 2020 may be used to analyze the UAV industry (Figure 3). As can be seen, both have been increasing at a rate of approximately 55 percent every year. The most important reason for such a rise is the growing need for UAV operations in agriculture, air cargo, and aerial photography.

2.2. Maps Showing the Flight Zones

The most notable development in UAV regulation in Turkey is the Map of Flight Zones created with the adoption of the modifications in 2019. As a result, it has been intended to perform UAV operations systematically by distinguishing between UAV flights based on security issues. Turkish airspace is divided into three zones, as seen in Figure 4, with three zones colored red, green, and white.

- Zone subject to specific permit (Red)
- Zone subject permission (Colorless)
- Free Zone (Green)
- Zone restricted to those with secret authorization (Confidential)

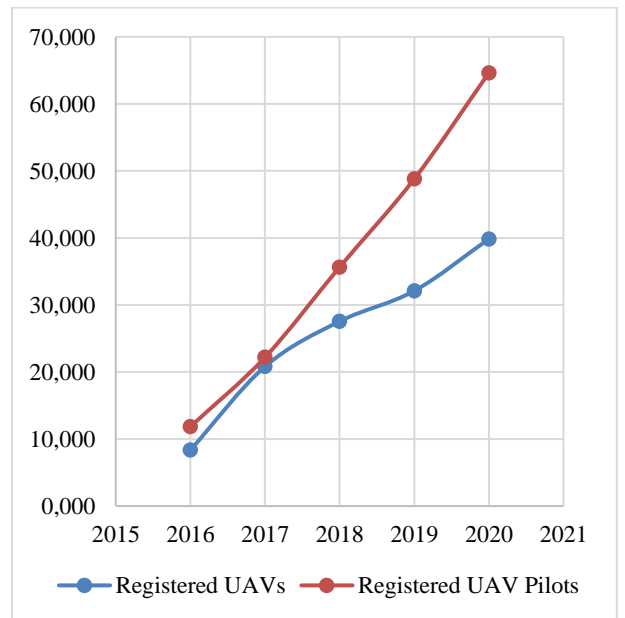


Figure 3. Numerical representation of the UAV industry in Turkey

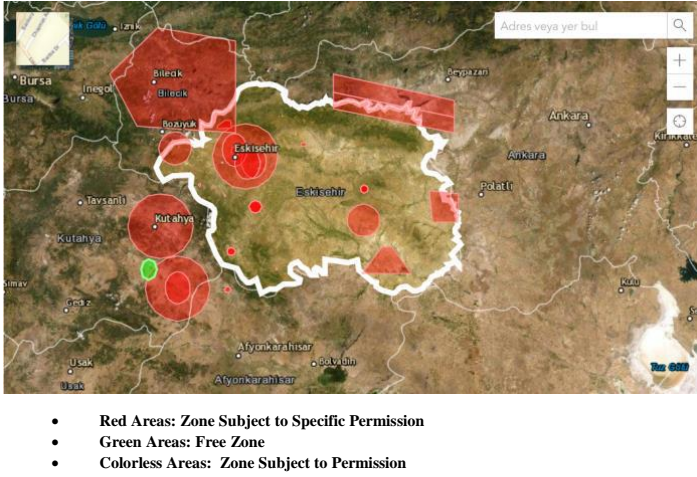


Figure 4. Map of Flight Zones

2.1.1. Zone Subject to Specific Permission (Red Areas)

These are the zones specified by the competent organizations (military-civil), with an authorization issued for flying operations under particular conditions. It is illegal to operate UAVs in any category without first performing a risk assessment and obtaining permission from DGCA. These are the zones that come under this classification:

- Regardless of altitude, the distance from the runway corner to the nearest airport must be less than 5 nautical miles (9 km),
- Regardless of altitude, the core region with a radius of 5 nautical miles (9 km), including the landing/take-off areas published on the General Directorate's official website, heliport, helipad, airpark, and navigational aids,
- 400 feet and up
- "Forbidden, Restricted and Dangerous Sites" included in Section 5.1 of ENR of Turkish AIP,
- The vicinity of the key structures, facilities, and assets such as military buildings and facilities, prisons, fuel depots, and filling stations, weapon/cartridge factories and depots, and so on,
- The zones notified by NOTAM.

2.1.2. Free Zones (Green Areas)

It refers to zones below 400 feet (AGL) that have been verified by the UAV pilot/user and do not require any coordination with the relevant agencies because the user has been affirmatively confirmed by the relevant organizations (military-civil)

2.1.3. Zones Subject to Permission (Colorless Areas)

Except for the free zone (green), zones subject to specific permission, and flight prohibited zones, these are the zones where flying operations may be performed through NOTAM notice if any confirmation is issued by the relevant organizations (military-civil) as a result of the coordination.

2.1.4. Flight Prohibited Zones

It refers to the zones designated by the relevant authorities and organizations as restricted for aircraft operations and for which no application for a flight permit is requested.

Note: Among the relevant organizations and entities specified above are the governmental agencies to which permit applications are submitted, the State Airports Administration, and military units.

The airspaces over which the aforementioned sports/amateur and commercial flights will be performed by UAV pilots through UAVs are given below. Sports and amateur UAV pilots will be permitted to fly only in specified free zones after providing information to the relevant governmental authorities and submitting an online application through the UAV registration system. Commercial UAV pilots, on the other hand, will be permitted to fly by submitting an application for a permit anywhere within Turkish airspace (Figure 5).

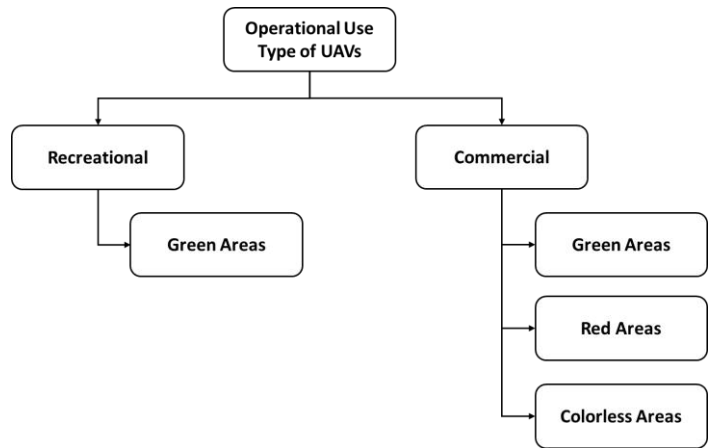


Figure 5. Airspace Matching of UAV pilots

The maps depicting flight zones in Turkey are developed by the relevant governmental entities, including the General Directorate of State Airports Authority (DHMI), military units, and the DGCA. There are now around 1000 designated green sites and approximately 300 of them have been approved. As a consequence, as of the date of this study, there are open spaces for aircraft operations across Turkey (in all provinces).

2.3. Flight Permission for UAVs

2.3.1. UAV 0 and UAV 1

Except for commercial activities, applications for permits may only be submitted for free (green) zones if the conditions outlined in the Legislation for UAV flying operations are observed. The permission request will be made through the UAV registration system and approved after an automatically generated risk analysis. It is prohibited in this classification to fly in spaces restricted by the senior governmental authority at the location.

Commercial UAV pilots must make an application through the UAV registration system for all types of flights (sports/amateur-commercial) for their flying operations at the spaces that require approval 5 business days before the flights. Commercial UAV pilots may submit an application through the Form of Request for UAV Flight Permit (FR-19) (DGCA, 2021b), which is available on the DGCA's website, for flights over the spaces that require specific permission (red) 10 business days prior to the scheduled flights, with a clear explanation of the reasons for flight.

Applications for permission for flights to be operable at an altitude of fewer than 400 feet that are made using the DGCA's

UAV registration portal (Figure 6) are scrutinized by the relevant governmental authority, and if deemed to be appropriate, a NOTAM is issued. If a flying permit is obtained, the operator/pilot/person must follow the rules indicated in the Turkish AIP as well as any other provisions stipulated (DGCA, 2021a).



Figure 6. UAV Registration Portal (DGCA,2021c)

Applications for flights at an altitude of more than 400 feet at the spaces subject to permission will be made using the Form of Request for UAV Flight Permit (FR-19) (DGCA, 2021b), which will be available on the Directorate's official website at least 10 business days prior to the scheduled flights, with a clear explanation of the reasons for flight.

2.3.2. UAV 2 and UAV 3

To assure the required coordination of all types of UAV flight operations to be performed on all airspaces (green, red, and white), applications must be filed with the Directorate General at least 10 business days prior to the scheduled flight, using the Form of Request for UAV Flight Permit (FR-19). Following a satisfactory response from the relevant civilian and military units on the application, the aforementioned airspace will be communicated to all airspace users through NOTAM. The flights will not operate if the relevant organization rejects the application or if the DGCA does not accept it. If the flight is authorized, the operator/pilot/light UAV operator must adhere to the Turkish AIP conditions as well as the other rules.

Although there appear to be some variations depending on the UAV category, the following steps must be completed to receive a flight permit:

1-UAV pilot must have the UAV pilot certificate / UAV pilot license

2-UAVs should be registered (The UAVs less than 500 grams may apply for permission using FR-19 Forms)

3-The UAVs should have insurance (which is compulsory for commercial use but not for sports/amateur use).

2.3.3. UAV 2 and UAV 3

UAV pilots operating in Turkish airspace must obtain a Turkish ID number. Foreigners may, however, obtain permission for their UAV flights if necessary. In this case, foreign operators/pilots must apply for a permit to fly in Turkish airspace through diplomatic channels within 20 business days before the scheduled flight, using the Form of Request for UAV Flight Permit (FR-23) (DGCA, 2021d) available on the Directorate General's official web site (DGCA, 2021a).

The original documents listed in the form of a request for a flight permit must be submitted to the Directorate General during the application stage. Following that, the insurance requirements for using the UAV should be fulfilled.

Following an affirmative response from the relevant civilian and military authorities, all airspace users will be made aware of such airspaces through a NOTAM. If the necessary entities or the Directorate General reply unfavorably, no flight clearance will be issued.

If the flight permission is obtained, the operator/pilot/person must follow the provisions outlined in the Turkish AIP, as well as the other requirements. The flights will be accompanied by at least two Turkish UAV pilots who have been authorized/licensed by the Directorate General. If the zone to be flown over is subject to specific permission (red) or any permit, a risk assessment should be performed for whatever reason.

2.4. Conditions for UAV Flights

2.4.1. UAV 0 and UAV 1

- Flights may be conducted in clear weather between dawn and sunset (at least half an hour after sunrise and half an hour before sunset) and at a distance of at least 2 kilometers under only visual meteorological conditions.
- The UAV should be within the pilot's visual line of sight and not exceed 500 meters horizontally (VLOS - within the visual line of sight).
- The height of 400 feet (AGL) (120 meters) above ground should not be exceeded. (Flights over 400 feet may be permitted if a special application permit is obtained.)
- Flights should be executed at a minimum of 50 meters away from people and structures.

2.4.2. UAV 2 and UAV 3

- UAVs in this category are considered to be aircraft that also perform VFR flights by air traffic procedures. As a result, the UAV flights are carried out in line with the provisions of the Turkish AIP and any additional rules that may be adopted.
- No VFR flights operate at night (except for the provisions stipulated in the legislation)

3. Methodology

The study is qualitative research focused on UAV operations in Turkey. The responses of participants who have previously been UAV pilots (and have been working as UAV pilots for a long time) on UAV rules and applications establish the requirements for qualitative research. The regulation and applications of UAVs in Turkey are analyzed and compared to those of the International Civil Aviation Organization (ICAO) and the European Union (EU).

The interviews were used in this exploratory and qualitative study, and the persons interviewed were selected using the snowball sampling technique (Dudovskiy, 2021; Chamuah and Singh, 2021; Chamuah and Singh, 2020). Based on the literature survey questionnaire for UAV regulations, insurance, and flight permits, the literature was studied both online and offline. The literature survey questionnaire consists of a set of questions designed in such a way that an in-depth survey was conducted, with all questions written in English.

To achieve the study's objectives, a complete interview was conducted in addition to the interviews conducted according to a comprehensive schedule. The questions consist of a set of open-ended questions in the English language.

Following the completion of all of these procedures, the following questions were posed: What is the characteristics of Turkey's civilian UAV legislation? What are the main issues with civilian UAVs? What are the rules' implications for UAV users and operators?

The snowball sampling technique was used to pick the persons to be interviewed since the qualities of the samples are seldom found and difficult to discover (Dudovskiy, 2021). Farmers, scientists, researchers, mapping engineers, archeologists, press members, media members, and consultants who provide services to such businesses were among those interviewed. The opinions of UAV pilots on the civilian UAV sector in Turkey are covered in the next chapter.

4. Discussion and Conclusion

The fields of application and number of UAVs are expanding on a daily basis. Such increases pave the way for the establishment of applicable national laws as well as the generally accepted regulations that are proposed. Otherwise, uncontrolled use of UAVs may exacerbate the likelihood of damage to other air vehicles, structures, and people.

Therefore, the study comprises a qualitative assessment as well as a comparative analysis with the participation of UAV pilots and operators as well as other organizations. In addition, the Turkish UAV industry and UAV applications are being examined.

The UAV industry in Turkey is expanding in lockstep with global advancements. The most important reason for this is Turkey's expertise and ease of access to the use of UAVs. Furthermore, private entities in Turkey (search and rescue, ministry of agriculture and forestry, municipalities, and so on) are pioneering in the use of UAVs by the general public.

In contrast to other countries, the UAV registration since 2016 and autonomous operation of the current UAV system has been praised by UAV operators. Registries, purchases and sales, monitoring of flying zones, and flight permissions may all be easily carried out with a UAV system. UAV pilots, on the other hand, who desire to fly over restricted areas or at altitudes more than 400 feet must apply for a flight permit using the FR-19 Form. However, with the implementation of the upcoming revision (which is expected to be enforced in 2022), it is planned to carry out these operations online.

It has been found that the most challenging issue for UAV pilots is obtaining a flying permit. The flights are being postponed due to late responses to the application for a flying permit and the insurance firms' reluctance to insure the UAVs. During the flying permit process, the entities express their views. However, delays in responding to inquiries among entities result in late responses to applications for flying permissions. As a result, the DGCA will provide shorter response times through legislative modification.

On the other hand, clear legislation and a plethora of qualified professionals hired by training companies encourage people to pursue UAV education. This demonstrates that the sector is moving in the right direction.

All of the suggested research topics were satisfactorily addressed and summarized in this paper. The present state of civil UAVs and their applications in several industries (agricultural, entertainment, security, advertisement, education, mining, and construction) has revealed through digitalized data that they reflect a constructive ecology. The delays in purchasing, operating and service authorization, supervision, and surveillance of the civil UAVs arising from the entities involved are the challenges that require swift adoption of the new technologies.

Furthermore, the fact that each revision is performed almost every year reveals how dynamic the sector is in Turkey. As a result, the regulations may foster innovation via accountability and responsibility, and they may occasionally exceed them. The rules accelerate the pace of industrial innovation.

Given that manned aerial vehicles attained their current level of security in about 100 years, we should note that the UAV industry has advanced at a rapid pace since 2016.

References

- Abeyratne, R. (2014). The aviation system block upgrades: Legal and regulatory issues. *Air and Space Law*, 39(2).
- Ahmad, A., Ordonez, J., Cartujo, P., and Martos, V. (2020). Remotely piloted aircraft (RPA) in agriculture: A pursuit of sustainability. *Agronomy*, 11(1), 7
- Akhoulfi, M. A., Couturier, A., and Castro, N. A. (2021). Unmanned aerial vehicles for wildland fires: Sensing, perception, cooperation and assistance. *Drones*, 5(1), 15.
- Akkamış, M., and Çalıřkan, S. (2020). İnsansız Hava Araçları ve Tarımsal Uygulamalarda Kullanımı. *Turkey Unmanned Aerial Vehicle Journal*, 2(1), 8-16.
- Ateş, E. (2021). Türkiye'nin İnsansız Hava Aracı (İHA) İhracat Rekabet Gücünün Analizi. *Turkey Unmanned Aerial Vehicle Journal*, 3 (1), 7-16 . DOI: 10.51534/tiha.884468
- Beloev, I. H. (2016). A review on current and emerging application possibilities for unmanned aerial vehicles. *Acta technologica agriculturae*, 19(3), 70-76.
- Betė, T. D. S., Storėpoli, J. E., Rodriguez Ramos, H., Conti, D. D. M., Capellani Quesma, C., and Querido Oliveira, E. A. D. A. (2021). Comparative Analysis of Unmanned Aircraft Regulations for The Development Of Startups. *Journal of technology management & innovation*, 16(2), 41-55.
- Candiago, S., Remondino, F., De Giglio, M., Dubbini, M., and Gattelli, M. (2015). Evaluating multispectral images and vegetation indices for precision farming applications from UAV images. *Remote sensing*, 7(4), 4026-4047.
- Ceylan, M. C., and Uysal, M. (2019). İnsansız Hava Araçlarından Üretilen Verilerin Deęerlendirilmesi Ve Aęaçlık Alanların Sınıflandırılması. *Turkey Unmanned Aerial Vehicle Journal*, 1(1), 1-6.
- Chamuah, A., and Singh, R. (2020). Securing sustainability in Indian agriculture through civilian UAV: a responsible innovation perspective. *SN Applied Sciences*, 2(1), 1-10.
- Chamuah, A., and Singh, R. (2021). Responsibly regulating the civilian unmanned aerial vehicle deployment in India and Japan. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*.
- DeGarmo, M. T. (2004). Issues concerning integration of unmanned aerial vehicles in civil airspace. Center for Advanced Aviation System Development, https://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/04_1232.pdf
- Deliry, S. I., and Avdan, U. (2021). Accuracy of Unmanned Aerial Systems Photogrammetry and Structure from Motion in

- Surveying and Mapping: A Review. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 49(8), 1997-2017.
- DGCA (2021a). İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA). (Accessed: 25.10.2021). https://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/mevzuat/sektorel/talimatlar/2020/SHT-IHA_Rev-04.pdf
- DGCA (2021b). İHA Uçuş İzni Talep Formu. web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/formlar/seyrusefer_dairesi/hava_trafik/FR.19.DOCX (Accessed: 01.11.2021).
- DGCA (2021c). UAV Registration Portal. <https://iha.shgm.gov.tr> (Accessed: 02.08.2021).
- DGCA (2021d). UAV Flight Permission Request Form. web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/formlar/seyrusefer_dairesi/hava_trafik/FR.23.DOCX (Accessed: 01.10.2021).
- Doğan, Y., and Yıldız, F. (2019). İha İle Multispektral Kameralardan Sağlanan Görüntüler Yardımıyla Bitki Türlerinin Sınıflandırılması. *Turkey Unmanned Aerial Vehicle Journal*, 1(1), 15-22.
- Dudovskiy, J. (2021). Snowball sampling. <https://research-methodology.net/sampling-in-primary-data-collection/snowball-sampling/> (Accessed: 01.09.2021).
- EASA (2016). Drone Collision Task Force. Final Report. Bruxelles
- EASA (2017a). Notice of Proposed Amendment 2017-05 (A) - Introduction of a regulatory framework for the operation of drones. Bruxelles
- EASA (2017b). Notice of Proposed Amendment 2017-05 (B) - Introduction of a regulatory framework for the operation of drones. Bruxelles
- EASA (2021). <https://www.easa.europa.eu/> (Accessed: 08.11.2021).
- Eugenio, F. C., Schons, C. T., Mallmann, C. L., Schuh, M. S., Fernandes, P., and Badin, T. L. (2020). Remotely piloted aircraft systems and forests: a global state of the art and future challenges. *Canadian Journal of Forest Research*, 50(8), 705-716.
- Faust, A., Palunko, I., Cruz, P., Fierro, R., and Tapia, L. (2017). Automated aerial suspended cargo delivery through reinforcement learning. *Artificial Intelligence*, 247, 381-398.
- FAA (2020). Integration of Civil Unmanned Aircraft Systems (UAS) in the National Airspace System (NAS) Roadmap. https://www.faa.gov/uas/resources/policy_library/media/2019_UAS_Civil_Integration_Roadmap_third_edition.pdf (Accessed: 10.08.2021).
- FAA (2021). https://www.faa.gov/uas/commercial_operators/ (Accessed: 11.10.2021).
- Ferreira, R. B., Baum, D. M., Neto, E. C. P., Martins, M. R., Almeida, J. R., Cugnasca, P. S., and Camargo, J. B. (2018, June). A risk analysis of unmanned aircraft systems (UAS) integration into non-segregate airspace. In 2018 International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS). pp. 42-51.
- Fidan, Ş. & Ulvi, A. (2021). Türk Hukuk Mevzuatında Sivil İnsansız Hava Araçları Hukukunun Güncel Durumu . *Turkey Unmanned Aerial Vehicle Journal*, 3 (1) , 28-35 . DOI: 10.51534/tiha.898558
- Fraser, R. H., Olthof, I., Lantz, T. C., and Schmitt, C. (2016). UAV photogrammetry for mapping vegetation in the low-Arctic. *Arctic Science*, 2(3), 79-102.
- Ghamry, K. A., Kamel, M. A., and Zhang, Y. (2017). Multiple UAVs in forest fire fighting mission using particle swarm optimization. *International conference on unmanned aircraft systems (ICUAS)* (pp. 1404-1409).
- Global Market Insight Inc. (2021). *Commercial Drone Market Growth—Industry Analysis Report 2024*. <https://www.gminsights.com/industry-analysis/unmanned-aerial-vehicles-UAV-commercialdrone-market> (Accessed: 10.06.2021).
- Gonçalves, J. A., and Henriques, R. (2015). UAV photogrammetry for topographic monitoring of coastal areas. *ISPRS journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 104, 101-111.
- ICAO (2006). *Convention on International Civil Aviation*. (Accessed: 05.10.2021). https://www.icao.int/publications/Documents/7300_9ed.pdf
- ICAO (2015). *Manual on Remotely Piloted Aircraft Systems (RPAS)*. Doc 10019, Montreal
- ICAO (2016). *Air Traffic Management*. Doc 4444. Montreal
- ICAO (2017). *Remotely Piloted Aircraft System (RPAS) Concept Of Operations For International IFR Operations*. (Accessed: 10.10.2021). <https://www.icao.int/safety/UA/Documents/ICAO%20RPAS%20Concept%20of%20Operations.pdf>
- ICAO (2021). *The Safe and Efficient Integration of UAS into Airspace*. <https://www.iata.org/contentassets/e45e5219cc8c4277a0e80562590793da/safe-efficient-integration-uas-airspace.pdf> (Accessed: 15.10.2021).
- Keane, J. F., and Carr, S. S. (2013). A brief history of early unmanned aircraft. *Johns Hopkins APL Technical Digest*, 32(3), 558-571.
- Kurt, Ş. & Ün, O. (2015). İnsansız Hava Araçları (İha) Üzerine Hava Hukuku Açısından Bir Değerlendirme. *Erciyes Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 10 (2) , 195-213.
- Moungiakmas, S. S., Samatas, G. G., and Papakostas, G. A. (2021). Computer vision for fire detection on UAVs—From software to hardware. *Future Internet*, 13(8), 200.
- Pajares, G. (2015). Overview and current status of remote sensing applications based on unmanned aerial vehicles (UAVs). *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 81(4), 281-330.
- Pérez-Batlle, M., Tadeo, C., and Pastor, E. (2015). A methodology for measuring the impact on flight inefficiency of future RPAS operations. In 2015 IEEE/AIAA 34th Digital Avionics Systems Conference (DASC). pp. 5B1-1.
- Radu, C. (2021). ICAO Vision. *Remotely Piloted Aircraft Systems Symposium*. (Accessed: 10.09.2021). <https://www.icao.int/Meetings/RPAS/RPASSymposiumPresentation/Day%201%20Session%201%20Catalin%20Radu%20-%20ICAO%20Vision.pdf>
- Saif, A., Dimiyati, K., Noordin, K. A., Alsamhi, S. H., and Hawbani, A. (2021). Multi-UAV and SAR collaboration model for disaster management in B5G networks. *Internet Technology Letters*, e310.
- Savaş, T. (2019). İnsansız hava aracı sistemlerinin ayrılmamış hava sahasına entegrasyonunun pilotaj ve hava trafik yönetimi açısından değerlendirilmesi. *Master's Thesis*
- Savas, T., Usanmaz, O., Sahin, O., Çınar, E., and Karaderili, M. (2021). Integration effects of UAVs in non-segregated airspace. *Aircraft Engineering and Aerospace Technology*. 93 (5), pp.842-846

- SESAR (2021). European ATM Master Plan. (Accessed: 05.09.2021). <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/8efc7518-bf40-11e5-9e54-01aa75ed71a1/language-en>
- SSM (Undersecretariat for Defence Industries). (2011) Türkiye İnsansız Hava Aracı Sistemleri Yol Haritası (2011-2030), Ankara.
- Stöcker, C., Bennett, R., Nex, F., Gerke, M., and Zevenbergen, J. (2017). Review of the current state of UAV regulations. *Remote sensing*, 9(5), 459.
- Turner, I. L., Harley, M. D., and Drummond, C. D. (2016). UAVs for coastal surveying. *Coastal Engineering*, 114, 19-24.
- Wang, X., Lo, E., De Vivo, L., Hutchinson, T. C., and Kuester, F. (2022). Monitoring the earthquake response of full-scale structures using UAV vision-based techniques. *Structural Control and Health Monitoring*, 29(1), e2862.
- Zıba, H. E. and Yılmaz, H. M. (2019). Karayolu Projeleri İçin İha İle Şeritvari Harita Üretimi. *Turkey Unmanned Aerial Vehicle Journal*, 1 (1), 23-32.
- Zimroz, P., Trybała, P., Wróblewski, A., Góralczyk, M., Szrek, J., Wójcik, A., and Zimroz, R. (2021). Application of UAV in search and rescue actions in underground mine—A specific sound detection in noisy acoustic signal. *Energies*, 14(13), 3725.



Determination of the Radiation Dose Level Emitted to the Environment in Patients Undergoing Dacryo Scintigraphy and Clinical Management

Mucize Sarıhan^{1*}, Evrim Abamor², Osman Günay³, H. Semrin Timlioğlu İper⁴, Onur Yazar⁵, Mustafa Demir⁶

^{1*} Istanbul Okan University, Vocational School of Health Services, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0001-8013-7370), mucizesarihan1997@hotmail.com

² Lütfi Kırdar Hospital, Department of Nuclear Medicine, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6070-2301), evrimab@yahoo.com

³ Yıldız Technical University, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Biomedical Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0003-0760-554X), osmangunay07@gmail.com

⁴ Istanbul Okan University, Vocational School of Health Services, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0003-2112-0602), semrin.iper@okan.edu.tr

⁵ Istanbul Okan University, Vocational School of Health Services, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0001-9543-6891), onur.yazar@okan.edu.tr

⁶ Istanbul University-Cerrahpasa, Cerrahpasa Faculty of Medicine, Department of Nuclear Medicine, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-9813-1628), demirm@istanbul.edu.tr

(First received 6 March 2022 and in final form 30 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1099508)

ATIF/REFERENCE: Saruhan, M., Abamor, E., Günay, O., Timlioğlu İper, H. S., Yazar, O. & Demir, M. (2022). Determination of the Radiation Dose Level Emitted to the Environment in Patients Undergoing Dacryo Scintigraphy and Clinical Management. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 625-632.

Abstract

In this study, the radiation dose rates emitted by patients who underwent dacryoscintigraphy imaging were determined. For this, the radiation dose rate was measured at the 8.23, 41.68 and 56.81 minutes after the injection of the radiopharmaceutical. In addition, 12 points were determined from the front of the patient. these points are 25, 50, 100 and 200 cm from the head level, 25, 50, 100, and 200 cm from the chest level and 25, 50, 100 and 200 cm from the foot level. 36 different measurements were made from one patient, at 3 different times, from these points. As a result of the measurements, the average dose rate varies according to time and measurement point and was found between 0.22 μSh^{-1} and 2.86 μSh^{-1} .

Keywords: Dacryo, Tc-99, Radiation dose rate.

Dakriyo Sintigrafisi Yapılan Hastaların Çevreye Yayıdığı Radyasyon Doz Düzeyinin Belirlenmesi ve Klinik Yönetimi

Öz

Bu çalışmada dakriyosintigrafisi görüntüleme yapılan hastaların çevreye yaydığı radyasyon doz rate leri belirlenmiştir. bunun için radyofarmasötik enjeksiyonundan sonra 8,23, 41,68. ve 56,81. dakikalarda radyasyon doz hızı ölçülmüştür. Ayrıca hastanın ön tarafından 12 nokta belirlenmiştir. Bu noktalar kafa hizasından 25, 50, 100 ve 200 cm uzaklıkta, göğüs hizasından 25, 50, 100, ve 200 cm uzaklıkta ve ayak hizasından 25, 50,100 ve 200 cm uzaklıktadır. Bu noktalardan 3 farklı zaman olmak üzere bir hastadan 36 farklı ölçüm yapılmıştır. ölçümler sonucu ortalama doz hızı, zaman ve ölçüm noktasına göre değişmekte olup 0,22 μSh^{-1} ile 2,86 μSh^{-1} arasında bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Dakriyo, Tc-99, Radyasyon doz hızı.

1. Introduction

Radiation is examined in two parts in terms of its effect on matter. One of them is ionizing radiation and the other is non-ionizing radiation. Ionizing radiation ionizes the atom with which they interact, especially living tissue. Ionizing radiation can be produced naturally or artificially. Numerous studies have been carried out with the various effects of ionizing radiation. (Çelen et al., 2021; Kurtulus et al., 2021; Tekin et al., 2020; Akkurt et al., 2020; ÖZseven et al., 2020; Altınsoy et al., 2020; Jawad et al., 2019)

Medical applications are the most common causes of artificial radiation (Palacı et al., 2019). They differ from natural radiation with the possibility to control their exposure time and radiation level. The artificial radiation use is not frequent in ophthalmological practice and complicated because of the neighbouring effects of the radiation. Crystalline lens and optic nerve are the most affecting parts of the eye from radiation. Applied radiation, both for diagnostic and therapeutic purposes, has to be controlled for its adverse effects on these tissues. One of the diagnostic purposes for artificial radiation application is nasolacrimal system examinations. Nasolacrimal system complaints, mainly tearing (=epiphora), are common ophthalmological problems which comprises %3 of the ophthalmic visits (Linberg and McCormick, 1986).

Epiphora may be caused by structural (Mechanic obstructions, lower lid malpositionings, weakness, etc) or functional problems (tear over production, pump failure etc.). The lacrimal route includes the upper and lower lacrimal puncta, upper and lower canaliculi, common canaliculus, lacrimal sac and nasolacrimal duct. Obstructions and structural problems can develop at any point of this route. Mainly epiphora is a result of complete or incomplete obstruction of nasolacrimal duct and the stasis of tears in nasolacrimal ampulla. Obstructive epiphora is seen more often in women and mostly in the bony canal which frequently relieved by surgical approach (Herzig et al., 1979; Kanski and Bowling, 2011). It is important to figure out the causes of the tearing before planning the appropriate surgical treatment.

Since the first description many imaging techniques have been improved. The classic evaluation methods such as Dacryocystography combined with a contrast material, Digital Subtraction Dacryocystography (DSD), Computed Tomography (CT), Cone Beam Computed Tomography (CBCT) are effective for evaluating the structural pathologies but their effectiveness is very low for assessment of the functional problems of nasolacrimal system. Whereas Dacryocystography is reliable for morphological assessment (congenital or acquired stenosis etc.) dacryoscintigraphy (DSCG) is appropriate for evaluating functional condition of the nasolacrimal system. Nasolacrimal scintigraphy which mimics the natural tear flow is useful in cases where epiphora persists despite a normal nasolacrimal structure that considers functional epiphora and pump failure (Manfrè et al., 2000 ; Palaniswamy and Subramanyam., 2012; Detorakis et al., 2014).

Dacryoscintigraphy has the advantage to facilitate the diagnostic procedure for the patient. Unlike dacryocystography methods there is neither need to place plastic catheters nor to forced fluid injection into the canaliculus.

Technetium-99m (Tc-99m) is the most commonly used radionuclide in dacryoscintigraphy for diagnostic purposes. This isotope releases gamma rays at about the same wavelength as conventional X-ray diagnostic equipment, with 140 keV gamma ray energy that has an ideal short half-life ($t_{1/2} = 6$ h) for diagnostic nuclear imaging which could be injected with a small amount of Tc-99m. Within 24 h almost 94% of the injected radionuclide would have decayed and left the body, limiting the patient's radiation exposure (Gunay et al., 2019). Tc-99m is chemically bounded to various bioactive chemical.

In dacryoscintigraphy instead of injecting large amounts of Technetium-99m (Tc-99m) which disappears by 94% in 24 hours, only 0.2-0.5 mCi (in saline) Tc-99m pertechnetate is instilled into each conjunctival fornix and the patient stays upright in front of the gamma camera whilst sequential images are taken. Interpretation of images enables the accurate calculation of quantitative tear flow rate and conjunctival lacrimal clearance rate (Palaniswamy and Subramanyam., 2012; Detorakis et al., 2014).

In this study, the radiation dose rates emitted by patients who underwent dacryoscintigraphy imaging were determined. For this, the radiation dose rate was measured with a GM counter at different times and at different distances after the injection of the radiopharmaceutical.

2. Material and Method

This study was performed in 28 (13 male and 15 female) randomly selected patients at Okan University hospital in Istanbul. The ages of the patients were varied range from 34 to 76 years, with a mean age of 58.56 years. The patients' weights were varied range from 43 to 113 kg and their average weight was 74.27 kg. The patients were given radioactivity according to the protocols of Istanbul Okan University. The amounts of radioactivity injected into patients were varied range from 3.7 MBq to 7.4 MBq, with an average of 5.1 MBq.

The radiation dose rate was measured at 12 points around the patient. Radiation detector was placed 25, 50, 100 and 200 cm from the patient's eye level and radiation dose rate measurements were made from 4 different points (Figure 1). Then, 4 different measurements were made at the same distances from the patient's chest level. Finally, the same measurements were repeated at the patient's foot level.

In order to determine the change of radiation dose rate with time, measurements were made at different times. The first radiation dose rate measurements were made between 5 minutes and 10 minutes after injection, with an average of 8.23 ± 1.16 minutes. The second measurements were made between 35 minutes and 45 minutes after injection, with an average of 41.65 ± 3.87 minutes. The third measurements are between 50 minutes and 60 minutes after the injection and the average is 56.81 ± 4.16 minutes.

Inspector Nuclear Radiation Monitor Deluxe Dose Rate CPT.5250-0047 (GM counter) was used for radiation dose rate measurements. The calibration of the device is made by Turkey atomic energy agency (TAEK) in 2018.

Informed consent was obtained from all participants included in the study according to the approval of Istanbul Okan University, Research Ethics Committee.

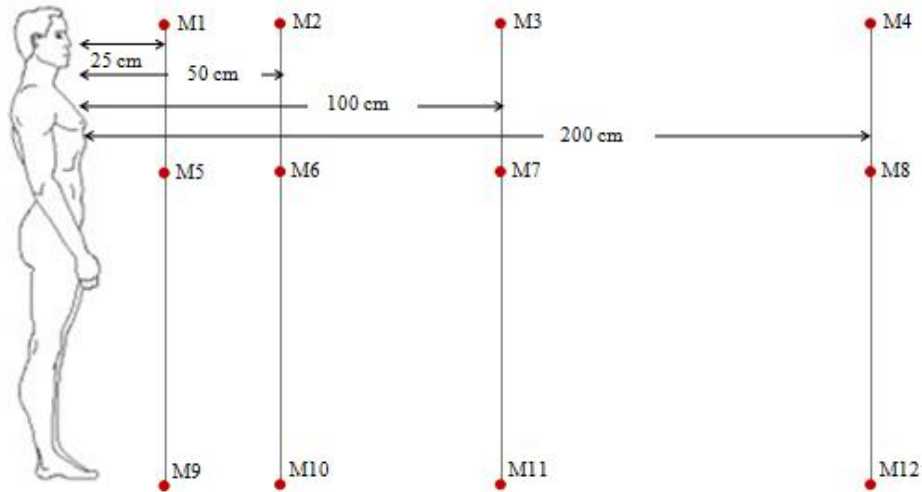


Figure 1. Radiation dose rate measurement point

3. Results and Discussion

The minimum radiation dose rate, maximum radiation dose rate and mean radiation dose rate from different distances (25cm, 50 cm, 100 cm and 200 cm) from the patient’s head level are shown in table 1. The highest radiation dose rate at the head level was calculated as 2.86 μSvh^{-1} at a distance of 25 cm from the patient and at an average of 8.23 minutes after injection.

The minimum radiation dose rate, maximum radiation dose rate and mean radiation dose rate from different distances (25cm,

50 cm, 100 cm and 200 cm) from the patient’s chest level are shown in table 2. The highest radiation dose rate at the chest level was calculated as 2.21 μSvh^{-1} at a distance of 25 cm from the patient and at an average of 8.23 minutes after injection.

The minimum radiation dose rate, maximum radiation dose rate and mean radiation dose rate from different distances (25cm, 50 cm, 100 cm and 200 cm) from the patient’s foot level are shown in Table 3. The highest radiation dose rate at the foot level was calculated as 1.16 μSvh^{-1} at a distance of 25 cm from the patient and at an average of 8.23 minutes after injection.

Table 1. Radiation dose rate for different distances from head level

Distance from patient	Time after the injection (minute)	Minimum Dose Rate μSvh^{-1}	Minimum Dose Rate μSvh^{-1}	Mean Dose Rate μSvh^{-1}
25 cm	8.23	3.71	1.58	2.86
	41.68	2.98	1.23	1.72
	56.81	2.21	0.89	1.21
50 cm	8.23	2.02	1.02	1.53
	41.68	1.89	0.65	0.93
	56.81	1.24	0.41	0.65
100 cm	8.23	1.98	0.78	0.98
	41.68	1.23	0.42	0.59
	56.81	0.98	0.33	0.42
200 cm	8.23	1.12	0.39	0.61
	41.68	0.64	0.21	0.36
	56.81	0.49	0.12	0.25

Table 2. Radiation dose rate for different distances from chest level

Distance from patient	Time after the injection (minute)	Minimum Dose Rate μSvh^{-1}	Minimum Dose Rate μSvh^{-1}	Mean Dose Rate μSvh^{-1}
25 cm	8.23	3.08	1.23	2.21
	41.68	2.56	1.01	1.33
	56.81	1.98	0.77	0.93
50 cm	8.23	1.71	1.02	1.13
	41.68	1.23	0.51	0.67
	56.81	0.99	0.32	0.47
100 cm	8.23	1.47	0.68	0.82
	41.68	1.02	0.34	0.51
	56.81	0.71	0.30	0.36
200 cm	8.23	0.96	0.37	0.57
	41.68	0.59	0.18	0.34
	56.81	0.43	0.11	0.23

Table 3. Radiation dose rate for different distances from foot level

Distance from patient	Time after the injection (minute)	Minimum Dose Rate μSvh^{-1}	Minimum Dose Rate μSvh^{-1}	Mean Dose Rate μSvh^{-1}
25 cm	8.23	3.71	1.58	1.16
	41.68	2.98	1.23	0.71
	56.81	2.21	0.89	0.51
50 cm	8.23	0.78	1.02	0.78
	41.68	1.89	0.65	0.46
	56.81	1.24	0.41	0.32
100 cm	8.23	1.98	0.78	0.61
	41.68	1.23	0.42	0.39
	56.81	0.98	0.33	0.27
200 cm	8.23	1.12	0.39	0.51
	41.68	0.64	0.21	0.32
	56.81	0.49	0.12	0.22

After the radiopharmaceutical is injected into the patient, the radiation dose rate emitted from the patient to the environment decreases over time (figure 3-5). There are strong correlations between the mean radiation dose rate emitted by the patient and

time, varying between $R^2 = 0.9784$ and $R^2 = 0.9916$ at different levels (Head, Chest and foot) and at different distances (25, 50, 100 and 200 cm).

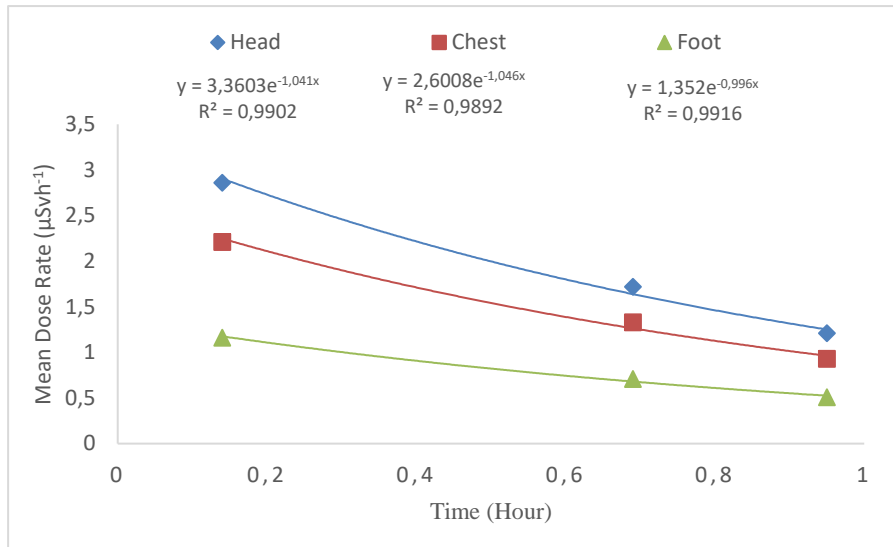


Figure 2. Radiation dose rate by time 25 cm from the head, chest and foot of the patient

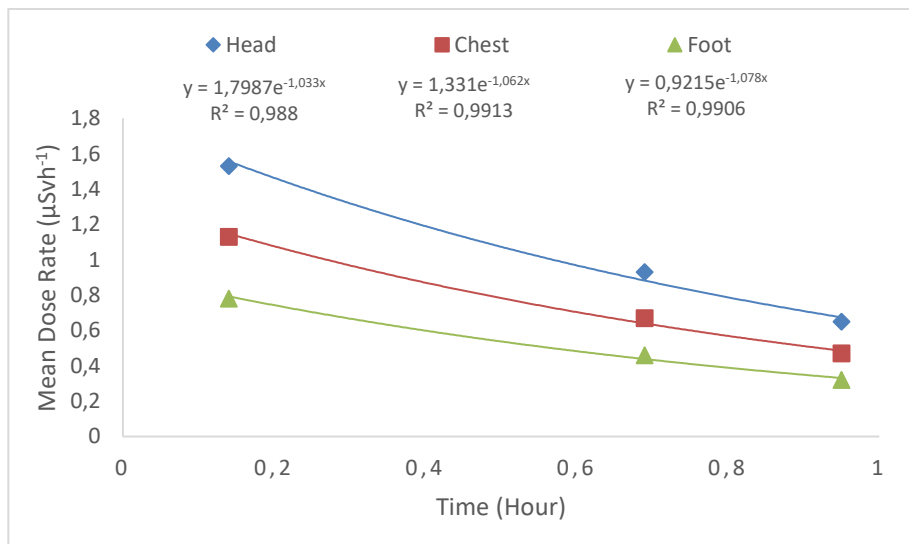


Figure 3. Radiation dose rate by time 50 cm from the head, chest and foot of the patient

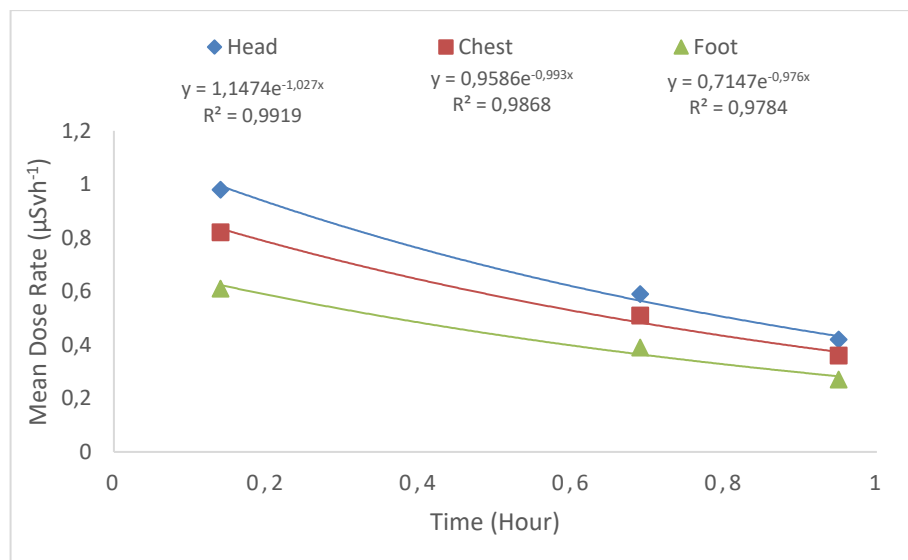


Figure 4. Radiation dose rate by time 100 cm from the head, chest and foot of the patient

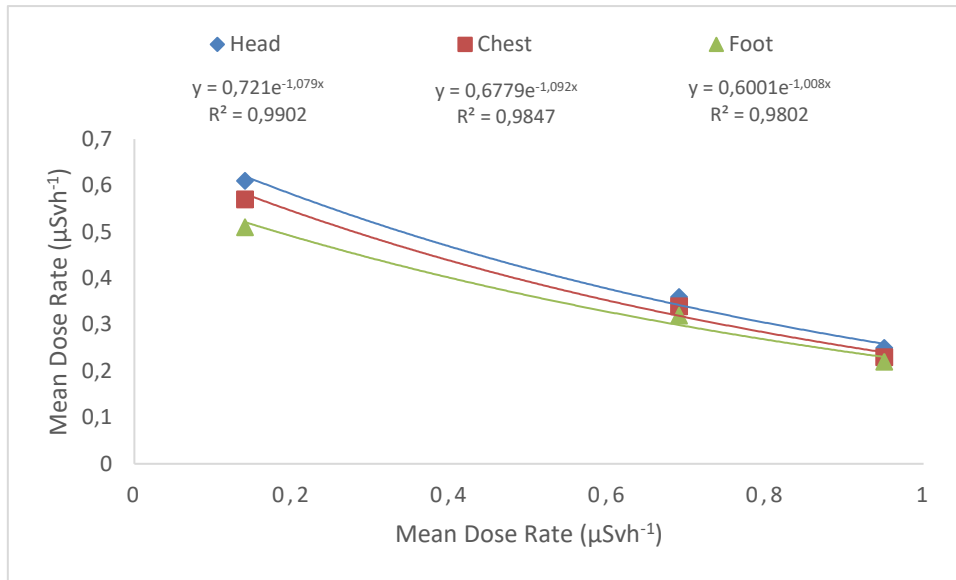


Figure 5. Radiation dose rate by time 200 cm from the head, chest and foot of the patient

It was found that the radiation dose rate at the head, chest and foot level of the patient decreased as the distance from the patient increased, in the measurements made at an average of 8.23 minutes after the injection (figure 6). There is a strong correlation ($R^2 = 0.9939$) between the radiation dose rate and distance at head

level at 8.23 minutes after injection. There is a strong correlation ($R^2 = 0.9685$) between the radiation dose rate and distance at chest level at 8.23 minutes after injection. There is a strong correlation ($R^2 = 0.9678$) between the radiation dose rate and distance at foot level at 8.23 minutes after injection.

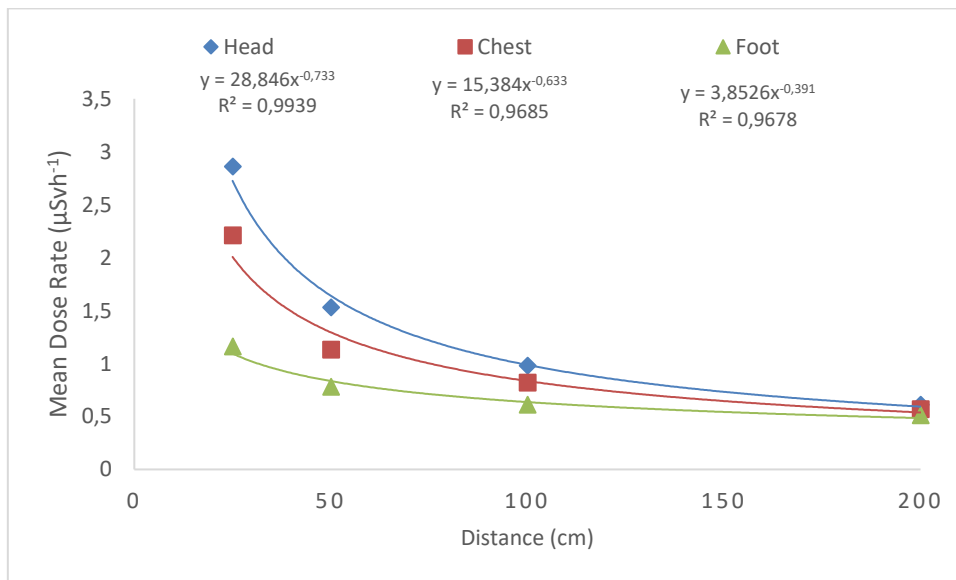


Figure 6. Radiation dose rate by distance from the head, chest and foot of the patient at 8.23 minute after injection

It was found that the radiation dose rate at the head, chest and foot level of the patient decreased as the distance from the patient increased, in the measurements made at an average of 41.68 minutes after the injection (figure 7). There is a strong correlation ($R^2 = 0.9958$) between the radiation dose rate and distance at head

level at 41.68 minutes after injection. There is a strong correlation ($R^2 = 0.9650$) between the radiation dose rate and distance at chest level at 41.68 minutes after injection. There is a strong correlation ($R^2 = 0.9467$) between the radiation dose rate and distance at foot level at 41.68 minutes after injection.

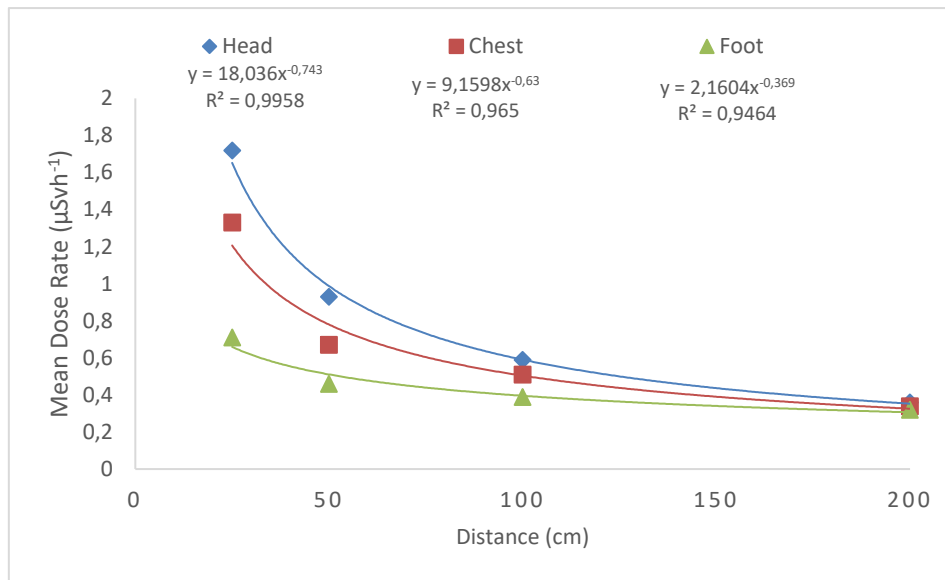


Figure 7. Radiation dose rate by distance from the head, chest and foot of the patient at 41.68 minute after injection

It was found that the radiation dose rate at the head, chest and foot level of the patient decreased as the distance from the patient increased, in the measurements made at an average of 56.81 minutes after the injection (figure 8). There is a strong correlation ($R^2 = 0.9954$) between the radiation dose rate and distance at head

level at 56.81 minutes after injection. There is a strong correlation ($R^2 = 0.9692$) between the radiation dose rate and distance at chest level at 56.81 minutes after injection. There is a strong correlation ($R^2 = 0.9414$) between the radiation dose rate and distance at foot level at 56.81 minutes after injection.

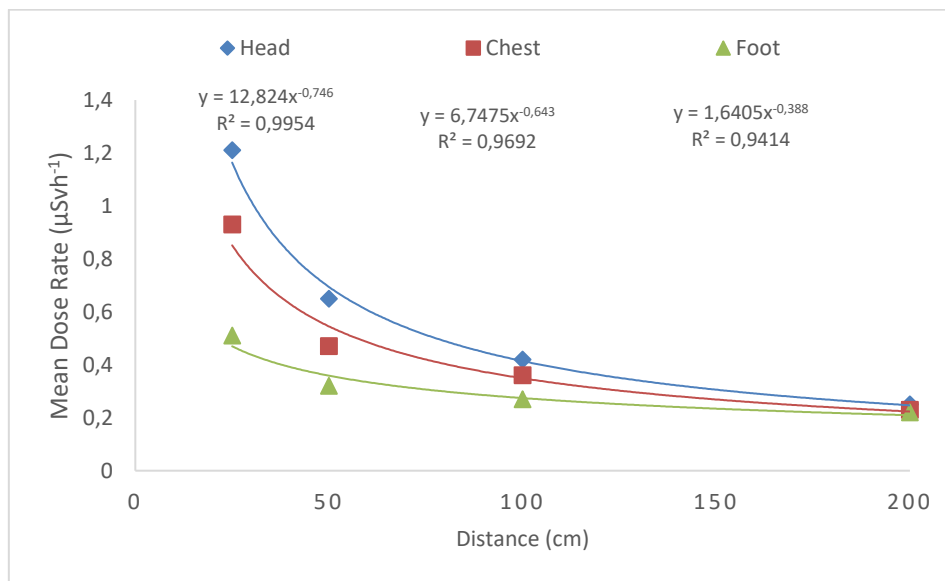


Figure 8. Radiation dose rate by distance from the head, chest and foot of the patient at 56.81 minute after injection

In a similar study by Quinn et al. in 2012, the patient was injected with 490 MBq of radioactive material and the radiation dose rate measured at a distance of 30 cm from the patient was found to be 110 μSvh⁻¹ (Quinn et al. 2012). In a similar study by Demir et al. in 2011, 550 MBq of radioactive material was injected into the patient and the radiation dose rate measured 50 cm from the patient was found to be 196 μSvh⁻¹ (Demir et al., 2011). In a similar study by Bera et al. in 2018, 263 MBq of radioactive material was injected into the patient and the radiation dose rate measured at a distance of 80 cm from the patient was found to be 27 μSvh⁻¹ (Bera et al. 2018). In a similar study by Cronin et al. in 1999, 323 MBq of radioactive material was

injected into the patient and the radiation dose rate measured 80 cm from the patient was found to be 14.7 μSvh⁻¹ (Cronin et al., 1999). In a similar study conducted by Günay and Abamor in 2019, 300 MBq of radioactive material was injected into the patient and the radiation dose rate measured at a distance of 100 cm from the patient was found to be 15 μSvh⁻¹ (Gunay and Abamor, 2019). In another study by Günay et al. in 2019, the patient was injected with 168 MBq of radioactive material and the radiation dose rate measured at a distance of 100 cm from the patient was found to be 5.47 μSvh⁻¹. The radiation dose rate found in our study was found to be much lower than any previous similar

study. Because in our study, the amount of radioactive material injected into the patient was very low.

4. Conclusions and Recommendations

Radiation professionals should be exposed to less than 10 $\mu\text{Sv h}^{-1}$ dose rate, but for public this exposed radiation dose rate is 1 $\mu\text{Sv h}^{-1}$. All results in this study are below the occupational radiation dose rate limits. The similarity of this study for different radiopharmaceuticals will contribute to the literature for radiation safety.

References

- Akkurt, I., & Tekin, H. O. (2020). Radiological parameters of bismuth oxide glasses using the Phy-X/PSD software. *Emerging Materials Research*, 9(3), 1020-1027.
- Altunsoy, E. E., Tekin, H. O., Mesbahi, A., & Akkurt, I. (2020). MCNPX simulation for radiation dose absorption of anatomical regions and some organs. *Acta Phys. Pol. A*, 137(4), 561-565.
- Bera G, Soret M, Maisonneuve JA, Giron A, Garnier JM, Habert MO, Kas A (2018) Equivalent dose rate from patients after whole body FDG-PET/CT. *Médecine Nucléaire* 42(1):45–48. <https://doi.org/10.1016/j.mednuc.2017.11.003>
- Cronin B, Marsden PK, O'Doherty MJ (1999) Are restrictions to behaviour of patients required following fluorine-18 fluoride oxyglucose positron emission tomographic studies? *Eur J Nucl Med* 26:121–128. <https://doi.org/10.1007/s002590050367>
- Çelen, Y. Y., Akkurt, I., Ceylan, Y., & Atçeken, H. (2021). Application of experiment and simulation to estimate radiation shielding capacity of various rocks. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(15), 1-11.
- Demir M, Demir B, Sayman H, Sager S, Sabbir Ahmed A, Uslu I (2011) Radiation protection for accompanying person and radiation workers in PET/CT. *Radiat Prot Dosim* 147:528–532. <https://doi.org/10.1093/rpd/ncq497>
- Detorakis, E. T., Zissimopoulos, A., Ioannakis, K., & Kozobolis, V. P. (2014). Lacrimal outflow mechanisms and the role of scintigraphy: current trends. *World Journal of Nuclear Medicine*, 13(1), 16.
- Herzig, S., & Hurwitz, J. J. (1979). Lacrimal sac calculi. *Canadian journal of ophthalmology. Journal canadien d'ophtalmologie*, 14(1), 17-20.
- Günay, O., & Abamor, E. (2019). Environmental radiation dose rate arising from patients of PET/CT. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(9), 5177-5184.
- Günay, O., Sarihan, M., Abamor, E., & Yazar, O. (2019). Environmental radiation doses from patients undergoing Tc-99m DMSA cortical renal scintigraphy. *International Journal of Computational and Experimental Science and Engineering (IJCESSEN)*, 5(2), 86-93.
- Günay, O., Sarihan, M., Yazar, O., Abuqbeith, M., Demir, M., Sönmezoğlu, K., ... & Gündoğdu, Ö. (2019). Determination of radiation dose from patients undergoing Tc-99m Sestamibi nuclear cardiac imaging. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(9), 5251-5258.
- Jawad, A. A., Demirkol, N., Günöglü, K., & Akkurt, I. (2019). Radiation shielding properties of some ceramic wasted samples. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(9), 5039-5042.
- Kanski, J. J., & Bowling, B. (2011). Eyelids. *Clinical Ophthalmology: A Systemic Approach*, 7, 2-37.
- Kurtulus, R., Kavas, T., Mahmoud, K. A., Akkurt, I., Gunoglu, K., & Sayyed, M. I. (2021). The effect of Nb2O5 on waste soda-lime glass in gamma-rays shielding applications. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 32(4), 4903-4915.
- Linberg, J. V., & McCormick, S. A. (1986). Primary acquired nasolacrimal duct obstruction: a clinicopathologic report and biopsy technique. *Ophthalmology*, 93(8), 1055-1063.
- Manfrè, L., de Maria, M., Todaro, E., Mangiameli, A., Ponte, F., & Lagalla, R. (2000). MR dacryocystography: comparison with dacryocystography and CT dacryocystography. *American journal of neuroradiology*, 21(6), 1145-1150.
- Özseven, A., Akkurt, I., & Günöglü, K. (2020). Determination of some dosimetric parameters in Eğirdir Lake, Isparta, Turkey. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(3), 1503-1510.
- Palacı, H., Günay, O., & Yazar, O. (2019). Türkiye'deki radyasyon güvenliği ve koruma eğitiminin değerlendirilmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (14), 249-254.
- Palaniswamy, S. S., & Subramanyam, P. (2012). Dacryoscintigraphy: an effective tool in the evaluation of postoperative epiphora. *Nuclear Medicine Communications*, 33(3), 262-267.
- Tekin, H. O., Issa, S. A. M., Mahmoud, K. A. A., El-Agawany, F. I., Rammah, Y. S., Susoy, G., ... & Akkurt, I. (2020). Nuclear radiation shielding competences of barium-reinforced borosilicate glasses. *Emerging Materials Research*, 9(4), 1131-1144.
- Quinn B, Holahan B, Aime J, Humm J, St. Germain J, Dauer L (2012). Measured dose rate constant from oncology patients administered 18F for positron emission tomography. *Med Phys* 39:6071–6079. <https://doi.org/10.1118/1.4749966>



Seramik Fabrikasında Fine-Kinney Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi

İbrahim Cündübeyoğlu^{1*}, Ramazan Kayabaşı²

^{1*} Kayseri Üniversitesi, Kayseri, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-5199-6720), icundubeyoglu@kayseri.edu.tr

² Kayseri Üniversitesi, Tomarza Mustafa Akıncı MYO, İnşaat Bölümü, Kayseri, Türkiye (ORCID: 0000-0001-6195-7445), rkayabasi@kayseri.edu.tr

(İlk Geliş Tarihi 21 Ocak 2022 ve Kabul Tarihi 2 Mayıs 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1061103)

ATIF/REFERENCE: Cündübeyoğlu, İ. & Kayabaşı, R. (2022). Seramik Fabrikasında Fine-Kinney Yöntemi ile Risk Değerlendirmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 633-642.

Öz

İşletmeler iş piyasasında rekabet edebilmek için seri üretim yapmak ve ekonomik ürünler üretmek zorundadır. Bu nedenle işletmelerde mekanik sistemler kullanılarak seri üretim yapılmaktadır. Çalışanlar, üretim süreçlerinde, tehlikeli davranışlar yapmakta veya tehlikeli durumlara karşılaşmaktadır. Bu durum risk değerlendirmesinin yapılmasını ve zamanla güncellenmesini zorunlu hale getirmektedir. Bu çalışmada 40 çalışanın bulunduğu seramik fabrikasında Fine-Kinney yöntemi kullanılarak risk değerlendirme yapılmıştır. Değerlendirmede tehlike sayıları ve risk değerleri belirlenmiştir. Tehlike kaynaklarına göre, önlem planı öncesi ve sonrası incelenmiştir. Risk sayıları ve değerleri birbirleriyle kıyaslanarak risk ortalaması yüksek çıkan kaynaklar belirtilmiştir. Doküman, mekanik ve elektrik tehlike kaynakları tüm tehlike kaynakları arasında tehlike sayısı ve değeri açısından ilk sıralarda yer almaktadır. Risk değerlendirme sonuç ölçeğine göre tolerans gösterilemez risk %2.17, esaslı risk %13.05, önemli risk %77.18 ve olası risk %7.60 oranında çıkmıştır. İşletmede önlem planı uygulandığında %86.40 oranında iyileşme sağlanmaktadır. Mevcut duruma göre yüksek çıkan risk değerleri düzeltici ve önleyici faaliyetler sonrasında kabul edilebilir seviyelere düşmektedir. Bu nedenle risk değerlendirme sonucunda belirlenen riskler işyeri örgütünün tüm üyeleri tarafından incelenerek önleyici faaliyetler öncelik sırasına göre yerine getirilmelidir.

Anahtar Kelimeler: İş Sağlığı ve Güvenliği, Risk Değerlendirmesi, Fine-Kinney Yöntemi, Seramik Endüstrisi

Risk Analysis with Fine-Kinney Method in Ceramic Factory

Abstract

Businesses must make mass production and produce economical products in order to compete in the job market. For this reason, mass production is carried out by using mechanical systems in enterprises. Employees engage in dangerous behaviors or encounter dangerous situations during production processes. This makes it necessary to carry out risk analysis and update it over time. In this study, a risk analysis was made using the Fine-Kinney method in the ceramic factory where 40 workers work. In the analysis, hazards numbers and risk values were determined. According to the sources of danger, it was examined before and after the prevention plan. By comparing the risk numbers and values with each other, the sources with a high-risk average are specified. Document, mechanical and electrical hazard sources are in the first place among all sources of danger in terms of the number and value of hazards. According to the risk assessment outcome scale, the intolerable risk was 2.17%, the high risk was 13.05%, the important risk was 77.18%, and the probable risk was 7.60%. When a precautionary plan is implemented in the enterprise, an improvement of 86.40% is achieved. The risk values, which are high compared to the current situation, decrease to acceptable levels after corrective and preventive actions. For this reason, the risks determined as a result of the risk analysis should be examined by all members of the workplace organization and preventive activities should be carried out in order of priority.

Keywords: Occupational Health and Safety, Risk Analysis, Fine Kinney Method, Ceramic Industry

* Sorumlu Yazar: icundubeyoglu@kayseri.edu.tr

1. Giriş

İş Sağlığı ve Güvenliği (İSG) insanın çalışma hayatında var olduğu ve üretim süreçlerinde görev aldığı sürece var olacak bir kavramdır. Çalışanlar hammadde temininden başlayarak, yarı mamul, mamul üretimi ve hizmet, ticaret sektörlerinde istihdam edilebilmektedir. Çalışanlar iş yerinin tehlike sınıfına ve yaptığı işe göre risklere maruz kalmaktadır. Maruz kalınan riskler değerlendirilmeli ve riskler kabul edilebilir seviyelere düşürülmelidir. İşletmelerde risk değerlendirmeleri yapılmalı ve güncel tutulmalıdır. Tehlike kaynaklarına göre riskler sınıflandırılarak etkin mücadele yöntemleri geliştirilmelidir. Endüstri 4.0 dönemine geçişin yaşandığı günümüzde nesnelerin interneti ile işyerlerinin risk seviyelerini kabul edilebilir seviyelere düşürmek daha kolay hale gelecektir.

Dünyada ve ülkemizde her yıl iş kazaları, meslek hastalıkları ve sürekli iş göremezlik halleri alınan tüm önlemlere rağmen sıklıkla görülmektedir (M. Çetin & Gögül, 2015). Ülkemizin kaza sıklık oranı ve ölüm oranı Avrupa Birliği (AB) ülkeleri ortalamasının çok üstündedir (Ceylan, 2011). Ecole Nationale Supérieure Des Arts Decoratifs (ENSAD) verilerine göre enerji sektöründe toplamda 32705 kaza kaydının %83,2'si insan kaynaklı, %16,3'ü doğal afetler kaynaklı ve %0,5'i çatışma nedeniyledir (Burgherr & Hirschberg, 2014). Her iş yerinde fiziksel yapı, seçilen çalışma yöntemi, kullanılan araç gereç ve zaman yönetimi gibi nedenlerle çok sayıda tehlike kaynağı bulunmaktadır. Bu nedenle tehlikesiz olarak görülebilecek işyeri önlemlere rağmen, iş kazaları oranları yüksektir.

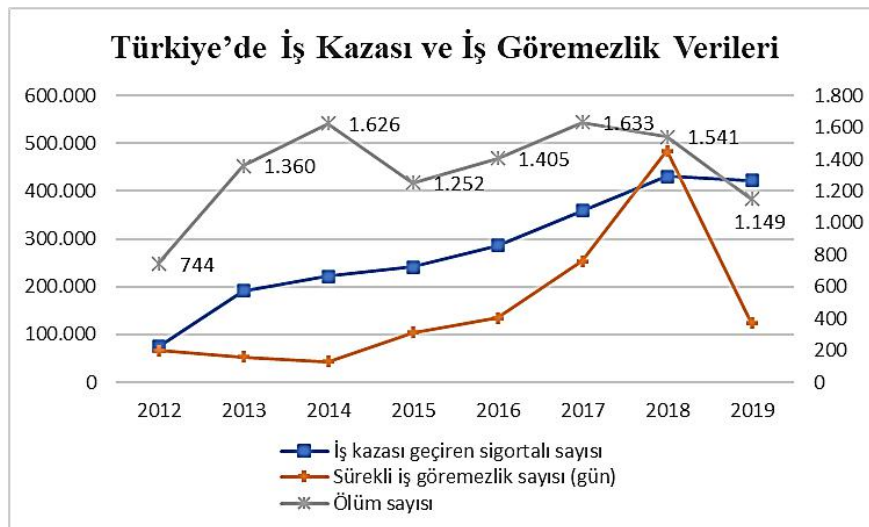
İş yerlerinde kazalar ve meslek hastalıkları sonucunda görünür ve görünmeyen maliyetler ortaya çıkmaktadır (S. Çetin, 2021). Bu maliyetler işvereni ekonomik olarak olumsuz etkilemekte, kazaların yaşanmaması için yararlı bir etki sağlamamaktadır. Yararlı olan kaza öncesinde, riski öngörerek harekete geçen (proaktif) yaklaşım ile kazaların oluşmasına neden olan kaynakların bertaraf edilmesidir. Kazaların yaşanmaması için düzeltici ve önleyici faaliyetlerin yürütülmesi risk değerlendirmesi yönetmeliğinde belirtilmektedir.

İşveren İSG tedbirlerini almaz, önleyici faaliyetler yürütmez ise işyerinde risk değerleri yüksek çıkar. Ayrıca iş yerinde hayati tehlike oluşması halinde hayati tehlike bertaraf edilene kadar işçiler çalışmaya zorlanamaz. Hayati tehlike devam etmesi durumunda çalışan çalışmaktan kaçınma hakkını işyeri İSG kuruluna başvurarak kullanabilmektedir (Pehlivan, 2020).

İSG Risk Değerlendirmesi Yönetmeliğinde belirtilen düzeltici ve önleyici faaliyetler risk değerlendirmesinin önemli bir bölümünü oluşturmaktadır. İş yerinde var olan risklerin yönetilmesi ve kabul edilebilir seviyede tutulması, çalışan sağlığının ve güvenliğinin korunması adına önemli bir göstergedir. İş yeri risklerinin yönetilmesi ve kontrol altında tutulması iş kazalarının azalmasında büyük bir etkiye sahiptir. İş yerinde risk seviyesinin düşürülmesi için, çalışanlara sağlık gözetimi yapılmalı, işe giriş İSG eğitimi verilmeli ve risk değerlendirmesinde belirtilen düzeltici ve önleyici faaliyetler yürütülmelidir.

Endüstri dünyada ve ülkemizde hızla gelişmekte, çeşitlenmekte ve karmaşılaşmaktadır. İşletmelerde performansa dayalı çalışma yöntemine geçiş ve üretim sürecinde hammadde çeşitliliği, risklerin sayısının artmasına sebep olmaktadır (Erol & Erdebilli, 2020). Türkiye'de 2012 ile 2019 yılları arasında meydana gelen iş kazası sayısı, iş kazaları sonucu ölüm ve sürekli iş göremezlik halleri Şekil 1'de verilmiştir. 2012 yılında iş kazası geçiren çalışan sayısı 74.871 iken 2019 yılında bu sayı 422.463 olmuştur. Yıllara bağlı olarak kaza geçiren sayısı sürekli artış göstermektedir. Toplam çalışan sayısının artması bu durumu etkilemektedir. Bu kazalar sonucunda 4a ve 4b kapsamında 2012 yılında 744, 2019 yılında 1.149 çalışan hayatını kaybetmiştir.

2012 yılında proaktif yaklaşımla hazırlanan 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanununun ve sonrasında çıkan ilgili yönetmeliklerin uygulanmasıyla önemli kazanımlar elde edilmiştir. Yıllara bağlı artan iş kazaları sayılarına rağmen, ölüm sayılarında sürekli bir artış görülmemiştir. Bu durum işyerlerinde sağlanan iyileştirmelerin bir sonucudur. 2015 ve 2019 yıllarında iş kazası sonucu ölüm sayıları azalmış fakat süreklilik sağlanamamıştır. 2012-2019 yılları arasında sürekli iş göremezlik durumlarında genel olarak bir artış eğilimi gözlemlenmektedir.



Şekil 1. Türkiye'de İş kazası ve İş Göremezlik verileri (Figure 1. Occupational accident and incapacity data in Turkey)

(SGK, 2020)

6331 Sayılı İSG Kanunu'nun 4. Maddesinde işverenin genel yükümlülükleri kapsamında; çalışanların sağlık ve güvenliğini sağlamakla yükümlüdür. Kanunun ilgili maddesi kapsamında "İşveren mesleki riskleri önlenmesi için gerekli tüm tedbirlerin alınması, organizasyonun yapılması, gerekli araç ve gereçlerin sağlanması, sağlık ve güvenlik tedbirlerinin değişen şartlara uygun hale getirilmesi ve mevcut durumun iyileştirilmesi için çalışmalar yapar. İSG tedbirlerine uyulup uyulmadığını izler, denetler ve uygunsuzlukların giderilmesini sağlar. Risk değerlendirmesi yapar veya yaptırır. Çalışana görev verirken, çalışanın sağlık ve güvenlik yönünden işe uygunluğunu göz önüne alır. Yeterli bilgi ve talimat verilenler dışındaki çalışanların, hayati ve özel tehlike bulunan yerlere girmemesi için gerekli tedbirleri alır" (6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, 2012) hükümleri ile işverenin sorumlulukları tarif edilmektedir.

Tehlike, risk ve risk değerlendirmesi kavramları 6331 sayılı kanunda şu şekilde belirtilmektedir;

"Tehlike: İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek, çalışanı veya işyerini etkileyebilecek zarar veya hasar verme potansiyelini,

Risk: Tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimalini,

Risk değerlendirmesi: İşyerinde var olan ya da dışarıdan gelebilecek tehlikelerin belirlenmesi, bu tehlikelerin riske dönüşmesine yol açan faktörler ile tehlikelerden kaynaklanan risklerin analiz edilerek derecelendirilmesi ve kontrol tedbirlerinin kararlaştırılması amacıyla yapılması gerekli çalışmalar" (6331 Sayılı Kanun) şeklinde ifade edilmektedir.

Risk değerlendirmesi işyerinin tehlike sınıfına bakılmaksızın yapılmalıdır. Fakat risk değerlendirmesinin yenilenmesi işyeri tehlike sınıfına göre yapılmalı ve az tehlikeli, tehlikeli ve çok tehlikeli iş kollarına göre sırayla en fazla 6 yılda bir, 4 yılda bir ve 2 yılda bir kısmen veya tamamen yenilenmelidir. Ayrıca İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği uyarınca;

- İşyerinin taşınması durumunda veya binalarında değişiklik yapılması,
- İşyerinde uygulanan teknoloji, kullanılan madde ve ekipmanlarda değişiklikler meydana gelmesi,
- Üretim yönteminde değişiklikler olması,
- İş kazası, meslek hastalığı veya ramak kala olay meydana gelmesi,
- Çalışma ortamına ait sınır değerlere ilişkin bir mevzuat değişikliği olması,
- Çalışma ortamı ölçümü ve sağlık gözetim sonuçlarına göre gerekli görülmesi,
- İşyeri dışından kaynaklanan ve işyerini etkileyebilecek yeni bir tehlikenin ortaya çıkması,

durumlarında risk değerlendirmesi tamamen veya kısmen yenilenmelidir (İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, 2012).

6331 sayılı Kanun ve İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği gereği risk değerlendirmesi yapılması ve yenilenmesi hükme bağlanmıştır. Yapılması ve yenilenmesi zorunluluk olmakla birlikte iş yerinde güvenlik ve sağlık için gereklidir. Erol ve ark. mermer fabrikasında yaptıkları bir anket çalışmasında; çalışanlar daha önce hiç görmedikleri ve

sonuç olarak hangi hastalıklara sebep olacağını bilmedikleri kimyasal maddelerle çalışma ortamında sürekli maruz kaldıklarını söylemişlerdir (Erol & Erdebilli, 2020). Risk değerlendirmesinde tehlike kaynakları ve riskler tanımlanmaktadır. Bu risklere karşılık düzeltici ve önleyici faaliyetler önerilmektedir. Önerilen düzeltici ve önleyici faaliyetlerin sorumluları ile gerçekleştirme süreleri kayda alınmaktadır. Bu durum iş yerinde dinamik bir yapının oluşmasına neden olmaktadır. Tüm sektörlerde risk değerlendirmesinin gerçekleştirilmesi çalışanların sağlığının korunması ve İSG kültürünün yaygınlaşması adına önem arz etmektedir.

İşyerindeki riskler belirlenirken öncelikle tehlike kaynakları belirlenmeli mümkünse fotoğrafları alınmalıdır. Kaynaktan zarar görebilecek grubun belirlenmesi ve sonrasında risklerin değerlendirilmesi gerekmektedir. Risk değerlendirmesi süreçlerine çalışanlar dâhil edilerek, görüşleri alınmalıdır. Risk değerlendirmesinde sahadan önemli veriler toplanmalı ve sonucunda riskleri kabul edilebilir seviyeye düşürmek için düzeltici ve önleyici faaliyetler önerilmelidir. Son olarak, zaman içinde risk değerlendirmesi gözden geçirilmeli ve gerekli görülen kısımlar güncellenmelidir (Gul, Guven, & Guneri, 2018).

İş yerinde İSG kültürünün kazanılması ve kalıcı olabilmesi için üst yönetim iş yeri İSG politikalarını benimsemeli ve katkı sağlamalıdır. Ayrıca risk değerlendirmesi iş yerini yansıtmalı, İSG uygulamaları yeterli olmalı ve çalışanlar tarafından benimsenmelidir. Alınan tüm kararlarda önceliğin insan sağlığı ve işletmenin güvenliği olduğu yansıtılmalıdır (Erdebilli & Gür, 2020). İş yerlerinde sağlık ve güvenliği yönetmenin önemli ilk adımı, kontrol edilecek risk faktörleridir (Kayabaşı, 2019b). Risk değerlendirmesinde tespiti yapılan her bir tehlike, analiz sonucunda risk değerlerini oluşturmaktadır (Gul et al., 2018). Değerlendirme sonucunda tehlike seviyesinin kabul edilebilir seviyede olup olmadığı değerlendirilmesi gerekir. Hayati tehlike zaman içinde alınmamış önlemler nedeniyle oluşabileceği gibi beklenmedik bir durum sonucunda da meydana gelebilmektedir. Kabul edilebilir seviyede olmayan ve hayati tehlike oluşturan risklerin bulunması halinde iş durdurma kararı verilebilir. Tespit kapsamında derhal müdahale veya acil müdahale kararı alınabilmektedir (Kokangül, Polat, & Dağsuyu, 2017). Bu karar işyerinin belli bir kısmını veya iş yerinin tamamını kapsayacak şekilde uygulanabilir. İş durdurma kararı alınmaz ve hayati tehlike devam ederse çalışan, yasal olarak çalışmaktan kaçınma hakkını kullanabilmektedir.

İşletmelerde beden gücüyle yapılan çalışmalarda iş kazası ve meslek hastalıklarının görülme oranı daha yüksektir. Özellikle maden işletmelerinde diğer sektör işletmelerine göre bu oran daha fazladır. Ağır iş makinelerinin kullanılması, çalışanların mesleki yeterliliklerinin olmaması, periyodik bakım ve periyodik onarımlarının zamanında yapılmaması iş kazası ve meslek hastalıklarının sayısını artırmaktadır (Civelekler & Konuk, 2012). Risk değerleri düşürülmemiş güvenli olmayan çalışma ortamları, çalışanların sağlık ve güvenliği için her zaman tehdit niteliği taşımaktadır. Pehlivan vd. yapmış olduğu anket çalışmasında hem çalışanlar hem de toplum İSG için kalıcı önlemlerin alınması gerektiğini savunmuşlardır. İşçiler güvenli ortamda çalışmak istemekte, aileler yakınlarını güvenli ortamlarda çalışmalarını beklemekte, işletmelerde kesintisiz ve kazasız üretim yapmayı hedeflemektedir (Açıkalın, 2008). Bu beklentilerin gerçekleşmesi işverenin gerekli tüm önlemleri almasıyla ve çalışanların bu önlemlere uyması ve sonucunda güvenlik kültürünün kalıcı hale getirilmesiyle mümkün olacaktır.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada seramik üretim fabrikasında Fine-Kinney yöntemi kullanılarak risk değerlendirmesi yapılmıştır. Yapılan çalışmada seramik fabrikasının seçilme sebebi iş akış süreçlerinde çok sayıda ve birbirinden farklı tehlike kaynaklarını bulundurmasıdır. Çalışmanın kısıtı seramik fabrikası ve eklentilerinde 6 aylık risk değerlendirme sürecidir. İş yerinde toplam 40 çalışan bulunmaktadır. İşletmede lavabo, küvet, eviye, alaturka ve alafranga hela taşı gibi seramik gereçler üretilmektedir. Üretim sırasında hammaddeden başlayarak sırlama ve paketlenmeye kadar olan tüm işlemler yapılmaktadır. Risk değerlendirmesinde seramik üretim fabrikasının tamamında koşullar göz önüne alınarak gözlemler yapılmış, gözlemlere göre çeşitli değerlendirmeler gerçekleştirilmiştir. Çalışanların iyi hallerini bozacak elektriksel, fiziksel, kimyasal, biyolojik, mekanik ve diğer tüm riskler dikkate alınmıştır. Seramik üretimi ile ilgili işletmeler "İşyeri Tehlike Sınıfı Tebliği'nde" çok tehlikeli işyeri sınıfındadır (İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği, 2012). Yapılan işler kapsamında iş yerinde çok sayıda kimyasal madde kullanılmaktadır. İş yerinde döner makineler ve basınçlı kaplar bulunmaktadır. Kimyasal maddeler başta cilt kanseri ve solunum yolu rahatsızlıkları olmak üzere çeşitli meslek hastalıklarının nedenlerini oluşturabilmektedir. Döner aksamlar, kaldırma iletme ekipmanları ve basınçlı kaplar büyük kazaların olmasına neden olabilecek potansiyelleri bünyesinde barındırmaktadır.

Fine-Kinney yöntemi risk değerlendirmesinde tercih edilen Kantitatif (nicel) bir yöntemdir. Bu yöntemle riskler hesaplanırken sayısal yöntemlere başvurulur. Risk değerlendirmesinde riskin gerçekleşme ihtimali, şiddetine ve sıklığına verilen sayısal değerler doğrudan doğruya birbirleri ile çarpılarak risk değeri hesaplanır. Kantitatif yöntemi 5X5 L Tipi Matris yönteminden ayıran en büyük yönü gerçekleşme sıklığının da değerlendirmeye alınmasıdır. Ayrıca risk ölçeğinin geniş olması öncelik kavramını ön plana çıkarmaktadır. Kinney ve Wiruth tarafından 1976 yılında geliştirilen yöntem birçok sektörde risk değerlendirmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır ("Risk Assessment: a Brief Guide to Controlling Risks in the Workplace," 2014).

Fine-Kinney yöntemi kullanılarak yapılan risk değerlendirmesinde Etki-Zarar Sonuç Ölçeği, Frekans (Sıklık) Ölçeği, İhtimal Ölçeğine göre risk değerleri ortaya çıkmaktadır (Tablo 1). Şiddet, tehlikenin insan ve/veya çevre üzerinde oluşturacağı tahmini zarardır. Şiddet değer aralığı; en düşük 1, en yüksek ise 100'dür. Frekans, tehlikeye belirli bir periyot içinde maruz kalma sıklığıdır. Frekans değerleri en düşük 0,5 olup en yüksek değeri 10 olarak tanımlanmıştır. Buradaki frekans değeri, çalışanın tehlikeye maruz kalma sıklığını ifade etmektedir. Olasılık istenmeyen olayın meydana gelme ihtimalidir. Olasılık değerlerine en düşük 0,2 verilebileceği gibi, en yüksek 10 değeri verilebilmektedir. Hesaplanan risk değerleri, işletmenin tüm birim, bölüm ve işlemlerinde İSG açısından uygunluğunu matematiksel olarak verecektir.

Tablo 1. Fine-Kinney Yöntemi Etki- Zarar Sonuç Ölçeği, Frekans (Sıklık) Ölçeği, İhtimal Ölçeği (Table 1. Fine-Kinney Method Impact-Harm Outcome Scale, Frequency (Frequency) Scale, Probability Scale)

Ş: Olayın Şiddeti (Zarar Verme Derecesi)		F: Olayın Frekansı (Tehlikeye Zaman İçinde Maruz Kalma Sıklığı)		O: Olasılık (Tehlikenin Ortaya Çıkma Olasılığı)	
100	Birden fazla ölümlü kaza çevresel felaket	10	Hemen hemen sürekli (Bir saatte birkaç defa)	10	Beklenir, kesin
40	Öldürücü kaza ciddi çevresel zarar	6	Sık (Günde bir veya birkaç defa)	6	Yüksek, oldukça mümkün
15	Kalıcı hasar, iş kaybı çevresel engel oluşturma, yakın çevreden şikâyet	3	Ara sıra (Haftada bir veya birkaç defa)	3	Olası
7	Önemli hasar, yaralanma, dış ilkyardım ihtiyacı arazi sınırları dışında çevresel zarar	2	Sık değil (Ayda bir veya birkaç defa)	1	Mümkün fakat düşük
3	Küçük hasar, yaralanma, dâhili ilkyardım ihtiyacı arazi sınırları içinde çevresel zarar	1	Seyrek (Yılda birkaç defa)	0,5	Beklenmez fakat mümkün
1	Ucuz atlatma çevresel zarar yok	0,5	Çok seyrek (Yılda bir veya daha seyrek)	0,2	Beklenmez

Belirlenen durum için risk değeri; frekans ölçeği, şiddet ölçeği ve ihtimal ölçeğinde yer alan sayıların çarpımı sonucu hesaplanır (Tablo 2). Riskler belirlendikten sonra, öncelikli olarak risklerin değerlerine göre önlem sırası belirlenir. Ayrıca alınacak önlemler, önlem sırasına göre tüm riskler için tayin edilir. Risk değerinin yüksek çıkması durumunda şiddet, frekans veya olasılık

değerlerinden biri veya birkaçı yüksektir. Yüksek çıkan risk değerinin yüksek çıkma nedeni sorgulanmalı ve değerlendirilmelidir. Önlemler bu nedenlere göre belirlenmelidir. Hayati tehlike oluşması halinde beklenilmeden iş durdurulmalı ve hayati tehlike giderildikten sonra çalışma başlatılmalıdır.

Tablo 2. Fine-Kinney Yöntemi Sonuç Ölçeği (Table 2. Fine-Kinney Method Outcome Scale)

Risk Değeri = Olasılık X Şiddet X Frekans			
Risk Değeri		Risk Değerlendirmesi Sonucu	
A	400<R	Tolerans Gösterilemez Risk	Hemen Gerekli Önlemler Alınmalı/ İş Durdurulmalı
B	200<R<400	Esaslı Risk	Kısa Sürede İyileştirilmeli
C	70<R<200	Önemli Risk	Plan Doğrultusunda Yıl İçinde İyileştirilmeli
D	20<R<70	Olası Risk	Gözetim Altında Tutulmalı
E	R<20	Önemsiz Risk	Önlem Öncelikli Değil

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

İş yerleri, NACE kodlarına göre tehlike sınıflarına ayrılmaktadır (İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği, 2012) Bu durum işyerinin asıl yaptığı işe göre yapılan genel bir sınıflandırmadır. İşverenin bu sınıflandırmaya göre mevzuat gereği sorumlulukları bulunmaktadır (Gür & Sezik, 2020). Risk değerlendirmesi yapmak ve yaptırmak işverenin bu sorumluluklarından bir tanesidir. Bu kapsamda risk değerlendirmesi işverenin iş sağlığı ve güvenliğini sağlaması için yol haritası niteliğindedir. Bu çerçeveden bakıldığında risk değerlendirmesinin önemi tüm paydaşlar (işletmeler, çalışanlar ve devlet) için oldukça büyüktür. Risk değerlendirmesi tüm işyeri paydaşları tarafından titizlikle incelenmeli ve gerekli önlemler alınmalıdır.

Risk değerlendirmesinde riskler Tablo 3'te tehlike kaynağına göre sınıflandırılmış ve değerlendirilmiştir. Böylelikle işveren kısım seçimi yaparak riskleri sınıflandırabilmektedir. Risk değerlendirmesinde tehlike kaynakları belirlenerek kaynağın

etkisi incelemeye alınmıştır. Geçmişte yaşanan kazalar sorgulanmış, alınan önlemin yeterli olup olmadığı değerlendirilmiştir. Yapılan inceleme sonucunda düzeltici ve önleyici faaliyet önerilmiştir. Düzeltici ve önleyici faaliyetlerin tamamlanacağı tarih ve gerçekleştirme sorumluları değerlendirilmiştir. Tabloda sorumlu tayin edilen kişilerin isimleri Kişisel Verilerin Korunması Kanunu (KVKK) gereği gizlenmiştir. Düzeltici ve önleyici faaliyetin gerçekleştirilmesi ile riskler tekrar hesaplanarak risklerin kabul edilebilir seviyede olup olmadığı değerlendirilmektedir. Elektrik sınıflandırmasında risk değeri yüksek çıkan, elektrik tesisatı kontrollerinin yapılmamış olması ve elektrik panolarında kaçak akım rölelerinin bulunmaması öncelikli risklerdendir. Bu risklere karşılık önlem alınmaması halinde çalışanların elektrik akımına kapılması sonucunda yaralanması veya ölümü ile sonuçlanabilmektedir. Bu nedenle düzeltici ve önleyici faaliyetlerin öncelik sırasına göre yerine getirilmesi hayati öneme sahiptir.

Tablo 3. Fine-Kinney Yöntemi Risk Değerlendirmesi (Elektrik Kaynaklı Değerlendirme) (Table 3. Fine-Kinney Method Risk Assessment (Electrical Evaluation))

RISK DEĞERLENDİRMESİ														RISK AKSİYON PLANI									
N	KODU	ETKİ	BÖLÜM/YER MAKİNE/ŞİRKET	TEHLİKE	TEHLİKENİN ETKİSİ	DURUM MEVCUT DURUM ÖZGÜRLÜĞÜ	TEKNOLOJİK YERİNE İHTİSAP E-Yeti	Alınan Önlemler Yeterli mi E-Yeti	Öncelik Sırası (1, 2, 3)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	ELEKTRİK	İNSAN-ÇEVRE- EKİPMAN	ELEKTRİK	Elektrik tesisatı kontrollerinin yapılmamış olması	Elektrik kazaları, ölüm	MEVCUT	HAYIR	KISMEN	1	6	3	40	720	A	Yetkili bir elektrik mühendisi tarafından yılda bir tüm tesisat sistemi ve elektrikli makinelerin topraklama kontrolü yapılmalıdır.	1	1	40	40	Tüm Firma Çalışanları	.....	TAMAMLANDI	E
2.	ELEKTRİK	ÇEVRE	ELEKTRİK	Elektrik panolarında yüksek akım rölelerinin olmaması	Elektrik kazası, ölüm	MEVCUT	HAYIR	KISMEN	1	3	6	40	720	A	Tüm elektrik panolarında yüksek akım röleleri olmalıdır. Aylık test butonuna basılarak kontrol edilmelidir.	1	1	40	40	Tüm Firma Çalışanları	.....	TAMAMLANDI	E
3.	ELEKTRİK	İNSAN-ÇEVRE- EKİPMAN	ELEKTRİK	Elektrik pano kapaklarının açık olması	Elektrik kazaları, ölüm	MEVCUT	HAYIR	HAYIR	2	3	3	40	360	B	Üretimdeki tüm elektrik pano kapakları kapalı tutulmalı ve temizlik esnasında su tutulmamalıdır.	1	1	40	40	Tüm Firma Çalışanları	.....	TAMAMLANDI	E
4.	ELEKTRİK	İNSAN-ÇEVRE- EKİPMAN	ELEKTRİK	Elektrik panolarının altında yalıtılan paspas olmaması	Elektrik kazaları, ölüm	MEVCUT	HAYIR	HAYIR	3	3	2	15	90	C	Elektrik ve kontrol panolarının altına uygun ebat ve nitelikte yalıtılan paspas konulmalıdır.	1	1	15	15	Tüm Firma Çalışanları	.....	1.11.2021	E

Seramik fabrikası üretim süreçlerinde çok sayıda kimyasal kullanılmaktadır. Bu nedenle çalışanlar kimyasallara bağlı çok sayıda tehlike kaynağıyla karşı karşıya kalmaktadır. Bu kaynaklar hammadeden, üretim sürecinden veya kullanılan yöntemlerden

sayıda tehlike kaynağıyla karşı karşıya kalmaktadır. Bu kaynaklar hammadeden, üretim sürecinden veya kullanılan yöntemlerden

kaynaklı olabilmektedir. Kimyasallar ile ilgili risk değerlendirmesinde yer alan risklerden bazıları Tablo 4'te verilmiştir. Kalsit, çinko, kuvars ve kaolin mineralleri kimyasal grubunda ele alınmıştır. Bu minerallerin kullanımı nedeniyle cilt ve solunum rahatsızlıkları, kuma, halsizlik, zehirlenme, kimyasal yanıklar, meslek hastalığı ve iş kazaları olabilmektedir. Kimyasallar kullanılırken ortamda önlem alınmalı, çevresel önlemler uygulanmalı ve kişisel koruyucu önlemler

uygulanmalıdır. Çalışanlara kullandıkları kimyasala uygun Kişisel Koruyucu Donanım (KKD) temin edilmeli ve kullanımı ile ilgili eğitim verilmelidir. Kimyasalın tedarikinden depolanması, kullanılması ve atık yönetimine kadar tüm süreçlerde, kimyasalın malzeme güvenlik bilgi formunda belirtilen esaslara uyulmalıdır. Çalışanlar kimyasallar ile ilgili mesleki yeterliliği sahip olmalı ve İSG eğitimleri olmalıdır.

Tablo 4. Fine-Kinney Yöntemi Risk Değerlendirmesi (Kimyasal Kaynaklı Değerlendirme) (Table 4. Fine-Kinney Method Risk Assessment (Chemical Assessment))

RISK DEĞERLENDİRMESİ															RISK AKTİYON PLANI																				
N	KİMYASAL	ETKİ	BÖLÜM/YER	TEHLİKE	TEHLİKEDEN ETKİLE	MEVCUT DURUM	MEVCUT DURUMUN GÜVENLÜĞÜ	UÇURUMSİZ DURUMUN Kaza Yarımlı Etkisi	Yeterli mi Etkisi	Öncelik Sıra (1,2,3)	4	5	R	DEĞER	KONTROL ÖNLEMLERİ (DURULUCU ÖNLEMLERİ FAALİYET/TEKİR)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1.	KİMYASAL	İNSAN-ÇEVRE- EKİPMAN	KİMYASAL	Kalsit kullanımı	Cilt ve solunum rahatsızlıkları, kuma, halsizlik,zehirlenme, kimyasal yanıklar, meslek hastalığı	MEVCUT	HAYIR	KISMEN	3	3	2	15	90	C	İnsan sağlığına ve çevreye bir zararı yoktur. Yangın için özel önlem gerekmez. Göz ile temasında bol su ile yıkınması gerekmektedir.Kullanım esnasında boyacı tutumu, maske ve gözlük kullanılmalıdır.	1	1	15	15	Tüm Firma Çalışanları	.....	SÜREKLİ	E											
2.	KİMYASAL	İNSAN-ÇEVRE- EKİPMAN	KİMYASAL	Çinko kullanımı	Cilt ve solunum rahatsızlıkları, kuma, halsizlik,zehirlenme, kimyasal yanıklar, meslek hastalığı	MEVCUT	HAYIR	KISMEN	3	3	2	15	90	C	Yangın anında su kullanmayın, kkt yangın söndürücü kullanılmaldır. Boyacı tutumu, gözlük ve maske kullanılmalıdır. Cilde temasında bol su ile yıkayın, yutulması halinde bol su için, kusturmayın.	1	1	15	15	Tüm Firma Çalışanları	.....	SÜREKLİ	E											
3.	KİMYASAL	İNSAN-ÇEVRE- EKİPMAN	KİMYASAL	Kuvars kullanımı	Cilt ve solunum rahatsızlıkları, kuma, halsizlik,zehirlenme, kimyasal yanıklar, meslek hastalığı	MEVCUT	HAYIR	KISMEN	3	3	2	15	90	C	Uzun süreli solunmamalıdır. Kargın esnasında ABEK filtreli maske kullanılmalıdır. Sağlığa zararlıdır. Yangın dumanı solunmamalıdır. Her türlü ysc kullanılabilir.	1	1	15	15	Tüm Firma Çalışanları	.....	SÜREKLİ	E											
4.	KİMYASAL	İNSAN-ÇEVRE- EKİPMAN	KİMYASAL	Kaolin kullanımı	Cilt ve solunum rahatsızlıkları, kuma, halsizlik,zehirlenme, kimyasal yanıklar, meslek hastalığı	MEVCUT	HAYIR	KISMEN	3	3	2	15	90	C	İnsan sağlığına ve çevreye bir zararı yoktur. Yangın için özel önlem gerekmez. Göz ile temasında bol su ile yıkınması gerekmektedir.Kullanım esnasında boyacı tutumu, maske ve gözlük kullanılmalıdır.	1	1	15	15	Tüm Firma Çalışanları	.....	SÜREKLİ	E											

Doküman sınıflandırmasında iş yerinde periyodik bakım, periyodik kontrol, acil durum planları, uyarı ve ikaz levhaları gibi konularda doküman ve evrak eksikliği nedeniyle oluşan kaynaklar incelenmiştir. Mevzuat gereği yapılması, tutulması, asılması ve kontrol edilmesi gereken tüm evrak ve dokümanların mevzuatta belirtilen sürelerde kontrolleri veya güncellemeleri yapılmalıdır. İşyeri teftiş ve incelemelerinde doküman ve evrak kayıtları önemli bir yere sahiptir. Ayrıca işyerinde kalite gereği (Planla - Uygula - Kontrol et - Önlem al) PUKO döngüsü takip edilmeli ve İSG kültürü oluşturulmalıdır.

Acil durum sınıflandırmasında acil çıkış yolları, kapıları, yön levhaları, acil durum ikaz alarm ve işaretleri gibi konular incelemeye alınmıştır. İşyerinde acil durumlar ile ilgili çalışanların eğitilmesi ve gerekli önlemlerin alınması ve yılda en az bir defa acil durum tahliyelerinin yapılması önerilerde yer alan konular arasındadır.

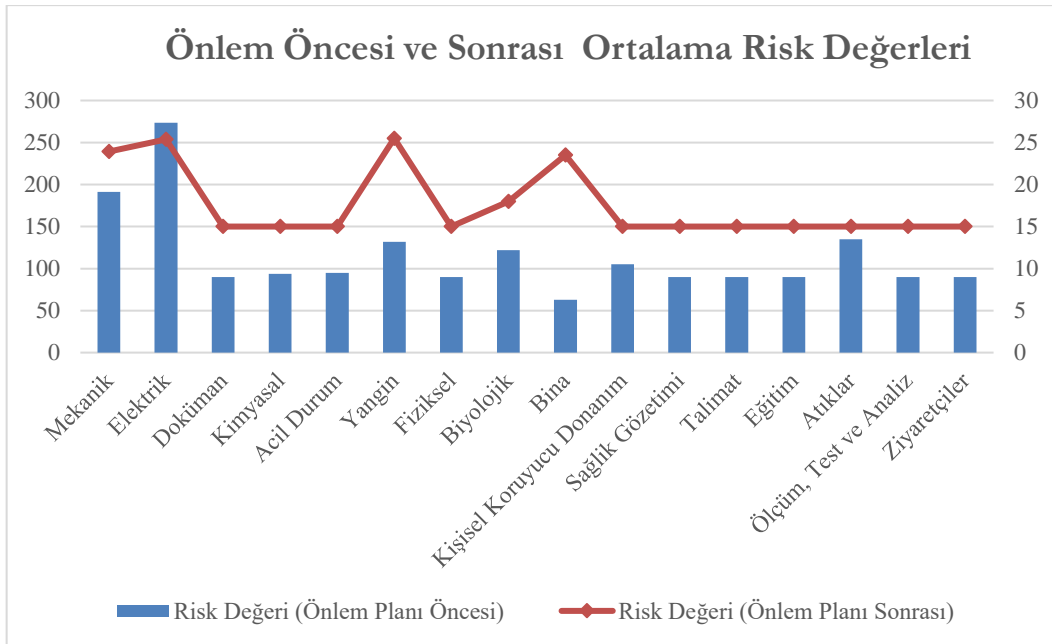
İşletmede tespit edilen 16 tehlike kaynağında tehlike sayıları belirlenmiştir. Tehlike sayısına bağlı olarak her bir tehlike kaynağında toplam önlem öncesi ve önlem sonrası risk değerleri bulunmuştur (Tablo 5).

Tablo 5. Risk Değerlerinin Önlem Öncesi ve Önlem Sonrası Dağılımı (Table 5. Distribution of Risk Values Before and After the Measure)

Tehlike Kaynağı	Tehlike Sayısı	Önlem Öncesi Risk Değeri	Önlem Sonrası Risk Değeri
Mekanik	15	2871	359
Elektrik	13	3555	330
Doküman	16	1440	240
Kimyasal	12	1125	180
Acil Durum	9	855	135
Yangın	4	528	102
Fiziksel	5	450	75
Biyolojik	3	366	54
Bina	2	126	47
Kişisel Koruyucu Donanım	3	315	45
Sağlık Gözetimi	2	180	30
Talimat	2	180	30
Eğitim	2	180	30
Atıklar	2	270	30
Ölçüm, Test ve Analiz	1	90	15
Ziyaretçiler	1	90	15

Risk değerleri tehlike kaynaklarına bağlı olarak sınıflandırılmış ve grafik haline dönüştürülmüştür (Şekil 2). Önlem öncesi ve önlem sonrası risk değerleri tehlike sayısına bölünerek ortalama risk değerleri hesaplanmıştır. Önlem öncesi mekanik tehlike kaynaklarında toplam risk değeri 2871 iken tehlike sayısına göre ortalamaları alındığında mekanik tehlike kaynaklarına bağlı ortalama risk değeri 191.4, önlem sonrası

ortalama 23.93 çıkmaktadır. Elektrik tehlike kaynaklarına bağlı ortalama risk değeri 273.46 iken, önlem sonrası ortalama 25.38 bulunmuştur. Kimyasal tehlike kaynaklarına bağlı ortalama risk değeri 93.75 iken, önlem sonrası ortalama 15 çıkmaktadır. Bu durum gerekli önlemlerin uygulanması halinde risk faktörünün düşeceğini gösterdiği gibi, iş kazaları ve meslek hastalıklarında azalma yaşanacağını belirtmektedir.



Şekil 2. Önlem Öncesi ve Sonrası Olarak Sınıflandırılmış Risklerin Ortalama Risk Değerleri (Figure 2. Average Risk Values of Classified Risks Before and After the Measure)

Yapılan risk değerlendirmesinde mekanik sistemler ile ilgili risk sayıları ve değerleri risk değerlendirmesi ortalamasının üzerindedir. Mekanik sistemler ile ilgili tehlikeler ve bu tehlikelere karşılık önerilen iyileştirme faaliyeti Tablo 6’da verilmiştir. Mekanik sistemlerin ortak özelliği hareketli makineler ve donanımlar olmasıdır. Hareketli mekanik aksamlar kısa süre içerisinde bakım ve onarıma ihtiyaç duymaktadır. Bakım onarımın yapılması yeterli olmayıp sistem için hayat koruması özelliği taşıyan makine koruyucuları bulunmalı, bakım ve onarım sonrasında yerine tekrar takılmalıdır. Ayrıca makine koruyucularının görevini yapıp yapmadıkları kontrol edilmelidir. İnsanoğlu mekanik sistemlere göre zayıf bir yaratılışa sahiptir. İnsanoğlu mekanik sistemlere göre zayıf bir yaratılışa sahiptir. Bu

nedenle iş yerinde çalıştırılan mekanik sistemlerin çalışana zarar verme potansiyeli olan kısımları için önlemler alınmalıdır. Makinelerin güçlerine, kullandıkları enerji türlerine ve devir sayılarına bağlı yüksek veya düşük hızlarda çalışmaktadır. İhmal edilen koruyucu sistemler kapma, çekme, sıkıştırma, sarma, kesme ve benzeri durumlar yaralanmalara veya ölümlere neden olmaktadır. Koruyucuları iptal edilen mekanik sistemler kaza olması halinde insan müdahalesi olmadığı (kapatılmadığı) takdirde çalışmaya devam etmektedir. Bu durum kazaların sonuçlarının daha ağır olmasına neden olmaktadır. İmalatından gelen koruyucular sökülmemeli ve koruma özellikleri iptal edilmemelidir. Gerekli görülen tehlikeli kısımlara uygun makine koruyucuları takılmalıdır.

Tablo 6. Mekanik Sistemler İle İlgili Tehlike ve Önerilen Önlemler (Table 6. Related to Mechanical Systems Hazard and Recommended Precautions)

Tehlike	Kontrol Önlemleri
Değirmen kısmının açık olması	Değirmen kısmına koruyucu zincir çekilmeli ve çalışanların bu kısma geçişi engellenmelidir.
Değirmenin yanındaki mikserlerin kayış kasnaklarının açık olması	Mikserlerin kayış kasnak sistemleri koruyucu ile kapatılmalıdır.
Atölyede bulunan matkap tezgâhının koruyucusunun olmaması	Atölye içerisindeki matkap tezgâhının mandren kısmına koruyucu yapılmalıdır.
Taşlama tezgâhının koruyucusunun olmaması	Taşlama tezgâhının sol tarafında taş koruyucu, siperlik yapılmalı ve dayaması olmalıdır.
Fırın bölümü girişindeki raylarda durdurucu olmaması	Fırın bölümü girişindeki raylara arabaların kaymasını önleyici stoper takılmalıdır.
El aletlerinin çalışma tezgâhları üzerinde bırakılması	Tezgâh üzerinde kesici, delici el aleti bırakılmamalıdır. Tüm kesici delici aletler için tezgâh yanlarına kılıf yapılmalıdır.
Fanların açıkta olması	Tüm yaprak fanların iç kısımları koruyucu muhafaza ile kapatılmalıdır.
Uyarı levhalarının olmaması	Tüm çırpıcı makinelerinin bulunduğu alana “Döner Aksamlara Yaklaşma” şeklinde 25x35 cm ebatlarında uyarı levhası asılmalıdır.
Zeminin ıslak olması	Üretimdeki ıslak zeminlerin olduğu alana “Dikkat! Kaygan Zemin” şeklinde 25x35 cm ebatlarında uyarı levhası asılmalıdır.
Makine koruyucularının çıkarılmış olması	Makinelerin koruyucu kapakları takılmadan makineler çalıştırılmamalıdır.
Motor dişli zincir mekanizmalarının açıkta olması	Açıkta duran motor zincir dişlilerine koruyucu muhafazaları takılmalıdır.
Kompresör odasının olmaması	Açıkta duran kompresör etrafı briket veya sac malzeme ile çevrilmelidir. Uygun şekilde havalandırma sistemi yapılmalıdır. Oda kapısı dışarı açılacak şekilde olmalıdır. Oda girişine “Kompresör Odası”, “Yetkili Personel Harici Girmek Yasaktır”, “Açık Alev ve Ateşle Yaklaşma” şeklinde 25x35 cm ebatlarında uyarı levhası asılmalıdır. Kompresör odasından sorumlu bir kişi tayin edilerek, kişinin kimlik bilgileri oda girişine asılmalıdır. 1 adet 12kg’lık yangın tüpü konulmalıdır.
Periyodik kontrollerinin yapılmaması	Üretimde kullanılan makinelerin haftalık, aylık, üç aylık ve yıllık bakımları yapılmalıdır.
Periyodik kontrollerinin yapılmaması	Basınçlı kapların (kompresör, hava tankları) periyodik kontrolleri yılda bir defa düzenli olarak yetkili bir Makine Mühendisine yaptırılmalıdır.

Yapılan risk değerlendirmesinde elektrik ile ilgili risk sayıları ve değerleri risk değerlendirmesi ortalamasının üzerindedir. Bu nedenle elektrik ile ilgili tehlike ve bu tehlikeye karşılık önerilen iyileştirme faaliyeti Tablo 7’de verilmiştir. Elektrik ile ilgili tehlike kaynaklarının ortak özelliği elektrik akımına

kapılma, yangına sebep olma gibi durumlardır. Bu nedenle elektrik tesisatı, topraklama, paratoner tesisatının bakımları zamanında yapılmalıdır. Elektrik panolarında kaçak akım rölesi çalışır durumda olmalıdır. Pano kapaklarının eksik olmaması yanında pano önlerinde yalıtkan paspas bulunmalı ve sadece

yetkili personel tarafından panolara müdahale edilmelidir. İşletmelerde kullanılan 220/380V elektrik enerjisi çalışanların zarar görmesine neden olabilecek potansiyele sahiptir ve neredeyse işletmenin tamamında kullanılmaktadır. Elektrik

enerjisi işletmeler için önemli bir tehlike kaynağı niteliği taşıyor olsa da hayat korumalı ve yangın korumalı kaçak akım rölelerinin kullanılması ve tesisatın periyodik kontrollerinin yapılması, işyerinde elektrik kaynaklı oluşacak risk değerlerini azaltacaktır.

Tablo 7. Elektrik ile İlgili Tehlike ve Önerilen Önlemler (Table 7. Electrical Related Hazard and Recommended Precautions)

Tehlike	Kontrol Önlemleri
Elektrik kontrollerinin yapılmamış olması	Yetkili bir Elektrik Mühendisi tarafından yılda bir tüm tesisat sistemi ve elektrikli makinelerin topraklama kontrolü yapılmalıdır.
Ana elektrik panosunun altında yalıtkan paspas olmaması	Ana elektrik panolarının altlarına uygun ebat ve nitelikte yalıtkan paspas konulmalıdır.
Ana elektrik panosunun bulunduğu alanda yangın söndürücünün olmaması	Ana elektrik panosunun bulunduğu odaya en az bir adet kuru kimyevi toz içerikli 6 kg'lık yangın söndürücü konulmalıdır.
Elektrik panolarında yüksek akım rölelerinin olmaması	Tüm elektrik panolarında yüksek akım röleleri olmalıdır. Bir aylık aralılarda test butonuna basılarak kontrol edilmelidir.
Elektrik pano kapaklarının açık olması	Üretimdeki tüm elektrik pano kapakları kapalı tutulmalı ve temizlik esnasında su tutulmamalıdır.
Açıkta elektrik kablolarının olması	Açıkta duran elektrik kabloları uygun bir şekilde görevli personel tarafından izole edilerek üzeri kapatılmalıdır.
Periyodik kontrollerinin yapılmaması	Elektrik tesisatının uygunluğu ve topraklama kontrolü bir sefer olmak üzere yetkili bir Elektrik Mühendisine yaptırılmalı, iş yeri bina ve eklentilerine ilaveler olduğunda yenilenmelidir.
Bakım onarım sorumlusunun belirlenmemiş olması	Elektrik ve mekanik arızalar için uygun bir personel istihdam edilmelidir.
Trafo için yetkili bir elektrik mühendisiyle anlaşılmamış olması	Trafo için yetkili firmalar ile bir bakım sözleşmesi yapılmalıdır.
Elektrik panolarının altında yalıtkan paspas olmaması	Elektrik ve kontrol panolarının altına uygun ebat ve nitelikte yalıtkan paspas konulmalıdır.
Kabloların açıkta olması	Kablolar açıkta bulunmamalı, çalışma bitiminde kablolar toplanmalı ve çalışmalar esnasında ezilme ve kopmaya karşı karşı, spiral koruyucular takılmalıdır.
Uzatma kablolarının gerektiğinden uzun kullanılması	İşletme içerisinde kullanılan seyyar kablolar kısa tutulmalı, Koruma içine (üzerine kesici ve delici malzeme düşmesi halinde zedelenmeyecek şekilde) alınmalıdır.
Topraklama kontrollerinin yapılmaması	Topraklama tesisatı devreye alınmadan önce ve yılda bir defa periyodik kontrol ve ölçümü yetkili kişilere yaptırılmalı ve raporu düzenlenmelidir.

4. Sonuç

Yapılan çalışmada risk değerlendirmesine göre aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

1. Toplamda 92 risk tehlike kaynağına göre sınıflandırılmıştır. Risk değerlendirmesi sonuç ölçeğine göre tolerans gösterilemez risk %2.17, esaslı risk %13.05, önemli risk %77.18 ve olası risk %7.60 oranında çıkmıştır. Risk değerlendirmesinde önemsiz risk bulunmamaktadır.

2. Önlem öncesi işletmede tehlike kaynaklarına bağlı olarak toplam 12621 risk değeri bulunurken, önlem planı sonrası bu değer 1717 düşmüştür. Önlem planı uygulandığında risk bazında risklere karşı %50 ile %90 arasında iyileştirme sağlanabilmektedir. Önlem planı tüm risklerde uygulandığında ise ortalama %86.40 oranında başarı sağlanmaktadır. Yapılan risk değerlendirmesinde önerilen düzeltici ve önleyici faaliyetlerin uygulanmasıyla iş yeri güvenli hale gelecektir. Önlem planı

sonrası risk seviyesinin kabul edilebilir seviyede olduğu gözlemlenmiştir.

3. Mekanik, elektrik, kimyasal gibi konularda tehlike sayısı fazla olduğu gibi bu alanlarda risk değerlerinin de yüksek olduğu görülmektedir. Doküman tehlike kaynaklarına tehlike sayısı yüksek çıkmakla birlikte risk değeri düşük olarak hesaplanmıştır.

4. Tüm risklerde önlem planında yer alan kontrol önlemleri uygulandıktan sonra sürekliliğin sağlanabilmesi için, işveren kontrol ve denetimlerini aksatmadan yapmalı ve çalışan alınan tedbirlere uymalıdır.

5. Risk değerlendirmesi sonuçlarına göre önlem planı sonrası şiddetin değişmediği, düzeltici ve önleyici faaliyet sonucunda olasılığın ve sıklığın azaldığı görülmektedir. Şiddetin azalması için üretim yönteminde değişiklik yapılması, kullanılan

hammadenin tehlikesiz olanla değiştirilmesi gibi işlem ve işleyişi etkileyen değişiklikler yapılmalıdır.

Seramik sıhhi ürünlerin imalatını gerçekleştiren fabrikada yapılan risk değerlendirmesi, sektörde yer alan diğer porselen ve seramik ürünlerin imalatı işletmelerine rehberlik etmek amacıyla yapılmıştır. Benzer nitelikteki işletmelerde ve sektörel olarak yapılacak risk değerlendirmeleri literatüre katkı sunacaktır. İşletmeler bazında farklı risk değerlendirme metodları kullanılarak yapılacak çalışmalar, yöntemler arasında çıkan farklılıkları tartışmaya açacaktır. Ayrıca İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliğine göre Gurup 23.4'te yer alan diğer işletmelerde risk değerlendirmesi yapılması farklı işletmelerdeki önlem öncesi ve sonrası durumları gözlemlemeye imkân sunacak; düzeltici ve önleyici faaliyetleri önemini ortaya çıkaracaktır.

Kaynakça

- Açıklan, C. (2008). Eskişehir-Bozüyük Bölgesindeki Seramik Sektöründe İş Kazaları ve Kişisel Koruyucu Malzeme Kullanımının Kazalar Üzerindeki Etkisi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(1), 133-154.
- Burgherr, P., & Hirschberg, S. (2014). Comparative risk assessment of severe accidents in the energy sector. *Energy Policy*, 74, S45-S56. doi:10.1016/j.enpol.2014.01.035
- Ceylan, H. (2011). Türkiye'deki İş Kazalarının Genel Görünümü ve Gelişmiş Ülkelerle Kıyaslanması. *International Journal of Engineering Research and Development*, 3(2), 18-24.
- Civelekler, E., & Konuk, A. (2012). *Bir Manyezit İşletmesinde Hata Türü ve Etkileri Analizi Yöntemi ile İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Analizi*. (Yüksek Lisans),
- Çetin, M., & Gögül, P. K. (2015). Occupational Accidents And The Economic Impact Of Workers' Deaths In Turkey And A Policy Proposal. *Istanbul Journal of Sociological Studies*, 51(51), 1-29. doi:10.18368/IU/sk.60129
- Çetin, S. (2021). İş Sağlığı ve Güvenliği'nde Sürdürülebilir Kişisel Koruyucu Donanım Politikalarının Uygulanması. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 13(1), 202-2011.
- Erdebilli, B., & Gür, L. (2020). Bulanık Fine-Kinney Yöntemiyle Risk Değerlendirmesi Uygulaması. *Journal of Industrial Engineering*, 31(1), 75-86.
- Erol, M., & Erdebilli, B. (2020). Firmaların İş Sağlığı ve Güvenliği Performansının Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri Yardımıyla Ölçülmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 9, 336-358. doi:10.29130/dubited.801867
- Gul, M., Guven, B., & Guneri, A. F. (2018). A new Fine-Kinney-based risk assessment framework using FAHP-FVIKOR incorporation. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries*, 53, 3-16. doi:10.1016/j.jlp.2017.08.014
- Gür, B., & Sezik, Y. (2020). Mermer Fabrikalarında Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Çalışma Koşullarının Belirlenmesi: Çorum İl Örneği. *OHS Academy*, 3(1), 47-52.
- Kayabaşı, R. (2019a). Çalışanların Yan Dal Mesleklerden Kaynaklı Risklere Maruziyet Analizi. *İş,Güç Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi*, 2, 71-90.
- Kayabaşı, R. (2019b). İş Yerinde Lider Yöneticinin İş Sağlığı ve Güvenliği Üzerine Etkisi. *Mesleki Bilimler Dergisi*, 8(1), 1-10.
- Kokangül, A., Polat, U., & Dağsuyu, C. (2017). A new approximation for risk assessment using the AHP and Fine

- Kinney methodologies. *Safety Science*, 91, 24-32. doi:10.1016/j.ssci.2016.07.015
- Pehlivan, M. (2020). 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu'nda Çalışanın Çalışmaktan Kaçınma Hakkı ve Koronavirüs Salgını. *Karaelmas İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 4(2), 125-136. doi:10.33720/kisgd.722722
- Risk Assessment: a Brief Guide to Controlling Risks in the Workplace. (2014). <http://www.sgk.gov.tr>, İş kazası istatistikleri, E. Tar: 08.12.2019
- 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, <https://www.mevzuat.gov.tr>, E. Tar: 09.01.2021
- İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=16925&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, E. Tar: 17.08.2021
- İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=16909&MevzuatTur=9&MevzuatTertip=5>, E. Tar: 17.08.2021



COVID-19 Pandemisi Öncesinde ve Pandemi Döneminde Türkiye'deki Havalimanı Etkinliklerinin Üç Aşamalı Veri Zarflama Analizi İle Belirlenmesi

Koray Köçken^{1*}, Mehpere Timor², Mustafa U. Karakaplan³

^{1*} Doktora Öğrencisi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sayısal Yöntemler, İstanbul, Türkiye, (ORCID: 0000-0001-7854-4022), koraykocken@gmail.com

² İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Bölümü, İstanbul, Türkiye (ORCID: 0000-0002-9782-545X), timorm@istanbul.edu.tr

³ Güney Karolina Üniversitesi ve Stanford Üniversitesi, İşletme Bölümü, ABD (ORCID: 0000-0003-2869-4553), mustafa.karakaplan@moore.sc.edu, karakaplan@stanford.edu

(İlk Geliş Tarihi 11 Mart 2022 ve Kabul Tarihi 30 Nisan 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1085597)

ATIF/REFERENCE: Köçken, K., Timor, M. & Karakaplan, M. U. (2022). COVID-19 Pandemisi Öncesinde Ve Pandemi Döneminde Türkiye'deki Havalimanı Etkinliklerinin Üç Aşamalı Veri Zarflama Analizi İle Belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (35), 643-652.

Öz

Hava taşımacılığının en temel bileşenlerinden olan havalimanlarının performansları, buldukları ülke ve bölge için ekonomik ve sosyal anlamda çok büyük öneme sahiptir. Bu çalışmada, tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 pandemisinin öncesinde ve pandemi döneminde Türkiye'deki havalimanlarının performans sıralamaları Üç Aşamalı Veri Zarflama Analizi (VZA) ile elde edilen göreceli etkinlik değerlerine göre karşılaştırılmıştır. Bu analizde, 2018 yılına ait 46 havalimanı; 2020 yılına ait ve aralarında yeni hizmete giren İstanbul Havalimanı'nın da bulunduğu 51 adet havalimanı verisi kullanılmıştır. Analizin ikinci aşamasında; klasik VZA'dan farklı olarak, Stokastik Sınır Analizi aracılığıyla, il bazında gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYİH), üçüncül sektör oranı ve turist sayısı; çevresel faktörler olarak alınmıştır. Böylece çevresel etkinin ve şans faktörünün etkinlik değerlerinden ayrıştırılması ve işletme performans değerlerinin sadece yönetsel etkinsizlik kaynaklı olması sağlanmıştır. Bu bilgiler ışığında, havalimanlarının etkinlik değerlerine göre sıralaması elde edilmiş ve karşılaştırmalar yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Üç Aşamalı Veri Zarflama Analizi, Etkinlik, Havalimanı, Hava Taşımacılığı, COVID-19.

Determination of Airport Efficiency in Turkey Before and During the COVID-19 Pandemic by Three-Stage Data Envelopment Analysis

Abstract

The performances of airports, which are one of the most basic components of air transportation, are of great economic and social importance for the country and region they are located in. In this study, the performance rankings of airports in Turkey before and during the COVID-19 pandemic, which affected the whole world, were compared according to the relative efficiency values obtained by the three-stage Data Envelopment Analysis (DEA). In this analysis, data from 46 airports in the year 2018 and 51 airports for the year 2020, including Istanbul Airport, which has just been put into service, has been used. In the second stage of the analysis; unlike the classical DEA, through the Stochastic Frontier Analysis, provincial gross domestic product (GDP), tertiary sector ratio, and the number of tourists are taken as environmental factors. Thus, it is ensured that the environmental impact and the luck factor are separated from the efficiency values and that the business performance values are based on only the managerial inefficiency. Considering this information, the ranking of the airports according to their efficiency values was obtained and comparisons were made.

Keywords: Three-Stage Data Envelopment Analysis, Efficiency, Airport, Air Transport, COVID-19.

* Sorumlu Yazar: koraykocken@gmail.com

1. Giriş

Günümüzde havayolu taşımacılığının yaygınlaşmasının küreselleşme üzerinde önemli bir rolü vardır. Yüksek taşıma maliyetlerinin düşürülmesi ve taşıma ağının genişletilmesi sonucu ulaşılabilirliğinin artması, hem yolcu hem de kargo taşımacılığında havayolunun daha sık tercih edilmesine ve akabinde gökyüzünde çok yoğun bir hava trafiğinin varlığına neden olmuştur. Bu yoğun trafik ise beraberinde muazzam boyutlarda bir ekonomik güç oluşturmuştur. Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü'nün (ICAO, 2018) raporuna göre, 2018 yılında yıllık taşınan toplam yolcu sayısı bir önceki yıla göre %6.4 artarak 4.3 milyara, yıllık toplam yük miktarı %3.6 artarak 58 milyon tona ulaşmıştır. Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA)'nın 2019 yılı raporuna göre, 2018 yılında dünyadaki havayolu şirketlerinin toplam net karı 30 milyar dolardır ve yıllık yolcu sayısı 4 milyarı bulmuştur. Yine aynı rapora göre, yapılan taşımaların ortalama maliyeti son yirmi yılda yarıya düşürülmüştür. Hava taşımacılığı sektörü, desteklediği diğer sektörler de dikkate alındığında 65 milyon yeni iş imkânı sağlamıştır.

Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM)'nin 2018 yılı faaliyet raporuna göre, Türkiye'de toplam yolcu sayısı son 16 yılda %510 artarak 210 milyona, uçak trafiği %281 artarak 2017763'e ve toplam yük miktarı %296 artarak 3821894 tona ulaşmıştır. Yine son 16 yılda Türkiye'deki havayolu şirketlerinin uçak sayısı %218, koltuk kapasitesi %253, kargo kapasitesi %625 artmış, yurt içinde ve yurt dışında uçulan toplam nokta sayısı 374'e ulaşmıştır. 2018 yılında İstanbul Atatürk Havalimanı'nın yolcu sayısı 68 milyona yaklaşmış, Sabiha Gökçen Havalimanı'nın yolcu sayısı ise 34 milyonu aşmıştır. 29 Ekim 2018 tarihinde açılışı yapılan ve ilk etabı 90 milyon yolcu kapasiteli olan İstanbul Havalimanı'nın uzmanlarca artması öngörülen yolcu sayısına cevap vermesi beklenmektedir. Ülke ekonomileri için bu kadar önem arz eden ve gelecekte de önemini arttıracak olan havacılık sektöründe havalimanlarının etkin ve verimli kullanılmasının ekonomiyeye olan katkısının yüksek seviyede olacağı açıktır.

2019 yılının son çeyreğinde, COVID-19 salgını pandemiye dönüşerek tüm dünyayı etkisi altına almış ve hayatı durma noktasına getirmiştir. Sivil havacılık sektörü de alınan seyahat kısıtlamaları nedeniyle bu durumdan oldukça fazla etkilenmiştir. ICAO'nun yayınladığı verilere göre, 2020 yılında uluslararası yolcu trafiği %60 oranında düşüş ile 2003 yılı seviyelerine gerilemiştir. Koltuk kapasitesi %50, yolcu sayısı %60 oranında düşmüştür. IATA, dünya yolcu trafiği sonuçlarına göre, talebin 2020 yılında önceki yıla göre %65.9 düştüğünü açıklamıştır. SHGM'nin 2020 yılı faaliyet raporuna göre, iç hat yolcu sayısı önceki yıla göre %50.4; dış hat yolcu sayısı ise %70.5 azalmıştır. Ayrıca iç hat uçak trafiğinde önceki yıla göre %31.5; dış hat uçak trafiğinde ise %60.8 azalma gerçekleşmiştir.

Türkiye Cumhuriyeti, İstanbul Havalimanı'nın tam kapasite kullanılması ile birlikte sivil havacılık sektöründe büyük bir küresel oyuncu olmaya hazırlandığı sürecin başlarında bulunmaktadır. COVID-19 pandemi sürecinin yarattığı kriz ortamının fırsatlar sunabileceği bu noktada, Türkiye'deki havalimanlarının etkin ve verimli işletilip işletilmediğinin düzenli aralıklarla araştırılması, verimlilik ve etkinlik analizlerinin yapılarak etkin birimlerin ve etkin olmayan birimlerin belirlenerek gerekli önlemlerin alınmasına yardımcı olunması ihtiyacı doğmaktadır. Yapılan bu çalışma ile ekonomik anlamda

birbirleri ile etkileşim halinde olan havayolu, havalimanı, turizm, eğitim ve sanayi vb. alanlardaki işletmelerden havalimanı işletmelerinin güçlü ve zayıf yanları tespit ederek zayıf yanların güçlendirilmesi için alınması gereken önlemlere ve geliştirilecek olan politikalara yön verebilecek verilere katkı sunmaktır. Pehlivanlı (2020), ülkemizdeki 20 adet havalimanının 2019 ve 2020 yıllarının sadece ilk çeyreklerindeki verileri ile, VZA ve Malmquist toplam faktör etkinlik metodu kullanarak temel bir analiz gerçekleştirmiştir. Fakat, İstanbul Atatürk Havalimanının 7 Nisan 2019 tarihinde kapatılması ve 2020 yılı ilk çeyreğinde aktif olmaması sebebiyle analize dahil edilememiştir. Ayrıca pandemi dönemindeki durum da ortaya konulamamıştır. Çalışmamızın amacı, Covid-19'un başlangıcından bu yana tüm süreci ve ülkemizdeki tüm havalimanlarını dikkate alarak daha geniş çapta bir analiz sunmaktır. Buna istinaden, Türkiye havalimanlarının 2018 ve 2020 yıllarına ait verilerin kullanılması ile etkinliklerin karşılaştırması ve etkinliklere göre havalimanlarının sıralanması; COVID-19 pandemi sürecinin ve 2019 yılında faaliyete geçen İstanbul Havalimanı'nın Türkiye'deki havalimanlarına dahil edilerek etkinlik değerlerinin elde edilmesi için Üç Aşamalı VZA yönteminin Türkiye'de ilk defa kullanılması açısından ulusal ve uluslararası ölçekte katkı sağlanması hedeflenmektedir.

Dünyada ve Türkiye'de havalimanlarının etkinliği üzerine yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Havalimanlarının performans değerlendirmesi ile ilgili yapılmış olan ulusal ve uluslararası çalışmalar incelendiğinde 1997 yılı dikkat çekmektedir. Hooper ve Hensher (1997) ile Gillen ve Lall (1997)'in yaptıkları çalışmalar havalimanı etkinliğinin araştırılması alanında öncü çalışmalar olarak kabul edilirler. Hooper ve Hensher (1997), Toplam Faktör Verimliliği'ni (TFV) (Total Factor Productivity), Gillen ve Lall (1997) ise Veri Zarflama Analizi'ni (VZA) havalimanı etkinlik ve verimlilik çalışmalarında ilk kez kullanan bilim insanlarıdır.

Performans ölçümünde birçok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemler 3 ana başlık halinde değerlendirilebilirler. Bunlardan ilki olan Oran Analizi (Ratio Analysis), tek girdi ve tek çıktı ile sınırlı olan, çok az bilgiye gereksinim duyan ve uygulaması kolay bir yöntemdir. Buna karşın, performans değerlendirmesinde performansın tek boyutunu dikkate alması, benzer değerlerle karşılaştırılmaya gerek duyması ve bazı oranların performansını yüksek göstermesine rağmen bazı oranların tam aksini göstermesi analizin zayıf yanlarıdır (Yeşilyurt 2018). Diğer bir başlık olan Parametrik Yöntemler ile yapılan performans değerlendirmelerinde genel olarak regresyon teknikleri kullanılır ve tek çıktıya karşılık birçok girdinin ilişkilendirilmesi söz konusudur (Yolalan 1993). Çok boyutlu performans analiz yöntemlerinden olan parametrik yöntemler arasında En Küçük Kareler (Ordinary Least Squares) ve Stokastik Sınır Analizi (SSA) (Stochastic Frontier Analysis) gösterilebilir. Bunlardan SSA, havalimanı performans ölçümü ile ilgili bazı çalışmalarda kullanılmıştır. Performans ölçümünde son ana başlık olarak nitelendirilebilecek parametrik olmayan yöntemler de yine çok boyutlu performans analiz yöntemleri içinde değerlendirilmektedir. Parametrik olmayan yöntemler arasında bulunan TFV ve VZA havalimanı performans ölçüm çalışmalarında oldukça fazla kullanılan yöntemlerdir. Literatürde TFV ile havalimanlarının verimliliği yani havalimanlarının bir önceki döneme göre nasıl bir performans gösterdikleri, VZA ile de havalimanlarının etkinlikleri yani bir havalimanının diğer havalimanlarına göre nasıl bir performans gösterdiği araştırılmıştır. Çalışmalar incelendiğinde az sayıda olsa da Uzaklık Yönlü Fonksiyon (Directional Distance Function) ve

Değişken Faktör Verimliliği (Variable Factor Productivity) yöntemleri ile de karşılaştırılmıştır. Ayrıca Çok Kriterli Analiz yöntemlerinden TOPSIS, MACBETH, MOORA ve AHP kullanılan çalışmalara da rastlanmıştır.

Havalimanı performans değerlendirmesi çalışmalarında VZA'nın oldukça baskın olduğu görülmektedir. VZA'nın bu kadar çok tercih edilmesinin sebebi birden fazla girdi ve çıktıyı eş zamanlı olarak değerlendirebilmesi ve bunu yaparken de girdiler ile çıktılar arasındaki ilişkiyi belirten ve önceden tanımlanması gereken herhangi bir denkleme ihtiyaç duymamasıdır. VZA, girdi odaklı ya da çıktı odaklı olarak kullanılabilir. Havalimanı çalışmalarında, çalışmaların hemen hemen yarısının girdi odaklı olduğu görülmüştür. Ölçek olarak sabit (CCR) (Charnes, Cooper ve Rhodes 1978) ve değişken (BCC) (Banker, Charnes ve Cooper 1984) getiri varsayımlarının ikisi de kullanılmıştır. Etkinliğin zaman içerisindeki değişimini görmek için Malmquist İndeks oldukça sık kullanılan bir yöntem olmuştur. Birçok çalışmada da etkinliğin yanında verimlilik de ölçülmek istenmiş ve bunun için de Malmquist Toplam Faktör Verimliliği kullanılmıştır. Bunun yanında iki ya da daha çok aşamalı analiz yöntemlerinden de faydalanılmıştır. Ayrıca farklı bir VZA türü olan Ağ VZA ile ara aşamada düşük etkinliğin nedeni ortaya konulabilmektedir. Ayrıca iki aşamalı yöntemlerin kullanıldığı diğer bazı çalışmalarda çeşitli Regresyon Analizi yöntemlerinin de çalışmalara dahil edildiği gözlenmiştir. Ayrıca Yapay Sinir Ağları'nın, Kanonik Korelasyon Analizi'nin, Destek Vektör Makineleri'nin ve Temel Bileşenler Analizi'nin kullanıldığı çalışmalar da mevcuttur. Türkiye havalimanlarının etkinlik değerlerinin elde edilmesinde VZA, SSA, VZA Güven Bölgesi Yaklaşımı ve Malmquist kullanıldığı görülmüştür.

Yu (2010) Tayvan havalimanlarının kapasite etkinliğini, Liu ve Chen (2019) Çin havalimanlarının dinamik etkinliğini, Song vd. (2020) Çin'deki hava taşımacılığı sektörünün operasyonel etkinliğini, Zeng vd. (2020) Doğu Çin havalimanlarının etkinliğini Üç Aşamalı VZA ile elde etmişlerdir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, çalışmada kullanılan girdi-çıkıtı parametreleri, çevresel faktörler, veri ile ilgili tanımlayıcı istatistikler ve Üç Aşamalı VZA'nın her bir aşaması ile ilgili temel bilgiler; üçüncü bölümde, uygulamadan elde edilen sonuçlar ve bu sonuçların karşılaştırılması; dördüncü bölümde ise, çalışmanın sonuçlarının değerlendirilmesi ve gelecekte yapılabilecek çalışmalar için öneriler bulunmaktadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Veri

Türkiye'deki havalimanlarının etkinliklerinin Üç Aşamalı VZA ile belirlenmesi ve elde edilen bu değerlere göre havalimanlarının sıralanması için öncelikle hangi girdi ve çıktılarının kullanılacağına karar verilmesi gerekmektedir. Çalışmamızda, 2009 ile 2017 yılları arasında havalimanı etkinlikleri üzerine yapılmış olan ulusal ve uluslararası çalışmaların detaylı bir şekilde incelendiği Iyer ve Jain (2019) literatür taraması baz alınarak, en çok kabul gören parametrelerden girdi olarak apron büyüklüğü (ApBuy), uçak

park yeri sayısı (UcPark) ve yolcu terminal toplam alanı (YolTer); çıktı olarak ise yolcu trafiği (YolTraf), ticari uçak trafiği (UcTraf) ve yük trafiği (YukTraf) seçilmiştir.

2019 yılı sonlarında tüm dünyayı etkisi altına alan COVID-19 salgını nedeniyle küresel çapta tüm faaliyetler durdurulmuş ya da durma noktasına gelmiştir. Birçok sektör (ekonomi, bankacılık, turizm vs.) bu durumdan etkilenmiş ve etkiler üzerine çalışmalar yoğunluk kazanmıştır (Kartal 2021, Yetiz 2021, Demir vd. 2020). Bu salgından doğal olarak sivil hava taşımacılığı da ciddi anlamda etkilenmiştir. 2019 yılı aynı zamanda İstanbul Atatürk Havalimanı'nın yerine İstanbul Havalimanı'nın faaliyete başlaması anlamında da önemlidir. Bu iki önemli olayın etkinlik değerleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi için 2018 ve 2020 yıllarına ait veriler kullanılmıştır. Bu veriler, Devlet Hava Meydanları İşletmesi'nin (DHMİ) yayınlamış olduğu 2018 ve 2020 yıllarına ait faaliyet raporlarından alınmıştır (DHMİ, 2018 ve 2020). Çalışmada ayrıca, Üç Aşamalı VZA modelinin kullanılmasının bir avantajı olarak, havalimanlarının üzerinde önemli etkileri olan çevresel faktörler de dikkate alınabilmektedir. Çevresel faktörlerin olası etkileri üzerinde yapılan çalışmalardan bazıları şu şekildedir: İnan ve Gökmen (2021) yolcu sayısı ile gayrisafi yurtiçi hasıla (GSYİH) arasında anlamlı bir ilişki olduğunu belirtmiştir. Fernandez vd. (2018) göre turizm odaklı havalimanları diğerlerine göre daha yüksek etkinlik değerlerine sahip olmaktadır. Bu çalışmalar ışığında; turizm ve buna bağlı olarak üçüncül bir sektör olan hizmet sektörünün oranı (HizSek), turist sayısı (TurSay) ve GSYİH değerleri havalimanlarını etkileyen çevresel faktörler olarak dikkate alınmıştır. 2018 yılında 46 havalimanının, 2020 yılında ise 51 havalimanının verileri kullanılarak modeller oluşturulmuştur. Analizin birinci ve üçüncü aşamasında Win4Deap2 programı, ikinci aşamasında ise STATA 15 programı kullanılmıştır.

Girdi ve çıktı verileri, normal dağılım göstermediğinden aralarındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla Spearman sıra korelasyon katsayıları, STATA 15 programı ile elde edilmiş ve Tablo 1'de gösterilmiştir. Elde edilen değerler, girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkinin varlığını ve bu ilişkinin pozitif yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir. Ayrıca Tablo 2'de 2018 ve 2020 yıllarına ait girdi, çıktı ve çevresel faktörler ile ilgili tanımlayıcı istatistikler verilmiştir.

2.2. Üç Aşamalı Veri Zarflama Analizi

Fried vd. (2002) çalışmasında önerilen Üç Aşamalı VZA, şansın etkisini yönetsel performans ve çevresel etkilerden izole eden, stokastik, VZA tabanlı bir performans değerlendirme modeli oluşturmaya olanak sağlamaktadır. İlk aşamada, performansın ilk değerlendirmesini elde etmek için girdi ve çıktı verilerine VZA uygulanır. Bu değerlendirme, işletme ortamının veya istatistiksel gürültünün üretici performansı üzerindeki etkilerini hesaba katmamaktadır. Bu nedenle, ikinci aşamada, birinci aşama performansındaki değişimi çevresel etkilere, yönetsel etkisizliğe ve istatistiksel gürültüye bağlamak için Stokastik Sınır Analizi kullanılır. Üçüncü aşamada, girdiler veya çıktılar, ikinci aşamada ortaya çıkan çevresel etkileri ve istatistiksel gürültüyü hesaba katacak şekilde tekrar oluşturulur ve yine ilk aşamada olduğu gibi VZA uygulanır.

Tablo 1. Girdiler ve çıktılar arasındaki Spearman sıra korelasyonu katsayıları* (Table 1. Spearman rank correlation coefficients between inputs and outputs)

Çıktılar	Yıl	Girdiler		
		ApBuy	UcPark	YolTer
YolTraf	2018	0.7629	0.7456	0.7495
	2020	0.7481	0.7302	0.7530
UcTraf	2018	0.7560	0.7436	0.7533
	2020	0.7427	0.7264	0.7547
YukTraf	2018	0.7839	0.7601	0.7405
	2020	0.8084	0.7878	0.7282

*Tüm değerler %1 anlamlılık düzeyinde verilmiştir.

Tablo 2. 2018 ve 2020 Yıllarına Ait Tanımlayıcı İstatistikler (Table 2. Descriptive Statistics for 2018 and 2020)

Değişken	2018				2020			
	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Maks.	Ortalama	Standart Sapma	Min.	Maks.
YolTraf	4542989	1.20e+07	21897	6.83e+07	1600316	4193042	7500	2.34e+07
UcTraf	28892.43	77250.41	198	447419	11590.02	30997.97	73	178918
YukTraf	83438.48	362092.3	149.438	2428869	32555.17	137944	63.291	965639.9
ApBuy	122728.8	226040.9	3600	994770	132902.2	256983.2	3600	1265385
UcPark	21.47826	34.21808	1	146	24.39216	53.94259	0	347
YolTer	46766.33	82483.61	1200	388113	64816.59	2095.55	598	1464588
GSYİH	35789	16120.14	14136	78494	47648.16	19341.55	20421	97950
HizSek	0.1931	0.0659253	0.088	0.367	0.1749412	0.0628479	0.059	0.303
TurSay	1483876	4629991	78	2.09e+07	374319.4	1141914	0	5001981

1. Aşama: VZA ile ilk performans değerlendirilmesinin elde edilmesi

Verilere, problemin yapısına bağlı olarak girdi ya da çıktı odaklı VZA uygulanarak performans değerlendirilmesi için ilk değerler elde edilir. Bu çalışmada, girdiler üzerindeki değişimlerle ilgilenildiğinden girdi odaklı BCC VZA modeli kullanılmıştır. N girdi sayısı, M çıktı sayısı ve I karar verme birimi (KVB) sayısı olmak üzere girdi odaklı BCC VZA modeli şu şekildedir (Fried vd. 2002):

Amaç : $\min \theta$

Kısıtlar : $\theta x^o \geq X \lambda$ (1)

$Y \lambda \geq y^o$

$e^T \lambda = 1$

$\lambda_i \geq 0, \forall i = 1, 2, \dots, I$

(1) modelinde, x^o belirli bir KVB'ne ait $N \times I$ boyutunda girdi vektörü, y^o ilgili $M \times 1$ boyutunda çıktı vektörü, $X = [x_1, x_2, \dots, x_n]$ karşılaştırma kümesindeki $N \times I$ boyutunda girdi vektörü matrisi, $Y = [y_1, y_2, \dots, y_m]$ karşılaştırma kümesindeki $M \times I$ boyutunda çıktı vektörü matrisi, $\lambda = [\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n]^T$ $I \times 1$ boyutunda yoğunluk değişkenleri vektörü, $e = [1, 1, \dots, 1]^T$ $I \times 1$ boyutunda vektör ve $\theta \leq 1$ ilgili KVB için etkinlik değerini

göstermektedir. (1) problemi, her bir KVB için olmak üzere toplamda I defa çözdürülerek tüm etkinlik değerleri üretilir.

2. Aşama: SSA ile girdilere ait aylak değerlerin ayrıştırılması

Bu aşamada, önceki aşamada her bir girdi için elde edilmiş olan toplam (radyal ve radyal olmayan) aylak değerlere odaklanılır. Bu aylak değerlerin temel anlamda üç etkiden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bunlar, çevresel faktörler, yönetsel etkinsizlik ve ölçüm hatalarından kaynaklanan istatistiksel gürültüdür. Bu aşamadaki ana amaç, aylak değerlerin bu üç etkiye göre ayrıştırılmasıdır. Ayrıştırma işlemi aylak değerleri bu üç etki ile açıklamaya çalışmayı içerir. Bunu yaparken SSA kullanılır.

Yöntemde her bir girdi aylak değişkeni için ayrı bir SSA regresyon modeli oluşturulması gerekmektedir. İkinci aşamada oluşturulacak olan SSA regresyon modellerindeki bağımlı değişkenler, birinci aşamada elde edilmiş olan toplam aylak değerlerdir. SSA regresyon modellerindeki bağımsız değişkenler ise $i = 1, 2, \dots, I$ olmak üzere K adet $z_i = [z_{1i}, z_{2i}, \dots, z_{ki}]$ çevresel değişkenleridir. Oluşturulan N adet ayrı SSA modelinin genel biçimi:

$$s_{ni} = f^n(z_i, \beta^n) + v_{ni} - u_{ni} \quad (2)$$

şeklinde (2) eşitliğinde, s_{ni} , i. işletmenin n. girdisi için birinci

aşamada elde edilmiş toplam aylak değeridir ve $s_{ni} \geq 0$ dır.

$f^n(z_i, \beta^n)$ deterministik uygun aylak sınırı, $v_{ni} - u_{ni}$ ise birleşik hata terimini oluşturmaktadır. Stokastik üretim sınırı formülasyonunun kullanıldığı bu modelde, $v_{ni} \sim N(0, \sigma_{vn}^2)$

istatistiksel gürültüyü (şans faktörü), $u_{ni} \sim N(0, \sigma_{un}^2)$ yönetimsel etkinsizliği göstermektedir. Her bir girdi için ayrı ayrı oluşturulmuş SSA modellerinden elde edilen sonuçlara göre işletmelere ait düzeltilmiş girdi değerleri

$$x_{ni}^A = x_{ni} + \left[\max_i \{z_i \hat{\beta}^n\} - z_i \hat{\beta}^n \right] + \left[\max_i \{\hat{v}_{ni}\} - \hat{v}_{ni} \right] \quad (3)$$

eşitliği ile belirlenir. (3) eşitliğinde, x_{ni}^A düzeltilmiş girdi değeri iken x_{ni} orijinal girdi değeridir. İlk düzeltme terimi olan

$\max_i \{z_i \hat{\beta}^n\} - z_i \hat{\beta}^n$, tüm işletmeleri en elverişsiz çevre şartlarında buluştururken diğer düzeltme terimi olan $\max_i \{\hat{v}_{ni}\} - \hat{v}_{ni}$, işletmelerin en şanssız durumda buluşmalarını sağlar.

Düzeltilmiş girdi değerlerinin bulunabilmesi, her bir işletme için v_{ni} 'nin tahmini değerlerinin bulunmasına bağlıdır. Bu da ancak istatistiksel gürültü ile yönetimsel etkinsizliğin birbirinden ayrılması ile mümkün olabilir. SSA regresyon modelindeki birleşik hata teriminin ayrıştırılması için bir yöntem öneren Jondrow vd. (1982) sayesinde bu durumun gerçekleşmesi sağlanmıştır. Jondrow ve diğerlerinin önerdikleri bu yöntem ile koşullu tahminleme (koşullu beklenen değer) yapılarak, $v_{ni} - u_{ni}$ koşulunda yönetimsel etkinsizliğin koşullu tahminleyeni olan $\hat{E}[u_{ni} | v_{ni} - u_{ni}]$ hesaplanır. Böylece, istatistiksel gürültünün koşullu tahminleyeni olan $\hat{E}[v_{ni} | v_{ni} - u_{ni}]$ ise,

$$\hat{E}[v_{ni} | v_{ni} - u_{ni}] = s_{ni} - z_i \hat{\beta}^n + \hat{E}[u_{ni} | v_{ni} - u_{ni}] \quad (4)$$

eşitliği ile hesaplanabilmektedir.

3. Aşama: Elde edilen düzeltilmiş veriye tekrar VZA uygulanması

Bu aşama, x_{ni} gözlenen girdi değerleri yerine, x_{ni}^A düzeltilmiş girdi değerlerinin alınması ile yani çevresel etkilerin ve istatistiksel gürültünün girdi değerlerinden ayıklanması ile birinci aşama VZA'nın tekrar uygulanmasından ibarettir. Bu analiz sonucunda elde edilen işletme performans değerlerinin artık yönetimsel etkinsizlik kaynaklı olduğu söylenebilir (Zeng vd. 2020).

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. 2018 Yılı Etkinlik Analizi Sonuçları

2018 yılı verileri ile yapılan uygulamanın birinci aşamasında, Tablo 1'de verilen girdi ve çıktılar kullanılarak girdi odaklı klasik BCC VZA modeli oluşturulmuş, Win4Deap2 programı ile etkinlik değerleri ve girdi aylak değerler tespit edilmiş; kullanılan havalimanı kısaltmaları Tablo 5'de, sonuçlar da Tablo 6'nın "Klasik VZA" sütununda sunulmuştur. Buna göre,

İstanbul Atatürk, İstanbul Sabiha Gökçen, Adana, Kahramanmaraş ve Muş Sultan Alparslan havalimanları olmak üzere toplam 5 havalimanının tam etkin olduğu görülmektedir. Bu havalimanlarını sırasıyla Antalya, Trabzon, İzmir Adnan Menderes, Kayseri ve Samsun Çarşamba havalimanları izlemektedir. İlk 21 havalimanı ortalama etkinlik değerinin üzerinde iken, geriye kalan 25 havalimanı bu değer altında kalmıştır. Etkinlikleri en düşük olan 5 havalimanı ise Tekirdağ Çorlu Atatürk, Kocaeli Cengiz Topel, Isparta Süleyman Demirel, Bursa Yenişehir ve Uşak havalimanlarıdır. İstanbul Atatürk, İstanbul Sabiha Gökçen, Ankara Esenboğa, Muğla Dalaman, Adana, Gaziantep, Kahramanmaraş ve Muş Sultan Alparslan havalimanları ölçeğe göre sabit getiriye sahiptir, başka bir ifadeyle girdiler aynı oranda arttırıldığında çıktılar da aynı oranda artmaktadır. Sadece Antalya havalimanının ölçeğe göre azalan getiriye sahip olduğu görülmektedir. Diğer tüm havalimanları ise ölçeğe göre artan getiriye sahiptir.

İkinci aşamada, girdi aylak değerlere, çevresel faktörler dikkate alınarak STATA 15 programı ile SSA uygulanmış ve Tablo 3'teki katsayılar elde edilmiştir (ApBuySlack, UcParkSlack ve YolTerSlack sırasıyla ApBuy, UcPark ve YolTer parametrelerine karşılık gelen aylak değerlerdir). Wald Ki-kare değerleri, modellerin anlamlı olduğunu göstermektedir. Böylece aylak değerlerin, çevresel faktörler, yönetimsel etkinsizlik ve ölçüm hatalarında kaynaklanan istatistiksel gürültü olarak belirtilen üç etkiye göre ayrıştırılması sağlanmış, (3) ve (4) nolu eşitliklerden yararlanılarak düzeltilmiş girdi değerleri elde edilmiştir.

Üçüncü aşamada, düzeltilmiş girdiler ve orijinal çıktılar kullanılarak birinci aşamada olduğu gibi girdi odaklı klasik BCC VZA modeli oluşturulmuş ve böylece çevresel faktörlerden ve şans faktöründen arındırılmış etkinlik değerleri elde edilmiş ve Tablo 6'da verilmiştir. Sonuçlar, sadece İstanbul Atatürk havalimanının tam etkin olduğunu göstermektedir. Bu havalimanını sırasıyla İstanbul Sabiha Gökçen, Antalya, Ankara Esenboğa, İzmir Adnan Menderes ve Adana havalimanları izlemektedir. İlk 9 havalimanı ortalama etkinlik değerinin üzerinde iken geriye kalan 37 havalimanının etkinlik değerleri bu değer altında kalmıştır. Etkinlikleri en düşük olan 5 havalimanı ise Uşak, Kocaeli Cengiz Topel, Tekirdağ Çorlu Atatürk, Kastamonu ve Isparta Süleyman Demirel havalimanlarıdır. Sadece İstanbul Atatürk havalimanı ölçeğe göre sabit getiriye sahip iken, diğer tüm havalimanlarının ölçeğe göre artan getiriye sahip olduğu görülmektedir.

Klasik VZA ile üç aşamalı VZA sonucu elde edilen etkinlik değerleri incelendiğinde her iki analiz sonucunda da sadece İstanbul Atatürk havalimanı tam etkindir. İstanbul Sabiha Gökçen havalimanı ikincilikteki yerini korumuş fakat tam etkinliğini kaybetmiştir. Klasik VZA ile tam etkin olan havalimanlarından Adana havalimanı 6'ncı, Kahramanmaraş havalimanı 31'inci, Muş Sultan Alparslan havalimanı ise 29'uncu olmuştur. Klasik VZA etkinlik sıralamasında ilk 10 havalimanı arasında kendine yer bulamayan Ankara Esenboğa, Muğla Dalaman, Muğla Milas-Bodrum ve Gaziantep havalimanları üç aşamalı VZA etkinlik sıralamasında ilk 10 havalimanı arasında kendilerine yer bulabilmişlerdir. Bu durum, çevresel faktörler ve istatistiksel gürültünün verilerden ayrıştırılmasıyla, yani havalimanlarının benzer çevresel koşullar altında incelenmesiyle etkinlik sıralamalarının ne denli değişebileceğinin bir göstergesidir.

Tablo 3. SSA sonucu elde edilen katsayılar (2018 yılı) (Table 3. Coefficients obtained as a result of SSA (2018))

	ApBuySlack	UcParkSlack	YolTerSlack
GSYİH	1.000738	0.0005182	0.6747846
HizSek	446968.4	43.71059	179853
TurSay	-0.0007644	-1.47E-06	-0.0031383
Wald Ki-kare İstatistiği	8.75	12.51	7.10
P değeri	0.0328	0.0058	0.0688

Tablo 4. SSA sonucu elde edilen katsayılar (2020 yılı) (Table 4. Coefficients obtained as a result of SSA (2020))

	ApBuySlack	UcParkSlack	YolTerSlack
GSYİH	1.04947	0.0003783	0.4304788
HizSek	419602.9	44.14563	178084.9
TurSay	-0.0007388	-3.52E-06	-0.009012
Wald Ki-kare İstatistiği	6.58	10.78	10.82
P değeri	0.0867	0.0130	0.0121

Tablo 5. Havalimanları için kullanılan kısaltmalar (Table 5. Abbreviations for airports)

Kısaltma	Havalimanı Adı	Kısaltma	Havalimanı Adı
Ada	Adana Havalimanı	İstSab	İstanbul Sabiha Gökçen Havalimanı
Adı	Adıyaman Havalimanı	İzm	İzmir Adnan Menderes Havalimanı
Ağr	Ağrı Ahmed-i Hani Havalimanı	Kah	Kahramanmaraş Havalimanı
Ama	Amasya Merzifon Havalimanı	Kap	Kapadokya Havalimanı
Ank	Ankara Esenboğa Havalimanı	Kar	Kars Harakani Havalimanı
Ant	Antalya Havalimanı	Kas	Kastamonu Havalimanı
Bal	Balıkesir Koca Seyit Havalimanı	Kay	Kayseri Havalimanı
Bat	Batman Havalimanı	Koc	Kocaeli Cengiz Topel Havalimanı
Bin	Bingöl Havalimanı	Kon	Konya Havalimanı
Bur	Bursa Yenişehir Havalimanı	Mal	Malatya Havalimanı
Çan	Çanakkale Havalimanı	Mar	Mardin Havalimanı
Dal	Muğla Dalaman Havalimanı	MilBod	Muğla Milas-Bodrum Havalimanı
Den	Denizli Çardak Havalimanı	Muş	Muş Sultan Alparslan Havalimanı
Diy	Diyarbakır Havalimanı	Ord	Ordu Giresun Havalimanı
Ela	Elazığ Havalimanı	Sam	Samsun Çarşamba Havalimanı
Erzi	Erzincan Yıldırım Akbulut Havalimanı	Sii	Siirt Havalimanı
Erzu	Erzurum Havalimanı	Sin	Sinop Havalimanı
Esk	Eskişehir Hasan Polatkan Havalimanı	Siv	Sivas Nuri Demirağ Havalimanı
Gaz	Gaziantep Havalimanı	Şan	Şanlıurfa GAP Havalimanı
GazAla	Antalya Gazipaşa-Alanya Havalimanı	Şır	Şırnak Şerafettin Elçi Havalimanı
Hak	Hakkari Yüksekova Selahaddin Eyyubi Havalimanı	Tek	Tekirdağ Çorlu Atatürk Havalimanı
Hat	Hatay Havalimanı	Tra	Trabzon Havalimanı
İğd	İğdır Şehit Bülent Aydın Havalimanı	Uşa	Uşak Havalimanı
Isp	Isparta Süleyman Demirel Havalimanı	Van	Van Ferit Melen Havalimanı
İst	İstanbul Havalimanı	Zaf	Zafer Havalimanı
İstAta	İstanbul Atatürk Havalimanı	Zon	Zonguldak Çaycuma Havalimanı

Tablo 6. 2018 yılı etkinlik değerlerine göre sıralamalar (Table 6. Rankings according to 2018 efficiency values)

Sıra Sayısı	Havalimanı	Klasik VZA	Havalimanı	Üç aşamalı VZA	Sıra Sayısı	Havalimanı	Klasik VZA	Havalimanı	Üç aşamalı VZA
1	İstAta	1	İstAta	1	24	Den	0.390	Bat	0.028
2	İstSab	1	İstSab	0.763	25	Hat	0.372	Kar	0.025
3	Ada	1	Ant	0.706	26	Ela	0.352	Siv	0.025
4	Kah	1	Ank	0.468	27	Şan	0.326	Bal	0.023
5	Mus	1	İzm	0.421	28	Iğd	0.321	Erzi	0.021
6	Ant	0.937	Ada	0.200	29	Kon	0.306	Muş	0.018
7	Tra	0.837	Dal	0.175	30	Bin	0.278	Şır	0.018
8	İzm	0.818	MilBod	0.164	31	Kar	0.247	Kah	0.016
9	Kay	0.769	Tra	0.154	32	Dal	0.204	Kap	0.016
10	Sam	0.675	Gaz	0.107	33	Bal	0.191	Ağr	0.014
11	Gaz	0.654	Kay	0.090	34	Siv	0.179	Adı	0.012
12	Ama	0.588	Diy	0.085	35	Erzi	0.178	Iğd	0.012
13	Van	0.553	Sam	0.071	36	Kas	0.169	Bur	0.011
14	Ord	0.538	Van	0.065	37	Ağr	0.161	Bin	0.010
15	Şır	0.517	Hat	0.057	38	Sin	0.151	Çan	0.010
16	MilBod	0.491	Erzu	0.055	39	Adı	0.139	Sin	0.009
17	Bat	0.484	Kon	0.050	40	Hak	0.139	Ama	0.008
18	Ank	0.461	Ord	0.046	41	Çan	0.129	Hak	0.008
19	Mal	0.447	Ela	0.044	42	Uşa	0.117	Isp	0.007
20	Erzu	0.445	Mal	0.037	43	Bur	0.112	Kas	0.005
21	Diy	0.442	Şan	0.035	44	Isp	0.098	Tek	0.005
22	Kap	0.433	Mar	0.030	45	Koc	0.077	Koc	0.002
23	Mar	0.391	Den	0.029	46	Tek	0.057	Uşa	0.001
					Ortalama		0.439		0.112

3.2. 2020 Yılı Etkinlik Analizi Sonuçları

2020 yılı verileri ile yapılan uygulamanın birinci aşamasında, 2018 yılına ait analiz ile aynı girdi ve çıktılar kullanılarak girdi odaklı klasik BCC VZA modeli oluşturulmuştur. Etkinlik ve girdi aylak değerler tespit edilmiş, Tablo 7'nin "Klasik VZA" sütununda gösterilmiştir. Buna göre 5 havalimanının tam etkin olduğu görülmektedir (İstanbul, İstanbul Sabiha Gökçen, Adana, Kayseri ve Zonguldak). Bu havalimanlarını sırasıyla Gaziantep, Trabzon, Van Ferit Melen, Samsun Çarşamba ve Ordu Giresun havalimanları izlemektedir. İlk 21 havalimanının etkinlik değerleri, ortalama etkinlik değerinin üzerinde iken, geriye kalan 30 havalimanının etkinlik değerleri bu değer altında kalmıştır. Etkinlikleri en düşük olan 5 havalimanı ise Zafer, Kocaeli Cengiz Topel, Bursa Yenişehir, Isparta Süleyman Demirel ve Uşak havalimanlarıdır. İstanbul, İstanbul Sabiha Gökçen, Adana, Diyarbakır, Kayseri ve Zonguldak havalimanları ölçeğe göre sabit getiriye sahip iken İzmir Adnan Menderes ve Antalya havalimanları ölçeğe göre azalan getiriye sahiptir. Geriye kalan havalimanlarının ise ölçeğe göre artan getiriye sahip oldukları görülmektedir.

İkinci aşamada, girdi aylak değerlere, çevresel faktörler dikkate alınarak SSA uygulanmış ve Tablo 4'teki katsayılar elde edilmiştir. Wald Ki-kare değerlerine göre modeller anlamlı bulunmuştur. Bu modeller yardımı ile düzeltilmiş girdiler elde edilmiştir.

Üçüncü aşamada, düzeltilmiş girdiler ve orijinal çıktılar kullanılarak birinci aşamada olduğu gibi girdi odaklı klasik BCC VZA modeli oluşturularak etkinlik değerleri elde edilmiş ve Tablo 7'de sunulmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, sadece İstanbul ve İstanbul Sabiha Gökçen havalimanlarının tam etkin olduğu görülmektedir. Bu havalimanlarını sırasıyla Antalya, İzmir Adnan Menderes, Ankara Esenboğa ve Adana havalimanları izlemektedir. İlk 12 havalimanının etkinlik değerleri, ortalama etkinlik değerinin üzerinde iken geriye kalan 39 havalimanının etkinlik değerleri bu değer altında kalmıştır. Etkinlikleri en düşük olan 5 havalimanı ise Uşak, Kocaeli Cengiz Topel, Zonguldak, Zafer ve Kastamonu havalimanlarıdır. İstanbul ve İstanbul Sabiha Gökçen havalimanı ölçeğe göre sabit getiriye sahip olup, diğer tüm havalimanlarının ölçeğe göre artan getiriye sahip olduğu görülmektedir.

Klasik VZA ile Üç Aşamalı VZA sonucu elde edilen etkinlik değerleri incelendiğinde her iki analiz sonucunda da sadece İstanbul ve İstanbul Sabiha Gökçen havalimanları tam etkindir. Klasik VZA ile tam etkin olan havalimanlarından Adana havalimanı 6'ncı, Kayseri havalimanı 11'inci, Zonguldak havalimanı ise 49'uncu olmuştur. Klasik VZA etkinlik sıralamasında ilk 10 havalimanı arasında kendine yer bulamayan Antalya, İzmir Adnan Menderes, Ankara Esenboğa, Muğla Dalaman ve Muğla Milas-Bodrum havalimanları üç aşamalı VZA etkinlik sıralamasında ilk 10 havalimanı arasında kendilerine yer bulabilmişlerdir.

Tablo 7. 2020 yılı etkinlik değerlerine göre havalimanlarının sıralamaları (Table 7. Ranking of airports based on the efficiency values in 2020)

Sıra Sayısı	Havalimanı	Klasik	Üç aşamalı		Sıra Sayısı	Havalimanı	Klasik	Üç aşamalı	
		VZA	Havalimanı	VZA			Havalimanı	VZA	VZA
1	İst	1	İst	1	27	Bin	0.378	Den	0.033
2	İstSab	1	İstSab	1	28	Ank	0.364	Muş	0.033
3	Ada	1	Ant	0.744	29	Şan	0.364	Tek	0.030
4	Kay	1	İzm	0.498	30	Iğd	0.344	Erzi	0.028
5	Zon	1	Ank	0.497	31	Kon	0.343	Şır	0.027
6	Gaz	0.923	Ada	0.273	32	Muş	0.307	Ağr	0.025
7	Tra	0.916	Tra	0.195	33	Tek	0.305	Bal	0.021
8	Van	0.860	Dal	0.176	34	Ağr	0.269	Kah	0.020
9	Sam	0.843	MilBod	0.165	35	Siv	0.247	Kap	0.018
10	Ord	0.716	Gaz	0.158	36	Erzi	0.200	Adı	0.016
11	Ama	0.710	Kay	0.141	37	Bal	0.183	Bin	0.016
12	Ant	0.670	Diy	0.127	38	Hak	0.183	Iğd	0.016
13	Bat	0.666	Van	0.112	39	Dal	0.181	Hak	0.013
14	Sii	0.642	Sam	0.100	40	MilBod	0.178	Ama	0.012
15	GazAla	0.606	Hat	0.080	41	Sin	0.171	Çan	0.012
16	Mal	0.596	Ord	0.066	42	Kah	0.166	Sin	0.012
17	Şır	0.590	Erzu	0.065	43	Adı	0.162	Esk	0.009
18	Mar	0.581	Ela	0.064	44	Çan	0.142	Bur	0.007
19	Diy	0.554	Kon	0.061	45	Esk	0.142	Isp	0.007
20	İzm	0.469	Mal	0.057	46	Kas	0.128	Sii	0.006
21	Hat	0.460	Şan	0.048	47	Uşa	0.105	Kas	0.004
22	Ela	0.441	Mar	0.047	48	Isp	0.087	Zaf	0.002
23	Erzu	0.437	Kar	0.045	49	Bur	0.051	Zon	0.002
24	Kar	0.409	Bat	0.044	50	Koc	0.050	Koc	0.001
25	Den	0.404	Siv	0.037	51	Zaf	0.033	Uşa	0.001
26	Kap	0.389	GazAla	0.037	Ortalama		0.450		0.122

3.3. 2018 ve 2020 Yılları Etkinlik Analizi Sonuçlarının Karşılaştırılması

2018 ve 2020 yılları arasında pandeminin ve yeni açılan havalimanlarının sebep olduğu değişen şartlar dikkate alındığında en etkin havalimanı 2018 yılında İstanbul Atatürk Havalimanı iken bu havalimanının kapatılmasıyla 2020 yılında İstanbul Havalimanının onun yerini aldığı görülmektedir. Ayrıca 2020 yılında İstanbul Sabiha Gökçen havalimanı da İstanbul Havalimanı gibi tam etkin havalimanı olmuştur. Antalya Havalimanının sıralamadaki yerini koruduğu, Ankara Esenboğa ve İzmir Adnan Menderes'in ise sıralamalarının yer değiştiği görülmektedir. Adana, Trabzon, Muğla Dalaman, Muğla Milas-Bodrum ve Gaziantep Havalimanlarının ilk 10 havalimanı arasındaki yerlerinin korunduğu görülmektedir. Her iki yılda da Uşak, Kocaeli Cengiz Topel ve Kastamonu havalimanları etkinliği en düşük havalimanları arasındadır. 2020 yılı verileri incelendiğinde 2018 yılına göre 6 yeni havalimanının eklendiği görülmektedir. Bu havalimanları, İstanbul havalimanı dışında Gazipaşa-Alanya, Eskişehir Hasan Polatkan, Siirt, Zafer ve Zonguldak havalimanlarıdır. Yeni faaliyete başlayan bu havalimanlarından Eskişehir Hasan Polatkan, Siirt, Zafer ve

Zonguldak havalimanları alt sıralarda sırasıyla 43, 46, 48 ve 49'uncu sıradadırlar. Yine faaliyetine yeni başlamış olan Gazipaşa-Alanya havalimanı 26'ncı sıra ile orta sıralarda kendine yer bulmuştur. Bu havalimanının yeni faaliyete başlayan diğer havalimanlarına göre daha etkin bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. En belirgin değişimin Tekirdağ Çorlu Atatürk Havalimanı'nda olduğu tespit edilmiştir. 2018 yılı verilerine göre 44'üncü sırada olan havalimanı, 2020 verilerine göre 29'uncu sıraya yükselmiştir. Genel olarak etkinlikler karşılaştırıldığında 2018 yılına göre 2020 yılında göreceli etkinlik değerlerinin arttığı ortaya çıkmaktadır.

4. Sonuç

2018 ve 2020 yılları arasında COVID-19 pandemisinden kaynaklı sosyal ve ekonomik anlamda çok ciddi farklılıklar yaşanmıştır. Bu farklılıklar, sivil havacılıkta da kendini göstermiştir. ICAO'dan elde edilen bilgilere göre, 2020 yılında dünyada toplam yolcu trafiği bir önceki yıla nazaran %60 oranında azalmış ve 1945'ten bu yana sürekli yükselişte olan bu parametrenin 2000'li yılların başındaki duruma geri döndüğü görülmüştür. Aynı zamanda havayolu şirketlerinin gelir kaybı

yaklaşık olarak 372 milyar dolara ulaşmıştır. Havalimanlarının gelirleri %66.3, uluslararası turizm gelirleri 1.3 trilyon dolar ve dünyada toplam GSYİH ortalama %3.4 azalmıştır. Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de önemli oranda değişimler yaşanmıştır. Geçen iki yıl içinde Türkiye’de toplam yolcu sayısının %60.94, toplam uçuş trafiğinin %55.52 ve toplam kargo miktarının %56.74 oranında düştüğü görülmüştür. Çalışmamızda, bu olağandışı değişimlerin havalimanı etkinlikleri ve sıralamaları üzerine olan etkisi araştırılmıştır.

COVID-19 salgınının yaşanması, analizde kullanılan çıktıların (yolcu trafiği, ticari uçak trafiği ve yük trafiği) önemli ölçüde azalmasına sebep olmuştur. Ayrıca İstanbul Atatürk Havalimanının yerini İstanbul Havalimanına bırakması ve yeni faaliyete geçen diğer havalimanları Türkiye’deki havalimanları atmosferini değiştirmiştir. Havalimanları buldukları şehirlerin ekonomik ve sosyal yapılarından etkilenmektedirler. Şehrin nüfusu; turizm, sanayi ve ticaretinin gelişmişlik durumu havalimanlarının performansları üzerinde etkilidirler. Havalimanı performansı değerlendirmede en çok kullanılan yöntem VZA’dır. Birden fazla girdi ve çıktının aynı anda değerlendirilmesine fırsat vermesi sayesinde VZA performans değerlendirmede ön plana çıkmıştır. Ancak girdi ve çıktıların yanısıra çevresel etkilerin de araştırılması istendiği için bu çalışmada Üç Aşamalı VZA kullanılmıştır. Bu analiz sayesinde etkinlik değerleri elde edilirken etkinlik üzerinde etkisi olan çevresel faktörlerin, yönetsel etkisizliğin ve şans faktörünün birbirinden ayrıştırılarak analizin daha eşit şartlarda yapılması ve böylece yorumların daha gerçekçi olması sağlanmıştır.

Pandemi öncesi ve pandemi dönemindeki durumu yansıtması için 2018 ve 2020 yılı verilerine klasik VZA ve Üç Aşamalı VZA yöntemleri uygulanmıştır. Üç Aşamalı VZA ile elde edilen etkinlik değerlerinin klasik VZA yöntemine göre daha düşük olduğu ve her iki yıl için de etkinlik değerlerine göre yapılmış olan sıralamaların birbirinden çok farklı olduğu görülmüştür. 2018 yılında sadece İstanbul Atatürk Havalimanı her iki analizde de tam etkin iken 2020 yılında İstanbul Atatürk Havalimanının yerini alan İstanbul Havalimanı ve Sabiha Gökçen Havalimanı her iki analizde tam etkindir. 2018 ve 2020 yıllarına ait Üç Aşamalı VZA sonuçlarına göre, COVID-19 pandemi şartları Türkiye’de havalimanlarının görece etkinlik sıralamalarında önemli değişime neden olmamıştır. Gazipaşa-Alanya Havalimanı haricinde 2020 yılında veri üretmeye başlayan diğer havalimanları alt sıralardan sıralamaya giriş yapmışlardır.

Gelecek çalışmalar adına, Türkiye’de yapılması planan ve yapımı devam eden havalimanlarının da faaliyet göstermesi ile birlikte performans analizlerinin devam ettirilmesi planlanmaktadır. Ayrıca performans değerlendirmesine finansal verilerin de katılmasıyla analize finansal bir bakış açısı da katılabilir.

Kaynakça

Banker, R. D., Charnes, A., & Cooper, W. W. (1984). Some models for estimating technical and scale inefficiencies in data envelopment analysis. *Management science*, 30(9), 1078-1092.

Charnes, A., Cooper, W. W., & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.

Chen, Q., & Liu, H. (2019). Evaluation of the Dynamic Efficiency of China's Airports under the Country's New Normal Economy: Based on Three-stage DEA and the Malmquist

Index. *Evaluation of the Dynamic Efficiency of China's Airports under the Country's New Normal Economy: Based on Three-stage DEA and the Malmquist Index*, 47-76.

Demir, M., Günaydın, Y. & Demir, Ş. Ş. (2020). Koronavirüs (Covid-19) salgınının Türkiye’de turizm üzerindeki öncülleri, etkileri ve sonuçlarının değerlendirilmesi. *International Journal of Social Sciences and Education Research*, 6 (1), 80-107.

DHMİ, 2018. Devlet Hava Meydanları İşletmesi 2018 Faaliyet Raporu.

DHMİ, 2020. Devlet Hava Meydanları İşletmesi 2020 Faaliyet Raporu.

Fernández, X. L., Coto-Millán, P., & Díaz-Medina, B. (2018). The impact of tourism on airport efficiency: The Spanish case. *Utilities Policy*, 55, 52-58.

Fried, H. O., Lovell, C. K., Schmidt, S. S., & Yaisawarng, S. (2002). Accounting for environmental effects and statistical noise in data envelopment analysis. *Journal of productivity Analysis*, 17(1), 157-174.

Gillen, D., & Lall, A. (1997). Developing measures of airport productivity and performance: an application of data envelopment analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 33(4), 261-273.

Hooper, P. G., & Hensher, D. A. (1997). Measuring total factor productivity of airports—an index number approach. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 33(4), 249-259.

IATA (2019), International Air Transport Association Annual Review. 75th Annual General Meeting, Seoul. Retrieved from <https://www.iata.org/en/publications/annual-review/>, Erişim tarihi: 12.05.2019

IATA (2020), International Air Transport Association Annual Review. 76th Annual General Meeting, Amsterdam. Retrieved from <https://www.iata.org/en/publications/annual-review/>, Erişim tarihi: 02.02.2022

ICAO (2018), Air Navigation Report, International Civil Aviation Organization. Retrieved from <https://www.icao.int/annual-report-2018/Pages/the-world-of-air-transport-in-2018.aspx>, Erişim tarihi: 10.04.2019

ICAO (2020), Annual Report, International Civil Aviation Organization. Retrieved from <https://www.icao.int/annual-report-2020/Pages/default.aspx>, Erişim tarihi: 02.02.2022

İnan, A., Tolga, T., & Gökmen, R. (2021). The Determination of the Factors Affecting Air Transportation Passenger Numbers. *International Journal of Aviation, Aeronautics, and Aerospace*, 8(1), 4.

Iyer, K. C., & Jain, S. (2019). Performance measurement of airports using data envelopment analysis: A review of methods and findings. *Journal of Air Transport Management*, 81, 101707.

Jondrow, J., Lovell, C. K., Materov, I. S., & Schmidt, P. (1982). On the estimation of technical inefficiency in the stochastic frontier production function model. *Journal of econometrics*, 19(2-3), 233-238.

Kartal, M. (2021). Covid-19 Salgınının BIST-100 Endeksi Üzerindeki Etkisi: Türkiye Özelinde Ampirik Bir Araştırma. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ejosat 2021 Ek Sayı 1, 815-822.

Pehlivanlı, E. A. (2020). Covid-19’un Havalimanları Performansları Üzerine Etkisinin Değerlendirilmesi: Türkiye Havalimanları Örneği. *Electronic Turkish Studies*, 15(4).

- SHGM (2018), Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü 2018 Faaliyet Raporu. <http://web.shgm.gov.tr/documents/sivilhavacilik/files/pdf/kurumsal/faaliyet/2018.pdf>. Erişim Tarihi: 18/05/2019
- SHGM (2020), Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü 2020 Faaliyet Raporu. <https://web.shgm.gov.tr/tr/kurumsal/4006-faaliyet-raporlarimiz>. Erişim Tarihi: 02.02.2022
- Song, M., Jia, G., & Zhang, P. (2020). An evaluation of air transport sector operational efficiency in China based on a three-stage DEA analysis. *Sustainability*, 12(10), 4220.
- Yeşilyurt, C. (2018). Performans ölçümünde kullanılan parametrelili ve parametresiz etkinlik ölçüm yöntemlerinin karşılaştırılması. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(Özel Sayı 3), 2941-2953.
- Yetiz, F. (2021). COVID-19 Pandemi Sürecinin Türk Bankacılık Sektörü Çalışanlarına ve Müşterilerine Etkileri: Swot Analizi . *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, Ejosat 2021 Ocak , 109-117
- Yolalan, O. R. (1990). "Efficiency measurement and data envelopment analysis". Ph.D. Dissertation, Université Laval, Canada.
- Yu, M. M. (2010). Capacity efficiency measurement using a three-stage DEA approach: evidence from domestic airports in Taiwan. *Transportation Planning and Technology*, 33(2), 221-235.
- Zeng, Z., Yang, W., Zhang, S., & Witlox, F. (2020). Analysing airport efficiency in East China using a three-stage data envelopment analysis. *Transport*, 35(3), 255-272.



Numerical Solutions of 2-Dimensional Schrödinger Equation Using Modified Gauss Elimination Method

Tarkan Aydın^{1*}, Ali Sırma²

^{1*} Bahcesehir University, Department of Computer Engineering, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0002-2018-405X), tarkan.aydin@eng.bau.edu.tr

² Halic University, Faculty of Engineering, Department of Industrial, İstanbul, Turkey, (ORCID: 0000-0001-6114-2422), alisirma@halic.edu.tr

(First received 2 November 2021 and in final form 25 April 2022)

(DOI: 10.31590/ejosat.1018127)

ATIF/REFERENCE: Aydın, T., & Sırma, A., (2022). Numerical Approximation for 2-Dimensional Schrödinger Equation Using Modified Gauss Elimination Method. *European Journal of Science and Technology*, (35), 653-658.

Abstract

In this study, modified Gauss elimination method will be used to obtain solution of first order Rothe difference scheme and second order Crank-Nicholson difference scheme for numerical approximation of two-dimensional Schrödinger equation in space variable. One example is given, and an approximate solution is found by three approaches. Modified Gauss elimination method is used with respect to time variable and with respect to space variable. In order to compare the difference schemes are also solved by the classical inverse matrix method.

Keywords: Modified Gauss elimination method, Rothe difference scheme, Self-adjoint operator.

Modifiye Gauss Eleme Yöntemi Kullanarak 2-Boyutlu Schrödinger Denkleminin Sayısal Yaklaşım

Öz

Bu çalışmada, uzay değişkeninde iki boyutlu Schrödinger denkleminin sayısal yaklaşımı için birinci mertebeden Rothe fark şemasının ve ikinci mertebeden Crank-Nicholson fark şemasının çözümünü elde etmek için modifiye Gauss eliminasyon yöntemi kullanılmıştır. Bir örnek verilmiş ve üç yöntemle yaklaşık çözüm bulunmuştur. Modifiye Gauss eliminasyon yöntemi, zaman değişkenine ve uzay değişkenine göre kullanılmıştır. Karşılaştırma yapmak için fark şemaları, klasik ters matris yöntemi ile de çözülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Modifiye Gauss eleme metodu, Rothe fark şeması, Öz-eşlenik operator.

* Corresponding Author: tarkan.aydin@eng.bau.edu.tr

1. Introduction

Modified Gauss elimination method is used for solving linear difference equations correspond to linear partial differential equations. Detail of this method can be seen in Ashyralyev and Sirma (2008) and Yildirim (2007). In Ashyralyev and Sirma (2008), the modified Gauss elimination method is used for solving first order of accuracy Rothe difference scheme and second order of accuracy Crank-Nicholson difference scheme to find approximate solution of nonlocal boundary value problem for the Schrödinger equation. In Ashyralyev and Sirma (2009), the modified Gauss elimination method is used for solving modified Crank-Nicholson difference scheme to find approximate solution of nonlocal boundary value problem for the Schrödinger equation. In Ashyralyev (2017), Ashyralyev and Akyuz (2018) in order to find approximate solution of Bitsadze-Samarskii equation, in Ashyralyev and Cay (2020) in order to find approximate solution of elliptic-inverse problem two-dimensional in space variable modified Gauss elimination method is used to find the solution of corresponding difference schemes. Ashyralyev C., used this method in his some other articles also. Beside these, for the numerical solution of two-dimensional Schrödinger equation different numerical methods can be investigated in the literature. For example Dehghan and Shokri (2007), proposed a numerical scheme to solve two-dimensional linear homogeneous Schrödinger equation using collocation points and approximating the solution using multiquadrics and thin plate splines radial basis function. Zhang & Chen (2016), used a meshless symplectic method for linear two-dimensional Schrödinger equation with radial basis functions. Gülkaç (2003), extended Boadway’s transformation technique to obtain numerical solution for linear two-dimensional Schrödinger equation. Zhang & Zhang (2019), suggests a meshless symplectic procedure bases on highly accurate multiquadric quasi-interpolation for two-dimensional time-dependent linear Schrödinger equation.

In this study, applicability of modified Gauss elimination in first order of accuracy Rothe difference scheme and second order of accuracy Crank-Nicholson difference scheme for finding approximate solution of two-dimensional Schrödinger equation is shown. In addition, the modified Gauss elimination method is implemented with respect to time variable and with respect to space variable as well. Standart inverse matrix method is also implemented to compare performance requirements of each approach.

2. Material and Method

To show applicability of modified Gauss elimination method for two dimensional Schrödinger equation in space let us take the following example:

$$i \frac{\partial u(t,x,y)}{\partial t} - \left[\frac{\partial^2 u(t,x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u(t,x,y)}{\partial x^2} \right] = f(t,x,y) \tag{1}$$

$$u(0,x,y) = \sin(\pi xy), \quad 0 < x,y < 1, \tag{2}$$

$$u(t,0,y) = u(t,x,0) = 0, \quad 0 < t,x,y < 1, \tag{3}$$

$$u(t,1,y) = e^{it} \sin(\pi y), \quad 0 < t,y < 1, \tag{4}$$

$$u(t,x,1) = e^{it} \sin(\pi x), \quad 0 < t,x < 1, \tag{5}$$

where $f(t,x,y) = [\pi^2(x+y) - 1]e^{it} \sin(\pi xy)$. Exact solution of this problem is $u(t,x,y) = e^{it} \sin(\pi xy)$. We consider this problem in a Hilbert space $H = L_2([0,1] \times [0,1])$ of all integrable functions defined on $[0,1] \times [0,1]$, equipped with the norm $\|u\|_{[0,1] \times [0,1]} = \left(\int_0^1 \int_0^1 |u(x,y)|^2 dx dy \right)^{1/2}$. But unfortunately in our example the operator $A(u(\cdot, x, y)) = - \left[\frac{\partial^2 u(\cdot, x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u(\cdot, x, y)}{\partial x^2} \right]$, $u(\cdot, 0, y) = u(\cdot, x, 0) = 0$, $0 < x, y < 1$, $u(\cdot, 1, y) = e^{it} \sin(\pi y)$, $0 < y < 1$, $u(\cdot, x, 1) = e^{it} \sin(\pi x)$, $0 < x < 1$, is not a self-adjoint operator. But we still have numerically good convergence results. In order to obtain numerical approximation of this problem let us use first order of accuracy Rothe difference scheme as follows:

$$i \frac{u_{n,m}^k - u_{n,m}^{k-1}}{\tau} - \left[\frac{u_{n+1,m}^k - 2u_{n,m}^k + u_{n-1,m}^k}{h^2} + \frac{u_{n,m+1}^k - 2u_{n,m}^k + u_{n,m-1}^k}{\sigma^2} \right] = f(t_k, x_n, y_m), \quad 1 \leq k \leq N, \quad 1 \leq n \leq M - 1, \quad 1 \leq m \leq L - 1, \tag{6}$$

$$u_{n,m}^0 = \sin(\pi x_n y_m), \quad 1 \leq n \leq M - 1, \quad 1 \leq m \leq L - 1 \tag{7}$$

$$u_{0,m}^k = u_{n,0}^k = 0, \quad 1 \leq k \leq N, \quad 1 \leq n \leq M - 1, \quad 1 \leq m \leq L - 1, \tag{8}$$

$$u_{n,m}^k = e^{it_k} \sin(\pi y_m), \quad 1 \leq k \leq N, \quad 1 \leq m \leq L - 1, \tag{9}$$

$$u_{n,L}^k = e^{it_k} \sin(\pi x_n), \quad 1 \leq k \leq N, \quad 1 \leq n \leq M - 1, \tag{10}$$

In order to solve this difference scheme using modified Gauss elimination method we followed two ways. First way is as follows:

2.1. Modified Gauss elimination with respect to time

Write the difference scheme as

For $1 \leq k \leq N$

$$a u_{n,m-1}^k + [b u_{n-1,m}^k + c u_{n,m}^k + b u_{n+1,m}^k] + a u_{n,m+1}^k = f(t_k, x_n, y_m) + d u_{n,m}^{k-1} \tag{11}$$

Where $a = -\frac{1}{\sigma^2}$, $b = -\frac{1}{h^2}$, $c = \frac{i}{\tau} + \frac{2}{h^2} + \frac{2}{\sigma^2}$, $d = \frac{i}{\tau}$

Hence this system can be written in matrix form as

$$A U_{m-1}^k + B U_m^k + A U_{m+1}^k = D \phi_m^k, \quad 1 \leq m \leq L - 1, \tag{12}$$

$$U_0^k = 0 \text{ and } U_L^k = \begin{bmatrix} e^{it_k} \sin(\pi x_0) \\ e^{it_k} \sin(\pi x_1) \\ \dots \\ e^{it_k} \sin(\pi x_M) \end{bmatrix}$$

where

$$\phi_m^k = \begin{bmatrix} \varphi_{0,m}^k \\ \varphi_{1,m}^k \\ \dots \\ \varphi_{M,m}^k \end{bmatrix}$$

$$\varphi_{n,m}^k = \begin{cases} 0, & n = 0 \\ f(t_k, x_n, y_m) + d u_{n,m}^{k-1}, & 1 \leq n \leq M - 1 \\ e^{it_k} \sin(\pi y_m), & n = M \end{cases}$$

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & a & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & a & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & a & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & a \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & b & c & b & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & b & c & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & b & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & c & b & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & b & c & b \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

D is an identity matrix of order $M + 1$ and $U_s^k = \begin{bmatrix} u_{0,s}^k \\ u_{1,s}^k \\ \dots \\ u_{M,s}^k \end{bmatrix}$, $s = m - 1, m, m + 1$.

In order to solve the matrix equation (12), we have applied a modified Gauss elimination method with respect to m with matrix coefficients. According this method we are looking for a solution in the form, $U_m^k = \alpha_{m+1}^k U_{m+1}^k + \beta_{m+1}^k, m = L - 1, \dots, 2, 1, 0$. Here $\alpha_j^k, (j = 1, \dots, L - 1)$ are square matrices of order $M + 1$ and $\beta_j^k, (j = 1, \dots, L - 1)$ are column vectors with dimension $M + 1$. Using the fact that $U_0^k = 0$, we have α_1^k is a zero matrix of order $M + 1$ and β_1^k is zero column vector of dimension $M + 1$. For α_j^k and $\beta_j^k, (j = 1, \dots, L - 1)$ and for the detail the reader is referred to the article Ashyralyev and Sirma (2008).

For each k , starting from $U_L^k = \begin{bmatrix} e^{it_k} \sin(\pi x_0) \\ e^{it_k} \sin(\pi x_1) \\ \dots \\ e^{it_k} \sin(\pi x_M) \end{bmatrix}$, we obtain

$U_m^k, m = L - 1, \dots, 2, 1$. So for each $k, (k = 1, \dots, N)$ obtaining the solution $U_m^k, m = L - 1, \dots, 2, 1$, we obtained the approximate solution of Eqn. (1) with corresponding initial and boundary conditions.

2.2. Modified Gauss elimination with respect to space

In order to solve the Rothe difference scheme (6)-(10) we will apply modified Gauss elimination method with respect to space variable. For this write the difference scheme as

$$au_{n,m-1}^k + [bu_{n-1,m}^k + au_{n,m}^{k-1} + cu_{n,m}^k + bu_{n+1,m}^k] + au_{n,m+1}^k = f(t_k, x_n, y_m) \tag{13}$$

Hence this system can be written in matrix form as

$$EU_{m-1} + FU_m + EU_{m+1} = D\varphi_m, 1 \leq m \leq L - 1, \tag{14}$$

$$U_0 = 0 \text{ and } U_L = \begin{bmatrix} e^{it_0} \sin(\pi x_0) \\ e^{it_0} \sin(\pi x_1) \\ \dots \\ e^{it_0} \sin(\pi x_M) \\ e^{it_1} \sin(\pi x_0) \\ e^{it_1} \sin(\pi x_1) \\ \dots \\ e^{it_1} \sin(\pi x_M) \\ \dots \\ e^{it_N} \sin(\pi x_0) \\ e^{it_N} \sin(\pi x_1) \\ \dots \\ e^{it_N} \sin(\pi x_M) \end{bmatrix}$$

where

$$\varphi_m = \begin{bmatrix} \varphi_{0,m}^0 \\ \varphi_{1,m}^0 \\ \dots \\ \varphi_{M,m}^0 \\ \varphi_{0,m}^1 \\ \varphi_{1,m}^1 \\ \dots \\ \varphi_{M,m}^1 \\ \dots \\ \varphi_{0,m}^N \\ \varphi_{1,m}^N \\ \dots \\ \varphi_{M,m}^N \end{bmatrix}$$

$$\varphi_{n,m}^k = \begin{cases} 0, & n = 0 \\ f(t_k, x_n, y_m), & 1 \leq n \leq M - 1 \\ e^{it_k} \sin(\pi y_m), & n = M \\ \sin(\pi x_n y_m), & k = 0 \end{cases}$$

$$E = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \dots & A & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & A & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & A \end{bmatrix}$$

$$F = \begin{bmatrix} I & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & A & B & 0 & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & A & B & \dots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & A & \dots & 0 & 0 & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & B & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & A & B & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 & A & B \end{bmatrix}$$

$$U_s = \begin{bmatrix} u_{0,s}^0 \\ u_{1,s}^0 \\ \dots \\ u_{M,s}^0 \\ u_{0,s}^1 \\ u_{1,s}^1 \\ \dots \\ u_{M,s}^1 \\ \dots \\ u_{0,s}^N \\ u_{1,s}^N \\ \dots \\ u_{M,s}^N \end{bmatrix}, s = m - 1, m, m + 1.$$

and D is an identity matrix of order $(N + 1) \times (M + 1)$.

In order to solve the matrix equation (14), we have applied a modified Gauss elimination method with respect to m with matrix coefficients. According to this method we are looking for a solution in the form,

$$U_m = \alpha_{m+1}U_{m+1} + \beta_{m+1}, m = L - 1, \dots, 2, 1, 0.$$

Here $\alpha_j, (j = 1, \dots, L - 1)$ are square matrices of order $(N + 1)(M + 1)$ and $\beta_j, (j = 1, \dots, L - 1)$ are column vectors with dimension $M + 1$. Using the fact that $U_0^k = 0$, we have α_1 is a zero matrix of order $(N + 1)(M + 1)$ and β_1 is zero column vector of dimension $(N + 1)(M + 1)$. For α_j and $\beta_j, (j = 1, \dots, L - 1)$ and for the detail the reader is referred to the article Ashyralyev and Sırma (2008).

For each k , starting from U_L , we obtain $U_m, m = L - 1, \dots, 2, 1$. So for each $k, (k = 1, \dots, N)$ obtaining the solution $U_m, m = L - 1, \dots, 2, 1$, we obtained the approximate solution of Eqn. (1) with corresponding initial and boundary conditions.

2.3 Standart Inverse Matrix Method

In order to solve the system (6)-(10) using standart inverse matrix method, write the system (6)-(10) in a form $GU = \varphi$, where G is coefficient matrix of dimension $(L + 1)(M + 1)(N + 1)$, $U = \{u_{n,m}^k, 0 \leq k, n, m \leq N, M, L\}$ unknown vector and φ is a right hand side. Then $U = G^{-1}\varphi$ give us the solution of the system (6)-(10).

Now let us give another example with a self-adjoint operator:

$$i \frac{\partial u(t,x,y)}{\partial t} - \left[\frac{\partial^2 u(t,x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u(t,x,y)}{\partial y^2} \right] = f(t,x,y) \tag{15}$$

$$u(0,x,y) = \sin(\pi x)\sin(\pi y), 0 < x,y < 1, \tag{16}$$

$$u(t,0,y) = u(t,x,0) = 0, 0 < t,x,y < 1, \tag{17}$$

$$u(t,1,y) = u(t,x,1) = 0, 0 < t,y < 1, \tag{18}$$

where $f(t,x,y) = [2\pi^2 - 1]e^{it}\sin(\pi x)\sin(\pi y)$. Exact solution of this problem is $u(t,x,y) = e^{it}\sin(\pi x)\sin(\pi y)$. In this case, the operator $A(u(\cdot, x, y)) = -\left[\frac{\partial^2 u(\cdot, x, y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u(\cdot, x, y)}{\partial y^2} \right], u(\cdot, 0, y) = u(\cdot, x, 0) = 0, 0 < x,y < 1, u(\cdot, 1, y) = u(\cdot, x, 1) = 0, 0 < x,y < 1$, is self-adjoint in a Hilbert space $H = L_2([0,1] \times [0,1])$. So this problem satisfies the conditions given in Ashyralyev and Sırma (2008). Hence it satisfies all the stability results given there.

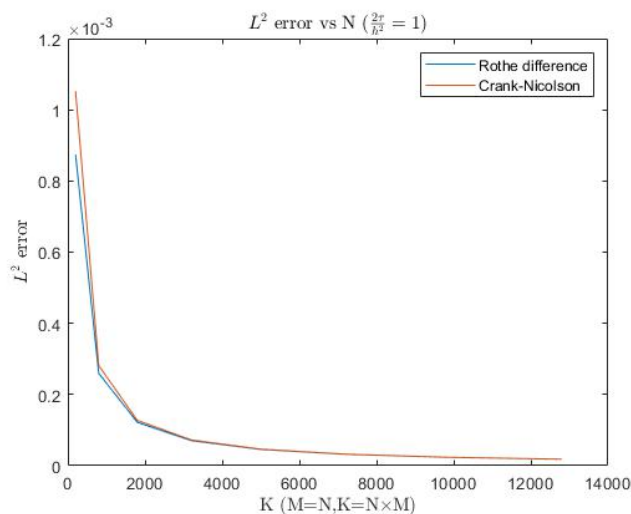
Now, in the next section we will also apply the three methods given above to find the solution of Rothe difference scheme related to two dimensional in space Schrödinger equation (1) with the corresponding initial and boundary conditions (2)-(5). Numerical results will be given below.

3. Results and Discussion

In this section we will give the numerical results for the approximate solution of problem (1)-(4). To find approximate solution of problem (1)-(4), we have applied first order of accuracy Rothe difference scheme (Rt) and second order of accuracy Crank-Nicholson difference scheme (C-N). In order to solve these difference schemes, we have applied the three methods mentioned above, namely modified Gauss elimination method with respect to time, modified Gauss elimination method with respect to space and standart inverse matrix method. Then Matlab is used to find the approximate solution by these three methods. Since equations are linear and finite these three methods give the same results. The results are given by the following tables and graphs.

Table 1. Errors between exact solution and numerical solutions with different space (N,M) and time (K) discretizations.

N	M	K (×100)	Rt L_2 error (× 10 ⁻³)	C-N L_2 error (× 10 ⁻³)
10	10	2	0.8740	1.100
20	20	8	0.2596	0.2811
30	30	18	0.1219	0.1274
40	40	32	0.0704	0.0723
50	50	50	0.0457	0.0466
60	60	72	0.0320	0.0324
70	70	98	0.0237	0.0239
80	80	128	0.0182	0.0183



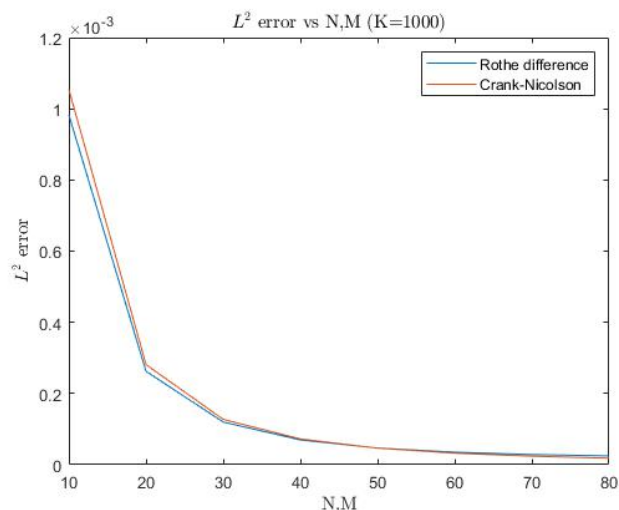
Graph 1. Convergence of Rothe and Crank Nicholson difference schemes with respect to time while keeping $\frac{2\pi}{h^2}$ ratio is equal to 1

In Table 1 and Graph 1, the errors between exact solution and numerical solution in L_2 norm for the two-dimensional

Schrodinger equation (1) with the initial and boundary conditons (2)-(4) using Rothe difference scheme and Crank Nicholson difference scheme for different number of space and time discretizations are given. In Table 1 and Graph 1, the number of time and space discretizations K , N and M are chosen in such a way that $N = M$ and $\frac{2\tau}{h^2} = 1$. With these settings for the number of discretizations, it is seent that for both Rothe difference scheme and Crank-Nicholson difference scheme numerical solution converges to exact solution with the same rate of convergence and nearly quadratically.

Table 2. Errors between exact solution and numerical solutions with different space (N, M) discretizations

N	M	K ($\times 1000$)	Rt L_2 error ($\times 10^{-3}$)	C-N L_2 error ($\times 10^{-3}$)
10	10	1	0.9829	1.0541
20	20	1	0.2623	0.2812
30	30	1	0.1199	0.1274
40	40	1	0.0696	0.0723
50	50	1	0.0468	0.0465
60	60	1	0.0351	0.0324
70	70	1	0.0286	0.0239
80	80	1	0.0248	0.0183

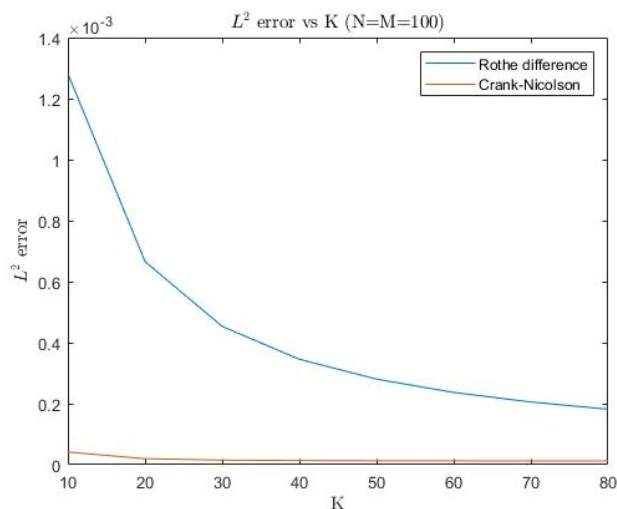


Graph 2. Convergence of Rothe and Crank Nicholson difference schemes with respect to space

In Table 2 and Graph 2, the errors between exact solution and numerical solution in L_2 norm for the two-dimensional Schrodinger equation (1) with the initial and boundary conditons (2)-(4) using Rothe difference scheme and Crank Nicholson difference scheme for the time discretizations $K = 1000$ but for different space discretizations are given. In Table 2 and Graph 2, for the number of spaces discretizations $N = M = 10, 20, 30, \dots, 80$ the errors are given. Here also for both Rothe difference scheme and Crank-Nicholson difference scheme error behaves with the same pattern. With this choice of number of discretizations, it is seen that error decreases quadratically for both Rothe difference scheme and Crank-Nicholson difference scheme. This result is in line with the theory.

Table 3. Errors between exact solution and numerical solutions with different time (K) discretizations

N	M	K	Rt L_2 error ($\times 10^{-3}$)	C-N L_2 error ($\times 10^{-3}$)
100	100	10	1.2819	0.0415
100	100	20	0.6659	0.0197
100	100	30	0.4533	0.0152
100	100	40	0.3456	0.0136
100	100	50	0.2805	0.0129
100	100	60	0.2369	0.0125
100	100	70	0.2056	0.0123
100	100	80	0.1820	0.0122



Graph 3. Convergence of Rothe and Crank Nicholson difference schemes with respect to time

In Table 3 and Graph 3 the errors are given for fixed value of $N = M = 100$ but for different value of time discretizations. From Table 3 and Graph 3 it is seen that the for the Rothe difference scheme numerical solution converges to exact solution with the order one but unfortunately for the Crank-Nicholson difference scheme the rate of converges is so slow.

Table 4. Running times of each approach, (Modified Gauss Elimination with respect to space MG_S , Modified Gauss elimination with respect to time MG_T and Inverse Matrix method $InvM$)

N	M	K	MG_S (s)	MG_T (s)	$InvM$ (s)
10	10	10	0.005	0.030	0.008
20	20	20	0.031	0.420	0.032
30	30	30	0.113	3.515	0.114
40	40	40	0.292	18.494	0.346
50	50	50	0.735	82.497	0.691

In Table 4, running times of each approach is given to compare their computational complexities. As seen in the table, standard inverse matrix method has lowest computational complexity. Modified Gauss method requires to use more memory space and computational resource for square matrices α and column vectors β . As a result, running times are higher for Modified Gauss Elimination methods. Further, the size of matrix α for Modified Gauss Elimination with respect to space is in the order of N whereas it is in the order of $N \times K$ for Modified Gauss Elimination with respect to time. This affects the running times as seen in the Table.

4. Conclusions and Recommendations

In this article, to find approximate solution of Schrödinger equation in two dimension, Rothe difference scheme and Crank-Nicholson difference scheme are applied. To solve these difference schemes three approaches are used. The first approach is the modified Gauss elimination method with respect to time, second one is the modified Gauss elimination method with respect to space and last is the standart inverse matrix method. Using these methods, the same numerical results are obtained. When spaces discretizations are fixed but the time discretizations are increasing the Crank-Nicholson difference scheme converges quadratically and reaches steady state. The cases are in line with theory. Running times of each approaches are compared. These three approaches can be applied to solve difference schemes for obtaining approximate solutions of nonlocal boundary value problem for the Schrödinger equation in two dimensions. But in this problem, one should be careful about obtaining approximation for the initial value.

References

- Ashyralyev A. & Sirma A., (2008). Nonlocal boundary value problems for the Schrödinger equation. *Computers & Mathematics with Applications*, 55, 392-407.
- Ashyralyev A. & Sirma A., (2009). Modified Crank-Nicolson difference schemes for nonlocal boundary value problems for the Schrödinger equation. *Discrete Dynamics in Nature and Society*, 2009, 1-15.
- Ashyralyev A. & Hıçdurmaz B., (2011). A note on fractional Schrödinger differential equations. *Kybernetes*, 40, 736-750.
- Ashyralyev A. & Özdemir Y., (2005). Stability of difference schemes for hyperbolic-parabolic equations. *Computers & Mathematics with Applications*, 50, 1443-1476.
- Ashyralyev, C., (2017). Numerical solution to Bitsadze-Samarskii type elliptic overdetermined multipoint NBVP. *Boundary Value Problems*, 74, 1-22.
- Ashyralyev, C. & Akyuz G., (2018). Finite difference method for Bitsadze-Samarskii type overdetermined elliptic problem with Dirichlet conditions. *Filomat*, 32, 859-872.
- Ashyralyev, C. & Cay A., (2020). Numerical solution to elliptic inverse problem with Neumann-type integral condition and overdetermination. *Karaganda University-Mathematics*, 99, 5-17.
- Dehghan M. & Shokri A., (2007). A numerical method for two-dimensional Schrödinger equation using collocation and radial basis functions. *Computers & Mathematics with Applications*, 54, 136-146.
- Gülkaç V., (2003). Numerical solution of two-dimensional Schrödinger equation by Boadway's transformation. *International Journal of Computer Mathematics*, 80, 1543-1548.
- Ozdemir, Y, (2007). Nonlocal boundary value problem for hyperbolic-parabolic differential and difference equations, PhD Thesis, Gebze High Technology University, Graduate School of Science and Technology, Izmit, 152.
- Sırma A., (2021). A single step second order of accuracy difference scheme for integral type nonlocal boundary value Schrödinger problem. *Tbilisi Mathematical Journal*, Special Issue 8-2021, 13-20.
- Zhang S. & Chen S., (2016). A meshless symplectic method for two-dimensional Schrödinger equation with radial basis functions. *Computers & Mathematics with Applications*, 72, 2143-2150.
- Zhang S. & Zhang L., (2019). A flexible symplectic scheme for two-dimensional Schrödinger equation with highly accurate RBFs quasi-interpolation. *Filomat*, 33, 5451-5461.